

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»  
Академия электротехнических наук Российской Федерации

## **МАТЕРИАЛЫ**

Международной научно-технической конференции

### **«СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ»**

(XXI Бенардосовские чтения),

посвященной 140-летию изобретения электросварки  
Н.Н. Бенардосом

2–4 июня

I том

**Электроэнергетика.**

**Современные инструменты менеджмента.**

**Гуманитарные проблемы развития общества**

Иваново 2021

В I томе материалов конференции представлены статьи, отражающие результаты научных исследований в области теории и практики электротехники и электротехнологии; высоковольтных электроэнергетики, электротехники и электрофизики; электроэнергетических систем; рассмотрены вопросы надежности, эффективности и диагностики электрооборудования станций и энергосистем; вопросы техногенной безопасности в энергетике; результаты научных исследований в области современных инструментов менеджмента и гуманитарных проблем развития общества.

### **Редакционная коллегия:**

**Тарарыкин С.В.**, д.т.н., профессор – председатель;  
**Тютиков В.В.**, д.т.н., профессор;  
**Шуин В.А.**, д.т.н., профессор;  
**Казаков Ю.Б.**, д.т.н., профессор;  
**Косяков С.В.**, д.т.н., профессор;  
**Мизонов В.Е.**, д.т.н., профессор;  
**Бухмиров В.В.**, д.т.н., профессор;  
**Колганов А.Р.**, д.т.н., профессор;  
**Бушуев Е.Н.**, д.т.н., доцент;  
**Колибаба В.И.**, д.э.н., профессор;  
**Карякин А.М.**, д.э.н., профессор;  
**Клюнина С.В.**, начальник УИУНЛ.

По материалам Международной научно-технической конференции  
«Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии»  
(XXI Бенардосовские чтения) будет выпущен электронный сборник научных  
трудов, который будет размещен в научной электронной библиотеке  
на eLIBRARY.RU договор № 1042-03/2015К

ISBN 978-5-00062-453-1  
ISBN 978-5-00062-454-8 (1)

© ФГБОУВО «Ивановский государственный  
энергетический университет  
имени В.И. Ленина», 2021.

СЕКЦИЯ 1.

**«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»**

УДК 621.365.5

И.Ю. ДОЛГИХ<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Г.В. ЧЕКАН, к.т.н.,  
М.В. КОНОВАЛОВ, студент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, г.Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: ivan.dolgikh.89@mail.ru<sup>1</sup>

**Моделирование электротепловых процессов  
индукционного нагрева при поверхностной закалке  
цилиндрических стальных заготовок**

*Аннотация.* Статья посвящена разработке математической модели и исследованию электротепловых процессов индукционного нагрева цилиндрических стальных заготовок при их поверхностной закалке.

*Ключевые слова:* поверхностная закалка, индукционный нагрев, моделирование, электротепловые процессы.

I.YU. DOLGIKH<sup>1</sup>, Candidate of Engineering,  
G.V. CHEKAN, Candidate of Engineering,  
M.V. KONOVALOV, student

Ivanovo State Power Engineering University,  
153003, Ivanovo, Rabfakovskay St., 34  
E-mail: ivan.dolgikh.89@mail.ru<sup>1</sup>

**Modeling of electrothermal induction heating processes during  
surface hardening of cylindrical steel billets**

*Abstract.* The article is devoted to the development of a mathematical model and the study of electrothermal processes of induction heating of cylindrical steel billets during their surface hardening.

*Key words:* surface hardening, induction heating, modeling, electrothermal processes.

В настоящее время индукционный нагрев имеет широкое промышленное применение в различных технологиях, связанных с тепловой обработкой изделий из металла. При этом одной из важнейших областей использования индукционных установок является поверхностная закалка [1], ориентированная на производство стальных деталей с твёрдым износостойким поверхностным слоем и пластичной устойчивой к механическим ударам сердцевиной. Возможность осуществления

бесконтактной передачи требуемого количества энергии от источника питания к заготовке обуславливает высокую эффективность и локализацию нагрева. Однако быстрый нагрев поверхностного типа требует точного согласования индуктора с загрузкой, обеспечивающего хорошую магнитную связь и заданные технологические и энергетические характеристики процесса. Указанное обстоятельство, а также многообразие материалов, форм и геометрических размеров деталей делает необходимой разработку точных математических моделей, ориентированных на расчёт температурного поля в интересующей области и позволяющие подбирать оптимальные режимы работы оборудования.

Специфика осуществления индукционного нагрева обуславливает необходимость совместного решения электромагнитной и тепловой задач, поскольку физические свойства материала заготовки, влияющие на выходные параметры процесса, существенно зависят от температуры. При этом существующие аналитические методы расчёта не учитывают этих факторов, что сказывается на точности получаемых результатов и не позволяет их использовать для разработки современных электротехнических систем, обеспечивающих оптимальное управление. В данной работе рассмотрен вопрос создания электротепловой модели индукционной установки для поверхностной закалки цилиндрических стальных заготовок. Структурная схема модели, реализованной в программном пакете COMSOL Multiphysics, представлена на рис. 1.

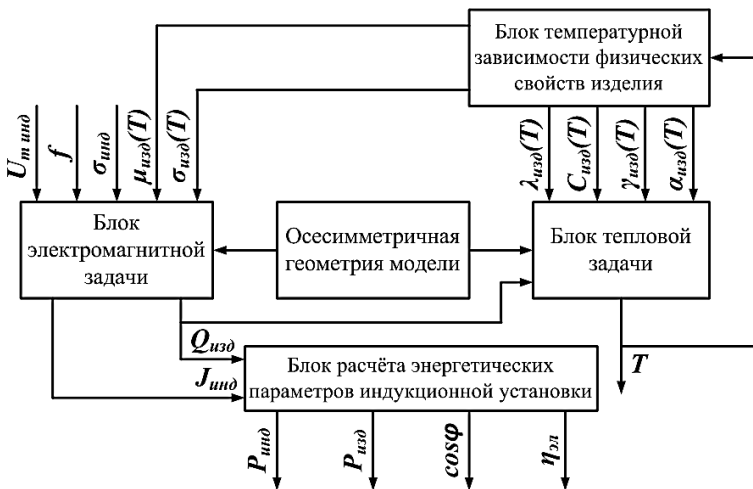


Рис. 1. Структурная схема электротепловой модели индукционной установки

Решение задачи выполнено в двумерной осесимметричной постановке, что позволяет представлять моделируемые объекты в виде

сечений витков индуктора и нагреваемой детали, расположенных с одной стороны от оси симметрии. В основе модели лежит совместное решение уравнения электромагнитного поля (1) в квазистационарном приближении через азимутальную составляющую векторного магнитного потенциала и дифференциального уравнения теплопроводности (2), характеризующего распределение теплового поля в пространстве и во времени:

$$-j\omega\sigma A_\varphi + \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{\mu_0\mu} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot A_\varphi) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\mu_0\mu} \frac{\partial}{\partial z} (A_\varphi) \right) = -\frac{\sigma \cdot U_m}{2\pi r}, \quad (1)$$

$$C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left( r \cdot \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q. \quad (2)$$

Здесь  $\omega=2\pi f$  – угловая частота, рад/с;  $\sigma$  и  $\mu$  – удельная электропроводность, См/м и относительная магнитная проницаемость материалов моделируемых объектов;  $A_\varphi$  – комплекс амплитудного значения азимутальной составляющей векторного магнитного потенциала в расчётной области, В·с/м;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная проницаемость вакуума;  $U_m$  – комплексная амплитуда напряжения, создаваемого источником питания, В;  $r, z$  – пространственные координаты, м;  $C, \gamma$  и  $\lambda$  – теплоёмкость, Дж/(кг·К), плотность, кг/м<sup>3</sup> и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) материала нагреваемого изделия;  $T$  – температура, К;  $Q$  – удельная объёмная мощность источников тепла в изделии, Вт/м<sup>3</sup>.

На базе уравнения (1) рассчитывается распределение векторного магнитного потенциала, необходимого для определения плотности тока  $J$  и тепловыделения  $Q$  в индукторе и изделии. Полученные значения используются при расчёте сосредоточенных параметров модели, определяющих энергетические показатели (активная мощность в индукторе  $P_{\text{инд}}$  и изделии  $P_{\text{изд}}$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi$ , электрический КПД  $\eta_{\text{эл}}$ ), а также в качестве входного параметра в тепловом модуле. При этом влияние температурной зависимости физических свойств изделия учитывается вводом соответствующих функций на основе табличных данных для заданного материала, а тепловые потери с поверхности заготовки – коэффициентов теплоотдачи конвекцией и излучением. В то же время решение электромагнитной задачи в ферромагнитной среде связано с необходимостью учёта зависимости магнитной проницаемости от напряжённости поля, что может быть осуществлено посредством использования аппроксимирующей кривой, рекомендованной в [2] для широкого спектра сталей.

На разработанной модели был осуществлён параметрический анализ физических процессов при индукционном нагреве цилиндрической стальной заготовки, что позволило определить конструктивные и технологические параметры оборудования, обеспечивающие равномерное распределение температурного поля в закаливаемом слое, высокую

производительность и энергетическую эффективность исследуемого процесса.

#### **Литература**

1. Теоретические основы и аспекты электротехнологий. Физические принципы и реализация. Интенсивный курс. Основы I. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 359 с.
2. Владимиров, С.Н. Аналитические соотношения, аппроксимирующие температурно-полевую зависимость магнитной проницаемости конструктивных сталей / С.Н. Владимиров, С.К. Земан, В.В. Рубан // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. № 4. – С. 100-104.

УДК 621.78.012.8

М.Г. МАРКОВ, к.т.н.,  
Н.Н. ДЫДЫКИНА, старший преподаватель  
А.С. ПОЛОЗОВ, студент

Ивановский Государственный Энергетический Университет имени В.И. Ленина,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: Polozov\_aleksei@mail.ru

### **Моделирование процесса нагрева кремниевой пластины лазерным лучом**

*Аннотация.* В работе приведены результаты расчета в программе Comsol Multiphysics неустойчивого распределения температуры внутри и на поверхности кремниевой пластины при ее нагреве лазерным лучом, движущимся по окружности.

*Ключевые слова:* Лазерный луч, кремний, нагрев.

M.G. MARKOV, Candidate of Technical Sciences,  
N.N. DYDYKINA, Assistant professor  
A.S. POLOZOV, Student

Ivanovo State Power University  
153003 Ivanovo, Rabfakovskaya, 34  
E-mail: Polozov\_aleksei@mail.ru

### **Modeling of the process of heating a silicon wafer with a laser beam**

*Annotation.* The paper presents the results of the calculation in the Comsol Multiphysics program of the unsteady temperature distribution inside and on the surface of a silicon wafer when a laser beam moving around a circle heats it.

*Key words:* Laser beam, silicon, heating.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время лазерное излучение все чаще используется для сварки или термической

обработки, поэтому существует необходимость смоделировать процессы, которые происходят при работе лазерным лучом. Лазерный луч, обычно, периодически перемещается по поверхности для обеспечения желаемого локального нагрева (например, при гравировке) [2].

Моделирование в Comsol Multiphysics позволит представить лазерный луч как линейный источник тепла, то есть имеющий бесконечно малую ширину. Таким образом, можно не ориентироваться на максимальную температуру, поскольку она зависит от сетки конечных элементов. Однако общий тепловой поток и распределение температуры на макроскопическом уровне точны [1].

Новизна работы состоит в том, что решение поставленной задачи является свежим и наиболее удобным для анализа термических процессов, поскольку оно отражает физику процесса и не требует больших вычислительных мощностей.

Разработанная модель кремниевой пластины является трехмерной со следующими размерами: Толщина: 5 мм; Ширина: 100x100 мм.

Переходное уравнение переноса энергии для теплопроводности, лежащее в основе модели имеет вид:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = Q, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность,  $C_p$  – удельная теплоемкость,  $k$  – тензор теплопроводности, а  $Q$  – источник тепла.

Свойства материала заданы как у кремния, с использованием анизотропной теплопроводности  $(k_{xx}, k_{yy}, k_{zz}) = (163, 163, 16)$  в единицах Вт/(м·°К), плотности 2330 кг/м<sup>3</sup> и удельной теплоемкости 703 Дж/(кг·°К).

Уравнение, описывающее проникновение лазерного излучения имеет следующий вид:

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -k_{abs} \cdot I. \quad (2)$$

Здесь  $I$  представляет относительную интенсивность излучения,  $x'$  представляет собой одномерную координату, а  $k_{abs}$  представляет собой коэффициент поглощения.

Тогда количество теплоты  $Q$  от источника трехмерной геометрии будет определено как:

$$Q = P_{in} \cdot k_{abs} \cdot I, \quad (4)$$

где  $P_{in}$  – полная мощность входящего лазерного луча (в данном случае 50 Вт).

Выражения, использованные для описания кругового повторяющегося движения лазера, имеют следующий вид:

$$x = R \cdot \sin(\omega t), \quad y = R \cdot \cos(\omega t), \quad z = x', \quad (5)$$

где  $x$ ,  $y$  и  $z$  соответствуют трехмерным координатам, а  $x'$  является одномерной координатой. Кроме того,  $R$  - радиус кругового движения,  $\omega$  - угловая скорость, а  $t$  – время. В модели используются значения

параметров  $R = 0,02$  м и  $\omega = 1$  рад / с, что соответствует периоду примерно 6,28 с движения лазера.

На рис. 1 лазерный луч движется справа налево, а теплая сторона находится с правой стороны пика.

На рис. 2 показано проникновение луча в заготовку. Как видно из рисунка, нагрев в нижней части заготовки практически нулевой. На основании этого можно сделать вывод о том, что лазерное излучение очень хорошо подходит для процессов поверхностной термической обработки, таких как гравировка, поверхностная закалка и т.д.

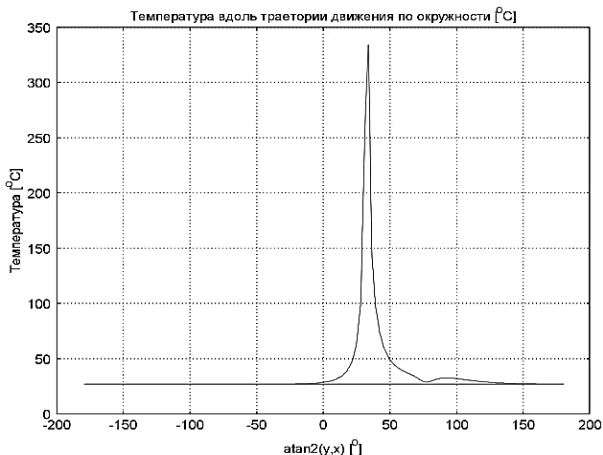


Рис. 1. Распределение температуры вдоль траектории падения лазерного луча на поверхность через 0,7 с

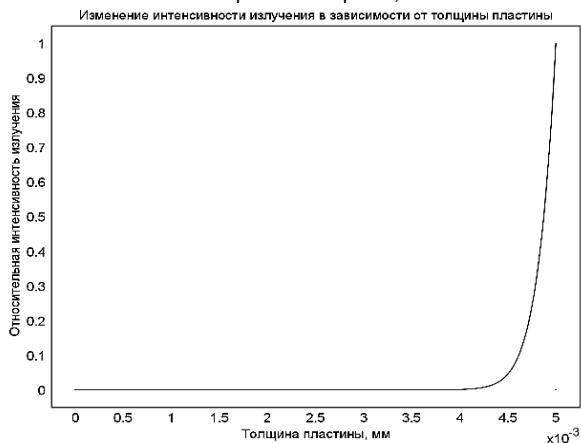


Рис. 2. Относительная интенсивность лазерного луча в зависимости от рассматриваемой глубины образца



Полученные результаты соответствуют ожидаемым. Таким образом, изменяя параметры мощности, скорости и выбирая другой материал, возможно смоделировать различные технологические процессы и существенно сэкономить материальные и временные ресурсы.

#### Литература

1. COMSOL Multiphysics v. 3.5 Model Library.
2. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие / В.Ф. Лосев, Е.Ю. Морозова, В.П. Ципилев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 199 с.

УДК 621.3.078

И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор  
И.Н. ИВАНИЛОВ, магистрант  
Е.С. БЕСШАПОШНИКОВ, магистрант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

### Частотное управление вентиляторами маслосистемы газоперекачивающего агрегата

*Аннотация.* Исследована система стабилизации температуры масла с частотно-регулируемым приводом вентиляторов. С помощью имитационной модели показана вероятность возникновения автоколебаний. Для обеспечения устойчивости системы необходимо корректировать параметры регулятора в соответствии с температурой окружающей среды.

*Ключевые слова:* газоперекачивающий агрегат, маслосистема, система стабилизации температуры, вентилятор, преобразователь частоты

I.I. ARTYUKHOV, Dr. Sc., Professor  
I.N. IVANILOV, Master Student  
E.S. BESSHAPOSHNIKOV, Master Student

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
410054 Saratov, Politechnicheskaya Street, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

### Frequency control of fans for oil system of gas compressor unit

*Abstract.* A system for stabilizing the oil temperature with a frequency-controlled fans drive has been investigated. Using a simulation model, the probability of self-oscillation is shown. To ensure the stability of the system, it is necessary to adjust the controller parameters in accordance with the ambient temperature.

*Key words:* gas compressor unit, oil system, temperature stabilization system, fan, frequency converter

Газоперекачивающие агрегаты магистральных газопроводов имеют в своем составе маслосистемы, предназначенные для смазки гидростатических подшипников скольжения. В процессе работы агрегата масло нагревается и поступает в аппарат воздушного охлаждения (АВО), который функционирует по принципу передачи излишнего тепла масла окружающей среде. Масло отдает теплоту стенке оребренной трубы теплообменника, которая охлаждается потоком холодного воздуха. Для интенсификации процессов теплоассоциации АВО оснащаются электроприводными вентиляторами [1].

В типовых конструкциях АВО масла регулирующий эффект достигается за счет изменения количества одновременно работающих вентиляторов. Система автоматического управления позволяет производить подключение или отключение электродвигателей в зависимости от величины и знака разницы между фактической и заданной величиной температуры масла. Для уменьшения перегрузок при пуске электродвигатели вентиляторов подключают к сети через устройства плавного пуска [2].

В условиях широкого диапазона изменения температуры окружающей среды дискретное управление электродвигателями вентиляторов не позволяет обеспечить высокую точность поддержания температуры масла. Поэтому более эффективным способом является управление электродвигателями с применением преобразователей частоты (ПЧ).

Функциональная схема, поясняющая данный способ управления, показана на рис. 1.

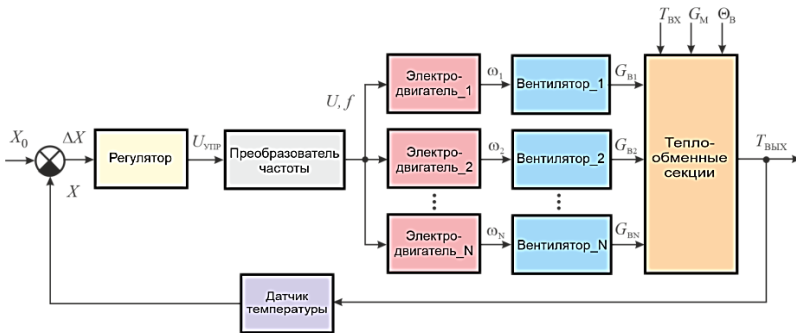


Рис. 1. Функциональная схема системы стабилизации температуры масла с частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов

Охлаждаемое масло на выходе теплообменника имеет температуру  $T_{\text{ВЫХ}}$ , которая зависит от температуры масла  $T_{\text{ВХ}}$  при его входе в теплообменник, массового расхода масла  $G_{\text{М}}$ , температуры  $\Theta_{\text{В}}$  и расхода  $G_{\text{В}}$  охлаждающего воздуха. Информация о температуре  $T_{\text{ВЫХ}}$  преобразуется датчиком температуры в сигнал  $X$ , который поступает на элемент сравнения и вычитается из сигнала  $X_0$ , задающего необходимое значе-

ние температуры воздуха на выходе АВО. Полученная разность сигналов  $\Delta X = X_0 - X$  подается на вход регулятора, который с помощью сигнала  $y$  задает частоту  $f$  и напряжение  $U$  на выходе ПЧ. Если по каким-либо причинам температура масла  $T_{\text{вых}}$  на выходе АВО отличается от заданного значения, то регулятор так изменяет частоту  $f$  и напряжение  $U$ , чтобы за счет изменения частоты вращения  $\omega$  и соответствующего изменения расхода воздуха  $G_B$ , создаваемого вентиляторами, температура масла  $T_{\text{вых}}$  стремилась к заданному значению.

Частотное управление вентиляторами позволяет поддерживать температуру масла с высокой точностью; осуществлять плавный пуск электродвигателей с ограничением пусковых токов, исключить механические ударные нагрузки, сократить эксплуатационные расходы на обслуживание и ремонт коммутационных аппаратов; экономить электроэнергию (до 30%) при работе электродвигателей на скоростях вращения ниже номинальной на полностью открытые жалюзи вентиляционной установки [3].

Вместе с тем, открытыми остаются такие вопросы, как негативное влияние ПЧ на сеть, обеспечение устойчивости системы стабилизации в широком диапазоне температур окружающей среды. Первая задача решается, в частности, применением сетевых дросселей [4], которые снижают уровень гармонических составляющих во входном токе ПЧ. Для решения второй задачи необходимо провести анализ динамических характеристик системы стабилизации температуры масла. Поэтому необходимо иметь математические модели всех функциональных блоков системы (рис. 1).

Теплообменник АВО масла является объектом с распределенными параметрами. Процессы тепломассопереноса, происходящие в нем, описываются системой нелинейных уравнений Фурье. Однако, задачу можно упростить за счет того, что датчик измеряет среднюю температуру масла на выходе теплообменных секций. В этом случае АВО масла можно рассматривать как объект с сосредоточенными параметрами и представить его теплообменные секции динамическим звеном второго порядка [5]:

$$W_{T0}(p) = \frac{T_{\text{вых}}(p)}{G_B(p)} = - \frac{K_{T0}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (1)$$

где  $K_{T0}$  – коэффициент передачи теплообменника;  $T_1, T_2$  – постоянные времени.

Наличие знака минус в выражении (1) объясняется тем, что с увеличением расхода воздуха через теплообменник температура масла уменьшается.

Вентилятор можно промоделировать аperiodическим звеном

$$W_B(p) = \frac{G_B(p)}{\omega(p)} = \frac{K_B}{(T_B p + 1)}, \quad (2)$$

где  $K_B$  – коэффициент передачи вентилятора;  $T_B$  – постоянная времени.

Передаточная функция электродвигателя имеет следующий вид

$$W_{Эд}(p) = \frac{\omega(p)}{f(p)} = \frac{K_{Эд}}{a_0 p^2 + a_1 p + 1}, \quad (3)$$

где  $K_{Эд}$  – коэффициент передачи электродвигателя, определяемый числом пар полюсов;  $a_0, a_1$  – коэффициенты, зависящие от параметров схемы замещения двигателя.

Инерционностью ПЧ можно пренебречь и представить его передаточной функцией пропорционального звена

$$W_{ПЧ}(p) = \frac{f(p)}{U_{упр}(p)} = K_{ПЧ}. \quad (4)$$

Обратная связь замыкается через датчик температуры, для которого передаточная функция имеет вид

$$W_{ДТ}(p) = \frac{K_{ДТ}}{T_{ДТ}p + 1}, \quad (5)$$

где  $K_{ДТ}, T_{ДТ}$  – коэффициент передачи и постоянная времени датчика температуры соответственно.

Так как приращения ошибки регулирования температуры и сигнала на управляющем входе ПЧ должны иметь разные знаки, то передаточная функция регулятора будет представлена следующим выражением

$$W_{РГ}(p) = -(K_1 + K_2 \frac{1}{p} + K_3 p), \quad (6)$$

где  $K_1, K_2, K_3$  – коэффициенты регулятора.

С учетом передаточных функций (1) – (6) в среде MATLAB+Simulink составлена имитационная модель, схема которой показана на рис. 2. На этой схеме ПЧ представлен блоком Gain. Блоки Transfer Fcn с номерами 1...4 соответствуют передаточным функциям теплообменника, вентилятора, электродвигателя и датчика температуры. Числовые данные в окна настройки блоков занесены на основании анализа характеристик АВО масла типа 06-10.

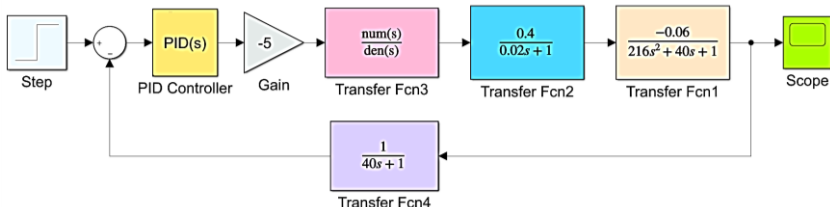


Рис. 2. Имитационная модель системы стабилизации температуры масла с частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов

На рис. 3 представлены результаты моделирования системы стабилизации температуры масла при различных значениях температуры воздуха. Коэффициенты ПИД-регулятора имели следующие значения:

$K_1=8,83$ ;  $K_2=0,12$ ;  $K_3=42$ . При температуре воздуха  $40^{\circ}\text{C}$  такая настройка регулятора обеспечивает завершение переходного процесса за 120 секунд, перерегулирование не превышает 20 % (кривая 1).

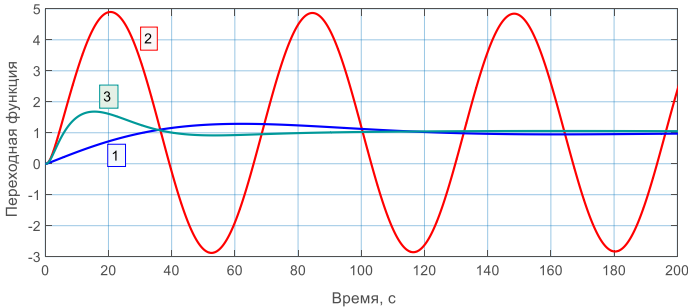


Рис. 3. Переходные функции системы стабилизации температуры масла при различных температурах воздуха:  $+40^{\circ}\text{C}$  (1);  $-30^{\circ}\text{C}$  (2 и 3)

Снижение температуры воздуха приводит к изменению параметров в передаточных функциях теплообменника и вентилятора. При температуре воздуха  $-30^{\circ}\text{C}$  в системе возникают автоколебания (кривая 2). Для устранения этого негативного явления необходимо производить перенастройку параметров ПИД-регулятора в зависимости от температуры воздуха. Кривая 3 построена для случая, когда температура воздуха также  $-30^{\circ}\text{C}$ , но коэффициенты регулятора  $K_1$  и  $K_2$  уменьшены в 10 раз. При таких значениях коэффициентов система снова становится устойчивой.

Таким образом, функциональная схема системы стабилизации температуры масла (рис. 1) должна быть дополнена датчиком температуры воздуха и блоком коррекции коэффициентов ПИД-регулятора.

#### Литература

1. Степанов О.А., Иванов В.А. Охлаждение газа и масла на компрессорных станциях. Л.: Недра, 1982. 143 с.
2. Артюхов И.И., Аршамян И.И., Крылов И.П. Автоматическое управление аппаратами воздушного охлаждения на объектах магистрального транспорта газа // Мехатроника, автоматизация, управление. 2003. № 1. С. 33-36.
3. Системы автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения масла. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://en-el.ru/avomasla.html>
4. Артюхов И.И., Бочкарева И.И., Молот С.В. Обеспечение электромагнитной совместимости группы частотно-регулируемых электроприводов с источниками электропитания // Вопросы электротехнологии. 2014. № 3 (4). С. 64-70.
5. Структурно-параметрический синтез системы управления аппаратом воздушного охлаждения масла / С.В. Алимов, Л.А. Мигачева, А.В. Стариков, А.Р. Титов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. 2014. № 3(43). С. 7-16.

УДК 621.311.26

И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор  
Г.Н. ТУЛЕПОВА, аспирант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

## **Переходные процессы в солнечно-дизельном комплексе при изменениях параметров нагрузки**

*Аннотация.* Рассмотрены особенности построения гибридной системы электроснабжения на основе дизель-генератора и солнечных панелей. Приведены результаты исследования переходных процессов при изменении нагрузки. Показано, что для стабилизации напряжения на нагрузке необходимо применять буферные накопители энергии.

*Ключевые слова:* солнечные панели, дизельный генератор, преобразователь частоты, буферный накопитель энергии

I.I. ARTYUKHOV, Dr. Sc., Professor  
G.N. TULEPOVA, Postgraduate

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
410054, Saratov, Politechnicheskaya Street, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

## **Transient processes in a solar-diesel complex by changes in load parameters**

*Abstract.* The features of building a hybrid power supply system based on a diesel generator and solar panels are considered. The results of the study of transient processes when changing the load are given. It is shown that to stabilize voltage on the load, it is necessary to use buffer energy storage devices.

*Key words:* solar panels, diesel generator, frequency converter, buffer energy storage

Электроснабжение объектов, не подключенных к централизованным сетям, осуществляется, в основном, на базе дизель-генераторов. Большим недостатком этих источников энергии является высокий расход топлива. Он может быть скомпенсирован применением возобновляемых источников энергии и созданием гибридных систем электроснабжения [1]. При этом возможны различные варианты построения гибридных систем, которые отличаются составом оборудования и алгоритмами управления источниками в зависимости от климатических условий и характеристик электроприемников.

В регионах с высоким уровнем солнечной радиации целесообразно применять солнечно-дизельные комплексы. Вариант схемы такого комплекса показан на рис. 1. Первичными источниками энергии явля-

ются солнечные панели (СП) и дизель-генератор (ДГ). В темное время суток дефицит энергии восполняет аккумуляторная батарея (АБ).

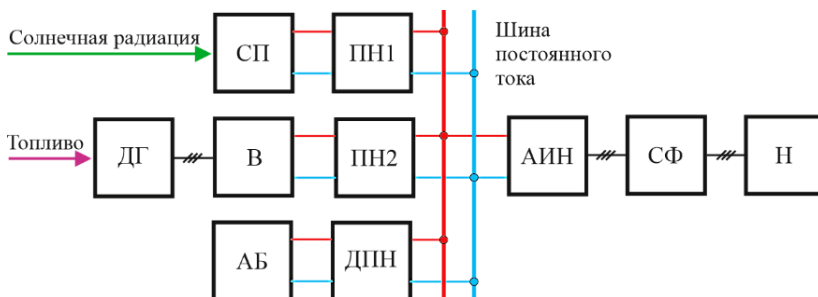


Рис. 1. Схема гибридного солнечно-дизельного комплекса:

СП – солнечные панели; АБ – аккумуляторная батарея; ДГ – дизель-генератор;  
 В – выпрямитель; ПН1, ПН2 – преобразователи постоянного напряжения;  
 ДП – двунаправленный преобразователь постоянного напряжения;  
 АИ – автономный инвертор напряжения; СФ – синус-фильтр; Н – нагрузка

Особенностью рассматриваемой схемы является суммирование потоков энергии на шине постоянного тока. Это позволяет, для экономии топлива, изменять частоту вращения вала ДГ в зависимости от параметров его нагрузки [2].

Режим работы солнечных панелей зависит от уровня солнечной радиации и параметров нагрузки. Поэтому для согласования выходного напряжения СП с напряжением на шине постоянного тока в схеме предусмотрен преобразователь напряжения ПН1. С его помощью обеспечивается также работа СП в точке максимальной мощности.

Выходное напряжение ДГ зависит от скорости вращения вала, нагрузки и тока возбуждения [3]. При снижении скорости вращения вала на определенную величину относительно номинальной скорости регулировка тока возбуждения не обеспечит стабилизацию напряжения. Поэтому для передачи энергии от ДГ на шину постоянного тока в режиме частичной загрузки ДГ на выходе выпрямителя установлен преобразователь напряжения ПН2 повышающего типа [4].

Трехфазное переменное напряжение на нагрузке формируется автономным инвертором напряжения на IGBT-модулях. Действующее значение этого напряжения стабилизируется за счет широтно-импульсной модуляции, требуемая форма обеспечивается синус-фильтром.

При изменении солнечной радиации и параметров нагрузки в солнечно-дизельном комплексе возникают переходные процессы. Как показали результаты исследований, проведенных с помощью имитационной модели, развитие ситуации в комплексе зависит от многих факторов. При неблагоприятном сочетании параметров комплекса и погод-

ных условий может развиваться аварийная ситуация. Например, нагрузка комплекса была минимальной, вследствие чего ДГ работал в режиме с минимальной скоростью вращения вала. В момент увеличения нагрузки происходит затенение СП. В этом случае мощности ДГ и СП будет недостаточно для успешного подключения электроприемников. Выходом из этой ситуации может быть использование накопителя энергии, например, суперконденсатора [5]. Роль такого накопителя в исследуемой схеме выполняет АБ, емкость которой должна быть выбрана из условия обеспечения требуемого баланса мощности в переходных режимах.

На рис. 2–4 показаны результаты моделирования переходных процессов в солнечно-дизельном комплексе при ступенчатом увеличении нагрузки в момент времени  $t = 0,5$  с. Предполагалось, что из-за небольшой загрузки комплекса ДГ мощностью 10 кВт работает в режиме пониженной частоты. Подключение мощной нагрузки (7,2 кВт) приводит к тому, что ДГ не успевает набрать обороты. Поэтому дефицит мощности в системе электроснабжения восполняет СП, которая состоит из пяти параллельно соединенных ветвей, каждая из которых включает шесть последовательно соединенных модулей TrinaSolar-250PA05.08. Солнечная радиация составляет  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Выходной ток СП возрастает с 10 до 42 А (рис. 2).

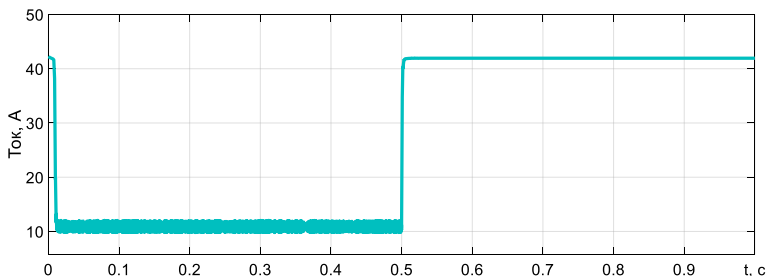


Рис. 2. Ток солнечной панели

В отсутствие накопителя энергии напряжение на выходе СП уменьшается с 240 до 110 В, что не позволяет поддерживать напряжение на шине постоянного тока и нагрузке на заданном уровне (рис. 3).

При подключенном накопителе энергии в виде АБ емкостью 40 А·ч напряжение на шине постоянного тока уменьшается всего на 10 В, что обеспечивает стабилизацию напряжения на нагрузке с требуемой точностью (рис. 4).



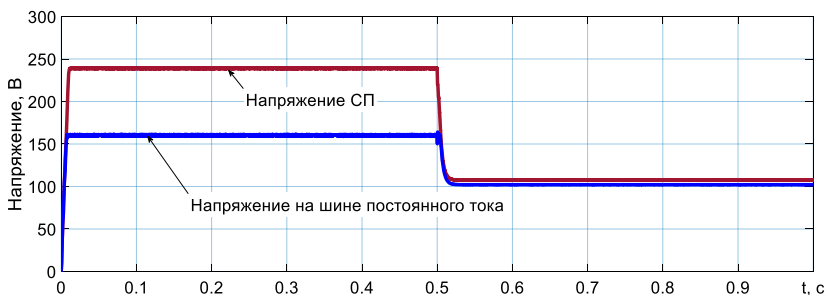


Рис. 3. Напряжение солнечной панели и на шине постоянного тока в комплексе без накопителя энергии

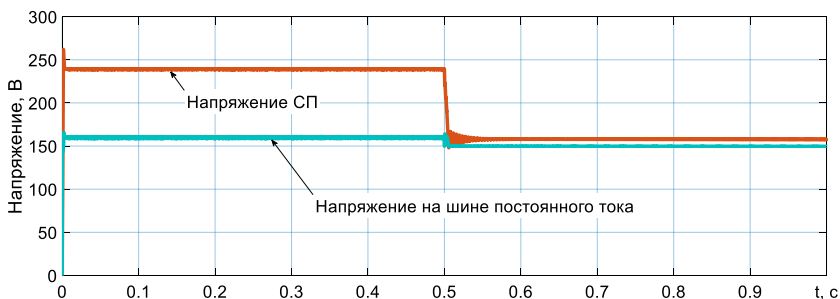


Рис. 4. Напряжение солнечной панели и на шине постоянного тока в комплексе с накопителем энергии

Таким образом, применение накопителя энергии является эффективным средством надежности функционирования солнечно-дизельного комплекса при резких изменениях параметров нагрузки.

#### Литература

1. **Autonomous Power Supply System Based on a Diesel Generator and Renewable Energy Sources for Remote Rural Areas** / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, S.V. Molot et al. // Proceedings of the 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (Brno, Czech Republic). 2018. DOI: 10.1109/EPE.2018.8395978.
2. **Лукутин Б.В., Шандарова Е.Б.** Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8615>.
3. **Артюхов И.И., Бочкарев Д.А.** Автономная система электроснабжения на основе генератора с изменяемой частотой вращения вала // Научное обозрение. 2014. № 3. С. 178-183.
4. **Особенности** построения автономных систем электропитания на основе генераторов с изменяемой скоростью вращения вала / И.И. Артюхов, С.Ф. Сте-

панов, Д.А. Бочкарев, Е.Т. Ербаев // Вопросы электротехнологии. 2015. № 1(6). С. 58-64.

5. **Моделирование** переходных процессов в дизель-генераторной установке переменной частоты вращения с буферным накопителем энергии / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, Д.С. Кобяков и др. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. № 1(124). С. 130-137.

УДК 621.311.25

И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор  
И.Ю. РОЖНОВ, магистрант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

### **Исследование автономной системы электроснабжения на основе синхронного генератора с изменяемой скоростью вращения вала**

*Аннотация.* Рассмотрены особенности функционирования автономной системы электроснабжения, в которой источником энергии является генератор собственных нужд газоперекачивающего агрегата. Показана необходимость применения повышающих трансформаторов для обеспечения заданного значения напряжения при изменении скорости вращения вала турбины и параметров нагрузки.

*Ключевые слова:* система электроснабжения, синхронный генератор, преобразователь частоты, стабилизация напряжения

I.I. ARTYUKHOV, Dr. Sc., Professor  
I.Y. ROZHNOV, Master Student

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
410054, Saratov, Politechnicheskaya Street, 77  
E-mail: ivart54@mail.ru

### **Study of autonomous electric supply system based on synchronous generator with variable shaft rotation speed**

*Abstract.* This article deals special aspects operation of independent electric supply system, in which power source is auxiliary generator of gas compressor unit. The necessity of application of step-up transformers is shown to provide the specified voltage value at change of turbine shaft rotation speed and load parameters.

*Key words:* power supply system, synchronous generator, frequency converter, voltage stabilization

Повышение эффективности и надежности электроснабжения предприятий магистрального транспорта газа является актуальной задачей. Одно из направлений решения этой задачи состоит в реализации идеи

о создании систем электроснабжения, структура которых может перестраиваться в соответствии с режимом работы электроприемников [1]. Дальнейшее развитие этой идеи предполагает применение автономных источников энергии, в частности, генераторов собственных нужд (ГСН), которыми оснащены газоперекачивающие агрегаты (ГПА) импортного производства ГТК-10И, ГТК-25И.

Пуск ГПА указанных типов осуществляется при внешнем электро-снабжении. После того, как вал отбора мощности ГПА достигает рабочих оборотов, в работу подключается ГСН, предназначенный для электроснабжения электрооборудования ГПА. Недостатком данной схемы электроснабжения ГПА является необходимость стабилизации частоты вращения вала турбины. Вместе с тем, согласно нормативным документам скорость вращения турбины ГПА должна изменяться в пределах от 70 до 105 % от номинальной для регулирования технологического режима нагнетателей.

Выход из этой ситуации состоит в применении преобразовательных устройств, позволяющих при изменении амплитуды и частоты напряжения на выходе ГСН, получить электрическую энергию заданного качества для питания электрооборудования ГПА. Теоретические аспекты и практические решения подобной задачи достаточно подробно рассмотрены для систем электроснабжения на базе дизель-генераторов, например, в [2, 3] и многих других. Особенность таких систем состоит в том, что регулирование скорости вращения вала для привода генератора осуществляется в зависимости от нагрузки с целью сокращения расхода топлива. В случае с ГСН скорость вращения его вала определяется режимом работы ГПА.

Можно предложить несколько вариантов построения автономной системы электроснабжения на базе ГСН. Схема одного из них показана на рис. 1.

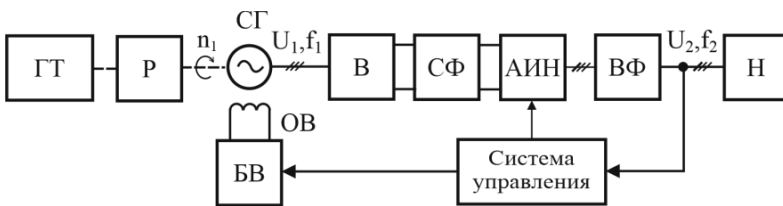


Рис. 1. Функциональная схема автономной системы электроснабжения:  
 ГТ – газовая турбина; Р – редуктор; СГ – синхронный генератор; ОВ – обмотка возбуждения; БВ – блок возбуждения; В – выпрямитель; СФ – сглаживающий фильтр; АИН – автономный инвертор напряжения; ВФ – выходной фильтр; Н - нагрузка

Частота  $f_1$  напряжения выходе синхронного генератора прямо пропорциональна скорости  $n_1$  вращения вала. Действующее значения

напряжения  $U_1$  зависит от скорости вращения вала  $n_1$ , магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения, и нагрузки генератора.

Частота  $f_2$  напряжения, подаваемого электроприемникам, определяется частотой управления силовыми ключами автономного инвертора напряжения. Поэтому может поддерживаться с высокой точностью. Действующее значение напряжения  $U_2$  зависит от напряжения на входе инвертора, параметров нагрузки и может регулироваться изменением коэффициента заполнения широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Задача состоит в том, чтобы обеспечить поддержание величины напряжения  $U_2$  в пределах, установленных ГОСТ 32144-2013 на качество электрической энергии, при изменении скорости вращения вала турбины и параметров нагрузки [4].

При работе ГСН в штатном режиме при постоянной скорости вращения турбины его выходное напряжение стабилизируется изменением тока возбуждения. Однако перевод ГСН в режим изменяемой скорости требует внести коррективы в алгоритм управления возбуждением. В агрегате ГТК-10И установлен ГСН мощностью 250 кВт фирмы Marelli Motori. Он имеет 2 пары полюсов и при номинальной скорости вращения вала 1500 об/мин генерирует напряжение 380 В с частотой 50 Гц. Анализ характеристик этого ГСН показал, что регулировкой тока возбуждения можно стабилизировать напряжение  $U_1$  только при увеличении скорости вращения вала на 5 % относительно номинальной величины. Попытка поддержать напряжение  $U_1$  при снижении скорости вращения вала приводит к насыщению магнитопровода и перегрузке обмотки возбуждения. Поэтому основным фактором стабилизации напряжения на нагрузке при вариации оборотов турбины является изменение коэффициента ШИМ инвертора. Блок возбуждения ГСН при этом надо настроить так, чтобы при снижении оборотов вала магнитный поток оставался постоянным.

На рис. 2 показаны результаты моделирования автономной системы электроснабжения на базе ГСН мощностью 250 кВт. Графики построены для относительных значений скоростей вращения вала при коэффициенте ШИМ, равном 1. Для номинальной частоты вращения вала 1500 об/мин напряжение холостого хода составило 400 В.

В процессе моделирования для фиксированной скорости вращения вала производилось изменение мощности нагрузки от 1 до 250 кВт при  $\cos\varphi=0,8$ . Из графиков на рис. 2 видно, что при фиксированных значениях коэффициента заполнения ШИМ увеличение нагрузки приводит к уменьшению напряжения. Это объясняется тем, что каждый из силовых элементов схемы на рис. 1 обладает сопротивлением, которое зависит от частоты протекающего через него тока. На этих элементах создаются падения напряжений, которые увеличивают зависимость напряжения  $U_2$  от тока нагрузки. В зависимости от скорости вращения вала падение напряжения составляет от 7 до 11 % от напряжения холостого хода.

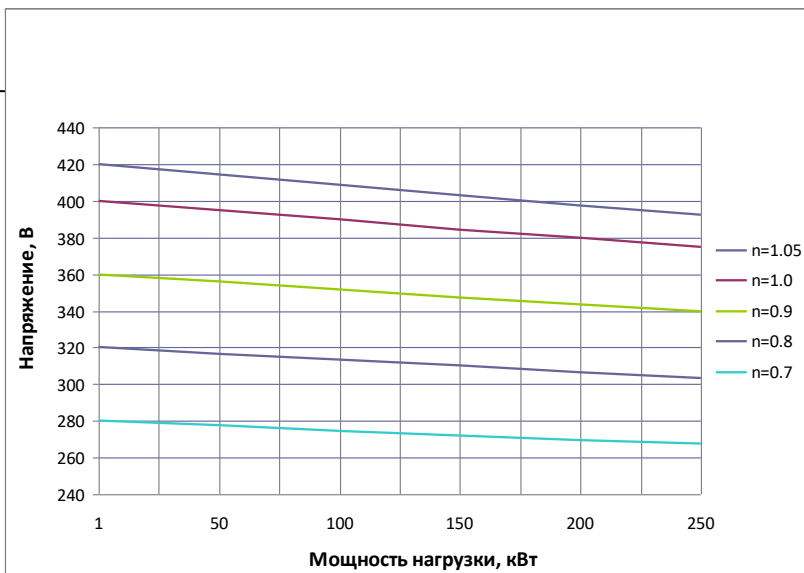


Рис. 2. Напряжение на нагрузке для различных скоростей вращения вала

В соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 отклонения напряжения от номинального значения не должны превышать  $\pm 10\%$ . Поэтому действующие значения напряжения на нагрузке должны быть в пределах от 342 до 418 В. Это условие необходимо выполнять при изменении скорости вращения вала турбины в пределах от 70 до 105 % от номинальной и во всем диапазоне нагрузок. Между тем, графики на рис. 2 показывают, что при нижнем значении скорости вращения вала напряжение на нагрузке снижается до 265 В, что на 30 % меньше допустимого значения 342 В. Стабилизация напряжения в заданных пределах обеспечивается только в том случае, если отклонения скорости вращения вала турбины находятся в границах от  $-10$  до  $+5\%$  от номинального значения.

Решением этой проблемы может быть установка повышающего трансформатора либо на выходе ГСН, либо перед нагрузкой. Коэффициент трансформации 0,75 обеспечит смещение характеристик на рис. 2 в область требуемых значений напряжений. При минимальной частоте вращения вала коэффициент заполнения ШИМ будет приближаться к 1. С увеличением частоты вращения вала уменьшение коэффициента заполнения ШИМ обеспечит стабилизацию напряжения в заданных пределах.

#### Литература

1. Перестраиваемая по структуре автономная система электроснабжения технологического комплекса с многодвигательным электроприводом / И.И. Артюхов, И.И. Аршакян, А.В. Коротков и др. // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. Т. 1. № 1 (10). С. 20-28.

2. Формирование энергоэффективных режимов дизельной электростанции инверторного типа / Б.В. Лукутин, Г.Н. Климова, С.Г. Обухов и др. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. № 6. С. 80-82.
3. Хватов О.С., Дарьенков А.Б. Электростанция на базе дизель-генератора переменной частоты вращения // Электротехника. 2014. № 3. С. 28-32.
4. Артюхов И.И., Бочкарев Д.А. Автономная система электроснабжения на основе генератора с изменяемой частотой вращения вала // Научное обозрение. 2014. № 3. С. 178-183.

УДК 621.321

И.С. СНИТЬКО, ст. преподаватель,  
А.И. ТИХОНОВ, д.т.н., профессор

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфakovская 34  
E-mail: irant-kin@yandex.ru, aitispu@mail.ru

### **Моделирование режимов работы трехфазных многообмоточных трансформаторов с учетом взаимного влияния полей рассеяния**

*Аннотация.* Статья посвящена разработке математической модели для расчета режимов работы трехфазных многообмоточных трансформаторов с учетом собственных и взаимных индуктивностей рассеяния.

*Ключевые слова:* силовой трансформатор, многообмоточный трансформатор, магнитная индукция, моделирование, поле рассеяния.

I.S. SNITKO, senior lecture,  
A.I. TIKHONOV, Doctor of Engineering, Professor

Ivanovo State Power Engineering University,  
153003, Ivanovo, Rabfakovskay St., 34  
E-mail: irant-kin@yandex.ru, aitispu@mail.ru

### **Simulation of operating modes of three-phase multi-winding transformers taking into account the mutual influence of scattering fields**

*Abstract.* The article is devoted to the development of a mathematical model for calculating the operating modes of three-phase multi-winding transformers, taking into account their own and mutual scattering inductances.

*Key words:* power transformer, multi-winding transformer, magnetic induction, simulation, scattering field.

В связи с тенденцией цифровизации энергетики РФ актуальной является задача по созданию уточненных наукоемких математических моделей электроэнергетического оборудования, которые в [1] обозначаются как «цифровые двойники». Данные модели должны обладать

такими свойствами, как точность, быстродействие и универсальность, а также иметь возможность интеграции с другими цифровыми двойниками для имитации различных режимов работы как отдельных устройств, так и энергосистемы в целом.

Силовые трансформаторы (СТ) являются одними из важнейших сетевых объектов. Они определяют параметры сети, а также влияют на ее режимы работы.

В [2], [3] и [4] приведены уточненные модели для расчета режимов работы трехфазных двухобмоточных трансформаторов. К достоинствам модели, описанной в [4], можно отнести быстродействие, высокую точность результатов, учет таких параметров как магнитное сопротивление нулевой последовательности, нелинейность магнитной цепи, а также влияние технологических зазоров в стыках стержней с ярмами.

Для определения индуктивностей рассеяния можно применять методики, описанные в [5], [6] и [7]. Они применимы в первую очередь к двухобмоточным трансформаторам.

Для определения индуктивностей рассеяния двухобмоточного СТ целесообразно использовать модель, имитирующую опыт КЗ (рис.1), что предполагает равенство намагничивающих сил обмоток и их противоположное направление. При этом магнитопровод полностью исключен, что соответствует имитации поля рассеяния.

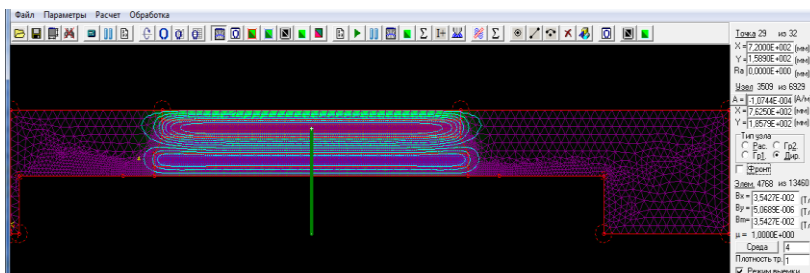


Рис. 1. Модель, имитирующая опыт КЗ СТ, для определения индуктивностей поля рассеяния двухобмоточного трансформатора

В данном случае индуктивность каждой обмотки определяется как

$$L_{\sigma k} = \frac{\Psi_{\sigma k}}{i_k}, \quad (11)$$

где  $\Psi_{\sigma k}$  – потокосцепление k-й обмотки в опыте короткого замыкания;  $i_k$  – ток в k-й обмотке.

Задача по определению параметров короткого замыкания возникает и при создании модели трехобмоточного СТ. Модель строится аналогично модели, приведенной в [4]. Методика определения параметров модели аналогична методике для двухобмоточного трансформатора.

Однако, когда речь заходит об индуктивностях, использование вышеприведенной методики с расчетом поля рассеяния пар обмоток приводит к выявлению различных индуктивностей у одних и тех же обмоток в разных опытах. Причем у одной из обмоток индуктивность имеет отрицательную величину. Таким образом, данная методика не применима для трехобмоточных трансформаторов.

В данном случае целесообразно перейти к прямому решению системы дифференциальных уравнений, описывающую динамические процессы в СТ в режиме КЗ. При рассмотрении одной пары обмоток (ВН-СН) одной фазы трансформатора в отсутствии влияния других фаз (которым можно пренебречь) система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} \frac{di_1}{dt} \\ \frac{di_2}{dt} \end{cases} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{cases} u_1 - i_1 R_1 \\ -i_2 R_2 \end{cases}, \quad (2)$$

где  $L_{11} = \frac{\Psi_1}{i_1}$ ,  $L_{22} = \frac{\Psi_2}{i_2}$ ,  $L_{12} = \frac{\Psi_1}{i_2}$  и  $L_{21} = \frac{\Psi_2}{i_1}$ .

Для решения данной системы уравнений написана программа в Matlab. Проведено сравнение результатов решения данной системы с результатами расчета режима имитации опыта КЗ пары обмоток ВН-СН трехобмоточного трансформатора. Результаты сравнения приведены на рис. 2. Расхождения в результатах незначительны. Причем считаем, что решение с учетом матрицы индуктивностей точнее, поскольку учитывает взаимное влияние обмоток.

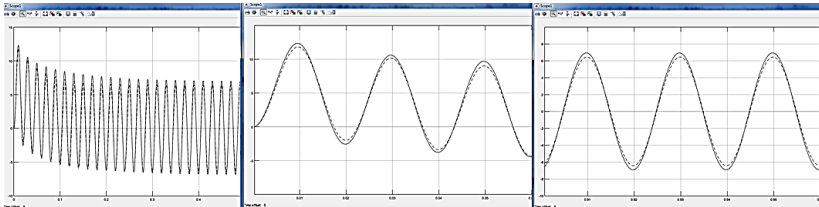


Рис. 2. Результат моделирования опыта КЗ пары обмоток ВН-СН (сплошная – с использованием матрицы индуктивностей, пунктир – с использованием результатов упрощенных моделей рис.1)

### Литература

1. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс] // Агентство стратегических инициатив. – Режим доступа: <https://asi.ru/nti>.
2. Мартынов В.А., Голубев А.Н., Евдаков А.Е. Анализ динамических режимов работы трехфазных трехстержневых трансформаторов в пакете MATLAB // Вестник ИГЭУ, 2016. – Вып. 4. – С. 11 – 18.
3. Тихонов А.И., Стулов А.В., Каржевин А.А., Подобный А.В. Разработка нелинейной модели трехфазного трансформатора для исследования влияния



несимметрии магнитной системы на работу устройства в произвольных режимах. - Иваново: Вестник ИГЭУ, 2020. – Вып. 1, с. 22 – 31.

4. Тихонов А.И., Стулов А.В., Снитыко И.С., Подобный А.В. Разработка 2D-моделей магнитного поля для реализации технологии цифровых двойников и порождающего проектирования силовых трансформаторов // Вестник ИГЭУ. Иваново: ООО «ПресСто». 2020. №3. – С. 32–43

5. Тихонов А.И., Пайков И.А. Анализ моделей для электромагнитного расчета силовых трансформаторов // Вестник ИГЭУ, 2015. – Вып. 3. – С. 38-43.

6. Шмелев А.С., Пайков И.А., Булатов Л.Н. Методика организации численного исследования электротехнических устройств с использованием библиотеки конечно-элементного моделирования магнитного поля // Вестник ИГЭУ, 2014. - № 1. – С. 55 – 61.

7. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учеб. пособие для вузов / П.М. Тихомиров. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

УДК 531.3: 621. 3

А.Е. САВЕНКО, к.т.н., доцент,  
П.С. САВЕНКО, курсант

Керченский государственный морской технологический университет  
298309, РФ, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе 82  
E-mail: savenko-70@mail.ru

### **Изменение постоянных времени регуляторов частоты вращения для устранения обменных колебаний мощности в автономных электротехнических комплексах**

*Аннотация.* Рассмотрена зависимость амплитуды обменных колебаний мощности от значений постоянных времени регуляторов частоты вращения дизель-генераторных агрегатов. Разработана методика построения и применения карт зависимостей амплитуды обменных колебаний мощности от значений постоянных времени регуляторов частоты вращения.

*Ключевые слова:* обменные колебания мощности, параллельная работа, электротехнический комплекс, генераторный агрегат, экспериментальные исследования.

A.E. SAVENKO, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
P.S. SAVENKO, cadet

Kerch State Maritime Technological University  
298309, Russian Federation, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze St. 82  
E-mail: savenko-70@mail.ru

### **Changing the time constants of the speed controllers to eliminate the exchange power oscillations in autonomous electrical complexes**

*Abstract.* The dependence of the amplitude of exchange power oscillations on the values of the time constants of the speed controllers of diesel generator sets is con-

sidered. A technique has been developed for constructing and applying maps of dependences of the amplitude of exchange power oscillations on the values of the time constants of the speed controllers.

*Key words:* exchange power oscillations, parallel operation, an electrotechnical complex, generating set, experimental research.

Автономные электротехнические комплексы широко применяются во многих отраслях и сферах технико-экономической деятельности. Эксплуатация таких комплексов и обеспечение качества вырабатываемой электрической энергии в них имеет ряд трудностей и особенностей в сравнении с централизованной системой электроснабжения. Электрическая энергия в автономных комплексах чаще всего производится параллельно работающими дизель-генераторными установками. При такой схеме организации работы дизель-генераторов возникают обменные колебания мощности (рис. 1), которые отрицательно сказываются на качестве электрической энергии автономной сети и имеет негативное влияние на все элементы электротехнического комплекса. В конечном итоге существование обменных колебаний мощности влияет на техническую надежность и безопасность обеспечения жизнедеятельности. Одним из основных мест использованием автономных электротехнических комплексов являются морские плавучие объекты, безопасное функционирование которых напрямую зависит от бесперебойного снабжения качественной электрической энергией.

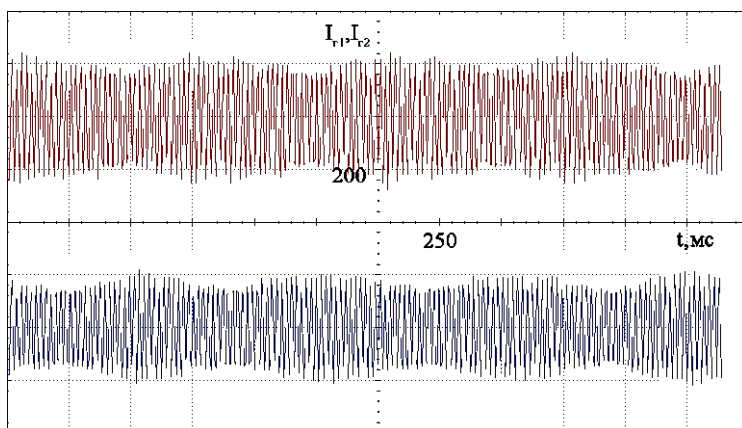


Рис. 1. Экспериментальные токи параллельно работающих генераторов с обменными колебаниями мощности

В ходе проведенных исследований нами определено, что основной причиной, вызывающей появление обменных колебаний мощности является существование люфта в контурах регулирования скорости

дизель-генераторных агрегатов и разработан метод устранения обменных колебаний мощности, основанный на адаптивном изменении коэффициентов передачи регуляторов частоты дизельных двигателей [1]. Также нами было выяснено, что различие в настройках коэффициентов передачи регуляторов частоты является одной из причин существования синфазных колебаний мощности, которые накладываются на обменные колебания мощности. Поэтому изменение коэффициентов усиления требует очень четкой работы системы управления в блоке устранения обменных колебаний мощности и высокой квалификации обслуживающего персонала.

В ходе проведенных исследований установлена зависимость амплитуды обменных колебаний мощности от значений и соотношения постоянных времени регуляторов частоты дизель-генераторных агрегатов [2]. На рис. 2 представлена карта такой зависимости, построенная по результатам математического моделирования. В зоне, соответствующей значениям постоянных времени в диапазоне 0-30, обменных колебаний практически не возникает, в зоне, соответствующей значениям постоянных времени в диапазоне 30-50, наблюдается рост амплитуды колебаний до 6 %, а в диапазоне 50-100 значительных изменений нет, за исключением небольшого всплеска около 2 % в районе значений постоянных времени равных 70.

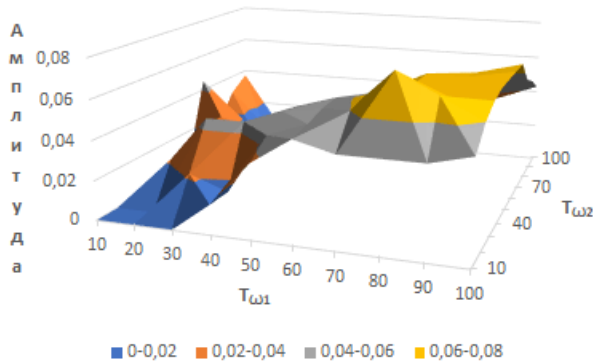


Рис. 2. Карта зависимости амплитуды обменных колебаний мощности от значений постоянных времени регуляторов частоты.

$T_{\omega 1}$  и  $T_{\omega 2}$  – постоянные времени регуляторов частоты первого и второго параллельно работающего дизель-генератора соответственно

Таким образом, полученные результаты исследований дают возможность дополнить метод устранения обменных колебаний мощности. Уменьшение значений постоянных времени регуляторов частоты вращения дизель-генераторных агрегатов позволяет снизить амплитуду колебаний до 8 %, что является достаточно значительной величиной.

Блок устранения обменных колебаний мощности после обнаружения превышения допустимой амплитуды колебаний сначала может производить коррекцию за счет изменения значений постоянных времени, а в случае необходимости переходить к изменению коэффициентов передачи регуляторов частоты и уставок по скорости. Такой подход позволит упростить и ускорить устранение обменных колебаний мощности, а также избежать увеличения синфазных колебаний в возможных диапазонах регулирования постоянных времени регуляторов частоты.

#### Литература

1. Савенко А.Е., Голубев А.Н. Обменные колебания мощности в судовых электротехнических комплексах // Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. – Иваново, 2016. – 172 с.
2. Савенко А.Е. Влияние постоянных времени регуляторов частоты на амплитуду обменных колебаний мощности в автономных дизельных электростанциях / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань, 2020. – № 1. – С. 136–144

УДК 621.314

А.А. ГОРЯЧКИН, магистрант,  
С.П. МИНЕЕВ, ст. преподаватель

ФГБОУВО «Самарский государственный технический университет»  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244  
E-mail: gor.al.al@yandex.ru, crayfish@rambler.ru

### **Трансформатор малой мощности для устройств питания на базе радиоэлектронной аппаратуры**

*Аннотация.* В данной работе описаны основные требования при проектировании сварочных аппаратов, описание разработанной модели и его сравнительные характеристики.

*Ключевые слова:* трансформатор, электродуговая сварка, РЭА

A.A. GORYACHKIN, Master's Degree student  
S.P. MINEEV, senior lecturer

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Samara State Technical University,  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: gor.al.al@yandex.ru, crayfish@rambler.ru

### **Low-power transformer for power supply devices based on radio-electronic equipment**

*Abstract.* This paper describes the basic requirements for the design of welding machines, the description of the developed model and its comparative characteristics.

*Key words:* transformer, electric arc welding, radio-electronic equipment

Основными условиями для проектирования любого электрического аппарата являются параметры сети, сортамент доступных деталей (комплектующих изделий, узлов, материалов) и технологий. Входными параметрами сети являются: частота, фазность, действующее напряжение, допустимые токовые нагрузки питающей линии.

Дополнительными и не маловажными параметрами для проектирования являются: технологический процесс, проходящий при использовании аппарата; удобство и простота использования аппарата при хранении, транспортировке, установке, работе; безопасность конструкции; простота и надежность конструкции; ремонтпригодность; эстетичность; опыт персонала и хозяйственно-инвентарное оснащение при изготовлении; величина затрат на закупку, комплектующих, изготовление, сборку, эксплуатацию.

Особенностью технологического процесса в сварочном аппарате является его непостоянность. Так, например, в режиме ожидания необходимо обеспечить безопасное напряжение на выводе, при работе обеспечить стабильность «горения» электрической дуги на заданном токе, а при пуске (поджоге дуги) обеспечить напряжение на выводе достаточное, для пробоя воздушного зазора между электродом и свариваемой деталью таким образом, чтобы снизить необходимость непосредственного контакта «электрод-деталь», тем самым снизить возможность «залипания» электрода, равно как, возникновения короткого замыкания.

Удобство и простота использования аппарата при хранении, транспортировке, установке и работе достигается формой и размерами корпуса, массой установки, наличием различных креплений (ножек, ручек, подставок, ремней), а также возможностью частично или полностью разобрать установку. Исходя из этих условий складывается задача эстетичности и эргономичности проектируемой установки, решение которой порой требует оценки непосредственного потребителя.

Безопасность конструкции установки при ее эксплуатации, хранении, транспортировке и утилизации является обязательной частью любых работ. Обеспечение безопасности достигается несколькими способами. Остро стоит вопрос утилизации и влияния на экологическую среду.

Вариативность исполнения устройства влияет на технологический процесс, происходящий в нем самом. При реализации любого технического решения необходимо соблюдать основные условия на проектирование (параметры питающей сети и сортамент используемых компонентов) с сохранением выходных параметров технологического процесса, безопасности при эксплуатации и возможности изготовления на одном уровне. Условиями, оказывающее наибольшее влияние, на принятие решения о выборе варианта исполнения являются масса и габариты установки.

Таким образом оптимальным решением является сварочный аппарат инверторного типа, имеющий малые размеры и вес и высокие показатели качества.

Для исследования был разработан четырехроботочный трансформатор мощностью 2 кВА, на частоту 400 Гц, две медных обмотки которого расположены на высокой стороне, а две других на низкой, с преобразователем частоты и выпрямителем соответствующей мощности. В качестве силового преобразователя была выбрана схема на основе каскада из биполярных транзисторов.

Разработка трансформатора выполнена по типовой методике [1]. Важно, что для исследования выбран типовой сердечник ПЛР 21x45 из стали 3412 с толщиной листа 0,35 мм, предназначенный на работу при частоте 50 Гц.

Генератор управляющих сигналов собран на отечественных приборах [2], схема которого представлена на рис. 1.

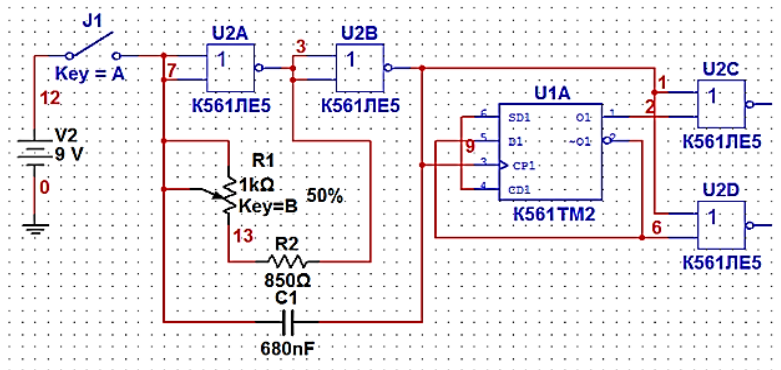


Рис. 1. Модель схемы генератора в поле программы

На рис. 2 показана ожидаемая осциллограмма управляющих импульсов.

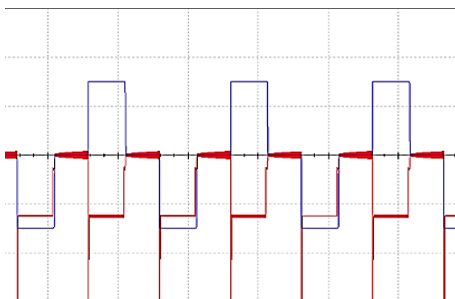


Рис. 2. Снятие осциллограмм импульсов управления



### Литература

1. Ермолин Н.П. Расчет трансформаторов малой мощности / Н.П. Ермолин. – 2-е изд., перераб. и испр. – Л: Энергия, 1969. – 190 с.: ил.
2. Васильев В. Задающий генератор преобразователя напряжения / В. Васильев // Радио. – 2006. – № 10. – С. 47.
3. Денисов А.И. Импульсные преобразователи в системах электропитания / А.И. Денисов, С.А. Димаров. – Киев: Техніка, 1978. – 184 с.
4. Володин В. Сварочный трансформатор: расчет и изготовление / В. Володин // Радио. – 2002. – № 12. – С. 38-39.
5. Бальян Р.Х. Трансформаторы для радиоэлектроники / Р.Х. Бальян. – М.: Сов. радио, 1971. – 720 с.

УДК 621.31:621.286.1

А.А. ГОРЯЧКИН, инженер-проектировщик,  
Р.Р. САТДАРОВ, руководитель группы

ООО «МСК», проектно-конструкторский отдел  
443080, Россия, г. Самара, ул. Ольги Санфировой, д. 95  
E-mail: gor.al.al@yandex.ru, russ900@yandex.ru

### **Влияние промежуточных преобразователей на сопротивление питающей сети для медицинской рентгеновской аппаратуры**

*Аннотация.* В работе представлен анализ использования источников бесперебойного питания и стабилизаторов напряжения в сетях электроснабжения рентгеновских аппаратов.

*Ключевые слова:* ИБП, сопротивление питающей сети, падение напряжения, стабилизатор напряжения, рентгеновские источники питания

A.A. GORYACHKIN, design engineer  
R.R. SATDAROV, team leader

"MSK" LLC, design and engineering department  
443080, Russia, Samara, st. Olga Sanfirova, 95  
E-mail: gor.al.al@yandex.ru, russ900@yandex.ru

### **Influence of intermediate converters on the resistance of the supply network for medical X-ray equipment**

*Abstract.* The paper presents an analysis of the use of uninterruptible power supplies and voltage regulators in the power supply networks of X-ray machines.

*Key words:* UPS, the resistance of the mains, voltage drop, voltage regulator, X-ray power supplies

Технический прогресс охватывает все сферы нашей жизни. Ежегодно в эксплуатацию вводятся все новые модели оборудования в различных отраслях промышленности, здравоохранения, коммунального хо-



зайства. Часть оборудования становится сложнее в конструкции, для повышения точности работы или увеличения его функциональных возможностей; часть оборудования уменьшается в габаритах, становится более энергоэффективным или на их производство затрачивается меньше природных ресурсов. В любом случае, с применением современных технологий возрастают и требования к качеству электрической энергии [1]. Эти требования в обязательном порядке указываются в технических паспортах на электрооборудование. Зачастую производители специализированного оборудования в технических паспортах указывают даже более строгие требования, не исполнение которых приводит к некорректной работе аппаратуры или даже частичному, либо полному выходу её из строя.

Рентгеновские аппараты широко применяются в медицине не только для диагностики многих заболеваний костей, суставов и внутренних органов, но и для рентгеновского контроля при проведении хирургических неинвазивных и инвазивных процедур, а также для лечения рентгеновским излучением (рентгенотерапия). В зависимости от характера медицинской процедуры рентгеновские аппараты подразделяются по типу (дентальный, операционный (ангиограф), флюорограф, маммограф, рентгеновский компьютерный томограф, рентгенотерапевтические аппараты); по мощности (от 0,3 кВт до 150 кВт); по характеру работы: длительная (рентгеноскопия) и кратковременная (рентгенография).

В ряде отечественных нормативов [2-5] есть рекомендации по проектированию, либо необходимые требования к питающей сети для вышеуказанных аппаратов. Среди прочего описаны требования к сопротивлению питающей сети. Эти параметры и рекомендации указываются в технических паспортах (требованиях к подготовке помещений для размещения) аппаратов как отечественного, так и зарубежного производства. Такое внимание уделяется не просто так. Несмотря на то, что практически все современные рентгеновские аппараты комплектуются собственным рентгеновским питающим устройством (РПУ), предназначенным для регулирования напряжения и тока анода рентгеновской трубки, и имеющим множество внутренних обратных связей по току и напряжению [6], для получения качественных снимков этого бывает недостаточно. От стабильности параметров РПУ напрямую зависит получение достоверной рентгенодиагностической информации, постановка медицинского диагноза и наблюдение за развитием заболевания пациента в динамике.

Кратковременность включения (от  $10^{-3}$  до 2 секунд в зависимости от назначения аппарата) при снимках затрудняет регулирование параметров снимка (напряжения и тока трубки) в момент снимка. Даже в современных РПУ с увеличением мощности аппарата увеличивается время стабилизации токов и напряжений от 0,005 до 0,5 секунд, что связано с внутренними переходными процессами. Кроме того, как известно, пол-

ное сопротивление питающей сети - есть сумма квадратов активной и индуктивной составляющей (емкостной составляющей можно пренебречь ввиду ее малого значения). Отсюда следует, что питающая сеть оказывает влияние на время процесса затухания в режиме снимков, что в свою очередь также влияет на их качество.

Очевидно, что для удовлетворения высоких требований к качеству электрической энергии необходимо стараться размещать эти аппараты в непосредственной близости к источнику питания и/или подключать их кабелем большего сечения. Однако это оказывается не всегда возможным. Инфраструктура больничного комплекса, состояние электрических сетей, удаленность и ограниченная мощность трансформаторных подстанций на территории существующих больниц небольших и даже крупных городов не позволяет это сделать без существенных финансовых вложений. Размещение рентгеновского оборудования с соблюдением всех требований, требует дополнительную прокладку новых кабельных линий, либо увеличению сечения питающего кабеля на участке от трансформаторной подстанции до здания больницы, что является экономически не эффективным, не говоря о реконструкции или новом строительстве трансформаторной подстанции.

Исходя из вышеперечисленных проблем, большое распространение получили различные промежуточные преобразователи. У большинства компьютерных томографов и некоторых моделей рентгенов мощностью свыше 50 кВт в технических паспортах указана необходимость использования источника бесперебойного питания (ИБП) соответствующей мощности с учетом запаса по мощности и времени резервирования. Современные источники бесперебойного питания имеют два основных режима работы: режим непрерывного (двойного) преобразования «on-line» и режим «bypass». Если в режиме «bypass» отсутствует какое-либо преобразование в силовой части и питание на оборудование приходит с источника (трансформаторной подстанции), то в режиме непрерывного преобразования питание осуществляется с силового преобразователя ИБП, в составе которого присутствует трансформатор. Выбор режима работы осуществляется программно (при помощи предустановленных алгоритмов) или аппаратно (прямые переключения). Расчет сопротивления питающей сети обычно принимают в режиме «bypass», как наиболее худший вариант. Как правило, ИБП устанавливают вблизи оборудования или в смежных помещениях. Отсюда появляется техническое решение, удовлетворяющее вышеуказанным требованиям.

Так, в ГБУЗ СО «ТГКБ №5» во время монтажных работ было вынуждено вынужденное увеличение проектной длины питающей линии устанавливаемого ангиографа, а значение полного сопротивления питающей линии увеличилось с проектных 116,4 мОм до фактических 144,8 мОм, при допустимых 130 мОм. После тщательных расчетов и нескольких лабораторных испытаний поставщик оборудования согласовал подключение к проложенной линии с предусмотренным ИБП для нужд

ангиографа при условии работы ИБП только в режиме постоянного преобразования, т.к. в этом режиме значение сопротивления питающей сети незначительно колебалось в районе 60 мОм.

Минусом такого решения являются расходы на охлаждение помещения с размещенным ИБП, т.к. в режиме постоянного преобразования при работе ангиографа будут иметь место существенные тепловыделения. Кроме того, в этом режиме срок эксплуатации аккумуляторных батарей сокращается на одну треть номинально срока службы.

Помимо того, что сопротивление питающей сети для аппарата снижено, есть и еще одна положительная сторона. При прочих благоприятных условиях ИБП был бы настроен на режим «bypass» с переключением на непрерывное преобразование при отклонениях качества напряжения питающей сети от нормы. Время переключения, как правило, составляет не более 0,15 секунды (класс 0,15). При постоянной работе в режиме непрерывного преобразования переключения исключаются (класс 0).

При отсутствии необходимости устанавливать ИБП данную проблему можно решить более бюджетными способами, например, установкой стабилизатора напряжения или трансформатора. Но при всем этом остается необходимость тщательного подбора преобразовательных устройств и устройств защиты. Кроме того, подобные решения обязательно необходимо согласовывать с производителем оборудования для сведения к минимуму рисков, связанных с гарантийными обязательствами.

Еще одним недостатком подобных решений на сегодняшний день является и то, что они остаются не регламентированными ни одним нормативным документом.

С аналогичной проблемой, связанной с требованиями к сопротивлению питающей сети, сталкиваются не только при проектировании питающих сетей рентгенов, но и при проектировании питающих сетей магнитно-резонансных томографов, которые зачастую имеют более строгие требования к сопротивлению питающей сети, чем у рентгеновского оборудования при тех же значениях потребляемой мощности. В большинстве случаев подобный способ решит эту проблему.

### Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.
2. ГОСТ 26140-84. Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия / Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления ССР. М.: Издательство стандартов, 1990. 53 с.
3. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских аппаратов и проведению рентгенологических исследований. М. 2003. (с изменениями на 14 февраля 2006 года).

4. Свод правил СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования (с Изменениями N 1, 2). М. 2014.
5. Государственный проектный и научно-исследовательский институт по проектированию учреждений здравоохранения "ГИПРОНИИЗДРАВ". Методические рекомендации по определению расчетных электрических нагрузок учреждений здравоохранения. М. 1988.
6. Блинов Н.Н., Леонов Б.И. Рентгеновские диагностические аппараты [Книга]. Т. 1. М.: ВНИИМТ, НПО "Экран", 2001. 220 с.

УДК 621.317.334

М.С. САЙКИН, к.т.н., доцент,  
В.П. ФЕДОСЕЕВА, студент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
Email: saikinms@mail.ru, Wikelodium@yandex.ru

### **Численное исследование магнитного поля магнитожидкостных датчиков вибраций**

*Аннотация.* Проведены численные исследования магнитного поля магнито-жидкостных датчиков вибраций. Получены зависимости магнитной индукции от расстояния между кольцевыми магнитами магнитного подвеса для разных температур и размеров постоянных магнитов.

*Ключевые слова:* магнитожидкостный датчик, постоянный магнит, чувствительный элемент, вибрация, магнитная жидкость.

M.S. SAIKIN, candidate of Technical Science, lecturer,  
V.P. FEDOSEEVA student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003 Ivanovo  
Email: saikinms@mail.ru, Wikelodium@yandex.ru

### **Numerical study of the magnetic field of magnetic fluid vibration sensors**

*Abstract.* Numerical studies of the magnetic field of magnetic fluid vibration sensors are carried out. The dependences of the magnetic induction on the distance between the ring magnets of the magnetic suspension are obtained for different temperatures and sizes of permanent magnets.

*Key words:* magnetic fluid sensor, permanent magnet, sensing element, vibration, magnetic fluid.

Магнитожидкостные датчики вибраций (МЖДВ) предназначены для диагностики вибросостояния технических объектов за счет сигнала, получаемого с измерительной обмотки.

Любая конструкция датчика состоит из магнитного подвеса, выполненного в виде двух кольцевых постоянных магнитов, установленных в крышках датчика и ориентированных одноименными полюсами относительно полюсов подвижного кольцевого постоянного магнита, который является чувствительным элементом и удерживается относительно внутренней поверхности корпуса датчика без касания за счёт левитации в магнитной жидкости [1].

В настоящее время разработаны конструкции МЖДВ, предназначенные для различных условий работы и имеющие возможность настройки эксплуатационных характеристик [2-4].

К основным эксплуатационным характеристикам датчиков относятся: чувствительность, частотный диапазон, быстродействие и массогабаритные параметры.

Магнитная цепь датчика представляет собой магнитопровод разомкнутого типа, что значительно снижает эффективность использования энергии постоянных магнитов. Кроме того, изменение окружающей температуры оказывает влияние на характеристики постоянных магнитов значительно сильнее, чем в электротехнических устройствах с замкнутым магнитопроводом.

В качестве материалов постоянных магнитов в МЖДВ используются редкоземельные сплавы с низким температурным коэффициентом по магнитной индукции, что позволяет получить стабильные эксплуатационные характеристики [5].

Целью работы является численное исследование магнитного поля МЖДВ при изменении температуры окружающей среды и размеров кольцевых постоянных магнитов магнитного подвеса.

В качестве постоянных магнитов были выбраны магниты марки ЧЗ6Р с величиной остаточной магнитной индукции  $B_r=1\text{Тл}$  и коэрцитивной силой  $H_c=680\text{ кА/м}$ . У этих магнитов температурный коэффициент по индукции составлял  $0,12\%/^{\circ}\text{C}$ . Исследования проводились для трёх типоразмеров магнитов  $K32\times 18\times 5$ ,  $K17,1\times 10\times 11$ ,  $K11\times 6\times 2,5$  в среде FEMM при заданных граничных условиях Дирихле-Неймана.

Картина силовых линий магнитного поля МЖДВ представлена на рис. 1.

В ходе исследований изменялось расстояние между магнитами  $\Delta$  магнитного подвеса в диапазоне от  $0,1D$  до  $D$ , где  $D$  - наружный диаметр кольцевого магнита.

Величина магнитной индукции определялась в направлении перпендикулярном оси симметрии датчика при изменении значений  $\Delta$ . На рис. 2 представлены графики изменений магнитной индукции от расстояния между магнитами магнитного подвеса с размерами магнита  $K17,1\times 10\times 11$  при температурах  $20^{\circ}\text{C}$  и  $120^{\circ}\text{C}$ .

Анализ полученных расчётных зависимостей позволяет сделать вывод о снижении величины магнитной индукции при повышении температуры от  $20^{\circ}\text{C}$  и  $120^{\circ}\text{C}$  на 5-7%.

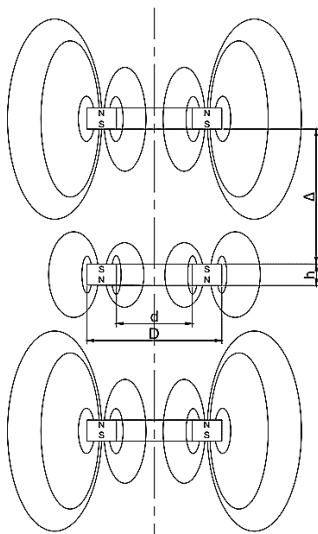


Рис. 1. Картина магнитного поля магнитного подвеса МЖДВ

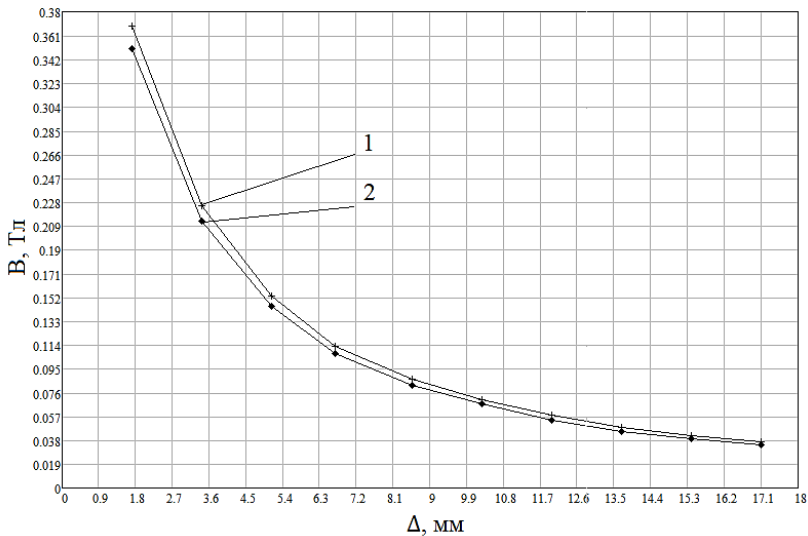


Рис. 2. Зависимость магнитной индукции в МЖДВ от расстояния  $\Delta$  между магнитами: 1 – при 20°C; 2 – при 120°C

Проведены исследования изменения магнитной индукции для трёх типоразмеров магнитов K32×18×5, K17,1×10×11, K11×6×2,5 при температуре 20°C (рис. 3). Уменьшение магнитной индукции при увеличении  $\Delta$  от 0,1D до D составило: для магнита K32×18×5 - 90,7%, для магнита K17,1×10×11 - 89,96%, а для магнита K11×6×2,5 - 88,26%.

Аналогичные исследования проводились при температуре 120°C и представлены на графиках (рис. 4). Уменьшение магнитной индукции при изменении  $\Delta$  от 0,1D до D составило: для магнита K32×18×5 - 90,75%, для магнита K17,1×10×11 - 90,12%, а для магнита K11×6×2,5 - 90,24%.

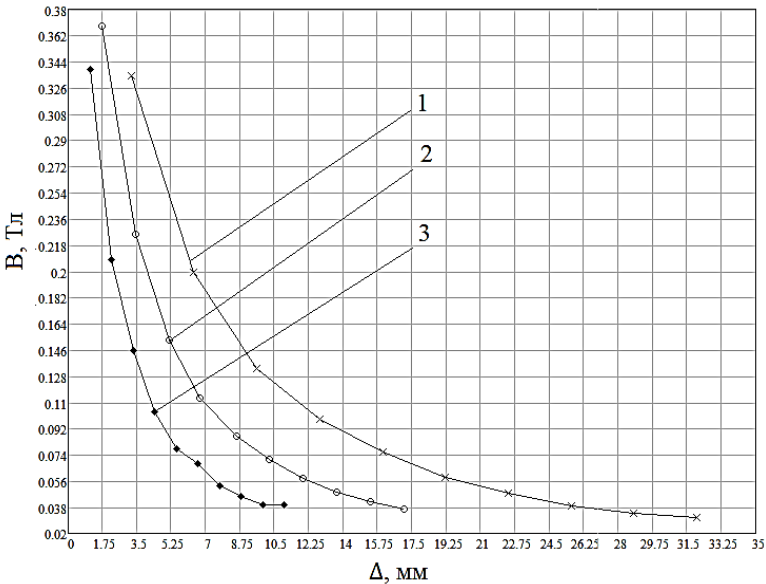


Рис. 3. Зависимости изменения магнитной индукции МЖДВ от расстояния между магнитами при 20°C: 1 – магнит K32×18×5; 2 – магнит K17,1×10×11; 3 – магнит K11×6×2,5

Результаты численных исследований для рассмотренных типоразмеров постоянных магнитов показывают снижение величины магнитной индукции на 89-91% при увеличении расстояния между магнитами магнитного подвеса от 0,1D до D. Изменение магнитной индукции происходит по экспоненциальным зависимостям.

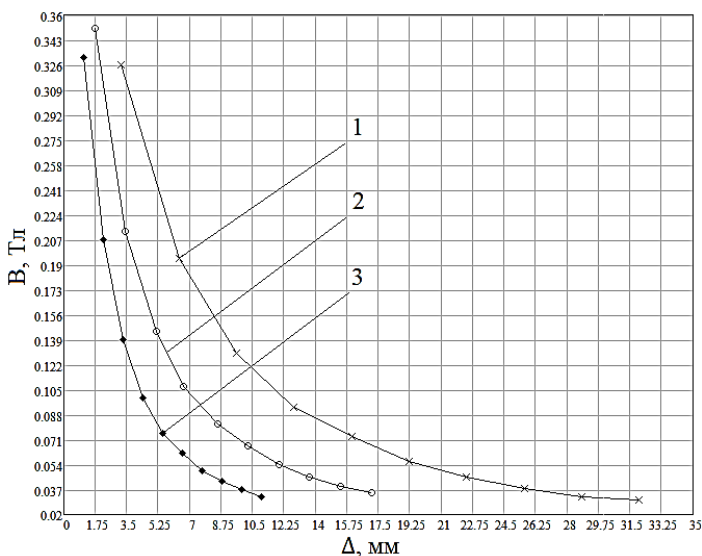


Рис. 4. Зависимости изменения магнитной индукции МЖДВ от расстояния между магнитами при 120°C: 1 – магнит К32×18×5; 2 – магнит К17,1×10×11; 3 – магнит К11×6×2,5

Полученные результаты расчетов позволяют прогнозировать значения магнитной индукции МЖДВ и тенденции её изменения при различных размерах кольцевых постоянных магнитов магнитного подвеса и температурах эксплуатации.

#### Литература

1. Федосеева В.П., Сайкин М.С. Разработка магнитожидкостных виброметрических датчиков. Сборник научных трудов 19-ой Международной Плесской научной конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям, Россия, Иваново, 2020 г., С.262-268 (сентябрь 2020 г.).
2. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель RU 195546 U1, 31.01.2020. Заявка № 2019127832 от 03.09.2019
3. Сайкин М.С., Марков М.Г., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 198257, 29.06.2020. Заявка № 2019144236 от 24.12.2019.
4. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 201384, 11.12.2020. Заявка № 2020129548 от 07.09.2020.
5. Лагуткина Д.Ю., Сайкин М.С. Современные магнитные материалы в электро-технике: Учеб. пособие/ ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. – Иваново, 2018. – 104 с.



УДК 621.313.333

А.Н. ГОЛУБЕВ, д.т.н., профессор,  
В.Г. БЕЛОНОГОВ, начальник военного учебного центра

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: alenikgo@yandex.ru, BelonogovVladimir@yandex.ru

## **Оптимизация виброшумовых характеристик синхронного электропривода**

*Аннотация.* В работе приведена методика проектирования и исследования многофазного синхронного электропривода с улучшенными виброшумовыми характеристиками.

*Ключевые слова:* синхронный электропривод, многофазный двигатель, виброшумовые характеристики.

A.N. GOLUBEV, Doctor of Engineering, Professor  
V.G. BELONOGOV, Head of the military training center

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003 Ivanovo  
E-mail: alenikgo@yandex.ru, BelonogovVladimir@yandex.ru

## **Optimization of vibration-noise characteristics of a synchronous electric drive**

*Abstract.* The paper presents a methodology for designing and researching a multiphase synchronous electric drive with improved vibration and noise characteristics.

*Key words:* synchronous electric drive, multiphase motor, vibration-noise characteristic.

Одним из вопросов, который необходимо решать при создании современного электропривода (ЭП), является оптимизация его виброшумовых характеристик. Основными источниками магнитного шума выступают пульсации электромагнитного момента (тангенциальные силы), а также радиальные силы, действующие между статором и ротором и обуславливающие изменяющуюся во времени деформацию статорного кольца. Переход на многофазный вариант исполнения статорной обмотки машины, в частности синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) позволяет за счет расширяющихся возможностей целенаправленного формирования конфигурации магнитного поля в зазоре СДПМ эффективно улучшать виброшумовые характеристики последнего.

Радиальная сила в некоторой точке воздушного зазора, определяемой углом  $\alpha$ , зависит от квадрата магнитной индукции

$$\rho(\alpha) = \frac{1}{2\mu_0} B^2(\alpha).$$

Отсюда вытекает, что оптимальной в указанном отношении формой распределения поля в зазоре является меандр.

Корректное исследование характера пространственного распределения магнитной индукции  $B(\alpha)$  вдоль зазора целесообразно осуществлять с использованием современных программных комплексов. При этом необходимо оперировать с адекватной математической моделью СДПМ, учитывающей реальную геометрию магнитопровода и пространственное распределение обмотки, а также насыщение стали. Такой подход был реализован в виде программного продукта EngineBuilder.exe. на основе отечественного интерактивного программного комплекса Elcut. Структура программного модуля включает в себя следующие функциональные блоки: расчетный блок; блок построения полевой модели ЭП; блок тестирования модели; блок исследования системы управления, реализованной в MatLab (Simulink).

Расчетный блок обеспечивает определение в интерактивном режиме геометрии  $m$ -фазного СДПМ на основе задания на проектирование. Актуальность такого проектирования обусловлена отсутствием в настоящее время промышленного производства  $m$ -фазных ( $m > 3$ ) СДПМ. Блок построения модели осуществляет: открытие программного комплекса Elcut, обрисовку геометрии машины, присвоение меток блокам ее модели, прописание заданных и расчетных свойств этих блоков. Блок тестирования обеспечивает исследование разрабатываемого СДПМ (рис. 1).

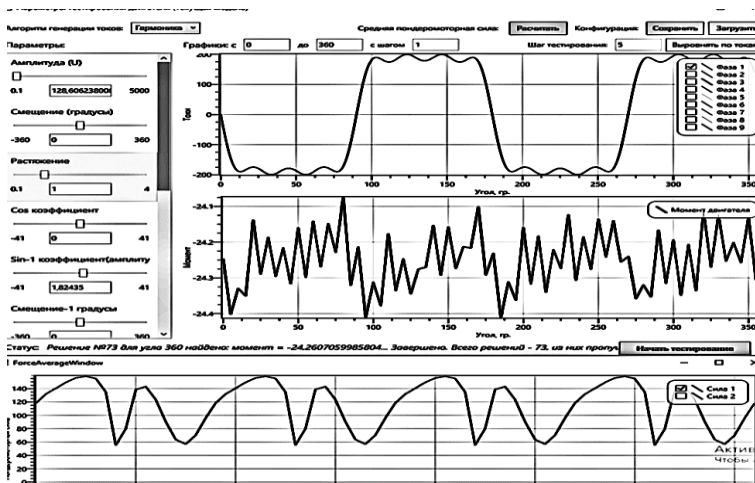


Рис. 1. Пример окна с результатами тестирования разработанного СДПМ

При структурном и параметрическом синтезе САУ использование полевой модели неудобно. Необходима математическая модель, оперирующая со структурными схемами и передаточными функциями. Такая модель СДПМ как объекта управления, представляющая его в виде параллельных подструктур, количество которых является определенной функцией числа фаз СДПМ, приведена в [1].

На ее основе предложена функциональная схема [2]. многоканальной САУ (рис. 2), используемая в разработанном программном модуле и реализованная в MatLab (Simulink).

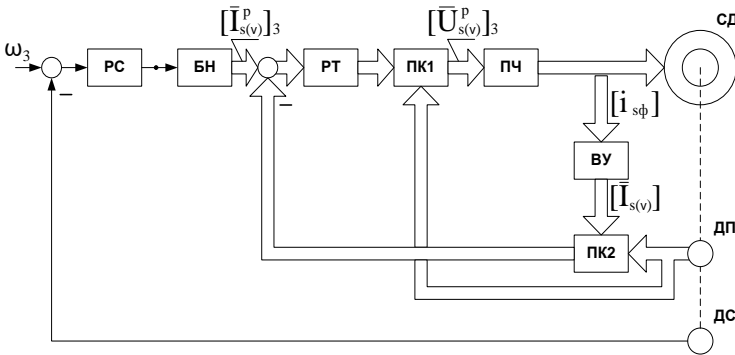


Рис. 2. Функциональная схема многоканальной САУ

Разработанная модель позволяет достаточно удобно исследовать статические и различные динамические режимы работы синхронного ЭП. Именно многоканальный принцип построения САУ обеспечивает целенаправленное формирование конфигурации поля в зазоре, обеспечивающей уменьшение радиальных сил, а следовательно, улучшение виброшумовых характеристик ЭП.

Результаты имитационного моделирования подтверждают эффективность многоканального принципа построения синхронного ЭП с улучшенными виброшумовыми характеристиками. Так в сравнении с синусоидальным питающим напряжением, соответствующим традиционному 3-фазному ЭП, рассмотренные варианты формирования поля в зазоре СДПМ обеспечивают уменьшение пондеромоторной силы на 15% и более.

### Литература

1. Голубев А.Н., Лапин А.А. Математическая модель синхронного двигателя с многофазной статорной обмоткой// Электротехника. – 1998. – №9. – С. 8–13.
2. Голубев А.Н., Лапин А.А. Многофазный синхронный регулируемый электропривод / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008. - 156 с.

УДК 621.313.323

А.И. ТИХОНОВ, д.т.н.,  
А.А. ЖОЛОБОВ, аспирант

Ивановский Государственный Энергетический Университет,  
153003, Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34  
E-mail: aleksandr.al7416@mail.ru

## **Разработка цифрового двойника шагового двигателя**

*Аннотация.* В работе описано создание конечно-элементной модели шагового двигателя в VBA для Excel, предназначенной для создания цифрового двойника устройства.

*Ключевые слова:* цифровой двойник, шаговый двигатель, конечно-элементная модель.

A.I. TИHONOV, Doctor of Engineering,  
A.A. ZHOLOBOV, post-graduate

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003 Ivanovo  
E-mail: aleksandr.al7416@mail.ru

## **Development of a digital twin of a stepper motor**

*Abstract.* The work describes the creation of a finite element model of a stepper motor in VBA for Excel, designed to create a digital twin of the device.

*Key words:* digital twin, stepper motor, finite element model.

Синхронные бесщёточные шаговые двигатели (ШД) часто используются в современной инженерии. Одним из главных преимуществ таких приводов является дискретность движения ротора, что позволяет контролировать угол поворота вала двигателя с определённым шагом. Главным недостатком ШД является необходимость использования дополнительного оборудования для управления ими – драйверов, однако, в настоящее время, они достаточно компактны и соизмеримы по стоимости с самим приводом.

«Цифровые двойники» – это семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, реальным объектам, физико-механическим процессам, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, обеспечивающие отличие между результатами виртуальных испытаний и натуральных испытаний в пределах  $\pm 5\%$  [1]. Цифровые двойники создаются на основе 2D и 3D моделей в зависимости от необходимой точности и сложности расчётов и вычислительной мощности компьютеров.

Основные цели изучения и проектирования новых типов ШД заключаются в снижении себестоимости при производстве с сохранением

основных рабочих характеристик двигателей и улучшение рабочих характеристик при сохранении стоимости и габаритов двигателей.

Для исследования выбран двухфазный шаговый двигатель 86HS78 с фланцем 86 мм и угловым шагом ротора  $1,8^\circ$ .

Для создания параметрического генератора конечно-элементных моделей (КЭМ) ШД используются электронные таблицы Microsoft Excel и библиотека моделирования магнитного поля EMLib. Параметрический генератор КЭМ представляет собой программный код в среде программирования Microsoft Visual Basic (VBA), интегрированный в Excel. Ввод и вывод данных формируется в виде удобных для пользователя таблиц, позволяющих быстро менять основную конфигурацию модели. Например, изменение диаметра ротора и статора, варьирование количества зубцов и смена параметров обмотки статора.

Полученная при построении 2D модель расчетной области полевой задачи показана на рис. 1.

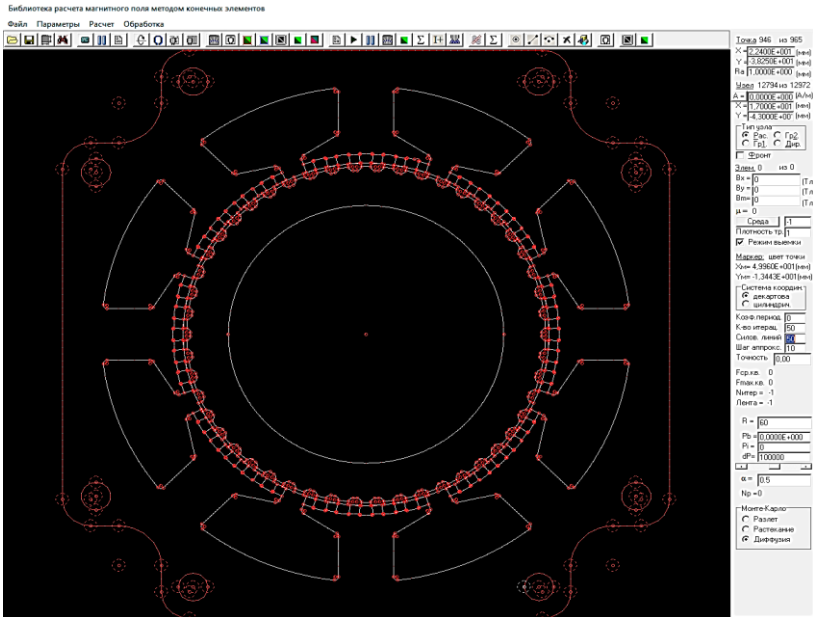


Рис. 1. Расчетная область шагового двигателя

Данный рисунок показывает оригинальный вид ШД 86HS78. Он имеет 48 зубцов статора и 50 зубцов ротора. Статор выполнен из шихтованной стали и, одновременно, является корпусом двигателя. Он имеет 8 чередующихся обмоток с 27 витками медной проволоки в каждой.

Ротор так же набран из листовой стали и намагничен. Главной особенностью ротора является деление его на 4 секции (вдоль оси), которые смещены относительно друг друга.

Построение конечно-элементной модели производится с помощью базовых графических объектов: опорных точек, графических примитивов (отрезков и дуг) и подобластей, занятых однородной средой. Узлы определяются геометрически с использованием входных параметров двигателя, определяемых на стадии проектирования.

Каждый узел модели имеет радиус аппроксимации, который влияет на размер ячеек сетки конечно-элементной модели.

На рис. 2 показан фрагмент ротора двигателя, разбитый на конечные элементы.

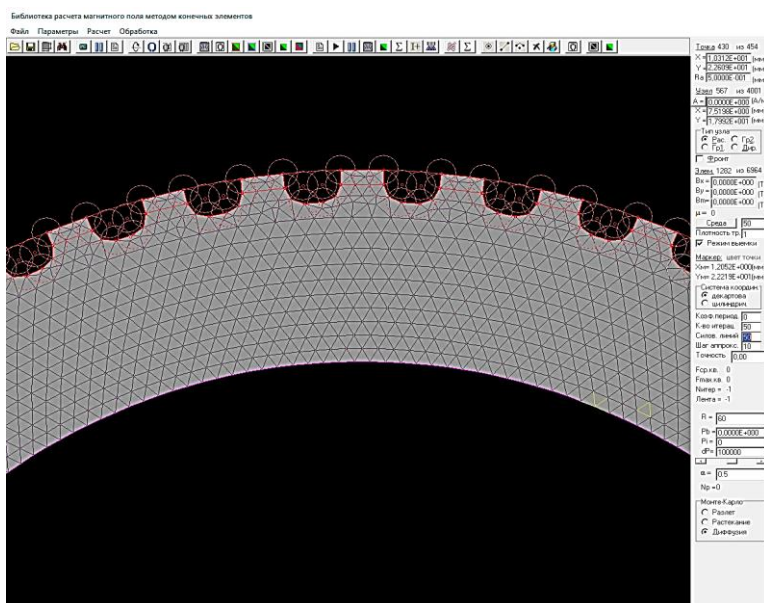


Рис. 2. Фрагмент конечно-элементной сетки машины

Разработанная модель позволит оптимизировать и ускорить проектирование и проверку нетиповых конструкций, имитируя работу устройствах в переходных и установившихся режимах. Это позволит сэкономить время и ресурсы, которые требуются для создания и тестирования опытного образца.

### Литература

1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «новые производственные технологии». М.: 2019. 53 с

УДК 621.314: 621.365.5

Е.К. ПЫЛЬСКАЯ, к.ф.-м.н., доцент  
Д.Е. ПРОЦВЕТОВ, студент

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: екпыльская@mail.ru

## **Система электропитания магнетронных генераторов для СВЧ-установки конвейерного типа**

*Аннотация.* Для СВЧ-установки конвейерного типа разработана система электропитания магнетронов. С помощью имитационной модели, созданной в среде MATLAB+Simulink, получены характеристики, необходимые для расчета и проектирования системы электропитания.

*Ключевые слова:* СВЧ-установка, магнетрон, система электропитания

E.K. PYLSKAYA, Ph.D., associate professor  
D.E. PROTSVETOV, student

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
410054 Saratov, Politechnicheskaya street, 77  
E-mail: екпыльская@mail.ru

## **Power supply system for magnetron generators of conveyor-type microwave installations**

*Abstract.* A power supply system for magnetrons has been developed for a conveyor-type microwave installation. Using a simulation model created in MATLAB + Simulink, the characteristics necessary for calculating and designing a power supply system were obtained.

*Key words:* microwave installation, magnetron, power supply system, voltage regulator

СВЧ электротехнологическая установка представляет собой сложную систему, для функционирования которой необходимо распределить СВЧ-энергию, вырабатываемую одним или несколькими магнетронными генераторами согласно заданным требованиям. Установки конвейерного типа чаще всего выполняют мультигенераторными, причем для равномерной загрузки сети количество генераторов принимают кратным трем [1].

Для построения источников СВЧ-энергии в настоящее время имеется широкая гамма электронных приборов. В установках небольшой мощности наиболее часто применяют пакетированные магнетроны (со встроенными магнитами), например, TOSHIBA 2M164, которые генерируют СВЧ колебания в диапазоне частот от 2440 до 2460 МГц. Средняя выходная мощность такого магнетрона составляет 1300...1600 Вт [2].

Для работы пакетированного магнетрона необходимы два источника энергии. Один из них обеспечивает накал катода, другой создает необходимую разность потенциалов между анодом и катодом магнетрона. При этом должна быть обеспечена возможность изменять режим работы СВЧ установки по заданному алгоритму или стабилизировать выходную мощность магнетронов при колебаниях сетевого напряжения.

На рис. 1 показана схема электропитания магнетронов СВЧ-установки, которая разработана в соответствии с техническими требованиями на эксплуатацию магнетрона 2М164. Необходимое для накала катода напряжение снимается со вторичной обмотки трансформатора ТН, первичная обмотка которого через регулятор напряжения РН и коммутатор К подключена к сети. Регулятор напряжения РН необходим для изменения напряжения накала в процессе разогрева катода и выхода магнетрона VL на рабочий режим.

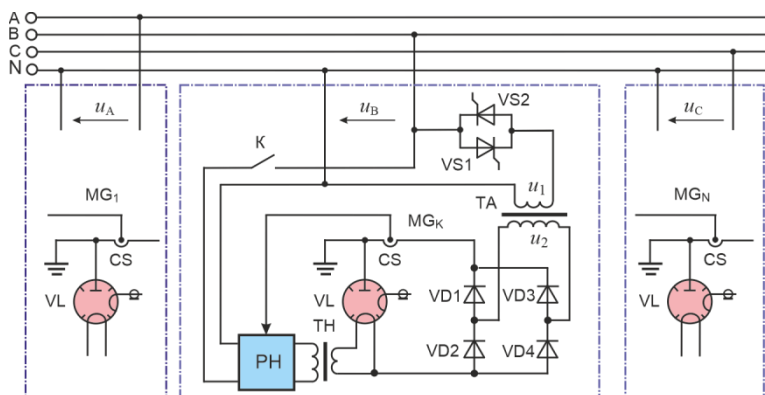


Рис. 1. Схема электропитания магнетронов

При включении системы электропитания сначала срабатывает коммутатор К, в результате чего на цепь накала катода подается напряжение, действующее значение которого составляет 3,6...4,4 В. Затем с помощью встречно-параллельно соединенных тиристоров VS1, VS2 первичная обмотка повышающего трансформатора ТА подключается к сети. В результате на анодную цепь магнетрона подается напряжение с выхода высоковольтного мостового выпрямителя VD1-VD4, который запитан от вторичной обмотки повышающего трансформатора ТА. Изменение режима работы СВЧ установки производится за счет импульсно-фазового управления тиристорами VS1, VS2.

Для исследования системы электропитания магнетронов в среде MATLAB с пакетом расширения Simulink создана имитационная модель. При моделировании магнетрона принято допущение о представлении



его вольт-амперной характеристики в виде двух линейных участков [2]. Сопряжение этих участков происходит в точке, соответствующей пороговому напряжению магнетрона.

В результате моделирования системы электропитания магнетронов получены графики мгновенных значений токов и напряжения, а также их интегральные оценки в различных режимах работы СВЧ-установки. На рис. 2 показаны графики, которые показывают изменение выходной мощности магнетронного генератора в зависимости от угла управления тиристорами VS1, VS2.

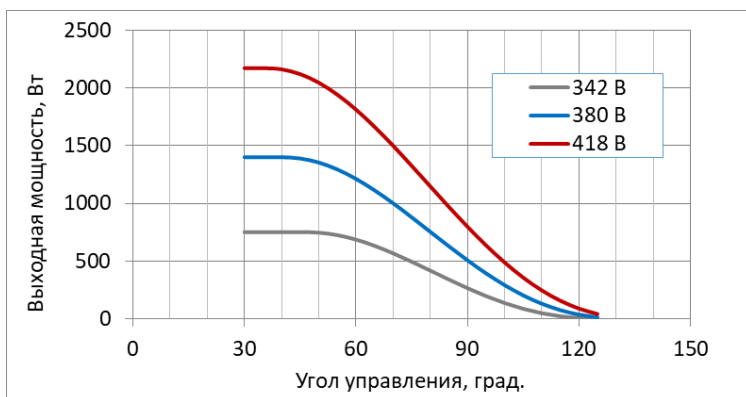


Рис. 2. Регулировочная характеристика

Графики построены для трех значений напряжения сети. Номинальное напряжение – 380 В. Значения 342 и 418 В соответствуют допустимым пределам отклонения напряжения. При моделировании угол управления тиристорами изменялся от 30 до 125 градусов. Когда угол управления меньше 30 градусов, тиристоры полностью открыты. Крутизна регулировочной характеристики зависит от величины сетевого напряжения.

#### Литература

1. Артюхов И.И., Земцов А.И. Направления совершенствования мультигенераторных СВЧ электротехнологических установок // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т.1. № 3 (54). С. 149-154.
2. TOSHIBA Industrial Magnetron 2M164. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.hokuto.co.jp/eng/products/ind\\_magnetron/index.htm](http://www.hokuto.co.jp/eng/products/ind_magnetron/index.htm)
3. Артюхов И.И., Земцов А.И., Гордеев Е.С. Имитационная модель регулируемого источника анодного напряжения для пакетированного магнетрона промышленного назначения // Вопросы электротехнологии. 2016. № 4 (13). С. 33-38.

УДК 621.311.25:621.313.26

С.В. МИТРОФАНОВ, к.т.н.,  
А.А. КЕНЖАГАЛИЕВ, студент

Оренбургский Государственный Университет  
460048 г. Оренбург, Победы проспект, 141  
E-mail:mitser2002@mail.ru,k.ajbulat2016@yandex.ru

## Производство электрической энергии в бинарном режиме

*Аннотация.* В работе приведены сведения о альтернативных способах выработке электроэнергии, таких как переработка газа на нефтегазовых месторождениях микрогазотурбинными установками.

*Ключевые слова:* попутный нефтяной газ, переработка, микрогазотурбинная установка.

S. V. MITROFANOV, Candidate of technical Sciences,  
D.A. KENZHAGALIEV, student

Orenburg State University,  
460048 Orenburg, Pobedy prospect, 141  
E-mail:mitser2002@mail.ru, bananya56@mail.ru

## Electric power generation in binary mode

*Abstract.* The paper provides information on alternative methods of generating electricity, such as gas processing in oil and gas fields by micro-gas turbine units.

*Key words:* associated petroleum gas, processing, micro-gas turbine unit.

На базе изучений, произведенных на объектах нефтегазодобывающих компаний, а также рассмотренных характеристик графиков электронагрузок применяемых энергоцентров возможно сделать заключение, то что необходимая потребителями мощность колеблется в существенных границах.

В роли основного потребителя электрической мощности выступают буровые установки. Буровые установки имеют значительные суммарные электрические мощности и относится к 3 подгруппе потребителей согласно распределению мощности (мощностью свыше 670 кВт). Рассмотрение диаграмм нагрузки показало, что степень мощности подстанций, распределительных пунктов являются произвольными величинами, которые следуют обычному закону распределения. Ввиду этого диаграмма нагрузки, изображенная как изменение коэффициента максимума активной мощности в течение суток, может быть объективен в области добычи, перевозки также переработки жестких, водянистых, а также газообразных полезных ископаемых.

Главными потребителями в нефтегазодобывающих компаниях считаются асинхронные, также синхронные моторы.

В нефтегазодобывающих компаниях минеральносырьевого ком-

плекса ведутся регулирующие комплексы по уменьшению пользования электрической энергии также по ограничению употребляемой мощности во время предельных нагрузок.

С полученных графиков нагрузок можно сделать вывод, что коэффициенты наполнения графиков активной мощности согласно единичным вводам и фидерам пребывают в границах 0,55÷0,99. Показатель наполнения соединенного графика активной мощности равен 0,91. Коэффициент формы соединенного графика активной мощности равен 1,00031. По этой причине потери электричества во линиях, питающих подстанции нефтегазодобывающих компаниях, почти никак не находятся в зависимости с графиком.

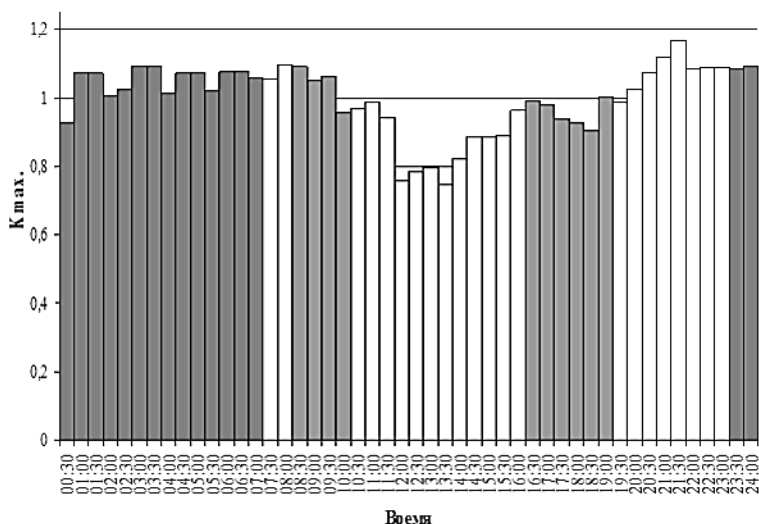


Рис. 1. Колебание коэффициента максимума активной мощности по длительности одной из подстанций нефтегазодобывающих компаниях

Значимость использования потребителей-регуляторов определена потребностью уменьшения нагрузки компании во время максимума энергосистемы, снабжая сокращение издержек электричества в электросетях компании также энергосистемы, снижение основной платы за электрическую энергию, кроме того формирование подходящего порядка деятельности энергосистемы в более интенсивный промежуток дней.

Компании минеральносырьевого комплекса характеризуются присутствием значительного количества электроприемников с почти самостоятельными системами работы.

По причине колебаний расхода электрической энергии на протяжении месяца рационально использовать электротехнический комплекс компании в порядке двоичного цикла изготовления энергии, который

позволяет изменять выходные характеристики комплекса. Подобный оборот предполагает коллективное применение микрогазотурбинных установок, а также паротурбинного электроагрегата (ПТЭА), в качестве рабочей среды какого используется низкокипящая смесь. Присутствие применения двоичного цикла генерации электрической энергии пиро-генные выхлопные газы микрогазотурбинных установок применяется с целью генерации пара с низкокипящей сферы, погружающего второстепенную турбину [2]. В зависимости с показателей графиков потребления энергии предметами нефтегазовых компаний вероятно генерирование равно как электрической, так и термической энергии [2]. В качестве низкокипящей среды применяется хладагент пентафторпропан (хим формулировка  $C_3H_3F_5$ , место кипения Пятнадцать,3 °C, насыщенность в жидкой фазе  $1400 \text{ кг/м}^3$ , в газообразной –  $5,84 \text{ кг/м}^3$ ) [1].

Механизм работы комбинированный установки описан ниже [3]. Диз. топливо, попадая в камеру сгорания, сгорает там, тем самым раскручивает вал реактивного мотора, который приводит в движение электрогенератор данной установки. Газы, которые выделяются в ходе работы в моторе, попадают дальше в установку. Регулирующий патрубок отводит данные выхлопные газы в те места, где их потенциал применяется в качестве нагрева в теплоносителе. Патрубок подает выхлопные газы в систему парогенерирования, в случае недостатка тепла в системе, Данный пар следует в паровую турбину. В итоге генераторы МГТЭА также ПТЭА функционируют одновременно, снабжая энергией нагрузку.

Микрогазотурбинная установка генерирует в сеть электроэнергию, но также может генерировать и тепловую энергию, если имеется необходимость. [4]. Например, зимой, когда термическая мощность выпускных газов и системы охлаждения установки полностью утилизируется в теплообменнике для нагрева теплоносителя (вода). На установке также есть добавочная паровая турбина, которая задействуется с целью дополнительной генерации электроэнергии.

В результате реализации схемы комплексного энергоснабжения достигается наиболее полное и эффективное преобразование первичного энергоносителя. Применение в электротехническом комплексе МГТЭА в сочетании с ПТЭА позволяет обеспечить потребителей электрической и тепловой энергией в соответствии с графиками нагрузок предприятия, в то же время уменьшая количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ ввиду комплексного использования топлива. Внедрение автономных когенерационных энергоагрегатов актуально для районов, удаленных от линий централизованного электрообеспечения, при этом имеющих значительную потребность в тепловой энергии.

#### Литература

1. Максимов Б.Н. Промышленные фторорганические продукты: справ. изд. / Б.Н. Максимов, В.Г. Барабанов, И.Л. Серушкин и др. – Л.: Химия, 1990. – 464 с.

2. Манушин Э.А., Бирюков В.В. Паротурбинная установка геотермальной электростанции бинарного цикла для геотермальных месторождений камчатского края // Наука и образование. – 2011. – № 9. – с. 1-8.
3. Моренов В.А., Леушева Е.Л. Система комплексного энергоснабжения нефтегазопромыслов с использованием нефтяного газа в качестве энергоносителя // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 4. – с. 96–100
4. Моренов В.А., Полищук В.В. Касьянова А.Н. Когенерационная установка с бинарным циклом для электроснабжения объектов нефтегазовых предприятий // Естественные и технические науки. – 2015. – № 5. – с. 102–105

УДК 621.313

С.В. МОЛОТ, ассистент

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: sve\_1992@mail.ru

### **Выбор схемы подстанции для электроснабжения частотно-регулируемой установки охлаждения газа**

*Аннотация.* Оснащение вентиляторов установок охлаждения газа частотно-регулируемым электроприводом приводит к необходимости решения проблемы электромагнитной совместимости в системе электроснабжения компрессорной станции. В работе рассмотрены варианты решения этой проблемы, предложена схема подстанции, которая может быть применена при создании новых объектов.

*Ключевые слова:* система электроснабжения, частотно-регулируемый электропривод, преобразователь частоты, качество электроэнергии

S.V. MOLOT, assistant

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov  
410054 Saratov, Politechnicheskaya street, 77  
E-mail: sve\_1992@mail.ru

### **Substation scheme selection for power supply of a frequency-controlled gas cooling plant**

*Abstract.* Equipping the fans of gas cooling plants with a frequency-controlled electric drive makes it necessary to solve the problem of electromagnetic compatibility in the power supply system of the compressor station. The paper discusses variants for solving this problem; a proposed substation scheme can be used when creating new objects.

*Key words:* power supply system, variable frequency drive, frequency converter, power quality

Для обеспечения требуемого температурного режима магистрально-го транспорта газа на компрессорных станциях применяют установки охлаждения газа (УОГ). Они представляют собой набор теплообменных

секций с электроприводными вентиляторами, количество которых может составлять 24 и более единиц [1]. Так как суммарная мощность электродвигателей только одной УОГ компрессорной станции составляет сотни киловатт, то на охлаждение газа расходуется значительное количество электроэнергии. При этом дискретный способ управления вентиляторами УОГ не является оптимальным по затратам электроэнергии.

Более эффективное использование электроэнергии обеспечивают частотно-регулируемые УОГ [2], в которых изменение температурного режима осуществляется за счет частотного управления вентиляторами. Типовая подстанция для электроснабжения таких УОГ имеет в своем составе два трансформатора 6(10)/0,4 кВ. Напряжения со вторичных обмоток трансформаторов подают через автоматические выключатели на соответствующие секции шин, которые в свою очередь могут быть соединены через секционный выключатель. К секциям шин 0,4 кВ через коммутационные аппараты подключаются преобразователи частоты (ПЧ) для управления электродвигателями вентиляторов УОГ.

Подключение большого количества ПЧ к шинам подстанции привело к необходимости решения проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) в системах электроснабжения компрессорных станций [3]. Дело в том, что современные ПЧ для управления электродвигателями изготавливают по схеме: выпрямитель – сглаживающий фильтр – автономный инвертор напряжения на IGBT-модулях. Так как в качестве сглаживающего фильтра применяют конденсаторы, то входной ток ПЧ имеет импульсный характер с содержанием высших гармоник (ВГ) до 70-80 % [4]. В результате входные токи трансформаторов, нагрузкой которых являются группы ПЧ, имеют несинусоидальную форму с преобладанием 5-й и 7-й гармоник [5].

Один из путей решения проблемы ЭМС состоит в применении схемных решений, которые уменьшают уровень ВГ во входном токе ПЧ. В каталогах фирм-изготовителей ПЧ рекомендуется устанавливать на входе ПЧ сетевые дроссели, которые позволяют снизить содержание ВГ тока примерно до 30 %. Более эффективный вариант предполагает применение во входном звене ПЧ активных выпрямителей на полностью управляемых силовых ключах. Однако это техническое решение существенно увеличивает стоимость оборудования.

Частичным решением проблемы ЭМС может быть подключение к шинам 0,4 кВ подстанции пассивных фильтров [6]. Однако при этом возникает риск возникновения резонансных явлений. Поэтому более эффективным решением задачи компенсации ВГ является установка на подстанции активных фильтров. Упрощенная схема одной секции подстанции (без коммутационных аппаратов) показана на рис. 1. Существенным препятствием к применению активных фильтров на сегодняшний день является их высокая стоимость.

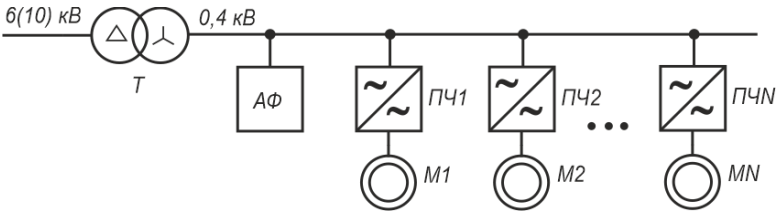


Рис. 1. Схема одной секции подстанции с активным фильтром гармоник:  
Т – трансформатор; АФ – активный фильтр; ПЧ1...ПЧN – преобразователи частоты; M1...MN – электродвигатели вентиляторов

Эффективное решение проблемы ЭМС может дать принципиальное изменение архитектуры подстанции для электроснабжения частотно-регулируемой УОГ путем организации шин постоянного тока и замены ПЧ на инверторы. Предлагаемая схема одной секции такой подстанции показана на рис. 2.

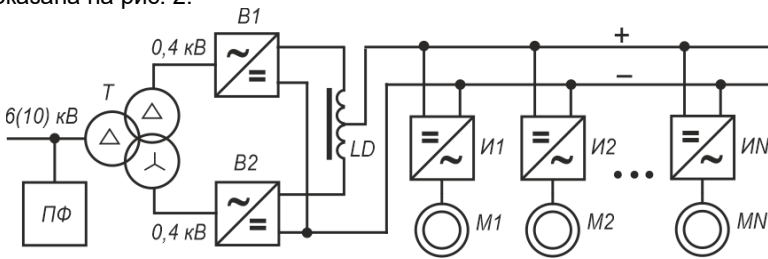


Рис. 2. Схема одной секции подстанции с шиной постоянного тока:  
Т – трансформатор; В1, В2 – выпрямители; LD – уравнивающий реактор;  
ПФ – пассивный фильтр; И1...ИN – инверторы напряжения с широтно-импульсной модуляцией

Шина постоянного тока образована двумя выпрямителями, которые запитаны от вторичных обмоток трансформатора. Так как одна из этих обмоток соединена по схеме «звезда», а другая – по схеме «треугольник», то на шине постоянного тока формируется 12-пульсное напряжение, а во входном токе трансформатора происходит компенсация 5-й и 7-й гармоник. Для компенсации гармоник с номерами 11, 13, 17 и 19 можно применить пассивный фильтр. Так как доля этих гармоник в спектре входного тока подстанции составляет 10-12 %, то установленная мощность пассивного фильтра будет существенно меньше, чем для типовой схемы подстанции.

В связи с тем, что на объектах магистрального транспорта газа активно осуществляются мероприятия по оснащению вентиляторов УОГ частотно-регулируемым электроприводом, возникает задача выбора

схемы подстанции для их электроснабжения. При этом могут рассматриваться различные варианты в зависимости от того, является ли УОГ действующим объектом, на котором производится реконструкция, либо она находится на этапе проектирования. В любом случае сравнение вариантов должно производиться исходя из условия, что подстанции имеют одинаковый спектр потребляемых токов для всех режимов работы УОГ.

При реконструкции УОГ, находящейся в эксплуатации, экономически целесообразным, скорее всего, будет вариант применения активных фильтров (рис. 2), так как их установка не требует проведения сложных строительно-монтажных работ. Вариант по схеме на рис. 3 требует замены двухобмоточных трансформаторов на трехобмоточные, монтажа выпрямителей с уравнительным реактором и соответствующей коммутационной аппаратуры для работы на постоянном токе.

Для вновь создаваемого объекта необходимо провести технико-экономическое сравнение вариантов схем подстанции с активными фильтрами (рис. 1) и с шинами постоянного тока (рис. 2).

Затраты  $Z_1$  и  $Z_2$  для вариантов схем на приобретение и монтаж оборудования оценим по формулам:

$$Z_1 = Z_{T1} + Z_{АФ} + Z_{ПЧ} + Z_{КА1} ,$$

где  $Z_{T1}$ ,  $Z_{АФ}$ ,  $Z_{ПЧ}$ ,  $Z_{КА1}$  – соответственно затраты на приобретение и монтаж двухобмоточного трансформатора, активного фильтра, преобразователей частоты и коммутационной аппаратуры переменного тока;

$$Z_2 = Z_{T2} + Z_{В} + Z_{УР} + Z_{ПФ} + Z_{И} + Z_{КА2} ,$$

где  $Z_{T2}$ ,  $Z_{В}$ ,  $Z_{УР}$ ,  $Z_{ПФ}$ ,  $Z_{И}$ ,  $Z_{КА2}$  – соответственно затраты на приобретение и монтаж трехобмоточного трансформатора, выпрямителей, уравнительного реактора, пассивного фильтра, инверторов и коммутационной аппаратуры постоянного тока.

Можно принять допущение, что затраты на приобретение и монтаж ПЧ в схеме на рис. 1 и инверторов в схеме на рис. 2 отличаются незначительно. Тогда определяющим моментом будет разница затрат

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2 = Z_{T1} - Z_{T2} + Z_{АФ} - Z_{ПФ} - Z_{В} - Z_{УР} + Z_{КА1} - Z_{КА2} .$$

При положительной разнице затрат  $\Delta Z$  экономически целесообразным будет предлагаемый вариант схемы подстанции с шинами постоянного тока.

#### Литература

1. Аршакян И.И., Артюхов И.И. Динамические режимы в системах электроснабжения установок охлаждения газа. Саратов: СГТУ, 2004. 120 с.
2. Аршакян И.И., Тримбач А.А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа // Газовая промышленность. 2006. № 12. С. 52-55.
3. Артюхов И.И., Бочкарева И.И., Тримбач А.А. Качество электроэнергии в системе электроснабжения газотурбинной компрессорной станции в условиях



оснащения установок охлаждения газа частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 2 (60). С. 165-170.

4. Артюхов И.И., Бочкарева И.И., Молот С.В. Влияние частотно-регулируемого электропривода вентиляторов на питающую сеть // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 29-35.

5. Парфентьев Д.В. Оценка влияния частотно-регулируемого электропривода аппаратов охлаждения газа на питающую сеть электроснабжения компрессорных станций // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2018. № 4. С. 17–26.

6. Хворостенко С.В., Авербух М.А. Синтез пассивных фильтро-компенсирующих устройств для ослабления высших гармоник в цеховых сетях электроснабжения с нелинейными потребителями // Интеллектуальная электротехника. 2019. № 1. С. 84-89.

## СЕКЦИЯ 2.

### «ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОФИЗИКА»

УДК 621.314.21: 621.3.048

О.С. МЕЛЬНИКОВА<sup>1</sup>, к.т.н.,  
В.С. КУЗНЕЦОВ<sup>2</sup>, магистрант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: o.c.melnikova@mail.ru<sup>1</sup>, E-mail: vldmirk@ya.ru<sup>2</sup>

#### **Исследование электрического поля в изоляции силового трансформатора при наибольшем рабочем напряжении**

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследования электрического поля силового трансформатора 110 кВ при наибольшем рабочем напряжении

*Ключевые слова:* напряженность электрического поля, изоляция, барьеры.

O. S. MELNIKOVA, candidate of Engineering  
V.S. Kuznetsov, master's degree

Ivanovo State Power Engineering University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: o.c.melnikova@mail.ru E-mail: vldmirk@ya.ru

#### **Investigation of the electric field in the insulation of a power transformer at the highest operating voltage**

*Abstract.* The article presents the results of the study of the electric field of a 110 kV power transformer at the highest operating voltage.

*Key words:* electric field strength, insulation, barriers.

Изоляция трансформаторов в процессе эксплуатации подвергается неограниченно длительному воздействию рабочего напряжения и кратковременным перенапряжениям: грозовым (импульсы, длительностью от единиц до десятков микросекунд); коммутационным (импульсы с большим затуханием, длительностью до нескольких тысяч микросекунд) и квазистационарным (повышение напряжения рабочей частоты, длительностью до нескольких часов). Координация внутренней изоляции трансформатора требует обеспечения электрической прочности при всех этих воздействиях.

В работе исследовано электрическое поле внутри бака силового трансформатора 110 кВ при воздействии наибольшего рабочего импульса напряжения. В качестве оценки поля необходимо представить

распределение потенциала и напряженности вдоль обмоток трансформатора [1].

Для расчетов необходимо качественно и непротиворечиво построить модель фазы трансформатора, которая должна включать в себя следующие объекты: сердечник магнитопровода; высшая обмотка 110 кВ; низшая обмотка 10 кВ; маслобарьерная изоляция между обмоток; витковая изоляция обмоток.

На первом этапе работы создана геометрическая модель исследуемого объекта. Далее строятся обмотки трансформатора. Стоит отметить, что для равномерного распределения напряжения вдоль обмотки высокого напряжения, обмотка режется на 10 равных частей. По такому же аналогу строятся витковая изоляция и барьеры обмоток (рис.1).

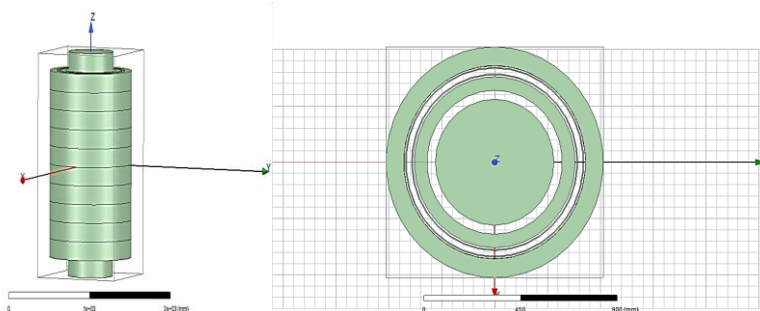


Рис. 1. Геометрия исследуемой модели

Далее задаются материалы элементов конструкции: обмотки – медь; изоляция и барьеры – картон; магнитопровод – электротехническая сталь; пространство вокруг обмоток – трансформаторное масло.

Напряжение по обмотке трансформатора распределяется не равномерно. В работе рассмотрено начальное распределение напряжения по обмотке трансформатора.

На обмотке высокого напряжения в верхней катушке задается потенциал, равный наибольшему рабочему напряжению 126 кВ. Далее задается потенциал на остальных катушках с  $\Delta U=14$  кВ. Последняя катушка зануляется. Так же зануляется обмотка НН и магнитопровод.

Для оценки электрического поля строятся распределения потенциала и напряженности вокруг обмоток трансформатора. В данном случае интерес представляет распределение между обмотками высшего и низшего напряжения. Распределение потенциала и напряженности представлено на рис. 2 и 3, соответственно.

Из результатов работы можно сделать вывод, что распределение напряжения по обмоткам силового трансформатора происходит не равномерно. Под большим потенциалом оказывается верхняя катушка.

Наибольшие напряженности имеют место быть у первой катушки, поэтому следует добавить угловые шайбы из электротехнического картона для сглаживания картины поля и для перехода от резко неоднородного поля к слабо однородному.

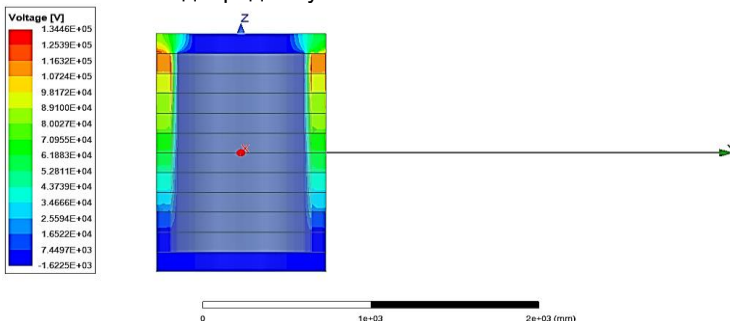


Рис. 2. Распределение потенциала вокруг обмоток

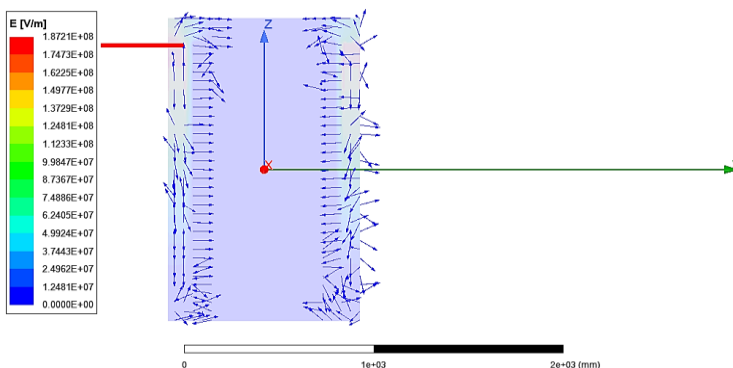


Рис. 3. Распределение векторов электрического поля вокруг обмотки

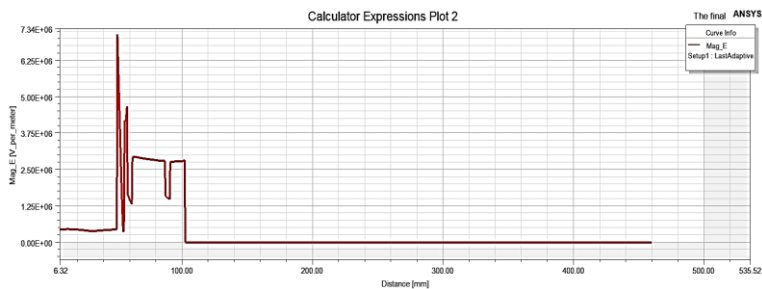


Рис. 4. Распределение напряженности между обмотками

Из графика видно, что напряженность в барьерах заметно меньше, чем в остальной части. С помощью барьеров можно добиться существенно уменьшения средней напряженности поля.

#### Литература

1. Мельникова О.С. Кузнецов В.С. Метод расчета электрической прочности масляных каналов главной изоляции силовых трансформаторов // Вестник ИГ-ЭУ. – Иваново. – № 5 – 2020. – С. 48-55. Электронный ресурс [<http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/107>].

УДК 621.314.21: 621.3.048

О.С. МЕЛЬНИКОВА<sup>1</sup>, к.т.н.,  
М.В. ПРУСАКОВ<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Г.В. БЕЛЯЕВ, старший преподаватель

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: o.c.melnikova@mail.ru<sup>1</sup>

### Влияние влагосодержания на электрическую прочность эксплуатационного трансформаторного масла

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследований влияния влагосодержания на значения пробивного напряжения трансформаторного масла в стандартном разряднике для силовых трансформаторов, находящихся в эксплуатации.

*Ключевые слова:* трансформаторное масло, электрическая прочность

O.S. MELNIKOVA, candidate of Engineering  
M.V. PRUSAKOV, candidate of Engineering  
G.V. BELYAEV, senior lecture,

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: o.c.melnikova@mail.ru

### The effect of moisture content on the dielectric strength of the operational transformer oil

*Abstract.* The article presents the results of studies of the influence of moisture content on the values of the breakdown voltage of transformer oil in a standard discharger for power transformers in operation.

*Key words:* transformer oil dielectric strength, statistical characteristics

Влагосодержание трансформаторного масла является важным показателем, характеризующим состояние жидкой изоляции высоковольтных силовых трансформаторов. Влагосодержание как показатель состояния масла контролируется в процессе эксплуатации [1].

Влага в трансформаторном масле образуется при изготовлении силовых трансформаторов, что приводит к снижению электрической прочности маслобарьерной и витковой изоляции. В процессе эксплуатации силовых трансформаторов при попадании атмосферной влаги в бак из-за неисправности или отсутствия осушителей у трансформаторов со свободным дыханием происходит увеличение влагосодержания масла. У трансформаторов с принудительной системой охлаждения при ее негерметичности возможно засасывания влажного воздуха или дождевой воды. К примеру, если термосифонный фильтр смонтирован с нарушениями, это приведет к нарушению циркуляции масла. В результате масло в трансформаторе перестанет интенсивно осушаться, и влага из масла накопится в твердой изоляции обмоток и барьерах главной изоляции.

Для эффективного определения особенностей изменения параметров маслобарьерной изоляции силовых трансформаторов в эксплуатации выполнен анализ данных испытаний трансформаторного масла на электрическую прочность в соответствии с [2].

Полученные результаты показали, что для всех рассмотренных силовых трансформаторов номинальным напряжением 110-220 кВ, наблюдается снижение пробивного напряжения вследствие увлажнения трансформаторного масла (табл. 1) и увеличивается при полной замене масла [3]. Также из полученных данных отмечается корреляция пробивного напряжения трансформаторного масла в стандартном разряднике от влагосодержания масла больше 10 г/т и не отмечается корреляции пробивного напряжения трансформаторного масла при влагосодержании 0 – 4 г/т.

**Таблица 1. Значение пробивного напряжения трансформаторного масла с учетом влагосодержания**

Дата отбора	Влагосодержание	U <sub>пр</sub> , кВ	Примечание
02.03.15	нет	75	Замена масла
06.04.16	есть	24	контроль
10.05.16	есть	21	контроль
14.05.16	есть	22	контроль
05.06.16	есть	39	контроль
10.06.16	нет	70	Замена масла

Сложность оценки влагосодержания заключается в том, что экспериментально трудно определить влияние влаги в трансформаторном масле на электрическую прочность изоляции трансформатора. Поэтому математический расчет определения влияния влагосодержания масла на напряженность электрического поля проводился в программном комплексе ANSYS Maxwell [4]. Была выполнена модель стандартной ячейки для определения пробивного напряжения по [2]. Для исследова-

ния влияния влаги были созданы модели электродных систем с частицами разных размеров и при разном их положении между электродами.

В результате моделирования было определено, что максимальная напряженность между электродами для частицы воды диаметром 100 мкм достигает  $E_{\max}=72,6$  кВ/мм и возрастание максимальной напряженности в промежутке происходит лишь до определённого размера, после чего устанавливается на одном уровне. Размер частицы воды выше 100 мкм перестаёт влиять на максимальную напряженность. Однако это не означает, что пробивное напряжение для частиц воды 100 мкм и 400 мкм будет одинаковым. Это связано с тем, что при увеличении частицы воды, снижается изоляционное расстояние, заполненное трансформаторным маслом, нагрузка на изоляцию возрастает и пробивное напряжение продолжит снижаться.

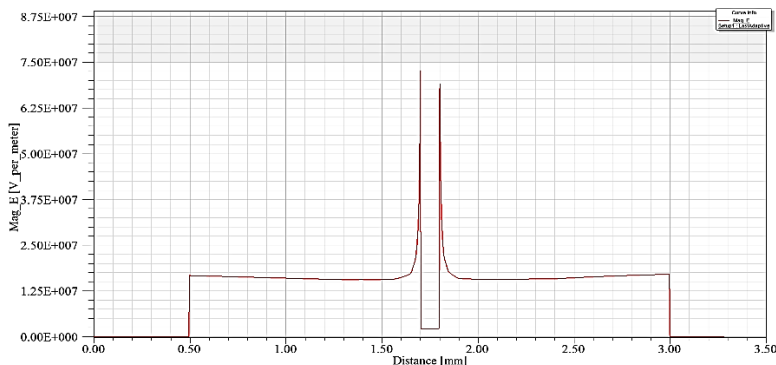


Рис. 1. График напряженности электрического поля вдоль оси системы электродов с частицей воды 100 мкм

Проведённый анализ изменения электрических характеристик масляной изоляции силовых трансформаторов в эксплуатации показал, что в большинстве случаев ухудшение качества изоляции происходит постепенно на работающем оборудовании. Опыт эксплуатации силовых трансформаторов свидетельствует о сравнительно низкой эффективности применения методов профилактических испытаний. Используемый в практике профилактических испытаний комплекс измерений направлен на выявление дефектов, связанных с применением методов испытаний проб трансформаторного масла или образцов твердой изоляции и не обнаруживает опасных ухудшений состояния изоляции, вызванных в работающем оборудовании. Поэтому изучение влияния основных факторов на процессы увлажнения изоляции и разработка на основе полученных результатов методов непрерывной диагностики состояния изоляции силовых трансформаторов возникающие дефекты можно выявить до того момента, когда будет превышена некоторая критическая точка.

### Литература

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования / под общ. ред. Б.А. Алексева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - 6-е изд., с изм. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
2. ГОСТ 6581-75 (СТ СЭВ 3166-81). Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
3. Мельникова О.С. Анализ влияния влагосодержания трансформаторного масла на электрофизические характеристики изоляции силовых трансформаторов в эксплуатации // Состояние и перспективы развития электротехнологии: сборник науч. трудов Междунар. науч.-техн. конф. (XVI Бенардосовские чтения). – Иваново. – 2011. – Т.1. – С.83–85.
4. Мельникова О.С. Прусаков М.В. Жолобов А.А. Исследование влияния волокон целлюлозы на электрическую прочность трансформаторного масла // Вестник ИГЭУ. – Иваново. – №4 – 2020. – С. 23-33.

УДК 621.311.1: 621.316.1

Т.Е. ШАДРИКОВ, к.т.н., доцент,  
А.М. СОКОЛОВ, д.т.н., доцент,  
А.А. ДЬЯЧКОВ, аспирант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: sam@vetf.ispu.ru

### **Исследование силовых высоковольтных трансформаторов повышенной частоты с сердечниками из аморфных сплавов**

*Аннотация.* Настоящая публикация содержит информацию о возможности потенциального применения магнитопроводов на основе аморфных материалов в составе силовых высоковольтных трансформаторов. Проведено вычисление магнитной проницаемости сплава.

*Ключевые слова:* повышенная частота, аморфные сплавы, трансформатор, зарядные станции, электромобиль, электроснабжения, CSS, CHAdeMO.

T.E. SHADRIKOV, Ph.D., Associate Professor,  
A.M. SOKOLOV, Doctor of Technical Science, Associate Professor,  
A.A. DYACHKOV, post-graduate student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: sam@vetf.ispu.ru

### **Research of high voltage and frequency power transformers with amorphous alloy core**

*Abstract.* This publication contains information on the potential application of magnetic cores based on amorphous materials as part of high-voltage power transformers. The calculation of the magnetic permeability of the alloy is carried out.



*Key words:* increased frequency, amorphous alloys, transformer, charging stations, electric vehicle, power supply, CSS, CHAdeMO.

**Постановка задачи.** Проведенные исследования систем переменного тока повышенной частоты и локальных электротехнических комплексов повышенной частоты позволили позитивно оценить их технико-экономические преимущества: высокую энергетическую эффективность [1], компактные размеры [2], преимущества управления режимами работы и широкий перечень сфер практического применения [2-3]. Одним из наиболее интересных вариантов применения систем переменного тока повышенной частоты является организация силовой зарядной инфраструктуры для электрического транспорта различного назначения – общественного и личного. Зарядная инфраструктура строится на инверторах, выпрямителях, силовых согласующих трансформаторах и кабельных линиях повышенной частоты. Трансформаторы повышенной частоты совместно с выпрямителем могут использоваться для формирования зарядного напряжения постоянного тока до 800В по стандарту CSS и до 1 кВ в стандарте CHAdeMO v 2.0. В настоящей работе рассматривается подход к использованию в трансформаторах повышенной частоты магнитопровода из аморфных материалов с целью возможного повышения их технико-экономических характеристик.

Все предыдущие исследования авторов в области трансформаторов повышенной частоты были выполнены для конструкции магнитопровода на основе ферритового сердечника [2]. В настоящее время актуальным является использование в качестве магнитопроводов аморфных композиционных материалов с высокой начальной магнитной проницаемостью, например, аморфной стали. К их преимуществам в трансформаторах относят: сниженные потери холостого хода в 4-5 раз (по сравнению с электротехнической сталью, работающей на частоте 50 Гц), в 2 раза по сравнению с ферритом, высокие значения рабочей индукции в 1,2 Тл по сравнению с ферритом. Значимым преимуществом является механическая прочность – сердечник из аморфной стали, состоящий из лент толщиной в 30-50 мкм, лучше воспринимает динамические нагрузки в обмотках трансформатора в нормальных и переходных режимах. В [4] был показан подход к конструированию силовых трансформаторов с рабочей частотой 6 кГц, выполненных на основе аморфной стали.

С целью исследования трансформаторов с такими магнитопроводами были заказаны тороидальные сердечники указанной на рис. 1 а конструкции.

По техническому заданию НПО «Автоприбор» изготовил образцы сердечников из аморфного материала для исследования возможности применения в силовых трансформаторах повышенной частоты. Сердечник выполнен в виде тороида, намотанного лентой аморфного материала шириной 10 мм, толщиной 25 мм. Параметр относительной магнитной проницаемости настоящих сердечников был неизвестен,

поэтому была выполнена сборка простейшей экспериментальной схемы (рис. 1, б). Она включала в себя 4 тороидальных сердечника, 7 витков провода и RLC метр для измерения индуктивности. Сердечники имеют следующие характеристики: внешний диаметр – 0,133 м., внутренний – 0,086 м., ширина – 0,01 м., площадь поперечного сечения – 0,001 м<sup>2</sup>, длина магнитной линии – 0,417832 м.

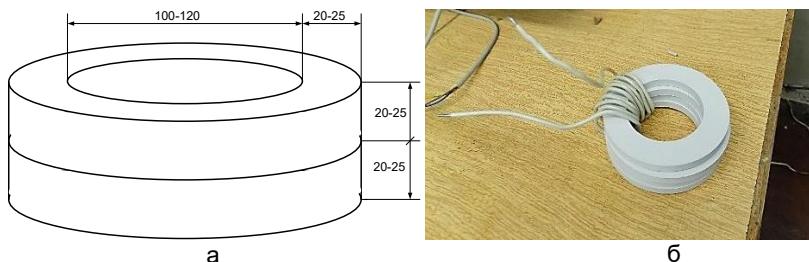


Рис. 1. Конструкция (а) тороидальных сердечников из аморфной стали

По результатам определения индуктивности был выполнен расчет относительной магнитной проницаемости аморфной стали для частотного диапазона 100 Гц-10 кГц с учетом соотношения (1):

$$\mu = \frac{LI_M}{w^2 \mu_0 S} \quad (1)$$

По результатам определения индуктивности был выполнен расчет относительной магнитной проницаемости аморфной стали для частотного диапазона 100 Гц-10 кГц с учетом соотношения (1):

f, Гц	L, мГн	$\mu$ , о.е
100	1	6785,714
1000	0,917	6222,5
10000	0,779	5400

Таким образом, при работе в системах переменного тока повышенной частоты и электротехнических комплексах повышенной частоты (частота около 13 кГц) можно принять значение относительной магнитной проницаемости  $\mu=5400$  для аморфной стали и трансформаторов с сердечником из нее. Уточнение параметров магнитопровода может быть использовано в методике расчета систем переменного тока повышенной частоты [5].

**Заключение.** По результатам выполненных работ можно сделать вывод о высоком потенциале применения новых магнитопроводов из аморфной стали для трансформаторов повышенной частоты. Ожидает-

ся положительный эффект в области сокращения числа витков обмоток, снижения потерь, повышения эффективности работы.

### Литература

1. Показатели энергетической эффективности высоковольтного электротехнического комплекса повышенной частоты / Т.Е. Шадриков, А.М. Соколов, А.В. Гусенков, В.Д. Лебедев // Энергетик. №7. – 2017. – С. 6–12.
2. Техничко-экономические показатели силовых трансформаторов высокого напряжения локальных электроэнергетических систем переменного тока повышенной частоты / Т.Е. Шадриков, А.М. Соколов, А.В. Гусенков, В.Д. Лебедев // Энергетик. №2. – 2015. – С. 11–14.
3. Шадриков, Т.Е. Особенности установившихся режимов работы электротехнического комплекса повышенной частоты в виде линии электроснабжения магистрального типа / Т.Е. Шадриков, А. Танкой, А.М. Соколов, А.В. Гусенков, А.А. Дьячков, В.Д. Лебедев // Международная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XX Бенардосовские чтения) ИГЭУ. – 2019. Том 1. – С. 63 – 66.
4. Разработка конструкции и методики проектирования высокочастотных трансформаторов с сердечником из аморфных сплавов / А.И. Тихонов, А.В. Стулов, И.В. Еремин, А.В. Плаксин // Вестник ИГЭУ. – 2018. – №. 6. – С. 57-65.
5. Комплексная методика расчета несинусоидальных систем переменного тока повышенной частоты / А.В. Гусенков, А.А. Дьячков, В.Д. Лебедев и др. // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №. 2. – С. 40-54.

УДК 621.315.629

С.А. СЛОВЕСНЫЙ<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
А.В. ВИХАРЕВ, к.т.н., доцент,  
М.Е. ТИХОВ, к.т.н., доцент,  
А.Ф. СОРОКИН, к.т.н., профессор

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: slovsa@eef.ispu.ru<sup>1</sup>

### Исследование разрядных характеристик штыревых линейных изоляторов среднего напряжения

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследований разрядных характеристик штыревых линейных HDPE-изоляторов. Выполнено сравнение этих характеристик с параметрами, приведенными в российских нормативных документах для стеклянных и фарфоровых изоляторов.

*Ключевые слова:* штыревой линейный изолятор, разрядные характеристики.

S.A. SLOVESNYJ<sup>1</sup>, PhD in Technical Sciences, docent,  
A.V. VIHAREV, PhD in Technical Sciences, docent,  
M.E. TIHOV, PhD in Technical Sciences, docent,  
A.F. SOROKIN PhD in Technical Sciences, professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: slovsa@eef.ispu.ru<sup>1</sup>

## **Studies of discharge characteristics of medium voltage overhead distribution line pin insulators**

*Abstract.* The article presents the results of research on the discharge characteristics of overhead distribution line pin HDPE-insulators. These characteristics are compared with the parameters given in the Russian regulatory documents for glass and porcelain insulators.

*Key words:* overhead distribution line pin insulators, discharge characteristics

Традиционно в качестве линейной изоляции воздушных линий электропередачи среднего напряжения используются штыревые или подвесные изоляторы из стекла или фарфора. Эти изоляторы характеризуются высокими надежностью эксплуатации, способностью противостоять воздействию электрической дуги и электроизоляционными характеристиками, а их недостатки сводятся к проблемам при транспортировке из-за большого веса и низкой ударопрочности.

С началом коммерциализации энергетической отрасли в 90-е годы прошлого века в стране появилось множество предприятий и компаний, занимающихся производством и продажей новых видов изоляционных конструкций, различающихся типом применяемых изоляционных материалов, формой изоляторов и их геометрическими размерами. Для распределительных сетей 6-35 кВ изготовители предлагают изоляторы, выполненные с использованием полиэтилена высокой плотности (high-density polyethylene, HDPE) [1].

Производители HDPE-изоляторов, в основном из азиатского региона, изготавливают изоляторы в соответствии с требованиями стандартов ANSI на фарфоровые изоляторы номинального напряжения 15, 25 и 35 кВ [2,3]. Опыт использования таких изоляторов в энергетических компаниях России отсутствует, а требования к их основным характеристикам не достаточно подробно определены нормативными документами.

В работе приводятся результаты исследования разрядных характеристик штыревых HDPE-изоляторов среднего напряжения на 15 кВ ШП№1 и ШП№2, выполняемого с целью проверки соответствия заявленных производителем характеристик, параметрам изоляторов такого же класса напряжения, приведенных в российских стандартах [4,5].

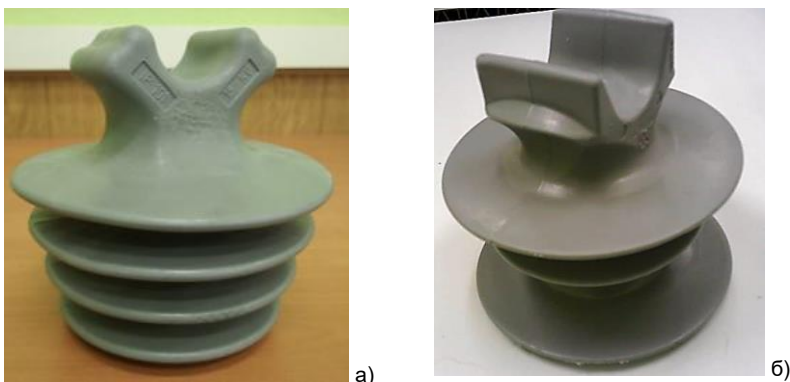


Рис. 1. Внешний вид изолятора: а – ШПН№1, б – ШПН№2

Одним из основных факторов, определяющих надежность изоляционной конструкции и её эксплуатационные характеристики, является способность изоляторов противостоять загрязнению поверхности, зависящая от типа изоляционного материала, формы и геометрических размеров. Поэтому в качестве предмета исследования выбраны сухо-, мокро- и влагоразрядные характеристики керамических и полимерных изоляторов. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики линейных изоляторов

Тип	ШС-10ЕД	ШС-20Г	ШФ-10Г	ШФ-20Г	ШПН№1	ШПН№2
$U_{\text{ном}}$ , кВ	10	20	10	20	15	15
$L_{\text{шт}}$ , мм	340	360	256	400	330	280
$U_{\text{проб}}$ , кВ	130	160	160	180	127,6	-
$U_{\text{выд.сух.}}$ , кВ	68	65	65	85	66,2	64,2
$U_{\text{выд.мокр.}}$ , кВ	42	40	42	65	39,5	34,7
$m$ , кг	2,2	2,0	1,9	3,5	0,55	0,35

При испытании изоляторов воздействием нормированного испытательного напряжения в увлажненном и загрязненном состоянии в соответствии с [5] результаты соответствуют тестовым воздействиям изоляторов, предназначенных для применения в электроустановках напряжением 10 кВ. При воздействии на изоляторы более высоким напряжением, соответствующим номинальному напряжению 15 кВ в нижней части изоляторов возникали перемежающиеся искровые (дуговые) разряды на штырь, что при длительном воздействии испытательного напряжения на изолятор (15 мин), приводило к полному перекрытию изолятора. При этом на нижней части изолятора формировался устойчивый полупроводящий науглероженный канал (рис. 2).



Рис. 2. Следы на нижней части изолятора ШПН№1 при проведении испытания в увлажненном и загрязненном состоянии

Таким образом, из анализа полученных в процессе исследования данных может быть сделан вывод о том, что характеристики рассматриваемых HDPE-изоляторов, позиционируемых как изоляторы, предназначенные для применения на напряжение 15 кВ, наиболее соответствуют классу номинального напряжения 10 кВ.

#### Литература

1. Nanjing Rainbow Electric Co., Ltd: [сайт]. – URL: <https://www.njrecgroup.com/high-density-polyethylenhdpe-pin-insulator-p00342p1.html>
2. ANSI/NEMA C29.5, 2015 Edition, 2015 - Wet-Process Porcelain Insulators – Low and Medium-Voltage Pin Type
3. ANSI/NEMA C29.6, 2015 Edition, 2015 - Wet-Process Porcelain Insulators – High-Voltage Pin Type
4. ГОСТ 1516.2-97. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
5. ГОСТ 10390-2015 (IEC 60507:1991, NEQ). Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии. – М.: ФГУП Стандартформ, 2016.

УДК 551.594.221

А.Ф. СОРОКИН<sup>1</sup>, к.т.н., профессор,  
С.А. СЛОВЕСНЫЙ, к.т.н., доцент,  
М.Е. ТИХОВ, к.т.н., доцент,  
А.В. ВИХАРЕВ к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: sorokin@es.ispu.ru<sup>1</sup>

## **К вопросу о расчете грозоупорности воздушных линий электропередачи**

*Аннотация:* В статье анализируются причины несоответствия результатов расчета грозоупорности воздушных линий электропередачи и эксплуатационных данных. Предложено рассчитывать грозоупорность по параметрам лидерной стадии развития молнии и рассматривать только два расчетных случая: прорыв на фазные провода и удар в грозозащитный трос с равномерным распределением вероятности его поражения по длине пролета. Поскольку результаты расчета удовлетворительно согласуются с практикой, выполнена оценка грозоупорности в зависимости от конструкции опор, сопротивления их заземления, числа изоляторов и длины пролета.

*Ключевые слова:* воздушная линия электропередачи, грозоупорность, молниезащита, параметры молнии, сопротивление заземления.

A.F. SOROKIN, PhD in Technical Sciences, professor,  
S.A. SLOVESNYJ, PhD in Technical Sciences, docent,  
M.E. TIHOV, PhD in Technical Sciences, docent,  
A.V. VIHAREV PhD in Technical Sciences, docent,

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: sorokin@es.ispu.ru<sup>1</sup>

## **On the problem of calculation of lightning-surge withstanding capability overhead transmission line**

*Abstract.* The article analyzes the reasons for the discrepancy between the results of calculating the lightning-surge withstanding capability of overhead transmission line and field data. It is proposed to calculate the lightning-surge withstanding capability according to the parameters of the leader stage of lightning propagation and consider only two cases: a stroke on the phase wires and to the shield wire with equal distribution of the probability of stroke along the length of the span. Since the calculation results are in satisfactory agreement with the practice, the lightning protection is estimated depending on the design of the tower, grounding resistance, the insulator string and span length.

*Key words:* overhead transmission line, lightning-surge withstanding capability, lightning protection, lightning parameters, grounding resistance.

При расчете грозоупорности воздушных линий (ВЛ) электропередачи определяется вероятность поражения линии молнией с параметрами,

приводящими к перекрытию линейной изоляции. Для этого используются распределения вероятностей появления молний с критическими параметрами [1], которые получены путем аппроксимации экспериментальных данных. В [1] приведены три варианта распределения вероятности токов, полученные по результатам полевых исследований молнии в разных странах. При этом указывается на предпочтительное использование результатов, полученных по регистрациям на ВЛ. В [2] указывается, что при поражении молнией ВЛ ток значительно уменьшается по сравнению с током при ударе в землю. Несмотря на это, расчетное ожидаемое число грозových отключений ВЛ в соответствии с [1] значительно (на порядок) превышает эксплуатационные данные.

Одна из причин расхождения эксплуатационных и расчетных данных заключается в упрощенном представлении формы импульса тока молнии, когда она представляется косоугольной. У реальной формы импульса максимальная крутизна фронта не совпадает по времени с максимальным значением тока. В результате грозвое перенапряжение, рассчитанное с использованием косоугольной формы импульса, при ударе молнии в объект, имеющий значительную индуктивность, завышается.

При расчетах перенапряжений на ВЛ канал молнии принято представлять линией с волновым сопротивлением  $Z_m$  [1], которое часто принимается неизменным и равным 300 Ом. Однако, канал молнии в главной стадии изменяет свои характеристики в зависимости от тока. В [1] предлагается использовать зависимость, по которой во всем диапазоне токов молнии значения  $Z_m$  значительно превышают 300 Ом. В работе [2] показано, что  $Z_m$  уменьшается от 600 Ом до 200 Ом при возрастании максимального значения тока молнии.

Используемая в расчетах грозоупорности скорость распространения главного разряда молнии [1] зависит от максимального значения тока и лежит в пределах (0,1- 0,5) скорости света. В работе [2] показано, что скорость волны нейтрализации объемного заряда лидера изменяется во времени и для первой компоненты разряда всегда достигает 0,3 скорости света независимо от максимального тока, для последующих компонент разряда скорость главного разряда выше.

При расчете числа отключений ВЛ при прямом ударе молнии [1] предлагается рассматривать три расчетных случая: удар в опору, удар в трос в середине пролета и прорыв молнии сквозь тросовую защиту на фазный провод. Это позволяет упростить расчеты и провести качественную оценку технических мероприятий по повышению грозоупорности ВЛ, однако не позволяют в должной степени оценить технико-экономические показатели эффективности грозозащиты. В целях уточнения результатов оценки грозоупорности в [3] предлагается определять не число поражений молнией отдельных элементов ВЛ, а рассматривать только два расчетных случая: прорыв на фазные провода и удар в грозозащитный трос с равномерным распределением вероятности его поражения по длине пролета. Ток молнии рассчитывать по параметрам



лидерной стадии развития [2], поскольку предполагается, что они не зависят от поражаемого объекта. В качестве расчетного параметра используется зависимость вероятности разряда молнии с определенной плотностью объемного заряда лидера.

Расчеты грозоупорности ВЛ с тросовой защитой по методике [3] позволяют получить результаты близкие к эксплуатационным данным, поэтому предпринята попытка разработки методики уточнения результатов расчета, полученным по алгоритмам [1]. Но оказалось, что коэффициент пересчета числа отключений зависит от конструкции пораженной ВЛ, поскольку в сравниваемых методиках неизменными параметрами являются только исходные данные о числе разрядов и прорывов молнии на фазные провода ВЛ. Поскольку прорыв молнии маловероятен, влияние конструкции фазных проводов на грозоупорность незначительно и число отключений практически не зависит от сечения и конструкции фазных проводов.

Поэтому в работе проведен анализ грозоупорности ВЛ в зависимости от конструкции опор, сопротивления их заземления, числа изоляторов и длины пролета. Получено, что линии на металлических опорах в большинстве случаев более грозоупорны по сравнению с линиями на железобетонных опорах. Так, при одинаковых габаритах ВЛ 110 кВ с металлическими опорами отключается на 30% реже линий на железобетонных опорах. Но в некоторых случаях конструкция применяемых в настоящее время металлических опор имеет больший защитный угол, чем у железобетонных опор, и обычно эти опоры имеют большую высоту. Это приводит к увеличению расчетного числа грозовых отключений.

Большое влияние на грозоупорность ВЛ оказывает импульсное сопротивление заземления опор, которое определялось по методике изложенной в [1]. Получено, что при увеличении сопротивления заземления от 10 Ом до 20 Ом число отключений линии возрастает приблизительно в 10 раз, а при сопротивлении более 25-30 Ом уже любое поражение молнией ВЛ 110 кВ приводит к перекрытию изоляции. Увеличение числа изоляторов в гирляндах на ВЛ 110 кВ с 7 до 9 повышает грозоупорность линии с тросами почти в три раза.

Значительное влияние на грозоупорность ВЛ оказывает длина пролета. С увеличением расстояния между опорами число отключений линий уменьшается, и становится практически неизменным при длинах пролета 500 м и более. Так, увеличение длины пролета между опорами для ВЛ 110 кВ и 220 кВ от 50 до 300 метров приблизительно в два раза повышает их грозоупорность. Для выравнивания грозоупорности отдельных участков ВЛ с различными длинами пролета необходимо увеличивать число изоляторов на расположенных близко друг к другу опорах, либо уменьшать сопротивление заземления этих опор.

ВЛ 500 кВ с тросами имеют очень высокую грозоупорность, расчетное удельное число грозовых отключений линий на порталых

железобетонных опорах с двумя тросами составляет 4 раза в 1000 лет. Очевидно, такие линии отключаются в грозу в основном из-за прорывов молнии на фазные провода либо пробоя воздушного промежутка трос-провод в середине пролёта.

Для линий электропередачи, проходящих в областях с высоким удельным сопротивлением грунта, где снижение сопротивления заземления приводит к значительным экономическим затратам, возможно выгодней отказаться от подвески грозозащитных тросов. Но при этом необходимо рассмотреть другие способы повышения грозоупорности ВЛ.

### Литература

1. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений/ Под ред. Н.Н. Тиходеева. 2-ое издание. Санкт-Петербург: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999, 353 стр.
2. Александров Г.Н., Сорокин А.Ф. Оценка параметров разряда молнии при прямом поражении проводов (тросов) // Изв. вузов СССР. Энергетика. – 1985 – № 10. – С. 29–33.
3. Сорокин А.Ф., Могиленко А.П., Барабошкина Т.В. Методика расчета грозовых отключений воздушных линий высокого напряжения с тросовой защитой / Российский национальный симпозиум по энергетике: Материалы докладов РНСЭ. Том II, КГЭУ. – Казань, 2001. – с. 65-69.

## СЕКЦИЯ 5.

# «НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ И ЭНЕРГОСИСТЕМ»

УДК 621.313.3

А.С. СТРАХОВ<sup>1</sup>, старший преподаватель,  
Е.М. НОВОСЕЛОВ, к.т.н., доцент,  
М.А. ЗАХАРОВ, старший преподаватель,  
А.Б. КОЛОБОВ, к.т.н., доцент,  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: sstrakhov57@mail.ru<sup>1</sup>

### **Практическое применение методов определения повреждения в обмотке ротора электродвигателя по внешнему магнитному полю и току статора**

*Аннотация.* В работе приведены результаты апробации разработанных авторами методов выявления повреждений обмоток роторов высоковольтных электродвигателей в системе собственных нужд электростанций на основе методов спектрального анализа тока статора и внешнего магнитного поля в пусковом и установившемся режимах.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, спектральный анализ, внешнее магнитное поле, гармоники фиктивной обмотки ротора, ток статора

A.S. STRAKHOV<sup>1</sup>, senior lecturer, senior lecturer, M.A. ZAKHAROV, senior lecturer,  
E.M. NOVOSELOV, Candidate of technical sciences, associate professor  
A.B. KOLOBOV, Candidate of technical sciences, associate professor,  
A.A. SKOROBOGATOV, Candidate of technical sciences, associate professor

Ivanovo State Power Engineering University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: sstrakhov57@mail.ru<sup>1</sup>

### **Practical application of methods for determining damage in a short-circuited winding of an electric motor rotor by the external magnetic field and stator current**

*Abstract.* The paper presents the results of approbation of methods previously developed by the authors for detecting damage of the rotor windings of high-voltage electric motors in the auxiliary system of power plants based on the methods of spectral analysis of the stator current and external magnetic field in the start-up and steady state modes.

*Key words:* induction motor, spectral analysis, external magnetic field, harmonics of fictitious rotor winding, stator current.

В настоящее время наиболее известны способы обнаружения неисправностей обмотки ротора высоковольтных асинхронных двигателей (АД), работающих в системе собственных нужд электростанций, на основе спектрального анализа, так как наличие повреждения приводит к резкому возрастанию амплитуд гармонических составляющих, характеризующих неисправность обмотки ротора. Среди сигналов, которые в настоящее время используются для целей диагностики обмотки ротора, можно выделить сигналы тока статора и внешнего магнитного поля как наиболее эффективные и удобные для регистрации, что было показано в предшествующих работах авторов [1-3].

Целью данной статьи является подтверждение эффективности описанных ранее методов для определения наличия или отсутствия оборванных стержней обмотки ротора на высоковольтном АД электрической станции.

В качестве объекта выбран АД напряжением 6 кВ мощностью 570 кВт с 4 парами полюсов и с двумя обмотками ротора (пусковой и рабочей), являющийся приводом дымососа на ТЭЦ-2 г. Иваново. Данный двигатель, после проведения на нем ремонта сторонней организацией, был установлен на его рабочее место, но при эксплуатации машины в паре с дымососом он издавал не характерный для нормальной работы шум. При эксплуатации АД на холостом ходу без дымососа уровень шума был заметно ниже. Результаты вибродиагностики оказались неоднозначными. С одной стороны, картина изменения размаха и фазы виброперемещения на подшипниках в режиме выбега расцепленного АД показала электромагнитную природу происхождения шума и вибрации. С другой – спектральный анализ вибросигналов не показал признаков повреждений в обмотках ротора, но указывал на наличие динамического эксцентриситета ротора, связанного, по всей видимости, с некачественным ремонтом, приведшим к изменению поперечной геометрии ротора. Для повышения однозначности результата диагностирования решено было применить методы, использующие в качестве регистрируемых сигналы другой природы, а именно, ток статора и внешнее магнитное поле.

Так как вибрация на исследуемом АД при его работе вместе с дымососом имела недопустимо высокие значения, регистрация сигналов производилась только в режиме холостого хода расцепленного двигателя. В ходе исследования производилась регистрация и обработка следующих сигналов:

1) сигнал внешнего магнитного поля в пусковом режиме (методика проведения контроля описана в [1]);

2) сигнал тока статора в пусковом режиме (методика описана в [2]);

3) сигнал внешнего магнитного поля в установившемся режиме (методика описана в [3]);

4) сигнал тока статора в установившемся режиме (методика описана в [4]).

Первоначально была произведена обработка пусковых сигналов. Для корректной обработки пусковых сигналов их длительность должна быть не ниже определенной величины. Для рассматриваемого АД при проведении контроля по внешнему магнитному полю необходима длительность сигнала не менее 4 сек, а по току статора – не менее 0,8 сек [1, 2]. Длительность пуска машины без подключенного механизма составила приблизительно 0,9 сек, поэтому корректное проведение диагностики на основе сигнала внешнего магнитного поля оказалось невозможным.

В ходе обработки сигналов тока статора при пуске была оценена амплитуда гармонической составляющей фиктивной обмотки ротора 4-го порядка на нижней боковой частоте [2]. Данная амплитуда получилась значительно меньше граничной величины (определенной с помощью математической модели АД), а также сопоставима со значениями амплитуд этой гармоники, зарегистрированных на других двигателях того же типа. Поэтому было сделано заключение о том, что в рассматриваемом АД отсутствуют повреждения пусковой ОР.

При обработке сигналов тока статора и внешнего магнитного поля в установившемся режиме гармоник, характерных для обрывов стержней обмотки ротора, не было обнаружено.

Результаты анализа сигнала внешнего магнитного поля также подтвердили отсутствие наличия обрывов стержней рабочей обмотки ротора, но указали на наличие в спектре выраженных гармоник динамического эксцентриситета, которые превысили амплитуды гармоник у других асинхронных двигателей того же типа в 5 раз и более.

Таким образом, по совокупности рассмотренных методов было сделано заключение о наличии неисправности механической (динамический эксцентриситет ротора), а не электрической природы (повреждение пусковой или рабочей обмотки ротора).

Таким образом, проведенные исследования доказывают эффективность разработанных методов диагностики, а также их комплексного применения вместе с другими методами (например, с вибродиагностикой), в целях выявления как повреждений обмоток роторов асинхронных электродвигателей, так и повреждений другого характера.

### Литература

1. Назарычев А.Н. Экспериментальное определение диагностических признаков повреждения обмоток роторов высоковольтных двигателей электростанций в режиме пуска / А.Н. Назарычев, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.С. Страхов, А.А. Скоробогатов, А.А. Пугачев // Дефектоскопия. – 2020. – № 5. – С. 3–11.
2. Назарычев А.Н. Метод контроля состояния обмоток роторов асинхронных электродвигателей при пуске по току статора / А.Н. Назарычев, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.С. Страхов, А.А. Скоробогатов // Дефектоскопия. – 2020. – № 8. – С. 49–55.
3. Савельев В.А. Экспериментально-аналитическое определение диагностического признака дефектов обмотки ротора асинхронного электродвигателя / В.А.

Савельев, А.С. Страхов, Е.М. Новоселов, А.А. Скоробогатов, И.Н. Сулыненков // Вестник ИГЭУ. – 2018. – № 4. – С. 44–53.

4. Thomson W.T. Motor current signature analysis to detect faults in induction motor drives – Fundamentals, Data Interpretation and Industrial Case Histories / W. T. Thomson, R. J. Gilmore // Proceedings of 32nd Turbomachinery Symposium, Texas, A&M University, USA, September, 2003. – pp. 145–156.

УДК 621.313.3

Д.А. ПОЛКОШНИКОВ<sup>1</sup>, ст. преп.;  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н., доц.;  
Д.А. ЛАДИН<sup>2</sup>, магистр;  
Н.С. БАРЫШНИКОВ, магистр

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: pda37@yandex.ru<sup>1</sup>, dan4e8@mail.ru<sup>2</sup>

### **Исследование влияния повреждения обмотки ротора электродвигателя собственных нужд электростанций на внутреннее магнитное поле при выбеге**

*Аннотация.* В работе исследованы процессы затухания тока в короткозамкнутой обмотке ротора электродвигателей при выбеге агрегата системы собственных нужд электростанций и влияние повреждения обмотки ротора на внутреннее магнитное поле при выбеге.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, обмотка ротора, внутреннее магнитное поле, выбег агрегата.

D.A. POLKOSHIKOV<sup>1</sup>, senior lecturer,  
A.A. SKOROBOGATOV, PhD, associate professor,  
D.A. LADIN<sup>2</sup>, master; N.S. BARYSHNIKOV, master

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: pda37@yandex.ru<sup>1</sup>, dan4e8@mail.ru<sup>2</sup>

### **Investigation of the influence of damage to the rotor winding of an electric motor for auxiliary needs of power plants on the internal magnetic field during coasting**

*Abstract.* The work investigates the processes of current decay in the short-circuited winding of the rotor of electric motors during the coasting of the unit of the auxiliary system of power plants and the effect of damage to the rotor winding on the internal magnetic field during coasting.

*Key words:* asynchronous motor, rotor winding, internal magnetic field, coasting of unit.

Известно, что диагностировать состояние узлов асинхронного двигателя (АД) в системе собственных нужд (СН) электростанций (в частности, короткозамкнутой обмотки ротора (ОР)) возможно по внутреннему магнитному полю (МП) в режиме пуска и в установившемся режиме [1]. Однако в условиях реальной эксплуатации агрегата проведение диагностики в данных режимах не всегда является возможным.

Режиму выбега в настоящее время не уделяется должного внимания. Это связано с тем, что природа МП в этом режиме малоизучена, хотя именно в нем, в отличие от указанных выше режимов, в сигнале внутреннего МП отсутствуют помехи, наводимые от сети. Можно предположить, что одним из его источников являются токи, протекающие по ОР.

Целью данной работы является анализ длительности существования токов в ОР при выбега агрегата системы СН электростанций.

Для ее осуществления нужно решить ряд задач: моделирование АД с исправной и поврежденной ОР в программном комплексе Ansys Maxwell; расчет внутреннего МП и тока в ОР в режиме выбега; анализ длительности затухания токов в ОР; обработка сигнала внутреннего МП АД с исправной и поврежденной «беличьей клеткой» для выявления гармоник от фиктивной ОР, наличие которых в спектре АД говорит о ее повреждении.

В программном комплексе Ansys Maxwell смоделированы низковольтные (АИР) и высоковольтные (ДАЗО, 4АЗМ) АД. Анализ токов в стержнях ОР указанных выше АД показал, что для низковольтных машин затухание токов происходит за десятые доли секунды, а для высоковольтных – в течение нескольких секунд (рис. 1).

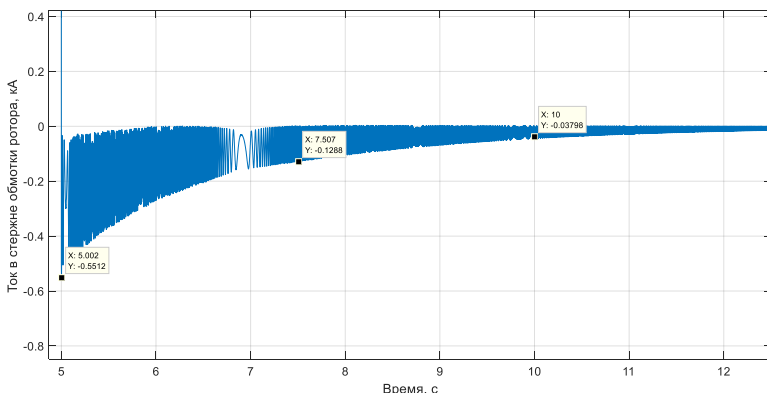


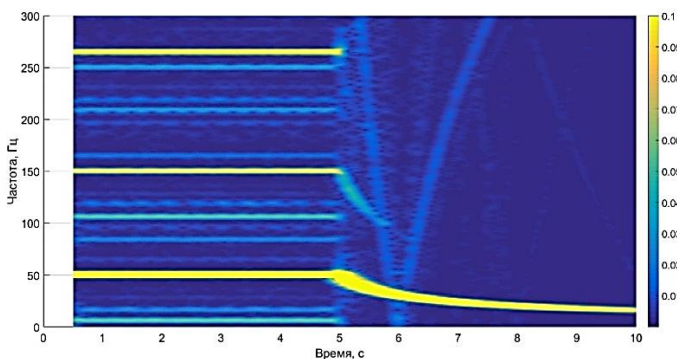
Рис. 1. График затухания токов в стержнях ОР (4АЗМ)

На графике отмечены три точки в моменты времени 5с (начало выбега с амплитудой 0,55 кА), 7,5с (амплитуда тока ротора снизилась в 4,6 раза) и 10с (амплитуда тока ротора снизилась в 15 раз). Как видно из графика, через 5 с. после начала выбега ток ротора еще различим,

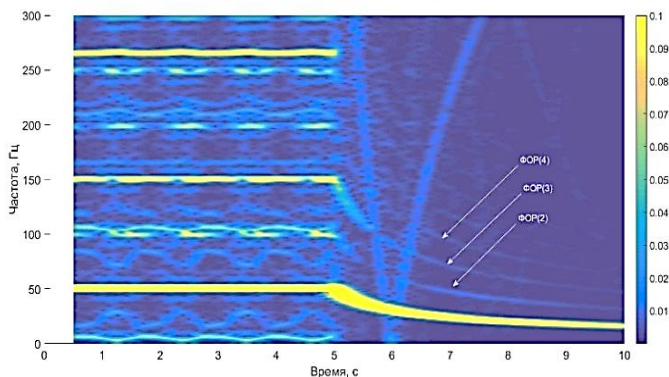
следовательно, во внутреннем магнитном поле на этом интервале времени должны быть различимы и гармоники от фиктивной ОР.

Для обработки сигнала внутреннего МП в режиме выбега предполагалось использовать метод оконного преобразования Фурье, который корректно работает при длительности сигнала не менее нескольких секунд. В связи с этим решение четвертой задачи оказалось возможным только для высоковольтных двигателей.

При анализе частотно-временных спектров внутреннего МП высоковольтных машин (рис. 2) установлено, что при повреждении «беличьей клетки» гармоники от фиктивной ОР значительно увеличивают свои амплитуды, а длительность данных гармоник соответствует длительности затухания токов в стержнях ОР.



а)



б)

Рис. 2. Частотно-временные спектры внутреннего МП высоковольтных машин (4А3М): а) с исправной ОР; б) с ОР, имеющей один оборванный стержень



*Вывод:* в ОР после отключения высоковольтного АД продолжают существовать токи в течение некоторого времени, достаточного для проведения диагностики ОР по внутреннему МП в режиме выбега.

### Литература

1. Новоселов Е.М., Полкошников Д.А., Савельев В.А., Страхов А.С., Скоробогатов А.А., Сулыненков И.Н. Метод контроля состояния обмоток роторов высоковольтных электродвигателей собственных нужд электростанций при пуске // Вестник ИГЭУ. 2019. № 4. С. 31–44.

УДК 621.3.048

Д.А. ИВАНОВ, доцент каф. ПЭС,  
А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ, проф., зав. каф. ПЭС,  
Т.Г. ГАЛИЕВА, аспирант,  
А.В. СЕМЕННИКОВ, старший преп. каф. ПЭС

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
E-mail: ivanov.da@kgeu.ru

### Система мониторинга состояния высоковольтной изоляции

*Аннотация.* В условиях одновременной эксплуатации на малом пространстве большого количества высоковольтных изоляторов (ВИ), что характерно для большинства подстанций энергетических систем, весьма актуальной является бесконтактная диагностика под рабочим напряжением. Реально используемые сейчас способы контроля состояния ВИ и прогнозирование дальнейших сроков их эксплуатации пока малоэффективны. Вследствие этого в последние десятилетия большое внимание было обращено на разработку неразрушающих бесконтактных способов контроля ВИ. В статье описана концепция системы мониторинга высоковольтной изоляции линий электропередачи и подстанций.

*Ключевые слова:* диагностика изоляционных элементов, электрофизические процессы, твердые диэлектрики, частичные разряды, компьютерная обработка сигналов, надежность, дистанционный контроль, система мониторинга

D. A. IVANOV, associate professor,  
A.V. GOLENISHCHEV-KUTUZOV, prof., Head. department,  
T.G. GALIEVA, postgraduate student,  
A.V. SEMENNIKOV, senior lecturer

Kazan State Power Engineering University,  
E-mail: vanov.da@kgeu.ru

### Monitoring system of the high voltage insulation condition

*Abstract.* In conditions of simultaneous operation in a small space of a large number of high-voltage insulators, which is typical for most substations of power systems, contactless diagnostics under operating voltage is very relevant. The currently used

methods for monitoring the state of high-voltage insulators and predicting their further periods of operation are still ineffective. As a result, in recent decades, much attention has been paid to the development of non-destructive contactless methods for monitoring high-voltage insulators. The article describes the concept of a monitoring system for high-voltage insulation of power lines and substations.

*Key words:* diagnostics of insulating elements, electrophysical processes, solid dielectrics, partial discharges, computer signal processing, reliability, remote control, monitoring system

Целью технического диагностирования является однозначное определение дефектов с прогнозированием их дальнейшего развития и остаточного ресурса высоковольтного оборудования [1]. Быстрому и успешному переходу к методу диагностики под рабочим напряжением мешает ряд насущных проблем, требующих предварительного решения:

- отсутствие нормативных документов, включающих в себя предельные диагностические параметры, на основании которых можно принимать решение о техническом состоянии; отсутствие согласования параметров, получаемых с отключением оборудования, с диагностическими параметрами при использовании метода «под рабочим напряжением»;

- отсутствие методов многократного диагностирования с определенной периодичностью, т.е. мониторинга диагностических параметров. На наш взгляд периодичность должна определяться скоростью возможного образования и развития дефекта в любом контролируемом элементе оборудования;

- отсутствие наиболее оптимального набора измерительных комплексов и приборов для дистанционной диагностики или мониторинга рабочего состояния высоковольтного оборудования; отсутствие набора программных комплексов, позволяющих проводить диагностику в автоматизированном режиме и выдавать решение о выводе оборудования из эксплуатации;

- отсутствие наиболее универсальных и надежных способов дистанционной бесконтактной диагностики энергетических систем.

Для измерения ЧР в СВЧ диапазоне используются приемные антенны, различной формы, затем с помощью математических методов производится триангуляция местоположения события частичного разряда в 3-х измерениях [2-4].

Для обнаружения ЧР в ВИ предлагается использование бесконтактных диагностических устройств, блок-схема которых представлена на рисунке 1. Основные измерения диагностическое устройство проводит с помощью электромагнитного (ЭМ) датчика и датчика фазы. Диагностическое устройство устанавливается на фазный провод на заранее определенном расстоянии от точки подвеса провода. ЭМ датчик с помощью антенны измеряет электромагнитное поле, излучаемое ЧР.

Для измерения высокочастотных импульсов ЧР рассматриваются частоты от 100 до 2000 МГц. После цифровой обработки в АЦП полу-

ченные данные с двух датчиков обрабатываются в микроконтроллере и передаются на устройство хранения.

В нашем случае комплекс из трех диагностических устройств по одному устройстве на фазном проводе представляет собой приемную антенную решетку [4]. Определяется разница во времени прихода (TDOA) между принятыми сигналами на каждом из соответствующих диагностических устройств, что позволяет вывести трехмерное положение источника электрического разряда путем обработки значений TDOA.

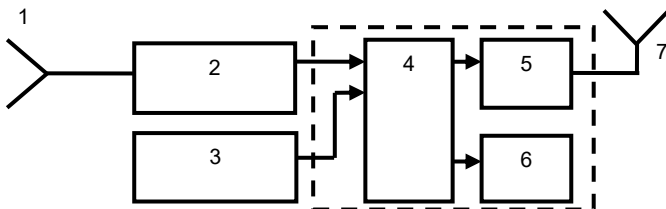


Рис. 1. Блок-схема бесконтактного диагностического устройства:

1 – антенна ЭМ датчика, 2 – ЭМ датчик, 3 – датчик фазы, 4 – микроконтроллер с АЦП, 5 – радиомодуль, 6 – память, 7 – антенна для передачи данных

После определения количества ЧР, их интенсивности и местоположения, полученное распределение сравнивается с аналогичным для исправных, преддефектных и дефектных изоляторов. С помощью разработанной методики определяется скорость процесса старения и развития различных дефектов, что позволяет прогнозировать остаточный ресурс высоковольтного изолятора [3].

Разработана концепция построения системы непрерывного мониторинга технического состояния высоковольтной изоляции на воздушных линиях электропередачи и подстанциях.

*Научные исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2020-172.*

### Литература

1. Гайворонский А.С. Повреждения полимерных изоляторов и их диагностика при эксплуатации // Главный энергетик. 2010. № 2. С. 23–27.
2. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах в процессе эксплуатации // Дефектоскопия. 2018. № 10. С. 10–14.
3. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А. и др. Способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов. – Патент на изобретение № 2679759.РФ, 21.03.2018.
4. D.A. Ivanov, T.G. Galieva, M.F. Sadykov, A.V. Golenishev-Kutuzov, A.A. Naumov, Method for the diagnosis of high-voltage dielectric elements during operation based on

dynamic registration of electromagnetic radiation / E3S Web of Conferences, 216, 01061 (2020). DOI: 10.1051/e3sconf/202021601061.

УДК 621.3:62-52-83

А.Б. КОНОНЕНКО, вед. инженер  
А.А. КОСОРОТОВ, вед. инженер,  
О.В. КРЮКОВ, д.т.н., зам. директора по науке

ООО "ТСН-электро", г. Нижний Новгород,  
E-mail: o.kryukov@mail.ru

### **Новые возможности мониторинга распределительных устройств КТП «Каскад»**

*Аннотация.* Предложены инновационные функции мониторинга и интеллектуального управления автоматизированными системами распределительных устройств в рамках концепции цифровых подстанций. Приведены примеры новых функций системы КТП «Каскад» на базе контроллеров HMI с использованием веб-технологий.

*Ключевые слова:* цифровая подстанция, распределительное устройство, автоматический ввод резерва, промышленный контроллер, интеллектуализация.

A. B. KONONENKO, Leading Engineers  
A. A. KOSOROTOV, Leading Engineers,  
O. V. KRYUKOV, Doctor of Technical Sciences, Deputy. Director of Science

LLC "TSN-electro", Nizhny Novgorod,  
E-mail: o.kryukov@mail.ru

### **New opportunities for monitoring switchgears of KTP "Kaskad"**

*Abstract.* Innovative functions for monitoring and intelligent control of automated switchgear systems within the framework of the digital substation concept are proposed. Examples of new functions of the Cascade KTP system based on HMI controllers using web technologies are given.

*Key words:* digital substation, switchgear, automatic reserve input, industrial controller, intellectualization.

Современный этап развития систем электроснабжения промышленных предприятий характеризуется увеличением спроса на электроэнергию [1,2] и внедрением новых технологий автоматизации для повышения надежности и энергоэффективности ТЭК [3, 4]. Это обуславливает поиск инновационных технологий на основе интеллектуализации всех составляющих, включая современные низковольтные (0,4 и 0,69 кВ) распределительные устройства (РУ) комплектных трансформаторных подстанций (КТП) [5,6]. Активное внедрение в энергетику сетевых технологий и увеличение доступности средств автоматизации низкого и среднего уровня

связано с применением программируемых контроллеров и средств человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) или *Human-Machine Interface, HMI* [7].

Основным компонентом автоматизации распределительных устройств является система автоматического ввода резерва (АВР), главным интеллектуальным центром которой – контроллер АВР, который представляет собой систему свободно программируемых устройств.

Предлагаемое распределительное устройство типа КТП «Каскад» представляет собой две секции шин, к которым подключены автоматические выключатели отходящих линий. Секции питаются либо от ввода через силовой трансформатор, либо от автоматизированных дизельных электрических станций. Защиту трансформаторов осуществляют устройства тепловой защиты. Для осуществления контроля температуры контактных соединений АВ применяются датчики температуры, подключенные к аналоговым модулям ввода.

Данные о состоянии электрооборудования РУ поступают в контроллер АВР и диспетчеризации, для чего используются различные каналы передачи информации, включая интерфейс Ethernet.

Главными преимуществами новой системы «Каскад» являются инновационные функции, которые дают синергетический эффект:

- *Визуализация данных на HMI при помощи веб-технологий на мнемосхеме (рис. 1).*

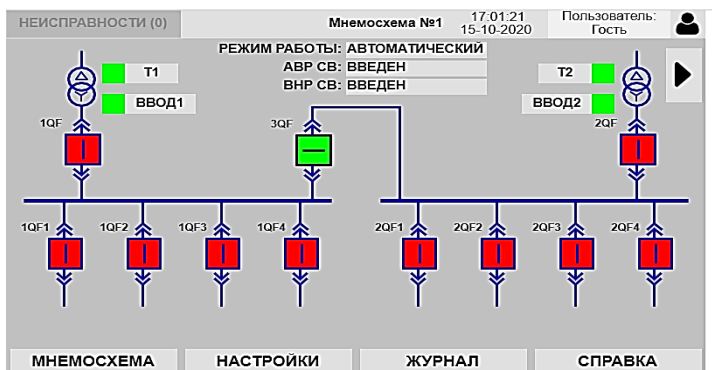


Рис. 1. Мнемосхема РУ-0,4 кВ

При этом можно отслеживать состояние и положение коммутационных аппаратов РУ, состояние трансформаторов. HMI разработан с применением веб-интерфейса и доступен как с панели оператора на РУ также может отображен удаленно на ПК с любым веб-браузером с поддержкой HTML5, что позволяет проводить работы с контроллером даже при отключенной (неисправной) панели оператора.

- *Реализация различных алгоритмов системы АВР под разные схемы энергоснабжения.* Гибкие настройки позволяют адаптировать ПО контроллера АВР посредством установки режимов подключения. Это позволяет с минимальными временными затратами корректировать алгоритм работы под конкретные нужды эксплуатационного персонала.

- *Контроль температуры контактных соединений.* Система диагностики КТП «Каскад» может комплектоваться датчиками температуры, которые устанавливаются на места контактных соединений коммутационных аппаратов, с целью диагностики их состояния. Датчики подключаются к контроллеру системы диагностики посредством аналоговых модулей ввода-вывода.

- *Журналы текущих неисправностей и журнал событий.* Контроллер системы диагностики отслеживает и записывает во внутреннюю энергонезависимую память все события связанные с изменением состояния электрооборудования, настроек системы, сменой пользователя (рис. 2).

НЕИСПРАВНОСТИ (0)		Журнал событий		17:12:23	Пользователь:
				15-10-2020	Гость
	Дата и время	Событие			
1	15-10-2020 16:58:34.057	СШ1.Напряжение восстановлено			
2	15-10-2020 16:58:34.057	1QF Включен			
3	15-10-2020 16:58:34.031	СШ1.Напряжение отсутствует			
4	15-10-2020 16:58:34.031	3QF Отключен			
5	15-10-2020 16:58:29.017	ВВ1.Напряжение восстановлено			
6	15-10-2020 16:58:06.009	СШ1.Напряжение восстановлено			
7	15-10-2020 16:58:06.009	3QF Включен			
8	15-10-2020 16:58:06.009	Сработал АВР СВ			
9	15-10-2020 16:58:06.004	1QF Отключен			
10	15-10-2020 16:58:03.008	СШ1.Напряжение отсутствует			
11	15-10-2020 16:58:03.008	ВВ1.Напряжение отсутствует			
12	15-10-2020 16:55:15.081	АВР СВ введен			

МНЕМОСХЕМА      НАСТРОЙКИ      ЖУРНАЛ      СПРАВКА

Рис. 2. Журнал событий

- *Самодиагностика алгоритма АВР, выявление неявных дефектов, а также переназначение входов и выходов контроллера.*

- *Интеграция в системы верхнего уровня по различным протоколам связи МЭК и применение стандартизированной среды.*

**Выводы.** Внедрение новой системы диагностики «Каскад» позволяет продлить срок службы КТП за счет предупреждения аварий и облегчения поиска скрытых дефектов персоналом, упрощения пусконаладочных работ. Широкие коммуникационные возможности позволяют интегрировать систему диагностики в комплекс АСУ ТП.

### Литература

1. **Vasenin A.B.**, Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Adaptive control algorithms of autonomous generator complexes // В книге: Electromechanics, Electrotechnology, Electromaterials and Components. Труды МКЭЭЭ-2016. М.: МЭИ. 2016. С. 133-135.
2. **Васенин А.Б.**, Крюков О.В. Проектирование электрической части управления энергетических установок // Известия ТулГУ. Техн. науки. 2011. № 5-1. С. 47-51.
3. **Крюков О.В.** Мониторинг условий эксплуатации электродвигателей газоперекачивающих агрегатов // Контроль. Диагностика. 2016. № 12. С. 50-58.
4. **Крюков О.В.**, Серебряков А.В. Активно-адаптивные алгоритмы управления и мониторинга автономными энергетическими комплексами // В сборнике: Пром-Инжиниринг. Труды II МНТК. ЮУрГУ. 2016. С. 286-290.
5. **Крюков О.В.**, Степанов С.Е., Серебряков А.В. Современный подход к организации ремонта по данным прогноза технического состояния и ресурса электрооборудования // Газовая промышленность. 2017. № 8 (756). С. 84-89.
6. **Крюков О.В.** Алгоритмы быстрого преобразования Уолша в микропроцессорных системах управления электроприводом // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2005. № 4. С. 39-44.
7. **Крюков О.В.** Коммуникационная среда передачи данных сети ETHERNET на полевом уровне // Автоматизация в промышленности. 2012. № 12. С. 26-30.

УДК 621.311:004

Н.А. ГУБАРЕВ<sup>1</sup>, студент,  
А.Х. САБИТОВ<sup>2</sup>, к.т.н. доцент

Казанский Государственный Энергетический Университет  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
E-mail: Nikita20143@mail.ru<sup>1</sup>, sabitov\_ah@mail.ru<sup>2</sup>

### **Роботизированный комплекс мониторинга состояния электрооборудования электрических подстанций 110-220 КВ**

*Аннотация.* В работе предложен новый роботизированный комплекс, предназначенный для проведения контроля и диагностики состояния оборудования на электрических подстанциях без постоянного обслуживающего персонала.

*Ключевые слова:* цифровая подстанция, роботизированный комплекс, автоматизированные системы управления, диагностика и обследование оборудования, тепловизионный метод контроля, ультрафиолетовая диагностика.

N.A. GUBAREV, student  
A.H. SABITOV, Ph.D. of Engineering Sciences

Kazan State Power Engineering University  
420066, Kazan, Krasnoselskaya street, 51  
E-mail: Nikita20143@mail.ru, sabitov\_ah@mail.ru

### **Robotic complex for monitoring the state of electrical equipment of electrical substations 110-220 KV**

*Abstract.* This article presents the new robotic complex, designed for monitoring and diagnosing the state of equipment at electrical substations without permanent maintenance personnel.

*Key words:* digital substation, robotic complex, automated control systems, equipment diagnostics and inspection, thermal imaging control method, ultraviolet diagnostics.

В современной электроэнергетике всё большее предпочтение отдаётся к технологиям цифровых подстанций, не требующих вмешательства человека. Это обусловлено их высокой экономичностью и надёжностью [1]. Но не смотря на все преимущества современных подстанций, основным требованием к безотказной работе оборудования остаётся регулярный осмотр электрооборудования [2]. Обычно обход производится пешим патрулём группой из двух рабочих, при котором производится осмотр электрооборудования и снятие показаний датчиков и приборов. Этот вид проверки является медленным, утомительным, монотонным и субъективным. Другой метод обхода оборудования – инспекция оборудования наземными роботами. Внедрение роботизированного комплекса мониторинга электрооборудования позволит повысить качество выполнения мониторинга посредством автоматизирования процессов диагностики и оценки состояния электрооборудования.

Разрабатываемый комплекс позволяет совместить тепловизионный и ультрафиолетовый мониторинг, благодаря установке на робота инфракрасных и ультрафиолетовых камер [3, 4]. Инспекция оборудования проводится как по требованию оператора, так и по заранее запланированному графику, составленному согласно статистике отказов. Отснятый материал анализируется системой АСУ.

АСУ включает в себя следующие компоненты: непосредственно роботизированный комплекс, сервер, программные средства для обработки и анализа данных (рис. 1). В задачи роботизированного комплекса входит визуальное и тепловизионное обследование оборудования, сбор данных и передача их на сервер. Все обследования проводятся согласно нормам и требованиям нынешнего регламента [5]. Результаты обследования будут структурироваться и отправляться на сервер. Помимо данных от комплекса, на сервер приходят данные с смежных систем контроля узлов оборудования.

После обработки данных на сервере, программные средства производят конечный анализ и обработка данных. Оператор имеет возможность вносить изменения в графики и маршруты обследований, и получить полную картину состояния оборудования. Для упрощения принятия решений, система будет выводить предупреждения о неисправностях или отклонениях. По завершению будут составляться отчёты и нормы обследований по состоянию.



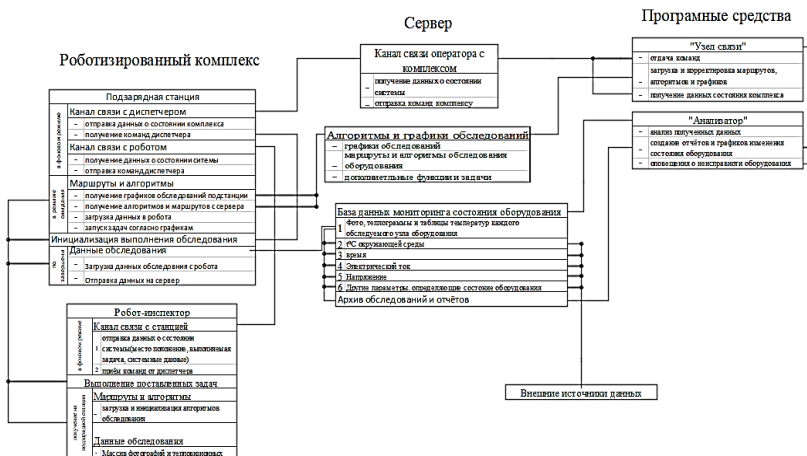


Рис. 1. Блок-схема взаимосвязей АСУ роботизированного комплекса

Робот-инспектор конструктивно состоит из шасси, пантографа и устройств диагностики оборудования. Шасси будет оснащено приводом, позволяющим преодолевать все препятствия на подстанции и не создавать излишних вибраций на корпус. Для навигации на подстанции шасси оснащается лазерной системой ориентирования. Данная система является наиболее дешёвой и точной, по сравнению с технологиями машинного зрения и навигации по GPS. Благодаря однотипности подстанций типа 4Н и 5Н будут разработаны шаблоны маршрутов робота.

Использование разработанного комплекса позволит увеличить объём работ по контролю состояния электрооборудования, и осуществлять контроль по состоянию. Передача данных о выявленных дефектных участках в диспетчерское управление, позволит ускорить корректировку графика ремонтных работ и переходу к ремонтам по состоянию.

### Литература

1. Технические решения по РЗА, предлагаемые ПАО «Россети» в рамках создания «Цифровых подстанций» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/04/3.-Rosseti.pdf> (дата обращения 20.08.2020).
2. СТО 70238424.29.240.01.008-2009 Электрические сети. Ремонт и техническое обслуживание оборудования, зданий и сооружений. Нормы и требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093603> (дата обращения 21.02.2020).
3. Тепловизионная камера FLIR Duo Pro R 360 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spectraltechnology.ru/upload/iblock/499/499d2218445d4b4ac7d69ed48ca6f800.pdf> (дата обращения 15.02.2020).

4. УФ камера DayCOR micROM HD [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.pergam.ru/files/topdfydavcor-microm-hd\\_22856\\_0.pdf](https://www.pergam.ru/files/topdfydavcor-microm-hd_22856_0.pdf) (дата обращения 17.02.2020).

5. Типовые решения для подстанций 35, 110 кВ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.abs-vniir.ru](http://www.abs-vniir.ru) (дата обращения 17.02.2020).

УДК 621.311

С. А. БОБКОВ<sup>1</sup>, магистр;  
Е.М. НОВОСЕЛОВ, к.т.н., доцент

Ивановский Государственный Энергетический Университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, улица Рабфаковская 34  
E-mail: [sergey.bobkov.2013@yandex.ru](mailto:sergey.bobkov.2013@yandex.ru)<sup>1</sup>

### **Возможность применения возобновляемых источников энергии в сетях с распределенной генерацией**

*Аннотация.* В работе приведен анализ использования ВИЭ в электроэнергетических системах с распределенной генерацией, а также рассмотрена проблема организации резерва мощности в подобных системах.

*Ключевые слова:* ВИЭ, накопители, распределенная генерация, резерв мощности.

S. A. BOBKOV<sup>1</sup>, Master's Degree student;  
E.M. NOVOSELOV, Candidate of technical sciences, associate professor

Ivanovo State Power Engineering University  
153003 Ivanovo, street Rabfakovskaya 34  
E-mail: [sergey.bobkov.2013@yandex.ru](mailto:sergey.bobkov.2013@yandex.ru)<sup>1</sup>

### **Possibility of using renewable energy sources in distributed generation networks**

*Abstract.* The paper analyzes the use of renewable energy sources in electric power systems with distributed generation, and also considers the problem of organizing a power reserve in such systems.

*Keywords:* RES, storage devices, distributed generation, power reserve.

В настоящее время в большинстве стран мира значительное внимание уделяется развитию распределенной генерации (РГ). Под объектом РГ понимается электростанция, состоящая из одной или нескольких генерирующих, подключаемая к распределительным сетям или сетям внутреннего электроснабжения потребителей на напряжении до 110 кВ включительно, максимально приближенная к узлу(-ам) электропотребления, работающая параллельно с электроэнергетической системой или в островном (автономном) режимах, имеющая в точке общего при-

соединения суммарную установленную мощность до 25 МВт и использующая для производства всех видов энергии любые первичные источники энергии, включая возобновляемые [1].

Анализ мирового опыта показывает, что развитие систем (РГ) с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на сегодняшний день является актуальной задачей. Актуальность определяется:

- Увеличением надежности и устойчивости ЕЭС при использовании распределенной генерации с ВИЭ;
- Увеличением доли ВИЭ в общей выработке электроэнергии;
- Упрощением доставки электроэнергии до потребителя.

Электроэнергетика оказывает значительное влияние на количество выбросов в атмосферу. Особенно сильно влияют ТЭС на традиционных источниках энергии (уголь, мазут, дизель, газ). Развитие технологий по внедрению ВИЭ в объекты РГ в перспективе позволит значительно повысить долю возобновляемой энергии в электроэнергетике, что в свою очередь уменьшит количество выбросов в атмосферу.

Целью данной работы является рассмотрение вопросов об использовании возобновляемых источников энергии в сетях с распределенной генерацией и о проблемах, связанных с этим.

Мировой опыт эксплуатации солнечной (СЭС) и ветрогенерации (ВЭС) свидетельствует о том, что в энергосистемах с совокупной мощностью СЭС и ВЭС свыше 30 % от общей установленной мощности повально встает вопрос обеспечения баланса производства и потребления электроэнергии, в частности вопрос резервирования солнечных и ветровых электростанций, поскольку выработка СЭС и ВЭС полностью зависит от метеоусловий и по этой причине крайне нестабильна. Эту нестабильность нужно резервировать мощностью «традиционных» энергоблоков (тепловой либо гидрогенерации), которые должны в случае снижения выработки СЭС и ВЭС быстро включаться или вообще находиться во вращающемся резерве, да и к тому же быть очень мобильными для быстрого набора нагрузки. По мнению специалистов, при больших объемах СЭС и ВЭС в энергосистеме наряду с так называемой «пилой нагрузки», связанной с утренним и вечерним максимумом потребления, появляется еще и «пила генерации». Из-за резкопеременной нагрузки солнечных и ветровых электростанций меняется «характер» энергосистемы, ее инерция [1-3].

В мировой энергетике пока не выработан единый и безальтернативный способ сглаживания неравномерной нагрузки СЭС и ВЭС, и каждая страна, развивающая эти виды генерации, пока лишь выбирает для себя наиболее приемлемый и экономически обоснованный метод (а точнее, набор методов).

Возможным решением этой проблемы может стать аккумулярование всей или части, вырабатываемой возобновляемыми источниками электроэнергии, с последующей ее выдачей в сеть по мере необходимости.

Накопители электрической энергии (НЭЭ) позволяют преобразовывать электрическую энергию в другие виды энергии, пригодные для хранения в определенном промежутки времени, с дальнейшей возможностью обратного преобразованию в электрическую энергию. Исходя из вышесказанного, можно разделить все НЭЭ по виду энергии, в котором происходит хранение (рис. 1) [4].

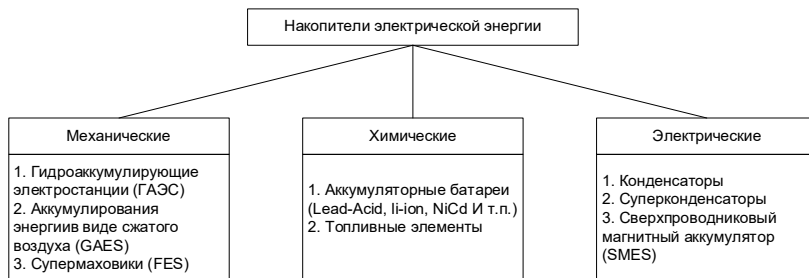


Рис. 1. Классификация накопителей электрической энергии

Комбинирование НЭЭ разного типа позволит сделать распределенную систему более гибкой. Различные накопители энергии могут задействоваться в разные моменты графика нагрузок в зависимости от их собственных характеристик. Это позволит наиболее эффективно использовать накопительную часть электроэнергетической системы.

#### Литература

1. Илюшин П.В. Автоматика управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной генерацией: монография / П.В. Илюшин, А.Л. Куликов. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2019. – 364 с.
2. «50 герц» Корпоративный журнал АО «Системный оператор Единой энергетической системы» [Электронный ресурс] - № 2-3 (30-31) Октябрь, 2018 – Режим доступа: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/newspaper/2018\\_02-03\\_50hz.pdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/newspaper/2018_02-03_50hz.pdf)
3. Илюшин П.В. Возможность обеспечения надежного электроснабжения потребителей от объектов распределенной генерации [Электронный ресурс] - Москва 2015 – Режим доступа: <https://docplayer.ru/39222091-Vozmozhnost-obespecheniya-nadezhnogo-elektrosnabzheniya-potrebiteley-ot-obektov-raspredelennoy-generacii.html>
4. Марьенков С.А. Применение технологий накопления электрической энергии для увеличения надежности системы электроснабжения на базе возобновляемых источников электрической энергии / С.А. Марьенков // международный научно-исследовательский журнал, 2016. – №6. – С. 103–107.

УДК 621.311

В.Ю. СОКОЛОВ, к.т.н,  
Н.А. КАЛАШНИК<sup>1</sup>, студент  
А.С. РЫЧКОВА<sup>2</sup>, студент

Оренбургский Государственный Университет, Кафедра ЭТЭ  
460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13  
E-mail: koooolash@mail.ru<sup>1</sup>, nastya.rychkova.99@mail.ru<sup>2</sup>

## Моделирование ветро-дизельной электростанции в MATHLAB

*Аннотация.* К сожалению, солнечные или, например, ветровые электростанции в отдельности не всегда могут выработать то количество энергии, которое необходимо потребителям. Решением данной проблемы являются гибридные электростанции, в состав которых могут входить различные установки для преобразования возобновляемых ресурсов в электрическую энергию. В данной статье мы рассмотрим гибридную ветро-дизельную станцию мощностью 50 кВт, смоделированную в системе MATHLAB.

*Ключевые слова:* гибридная энергетика, альтернативные источники энергии, ветрогенератор, дизельгенератор

V.U. SOKOLOV, Ph.D.  
N.A. KALASHNIK,  
A.S. RYCHKOVA student

Orenburg State University, Department of ETE  
460018, Orenburg region, Orenburg, prosp. Pobedy, 13  
E-mail: koooolash@mail.ru, nastya.rychkova.99@mail.ru

## Modeling a wind-diesel power plant in MATHLAB

*Abstract.* Unfortunately, solar or, for example, wind power plants individually can not always generate the amount of energy that consumers need. The solution to this problem is hybrid power plants, which can include various installations for converting renewable resources into electrical energy. In this article, we will look at a 50 kW hybrid wind-diesel power plant, modeled in the MATHLAB system.

*Key words:* hybrid energy, alternative energy sources, wind turbine, diesel generator

Наша модель состоит из двух частей: ветрогенератора и дизельной станции (рис. 1).

Ветряной генератор представляет собой асинхронный генератор мощностью 275 кВА, на вал которого приходит заданная нами нагрузка, полученная вследствие воздействия ветра скоростью 4,2 м/с на лопасти ветряка, при помощи блока 2-D Lookup Table [2]. [1]



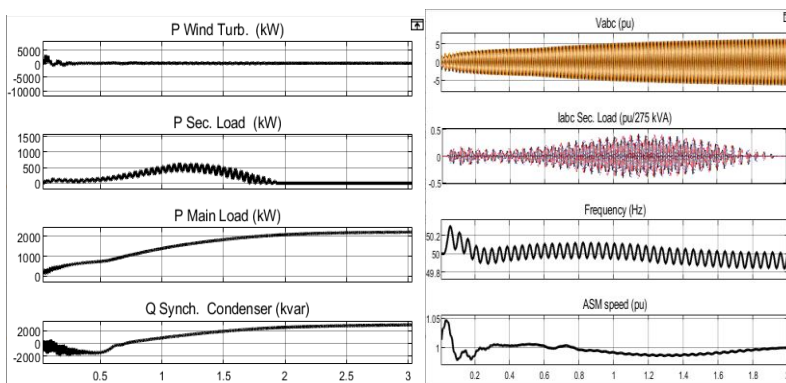


Рис. 2. Характеристики на ветрогенераторе и нагрузке

В самом начале до времени 0,5 секунды, мы видим переходный процесс, при котором скорость асинхронной машины повышается до 1,05 у.е. от номинальной скорости. Частота во время переходного процесса возрастает до значения 50,3 Гц. Такое изменение считается нормой согласно ПУЭ. При скорости ветра, заданной 0 м/с, в работу включается дизель-генератор, который начинает вырабатывать электроэнергию, пуская ее в сеть. На рисунке 5 показаны характеристики дизель-генератора.

Анализируя полученные характеристики, мы можем сделать вывод, что переходный процесс на дизель-генераторе длится в несколько раз дольше (примерно до 2 секунды). Причины данного явления не были выявлены. При переходном процессе система возбуждения увеличивает ток на обмотках в 4 раза, при этом на валу генератора механическая нагрузка непрерывно меняется до того момента, пока не стабилизируется в установившемся режиме на значении 0,75 от  $P_{ном}$ .

### Литература

1. Ветра в Оренбургской области [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа :<http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/povolzhe/orenburgskaya-oblast>
2. R. Gagnon, B. Saulnier, G. Sybille, P. Giroux; "Modeling of a Generic High-Penetration No-Storage Wind-Diesel System Using MATLAB®/Power System Blockset" 2002 Global Windpower Conference, April 2002, Paris, France.
3. B. Saulnier, A.O. Barry, B. Dube, R. Reid; "Design and Development of a Regulation and Control System for the High-Penetration No-Storage Wind/Diesel Scheme" European Community Wind Energy Conference 88, 6-10 June 1988, Herning, Denmark

УДК 621.313

В.М. ЛАПШИН, к.т.н., доцент,  
А.Ю. ЛЕДНЕВА, магистрант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: : kafedra@esde.ispu.ru

### **Учет параметров питающих кабелей при определении токов подпитки места короткого замыкания от асинхронных двигателей**

*Аннотация.* В работе приведены результаты исследования влияния параметров питающих кабелей на токи подпитки от асинхронных двигателей.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, начальное значение периодического тока короткого замыкания, активные и индуктивные сопротивления двигателя и кабеля, эффект теплового спада тока короткого замыкания.

V.M. LAPSHIN, candidate of engineering sciences, associate professor,  
A.Yu.LEDNEVA, Master's Degree student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: kafedra@esde.ispu.ru

### **Supply cables parameters accounting when determining contribution of asynchronous motor to short-circuit currents**

*Annotation.* The paper presents the study results of supply cables parameters influence on the short-circuit currents from asynchronous motors.

*Key words:* asynchronous motors, initial periodic short-circuit current, active and inductive resistances of the motor and cable, thermal decay effect of short-circuit current.

В соответствии с действующими нормативными документами [1] при расчете токов короткого замыкания с целью определения термической стойкости кабельных линий расчетная точка короткого замыкания (КЗ) выбирается в начале линии.

Режим КЗ в присоединениях 6 кВ собственных нужд электростанций имеет характерные особенности. При расчетной точке КЗ на питающих шинах 6 кВ или в цепи одного из отходящих присоединений ток КЗ определится как сумма тока от «системы», поступающего в точку КЗ через рабочий (резервный) ТСН и токов подпитки от группы двигателей, подключенных к рассматриваемой секции 6 кВ. Учет токов подпитки от двигателей при КЗ в цепях собственных нужд необходим для правильного выбора коммутационных аппаратов и токоведущих частей, прежде всего, кабельных линий.



Таким образом, при определении тока подпитки от двигателя расчетная точка КЗ окажется в конце линии, питающей двигатель, а значит параметры кабеля в той или иной мере будут влиять на величину тока подпитки.

В работе проведены тщательные расчеты для группы двигателей секции 6 кВ блока 300 МВт для выявления реального влияния параметров кабеля (активного и индуктивного сопротивления, эффекта «теплого спада» тока КЗ).

Расчет токов КЗ проводился в соответствии с [2].

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ от двигателя (тока подпитки) при КЗ на зажимах определялось по выражению:

$$I_{н0_{Дз}} = \frac{E''_{\Phi_{Дз*}}}{X''_{Дз*}} I_{ном_{Дз}}, \quad (1)$$

где  $E''_{\Phi_{Дз*}}$  – относительное значение сверхпереходной ЭДС двигателя,  $X''_{Дз*}$  – относительное значение сверхпереходного индуктивного сопротивления двигателя,  $I_{ном_{Дз}}$  – номинальный ток двигателя.

По выражению (1) определены токи подпитки от секции 6 кВ рассматриваемого блока 300 МВт: от секции питаются 16 двигателей единичной мощностью от 250 до 8000 кВт.

Суммарный ток подпитки составил 11307,1 А.

Для оценки влияния параметров питающих кабелей было определено значение минимального термически стойкого сечения ( $q_{min}$ ) кабелей, питающих рассматриваемую группу двигателей. С учетом особенностей режима КЗ в цепях собственных нужд и наличия подпитки места КЗ от двигателей все кабели данной секции 6 кВ, независимо от мощности питаемого двигателя, не могут иметь сечение, меньшее, чем  $q_{min}$ .

Минимальное термически стойкое сечение определялось по выражению:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (2)$$

где  $B_K$  –интеграл Джоуля, определенный с учетом подпитки от двигателей места КЗ,  $C$ -параметр, зависящий от теплофизических свойств проводника и изоляции.

В рассматриваемом примере расчета значение  $q_{min}$  получилось равным 107,6 мм<sup>2</sup>, значит ближайшее стандартное термически стойкое сечение 120 мм<sup>2</sup>.

Все сечения кабелей, выбранные по длительному режиму работы и меньшие, чем  $q_{\min}$ , были заменены на кабели сечением 120 мм<sup>2</sup>.

Полученные расчетные данные и были использованы для оценки влияния параметров кабелей на токи подпитки от асинхронных двигателей.

Значения токов подпитки были определены по выражению:

$$I_{n,0_d} = \frac{E_{д*}'' \cdot U_{дном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{д} + R_{каб})^2 + (X_{д}'' + X_{каб})^2}}, \quad (3)$$

где  $E_{д*}''$  – относительное значение сверхпереходной ЭДС двигателя,  $R_{д}$  и  $R_{каб}$  – активные сопротивления двигателя и кабеля,  $X_{д}''$  и  $X_{каб}$  – индуктивные сопротивления двигателя и кабеля.

Для определения сопротивлений кабелей использовались реальные длины кабелей одноименных агрегатов реального блока 300 МВт: от 90 м до 240 м.

Сверхпереходное индуктивное сопротивление двигателей определялось по выражению:

$$X_{д}'' = \frac{1}{K_{II}} \frac{U_{ном}^2 \cos \varphi_{ном} \eta_{ном*}}{P_{ном}}, \quad (4)$$

а активное сопротивление статорной обмотки по выражению:

$$R_{д} \approx s_{ном*} \frac{U_{ном}^2 \cos \varphi_{ном} \eta_{ном*}}{P_{ном}}, \quad (5)$$

где  $U_{ном}$  – в кВ,  $P_{ном}$  – в МВт.

Суммарный ток подпитки с учетом параметров питающих кабелей составил 11188,58 А.

Уменьшение суммарного тока подпитки от двигателей при учете параметров питающих кабелей составило 1,05%.

Интерес представляет учет эффекта теплового спада тока КЗ за счет увеличения активного сопротивления вследствие нагрева проводников током КЗ.

Увеличение активного сопротивления проводника при КЗ следует учитывать с помощью коэффициента  $K_{\theta}$ :

$$R_{\theta каб} = R_{каб} K_{\theta}, \quad (6)$$

где  $K_{\theta}$  – коэффициент увеличения активного сопротивления определяется по выражению:

$$K_{\theta} = \frac{\tau_{\rho} + \theta_{к}}{\tau_{\rho} + \theta_{н}}, \quad (7)$$

где  $\theta_n$  и  $\theta_k$  – соответственно начальная и конечная температура проводника;  $\tau_p$  – условная температура, для алюминия, равная 236 °С.

За начальную температуру проводника принята длительно допустимая температура нормального режима  $\theta_{дон} = 65^0$  С; конечная температура определена в соответствии с [3].

В результате расчета получены следующие значения коэффициентов увеличения активного сопротивления кабелей:

$K_{\theta_{120}} = 1,34$  – для кабелей сечением 120 мм<sup>2</sup> (подавляющее число кабелей, отходящих от рассматриваемой секции 6 кВ);

$K_{\theta_{150}} = 1,2$  – для кабелей сечением 150 мм<sup>2</sup>.

Ток подпитки с учетом теплового спада определялся по выражению:

$$I_{n,0_d} = \frac{E_{Д*}'' \cdot U_{Дном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{Д} + R_{каб} K_{\theta})^2 + (X_{Д}'' + X_{каб})^2}}. \quad (8)$$

Суммарный ток подпитки с учетом теплового спада составил 11185,21 А. Дополнительное уменьшение суммарного тока подпитки за счет теплового спада всего 0,03%.

Столь незначительный эффект от учета параметров питающих кабелей вполне объясним следующими данными расчетов: индуктивное сверхпереходное сопротивление двигателей (источников тока КЗ) составляет, примерно, 99% от полного сопротивления расчетной цепи двигатель-кабель (с учетом активных и индуктивных сопротивлений).

Таким образом, выбор расчетной точки КЗ в начале кабеля с целью определения термической стойкости кабельных линий вполне оправдан, особенно при рассмотрении режима КЗ в цепях собственных нужд электростанций.

### Литература

1. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. –М.: ООО «Элкомэлектро», 2014.
2. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. –М.: Ростехрегулирование, 2007.
3. Циркуляр №Ц-02-98 (Э). О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания. –М: СПО ОРГРЭС, 1998

УДК 621.313

В.М. ЛАПШИН, к.т.н., доцент,  
С. ШУАИБ, магистрант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: kafedra@esde.ispu.ru

### **Сравнительный анализ национального стандарта и стандарта МЭК по расчету токов короткого замыкания в системе собственных нужд элестростанций**

*Аннотация.* В работе приведены результаты сравнительного анализа методов расчета ТКЗ от асинхронных двигателей в соответствии с ГОСТ Р и стандартом МЭК.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, постоянные времени затухания периодического и аperiodического тока КЗ от асинхронного двигателя.

V.M. LAPSHIN, candidate of engineering sciences, associate professor,  
S. CHUAIB, Master's Degree student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: kafedra@esde.ispu.ru

### **Comparative analysis of the national standard and IEC for calculation of station auxiliaries fault currents**

*Annotation.* The paper presents the results of methods comparative analysis for calculation asynchronous motors contribution to short-circuit currents in accordance with GOST R and IEC standard.

*Key words:* asynchronous motor, damping time constants of periodic and aperiodic short-circuit current from an asynchronous motor.

Глобализация мирового рынка, характеризующаяся открытием границ на пути свободного перемещения людей, товаров, капитала и информации, требует перехода стран на единые стандарты.

С этой точки зрения интерес представляет деятельность крупнейшей международной организаций по стандартизации: Международной электротехнической комиссии (МЭК), которая занимается стандартизацией в области электротехники, электроники, радиосвязи, приборостроения.

Стандарты МЭК носят рекомендательный характер, и страны-члены МЭК имеют полную независимость в вопросах их применения на национальном уровне; однако они приобретают обязательный характер в случае выхода продукции на мировой рынок.

В связи с этим страны-члены МЭК решают вопросы использования одобренного ими международного стандарта по-разному:

либо принимают стандарт МЭК в качестве национального стандарта с аутентичным переводом текста стандарта на национальный язык;

либо разрабатывают национальные стандарты по проблемам, отраженным в стандартах МЭК, с учетом сложившихся национальных традиций, новых научных достижений, накопленного национального опыта. Национальный стандарт должен базироваться на тех же физических представлениях и отвечать принципам соответствия стандартам МЭК. Этот подход не исключает существенных различий в методах расчета и проверки электротехнического оборудования, руководящих указаниях по применению.

Ярким примером такого подхода являются российский национальный стандарт ГОСТ Р 52735-2007 [1] и стандарт МЭК CEI 60909-0: 2001 [2], в котором отражены те же самые вопросы, связанные с расчетом токов короткого замыкания в электрических цепях.

В работе определены токи подпитки (периодические токи КЗ) от группы асинхронных двигателей, подключенных к одной секции 6 кВ блока 300 МВт КЭС, к моменту времени  $t=0$  (начальное значение) и  $t=0,1$  с (момент отключения тока КЗ), представлены основные отличия и практически полные совпадения в российском национальном стандарте и стандарте МЭК.

Международный стандарт определяет начальное действующее значение периодического тока подпитки от асинхронного двигателя как пусковой ток этого двигателя. Такая практика широко распространена в нашей стране, но отличается от рекомендаций ГОСТ на 5-7% в сторону увеличения расчетных токов.

Однако, определение периодических токов подпитки ко времени отключения КЗ значительно отличается по методам расчета в ГОСТ и стандарте МЭК.

В соответствии с ГОСТ действующее значение периодической составляющей тока КЗ от асинхронного двигателя в произвольный момент времени будет равно

$$I_{n,t,Di} = \gamma_{t,Di} I_{n,0,Di}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{t,Di}$  определяется по специальным расчетным кривым.

Рекомендуется и другой способ определения периодического тока КЗ к произвольному моменту  $t$ :

$$I_{n,t,Di} = I_{n,0,Di} \cdot e^{-t/T_n}, \quad (2)$$

где  $T_n$  - постоянная времени затухания периодического тока подпитки от асинхронного двигателя.

В сравнительных расчетах использовались параметры эквивалентного двигателя, заменяющего группу двигателей ( $T_n=0,07$  с).

В стандарте МЭК для этой цели используется расчетное выражение:

$$I_{nt,Di} = \mu q I_{n,0,Di}, \quad (3)$$

где коэффициенты  $\mu$  и  $q$  для времени отключения  $t=0,1$  с определяются по расчетным выражениям:

$$\mu = 0,62 + 0,72e^{-0,32I_{n,0,Д} / I_{ном,Д}} \quad (4)$$

$$q = 0,57 + 0,12 \ln(P_{ном,Д} / p) \quad (5)$$

где  $p$  - число пар полюсов статорной обмотки двигателя,  $P_{ном,Д}$  - номинальная мощность двигателя в МВт.

Проведенные сравнительные расчеты по представленной группе двигателей дали следующие результаты:

- суммарное значение начальных периодических токов подпитки, определенных по ГОСТ Р с учетом сверхпереходной ЭДС и сверхпереходного сопротивления 10925,08 А;

- суммарное значение начальных периодических токов подпитки, определенных по ГОСТ Р с учетом предположения, что токи подпитки равны пусковым токам, 12090 А;

- суммарное значение токов подпитки, определенных по стандарту МЭК, 12093, 09 А.

Результат, подтверждающий совпадение стандартов по определению начальных периодических токов подпитки.

Результаты расчетов показали значительную разницу в суммарных токах подпитки, определенных к моменту отключения ( $t=0,1$  с):

- суммарное значение  $n$  периодических токов подпитки к моменту отключения, определенных по ГОСТ Р с использованием  $T_n=0,07$  с, 2793,18 А;

- суммарное значение токов подпитки, определенных по стандарту МЭК, 4269,78 А.

Значительная разница в результатах, в основном, определилась за счет подпитки от двигателя питательного насоса АТД-8000, мощностью 8 МВт.

Очевидно, не случайно в стандарте МЭК двигатели с относительной мощностью более 1 МВт на пару полюсов выделены в отдельную группу, и расчеты по ним рекомендуется проводить отдельно. Во всем объеме двигателей на секции 6 кВ блока 300 МВт только АТД-8000 отвечает указанным требованиям (высокоскоростной двигатель, с одной парой полюсов). Для прояснения поставленных вопросов интерес представляет определение постоянной времени затухания периодического тока подпитки от мощного высокоскоростного двигателя АТД-8000,  $T_{n,Д}$

В соответствии с [3],  $T_{n,Д}$  можно определить по следующему выражению:

$$T_{nД} = \frac{X_D''}{\omega \dot{R}_2}, \quad (6)$$

где  $X_D''$  – сверхпереходное индуктивное сопротивление двигателя;  $\omega$  – угловая частота вращения;  $\dot{R}_2$  – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к статору, которое определяется по выражению:

$$\dot{R}_2 = \frac{0,36 m_n (P_{ном,Д} + P_{мех})}{K_n^2 I_{ном,Д}^2 (1 - s_{ном})} \quad (7)$$

Анализ выражения (7) показывает, что при больших номинальных токах ( $I_{ном,Д}$ ) и высоких кратностях пусковых токов ( $K_n$ ), что как раз характерно для высокоскоростных двигателей с относительной мощностью на пару полюсов более 1 МВт, значение  $\dot{R}_2$  будет составлять несколько десятитысячных Ом (0,00011 Ом для двигателя АД-8000). Тогда значение  $T_{n,Д}$  (по выражению 7) превысит несколько секунд. Это означает плавное затухание периодического тока подпитки, и что значение этого тока к моменту  $t=0,1$  с значительно превысит значение, определенное с использованием  $T_{n,Дэкв}=0,07$  с (в соответствии с ГОСТ).

Результаты работы подтверждают обоснованность выделения двигателей с относительной мощностью на пару полюсов более 1 МВт в отдельную группу для уточнения расчетов токов подпитки.

### Литература

1. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Ростехрегулирование, 2007.
2. CEI 60909-0:2001 (Courants de court-circuit dans les reseaux triphases a courant alternatif. Partie 0: Calcul des courants).
3. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. –М.: ООО «Элкомэлектр», 2014.

УДК 621.313.3

В.Н. БАШИН, к.т.н.,  
Д. А. ПОЛКОШНИКОВ, старший преподаватель,  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н, доцент,  
М. А. РЕЗЕНЬКОВА<sup>1</sup>, магистр

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: rezenkovama@gmail.com<sup>1</sup>

### **Уточнение расчета режимов перерыва питания и самозапуска электродвигателей собственных нужд электростанций**

*Аннотация.* В работе разработаны модели-симуляторы элементов собственных нужд тепловых электростанций. Приведены результаты моделирования и исследования переходных процессов в электроприводах собственных нужд с учетом электромагнитных процессов.

*Ключевые слова:* Уравнения Парка-Горева, модель-симулятор, самозапуск электроприводов собственных нужд.

V. N. BASHIN, PhD.,  
D. A. POLKOSHNIKOV, senior lecturer,  
A. A. SKOROBOGATOV, PhD, M. A. REZENKOVA<sup>1</sup>, master

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: rezenkovama@gmail.com<sup>1</sup>

### **Clarification of the calculation of the modes of supply interruption and the self-starting of motors of auxiliary supply of power plants**

*Annotation.* In this paper, simulation models of elements of the auxiliary supply of thermal power plants are developed. The results of modeling and research of transients in electric drives of own needs, taking into account electromagnetic processes, are presented.

*Key words:* Park-Gorev equations, simulation model, self-starting of electric drives of auxiliary supply.

Самозапуск электродвигателя собственных нужд – такой электро механический процесс, при котором скорость вращения машины (полностью или частично) уменьшается вследствие отключения их от сети или глубокого понижения питающего напряжения при внешних коротких замыканий или отключениях оборудования, а при восстановлении напряжения достигает своего номинального значения. Неуспешный самозапуск может привести к останову котлов и турбогенераторов, что приводит к значительному экономическому ущербу.



В настоящее время при проектировании теплоэлектростанций и расчете самозапуска электродвигателей не исследуются и не учитываются электромагнитные процессы в электромашинах [1], что приводит к некоторому завышению мощности рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд. Целью статьи является уточнение методики исследования и расчета режимов питания и подхвата электродвигателей собственных нужд путем применения моделей-симуляторов. Здесь на этапе создания моделей для описания процессов в трехфазных цепях и аппаратах было бы весьма удобно применение метода обобщенного вектора, представляющего переменные всех трех фаз в виде одного вектора. А на этапе использования моделей, учитывая специфику и традиции энергетического сообщества, уместно представить модели фрагментов энергосистемы в виде схем и/или структур без их символического (математического) описания. При таком выражении конфигурация схемы, структуры и параметры могут оперативно и свободно варьироваться, что позволяет применять эти модели не только для расчета режимов, но и как стенд-симулятор для испытания электромашин.

С другой стороны, существует ряд пакетов программ, представляющих электротехнические и электронные объекты не в виде математических уравнений и символов, а в виде схем и структур, например, SPICE [2]. Такие пакеты предполагают не только раздельное использование форм выражения, но и совместное.

В работе для моделирования самозапуска был рассмотрен фрагмент теплоэлектроцентрали, состоящий из рабочего и резервного трансформаторов собственных нужд типа ТМНС-4000/10, секции собственных нужд и нагрузки этой секции – электроприводов с центробежными машинами

Сценарий включения и выключения выключателей и короткозамыкателей задается импульсными источниками, а генераторы заменены идеальными источниками ЭДС. Нагрузкой секции являются 5 электродвигателей, по 630кВт каждый, с центробежными механизмами с вентиляторной механической характеристикой.

Проблемой для решения поставленной задачи является отсутствие приемлемой для энергетики SPICE-модели асинхронных электродвигателей. Здесь справедливо отметить, что в электромеханике такие модели разработаны, но они, как правило, представлены в двухосной (двухфазной) системе координат, что для работников тепловых электрических станций недостаточно удобно, поскольку эти двигатели подключены к разветвленной трехфазной сети.

С помощью разработанной SPICE-модели электродвигателя в работе было разыграно два сценария:

1. Отключение выключателя трансформатора собственных нужд, пауза 2,5с, затем включение выключателя резервного трансформатора собственных нужд (срабатывание автоматического ввода резерва).

2. Трехфазное короткое замыкание на шинах комплектного распределительного устройства собственных нужд, через 1,5с его отключение, затем через 1с включение выключателя резервного трансформатора собственных нужд (срабатывание автоматического ввода резерва).

Из графиков, полученных в ходе работы, следует, что при простом перерыве питания скорость асинхронного двигателя линейно падает в течении 2,5 с, а затем при восстановлении питания увеличивается в течении 7,5 с.

Так же при перерыве питания электромагнитный момент асинхронного электродвигателя  $M_{эм}$  скачком падает до нуля, а при его восстановлении сначала наблюдается осцилляция (процесс намагничивания машины), затем его плавное нарастание, а потом спад до номинального.

График скорости двигателей по 2-му сценарию мало чем отличается от него по 1-му сценарию.

При коротком замыкании на шинах комплектного распределительного устройства собственных нужд электромагнитный момент  $M_{эм}$  также падает до нуля, но с осцилляцией. В остальном кривая ничем не отличается от графика, полученного при перерыве питания.

Разница между двумя сценариями состоит в том, что при коротком замыкании размагничивание происходит очень быстро (~0,1 с). То есть в данном случае подавать напряжение можно почти сразу после ликвидации короткого замыкания, в то время как при отключении выключателя трансформатора собственных нужд асинхронная машина довольно долго размагничивается (~2,5 с). То есть если в этом временном промежутке поспешить с восстановлением питания, может произойти удар тока и момента.

### **Выводы:**

1. Применение метода имитационного моделирования позволяет более глубоко исследовать переходные процессы самозапуска электропривод СН.

2. Применение метода имитационного моделирования дает возможность «проиграть» все возможные сценарии аварийных ситуаций в цепях СН ТЭС.

### **Литература**

1. Георгиади В.Х. Методика расчета режимов перерыва питания и самозапуска электродвигателей 3-10кВ собственных нужд электростанций. – М.: ОРГРЭС, 1993. 140с.
2. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCad 9.2 – М.: Солон-Р, 2001. – 519 с.

УДК 621.313.3

А.С. СТРАХОВ<sup>1</sup>, ст. преподаватель, А.Н. МОРОЗОВ, аспирант,  
Д.А. ПОЛКОШНИКОВ, старший преподаватель,  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: sstrakhov57@mail.ru<sup>1</sup>

### **Анализ потерь в высоковольтных электродвигателях собственных нужд электростанций при повреждении обмоток роторов**

*Аннотация.* В работе представлены результаты исследования влияния наличия оборванных стержней обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электростанций и их количества на величину магнитных и электрических потерь.

*Ключевые слова:* высоковольтный асинхронный двигатель, математическая модель, магнитные и электрические потери, оборванные стержни ротора

A.S. STRAKHOV<sup>1</sup>, senior lecturer,  
A.N. MOROZOV, postgraduate student,  
D.F. POLKOSHNIKOV, senior lecturer,  
A.A. SKOROBOGATOV, Candidate of technical sciences, associate professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: sstrakhov57@mail.ru<sup>1</sup>

### **Analysis of losses in high-voltage electric motors for auxiliary needs of power plants in case of damage of the rotor windings**

*Abstract.* The paper presents the study results of the effect of the broken bars presence in the rotor windings of high-voltage induction motors for auxiliary needs of power plants and their number on the value of magnetic and electrical losses.

*Key words:* high-voltage induction motor, mathematical model, magnetic and electrical losses, broken rotor bars

В настоящее время одним из развивающихся научных направлений на кафедре ЭСПиДЭ ИГЭУ является разработка и совершенствование методов функционального контроля обмоток роторов асинхронных двигателей (АД) собственных нужд электростанций. Необходимость развития данного направления обусловлена тем, что повреждения АД могут привести к существенному экономическому ущербу для электростанций, который может быть предотвращен, если своевременно их обнаруживать (до отказа двигателя).

Можно выделить следующие составляющие ущерба:

- 1) ущерб вследствие снижения вырабатываемой электрической станцией мощности и энергии по причине отказа АД;
- 2) ущерб вследствие необходимости дорогостоящего ремонта или даже замены АД, которые могут понадобиться из-за повреждения оборванными стержнями обмотки или стали статора;
- 3) ущерб, вызванный увеличением потерь АД вследствие обрыва стержней обмотки ротора.

В [1] был рассмотрен возможный ущерб электростанций по первым двум из указанных причин. Однако необходимо также оценить, насколько существенной является третья составляющая ущерба, поскольку анализ статистических данных, полученных с нескольких электрических станций, показал, что в процессе ремонта АД на некоторых из них были обнаружены десятки оборванных стержней, что может существенно сказаться на экономичности работы станции.

В [2] было показано, что наличие оборванных стержней обмотки ротора может привести к годовому экономическому ущербу, вызванному увеличением потерь АД, который соизмерим со стоимостью самого электродвигателя. Для высоковольтного АД эта сумма может составлять более 1 млн руб. Целью данной статьи является оценка изменения потерь при различном количестве оборванных стержней АД, а также подтверждение выводов, полученных в [2].

Исследование проведено в программном комплексе Ansys на модели высоковольтного АД типа ДАЗО2-17-44-8/10У1 при двух различных нагрузках (50% и 100% от номинальной). Для сравнения величины потерь были рассмотрены 3 случая: АД без оборванных стержней, АД с 10 оборванными стержнями и АД с 20 оборванными стержнями. В ходе работы оценивались и анализировались как суммарные потери в двигателе, так и их отдельные составляющие (магнитные и электрические).

Результаты исследования приведены в табл. 1 и 2. Из представленных данных отчётливо видно, что наличие повреждения обмотки ротора приводит к существенному возрастанию суммарных потерь в АД. Основной вклад в их увеличение вносят магнитные и электрические потери в статоре, электрические потери в роторе и потери на гистерезис.

Таблица 1. Значение потерь АД при номинальной нагрузке

Число оборванных стержней	0	10	20
Магнитные потери, кВт	3,81	4,3	4,8
Магнитные потери (ротор), кВт	$5,42 \cdot 10^{-2}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$
Магнитные потери (статор), кВт	3,75	4,2	4,7
Потери на вихревые токи, кВт	0,48	0,55	0,615
Потери на гистерезис, кВт	3,33	3,8	4,2
Электрические потери в роторе, кВт	3,03	3,4	3,9
Электрические потери в статоре, кВт	5,7	6,5	8
Суммарные потери, кВт	12,52	14,2	16,65

Таблица 2. Значение потерь АД при нагрузке, равной 50% от номинальной

Вид потерь	ИОР	100С	200С
Магнитные потери, кВт	3,86	4,1	4,38
Магнитные потери (ротор), кВт	$4,32 \cdot 10^{-2}$	$5,21 \cdot 10^{-2}$	$6,73 \cdot 10^{-2}$
Магнитные потери (статор), кВт	3,82	4,04	4,31
Потери на вихревые токи, кВт	0,489	0,515	0,542
Потери на гистерезис, кВт	3,37	3,57	3,82
Электрические потери в роторе, кВт	1,07	1,16	1,21
Электрические потери в статоре, кВт	2,83	3,04	3,35
Суммарные потери, кВт	7,67	8,23	8,9

Таблица 3. Годовой ущерб электростанции вследствие увеличения потерь АД из-за наличия оборванных стержней

Число оборванных стержней	10		20	
	50%	100%	50%	100%
Нагрузка АД в % от номинальной				
Годовой ущерб вследствие увеличения потребляемой мощности, руб	1 088	3 264	2 390	8 025
Годовой ущерб вследствие увеличения потребляемой электрической энергии, руб	6 086	18 258	13 367	44 883

При стоимости электроэнергии 1,237 руб/кВт\*ч и мощности 161,927 руб/кВт суммарный годовой ущерб, вызванный увеличением расхода электроэнергии и мощности на собственные нужды станции из-за обрыва 10 (20) стержней АД ДАЗО, составит 21 522 (52 909) рублей при работе АД с номинальной нагрузкой и 7 174 (15 757) рублей при его загрузке на 50% [3, 4]. Для наглядности полученные результаты представлены в табл. 3.

Из результатов видно, что, хотя наличие оборванных стержней приводит к увеличению потерь АД, однако величина экономического ущерба из-за возрастания потерь незначительна по сравнению с двумя другими ранее описанными составляющими и ею в большинстве случаев можно пренебречь.

### Литература

1. Морозов А.Н. Анализ экономического ущерба электростанции вследствие повреждений обмоток роторов высоковольтных электродвигателей собственных нужд / А.Н. Морозов, А.С. Страхов, Н.С. Чумаков, рук. – А.А. Скоробогатов // Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020»: материалы конференции. Т. 3. – ИГЭУ, 2020. – С. 109.
2. Андреева О.А. Разработка методов диагностики двигателей собственных нужд электрических станций: монография / О.А. Андреева. – Павлодар: Кереку, 2015. – 142 с.
3. АТС Администратор Торговой Системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.atsenergo.ru/results/rsv/indexes/indexes1/index.htm>. – Суточные индексы и объемы (Первая ценовая зона). – (Дата обращения: 29.03.2021)

4. Системный Оператор Единой Энергетической Системы. Конкурентный отбор мощности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://monitor.sops.ru/?P=42&DocumentID=352>. – Итоги конкурентного отбора мощности на 2021 год. - (Дата обращения: 29.03.2021)

УДК 658.26:8.338.008

В.А. САВЕЛЬЕВ, д.т.н., профессор,  
В.В. БАТАЕВА, ст. преподаватель,  
И.Э. ЧЕКАНОВА, магистрант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: [iriska.iii@yandex.ru](mailto:iriska.iii@yandex.ru), [savelev-iv@yandex.ru](mailto:savelev-iv@yandex.ru), [bataewa.v@yandex.ru](mailto:bataewa.v@yandex.ru)

### **Особенности проектирования и эксплуатации систем электроснабжения с АСММ в труднодоступных регионах РФ**

*Аннотация.* В работе приведены проблемы электроснабжения труднодоступных регионов РФ, на примере Республики Саха (Якутия), и пути решения данных проблем при использовании АСММ.

*Ключевые слова:* Дизельная электростанция, энергетическая безопасность изолированных потребителей Республики Саха, атомные станции малой мощности.

V.S. SAVELEV, Doctor of Engineering, professor,  
V.V. BATAEVA, senior lecturer,  
I.E. CHEKANOVA, Master's Degree student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: [iriska.iii@yandex.ru](mailto:iriska.iii@yandex.ru), [savelev-iv@yandex.ru](mailto:savelev-iv@yandex.ru), [bataewa.v@yandex.ru](mailto:bataewa.v@yandex.ru)

### **Features of design and operation of power supply systems with ASMM in remote regions of the Russian Federation**

*Abstract.* The paper presents the problems of power supply to remote regions of the Russian Federation, using the example of the Republic of Sakha (Yakutia), and ways to solve these problems when using ASMM.

*Key words:* Diesel power plant, energy security of isolated consumers of the Republic of Sakha, low-power nuclear power plants.

В настоящее время растет интерес к развитию и освоению труднодоступных и удаленных регионов РФ. Суммарная мощность энергопотребителей малой мощности в стране составляет не менее 30% от общего баланса, а их число исчисляется тысячами. К трудно доступным регионам РФ относят регионы Арктики, Сибири и Дальнего Востока. Обеспечение электрической энергией потребителей этих территорий

осуществляется автономными системами электроснабжения, в которых примерно 96 % генерации электрической энергии приходится на самые распространенные источники энергии для децентрализованных зон – дизельные электростанции (ДЭС) [1].

На сегодняшний день 60% территории и проживающая на ней часть населения республики Саха (Якутия), наиболее крупного региона, остаются вне зон централизованного электроснабжения. Основными проблемами энергоснабжения децентрализованных потребителей являются ограниченность сроков сезонного завоза в труднодоступные районы, низкий уровень развития транспортной инфраструктуры и многозвенность процесса завоза топлива, что приводит к высоким потерям и многократному его удорожанию. Эксплуатация большей частью устаревших и физически изношенных автономных энергоисточников, определяет их неудовлетворительное техническое состояние, низкую экономичность, и приводит к недостаточной надежности энергоснабжения и неоправданно высоким финансовым затратам [2].

Наличие большого количества рассредоточенных потребителей, электроснабжение которых может осуществляться только от автономных энергоисточников, и наличие множества проблем в существующих зонах децентрализованного энергообеспечения требует решения актуальных вопросов развития и совершенствования децентрализованных зон.

На сегодняшний день для обеспечения потребителей в таких зонах используется связка ДЭС в сочетании с ветровыми и солнечными электростанциями. Однако, при данном способе энергообеспечения, были выявлены существенные проблемы эксплуатации ВИЭ в условиях этих территорий. Для солнечных панелей – это обледенение и необходимость постоянного сметания снега, а для ветроустановок – штормовые ветра со скоростью до 36 м/с, покрытие инеем, обледенение. Кроме того, следует отметить, что большая часть ДЭС этих регионов на сегодняшний день характеризуется высокой степенью физического и морального износа.

Альтернативой для повышения надежности электроснабжения децентрализованных потребителей является введение в состав автономной системы их энергообеспечения атомной станции малой мощности (АСММ). Она представляет собой функционально готовый к эксплуатации модуль или энергокапсулу, состоящую из реакторной и турбогенераторной установок.

Преимущества применения АСММ:

- Компактность – малый размер АСММ открывает широкие возможности для их размещения в удаленных регионах и в регионах с ограниченной инфраструктурой.
- Модульность – мощность станции можно изменить за счет новых энергоблоков. Все модули поставляются в готовом виде, что сокращает финансирование и временные затраты.

- Многоцелевое применение – АСММ могут использоваться для генерации тепла и опреснения.

- Сокращенный период сооружения – время сооружения АСММ меньше, чем у атомных станций большой мощности.

- Отсутствие выбросов CO<sub>2</sub> – АСММ возможно включить в энергомикс без, как устойчивый источник энергии, без выбросов парниковых газов в атмосферу.

- Следование за нагрузкой – АСММ можно эксплуатировать в режиме следования за нагрузкой, что делает ее гибким энергорешением.

- Стабильная генерация – выходную мощность АСММ легко прогнозировать, что позволяет планировать базовую нагрузку на протяжении всего жизненного цикла станции, который составляет более 60 лет.

На рис. 1 показан типовой суточный график нагрузки и отмечена часть графика, которую планируем покрывать с помощью АСММ. Они будут работать в связке с ДЭС и ВИЭ для покрытия пиков нагрузки.

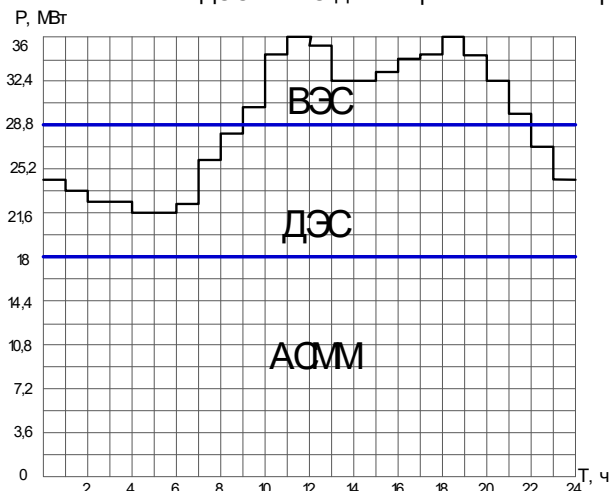


Рис. 1. Типовой суточный график нагрузки на территории РС (Я)

Введение в эксплуатацию АСММ в труднодоступных регионах РФ является наиболее перспективным направлением для развития и освоения территорий с децентрализованным электроснабжением. В результате снизится зависимость от северного завоза топлива и погодных условий, повысится надежность, уменьшится влияние на окружающую среду.

#### Литература

1. Савельев В.А. Атомные станции малой мощности – важнейший фактор социального развития, освоения труднодоступных и удаленных территорий страны и обеспечения ее энергетической безопасности// Савельев В.А., Сараев Ю.П.,



Батаева В.В. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Международный научный семинар им. Ю. Н. Руденко, специальный выпуск журнала «Проблемы энерго- и ресурсосбережения». – Ташкент, 2019. – С.53 – 59.

2. Киушкина В.Р., Шарипова А.Р. Оценка состояния энергетической безопасности Республики Саха (Якутия) на основе индикативного анализа структурно – режимного блока // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №1(14) 2013. – Москва, 2013. – С. 38.

УДК 621.313.3

М.А. ЗАХАРОВ, ст. преподаватель,  
Е.М. НОВОСЕЛОВ, к.т.н., доцент,  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н., доцент,  
А.С. СТРАХОВ, ст. преподаватель

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: mazoid@gmail.com

### **Исследование влияния частотного привода на внутреннее магнитное поле асинхронного электродвигателя**

*Аннотация.* В работе приведены результаты исследования, посвященного вопросу влияния частотного привода на частотно-временной спектр внутреннего магнитного поля асинхронного электродвигателя.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, спектральный анализ, внутреннее магнитное поле, гармоники фиктивной обмотки ротора

M.A. ZAKHAROV, senior lecturer,  
E.M. NOVOSELOV, Candidate of technical sciences, associate professor,  
A.A. SKOROBOGATOV, Candidate of technical sciences, associate professor  
A.S. STRAKHOV, senior lecturer

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: mazoid@gmail.com

### **Research of the influence of a frequency drive on the internal magnetic field of an induction electric motor**

*Abstract.* The paper presents the results of a study devoted to the question of the influence of a frequency drive on the time-frequency spectrum of the internal magnetic field of an induction motor.

*Key words:* induction motor, spectral analysis, internal magnetic field, harmonics of fictitious rotor winding

Асинхронные двигатели (АД) составляют порядка 90% всех энергопотребителей механизмов собственных нужд электростанций. Для нормального функционирования технологического процесса важной

задачей является как можно более раннее выявление нарушения работы двигателей. Одной из неисправностей короткозамкнутой обмотки ротора (ОР) АД является обрыв ее стержней. Без своевременного обнаружения это может привести к выходу из строя двигателя, длительному его ремонту и нарушению работы электростанции.

Одним из способов выявления обрыва стержней является способ, основанный на анализе гармонического состава внутреннего и внешнего магнитных полей и тока статора в режиме пуска [1, 2]. Диагностическим признаком оборванных стержней является резкое увеличение амплитуд гармоник от, так называемой, фиктивной обмотки ротора (ФОР).

В последнее время большое распространение на электростанциях получили управляемые, частотно-регулируемые электропривода. Принцип работы большинства преобразователей частоты основан на двойном преобразовании напряжения со звеном постоянного напряжения и широтно-импульсной модуляцией. В гармоническом составе напряжения присутствует большой набор гармоник. Это ставит вопрос о применимости методов идентификации обрыва стержней ОР АД, описанных в [1, 2], который работает в составе частотного привода.

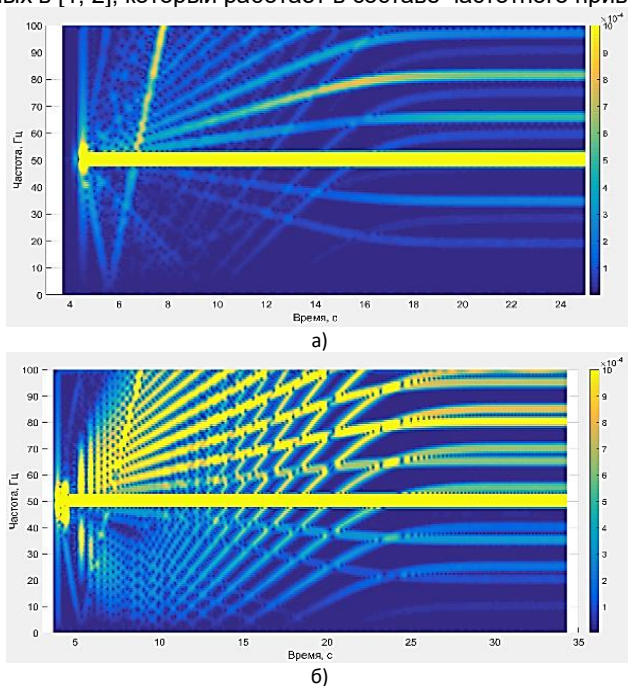


Рис. 1. Частотно-временные спектры сигналов с внутреннего индуктивного датчика при прямом пуске на пониженном напряжении 40 В:  
а) неисправный ротор; б) исправный ротор

Для проверки адекватности метода было проведено экспериментальное исследование. Лабораторная установка состоит из АД с двумя роторами (исправным и с оборванным стержнем) и встроенным внутренним индуктивным датчиком. В эксперименте исследовался только режим пуска. Прямой пуск производился как на номинальном, так и на пониженном напряжении. Для частотного регулирования кроме величины напряжения отдельно задавалось время пуска. После цифровой обработки сигналов, зарегистрированных ВИД, были получены их частотно-временные спектры, которые приведены на рис. 1 и 2.

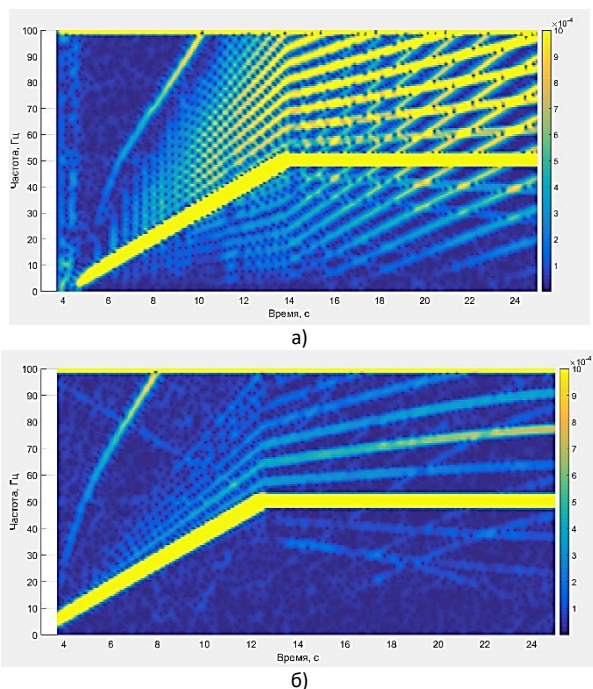


Рис. 2. Частотно-временные спектры сигналов с внутреннего индуктивного датчика при частотном пуске с временем пуска 10с на пониженном напряжении 40 В: а) неисправный ротор; б) исправный ротор

Сравнение полученных графиков показало, что в частотно-временных спектрах АД с поврежденной ОР резко возрастают амплитуды гармоник ФОР. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о возможности применить методику для асинхронных двигателей с частотным управлением.

### Литература

1. Назарычев А.Н. Экспериментальное определение диагностических признаков повреждения обмоток роторов высоковольтных двигателей электростанций в режиме пуска / А.Н. Назарычев, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.С. Страхов, А.А. Скоробогатов, А.А. Пугачев // Дефектоскопия. – 2020. – № 5. – С. 3–11.
2. Назарычев А.Н. Метод контроля состояния обмоток роторов асинхронных электродвигателей при пуске по току статора / А.Н. Назарычев, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.С. Страхов, А.А. Скоробогатов // Дефектоскопия. – 2020. – № 8. – С. 49–55.

УДК 621.313.3

В.М. ЛАПШИН, к.т.н., доц.;  
Д.А. ПОЛКОШНИКОВ<sup>1</sup>, ст. преп.;  
А.А. СКОРОБОГАТОВ, к.т.н., доц.;  
Н.С. БАРЫШНИКОВ<sup>2</sup>, магистр;  
Д.А. ЛАДИН, магистр

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: pda37@yandex.ru<sup>1</sup>, baryshnikov.nik@inbox.ru<sup>2</sup>

### **Построение рабочих характеристик элементов машинного агрегата собственных нужд электростанций в целях диагностики**

*Аннотация.* В работе доказано правомерность применения предлагаемого алгоритма для определения механических динамических характеристик по частоте вращения вала агрегата собственных нужд электростанций и возможность определения по этим характеристикам поврежденного узла агрегата.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, механические характеристики, машинный агрегат, частота вращения вала.

V.M. LAPSHIN, Candidate of Engineering Sciences, associate professor,  
D.A. POLKOSHNIKOV<sup>1</sup>, senior lecturer,  
A.A. SKOROBOGATOV, Candidate of Engineering Sciences, associate professor,  
N.S. BARYSHNIKOV<sup>2</sup>, master; D.A. LADIN, master

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: pda37@yandex.ru<sup>1</sup>, baryshnikov.nik@inbox.ru<sup>2</sup>

### **Construction of the performance characteristics of the machine assembly elements for auxiliary needs of power plants for the purpose of diagnostics**

*Abstract.* The paper proves the relevancy of using the proposed algorithm to determine the mechanical dynamic characteristics by the frequency of shaft rotation of

the assembly for auxiliary needs of power plants and the possibility of determining by these characteristics the damaged element of the assembly.

*Key words:* asynchronous motor, mechanical characteristics, machine assembly, rotor shaft frequency,

Известно, что в процессе эксплуатации рабочих механизмов (РМ) собственных нужд электростанций, приводами которых являются асинхронные электродвигатели (АД), механические характеристики РМ и АД ухудшаются с течением времени. Это может привести к различным последствиям, среди которых увеличение количества неуспешных пусков и самозапусков АД. В [1] приведена методика определения механических характеристик АД и РМ на основе регистрации частоты вращения вала агрегата в режимах пуска и выбега, которая позволяет определить неисправный элемент агрегата в процессе его эксплуатации.

Целью данной работы является доказательство применения данной методики в режиме реальной эксплуатации путем математического моделирования агрегата собственных нужд электростанции.

В рамках данной работы необходимо решить следующие задачи:

1. разработать математическую модель исправного высоковольтного электродвигателя типа 4АЗМ-2000/6000-УХЛ4 с учетом момента сопротивления РМ (питательный насос типа ПЭ-270-150) в программном комплексе Ansys Maxwell;

2. смоделировать режимы пуска и выбега агрегата и получить зависимости частот вращения вала АД и вращающего момента на валу АД от времени в указанных выше режимах с помощью Ansys Maxwell;

3. построить зависимости избыточных моментов в режиме пуска и выбега путем обработки зависимостей полученных ранее частот в программном комплексе MatLab и рассчитать вращающие моменты на валу АД путем сложения избыточного момента и момента сопротивления РМ;

4. для верификации алгоритма расчета избыточных моментов по частотам вращения в режимах пуска и выбега произвести сравнение вращающих моментов на валу АД, один из которых определен с помощью моделирования в Ansys Maxwell (п. 2), а другой рассчитан в программном комплексе MatLab (п. 3);

5. разработать математическую модель высоковольтного электродвигателя с поврежденной ОР с учетом момента сопротивления РМ в программном комплексе Ansys Maxwell и повторить для нее операции, указанные в пп. 2-4;

6. произвести сравнение зависимостей избыточных моментов от времени в режимах пуска и выбега для АД с исправной и поврежденной ОР.

Сравнение избыточных моментов, рассчитанных по частотам вращения вала в программном комплексе MatLab, и определенных в программном комплексе Ansys Maxwell в режимах пуска и выбега в соответствии с пп. 1-4, показало совпадение данных характеристик. Из

этого следует, что предложенный алгоритм расчета избыточных моментов позволяет точно определить искомую величину.

Далее произведен анализ динамических характеристик агрегата в режимах пуска и выбега для АД с исправной ОР и ОР, имеющей 5 соседних оборванных стержней. Графики изменения во времени частот вращения вала, вращающего момента АД, момента сопротивления РМ и избыточного момента приведены на рис. 1-5. Из графиков можно видеть, что при наличии повреждения в АД характеристики агрегата в режиме выбега не изменяются (рис. 2 и рис. 5) в отличие от его характеристик в режиме пуска (рис. 1, рис. 3 и рис. 4).

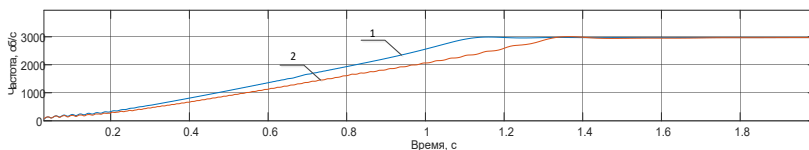


Рис. 1. Графики частоты вращения: при пуске исправного АД (1) и неисправного АД (2)

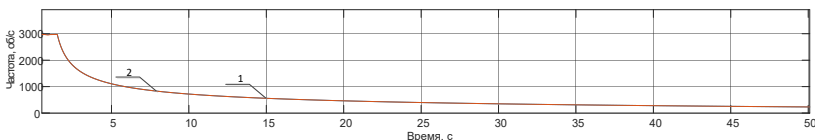


Рис. 2. Графики частоты вращения: при выбеге исправного АД и неисправного АД

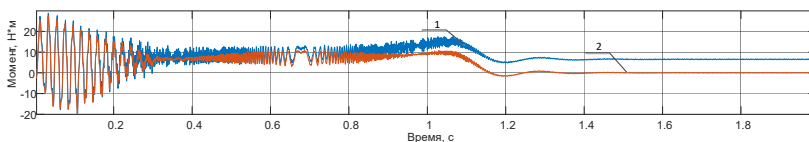


Рис. 3. Графики моментов: момент при пуске исправного АД (1), избыточный момент при пуске (2)

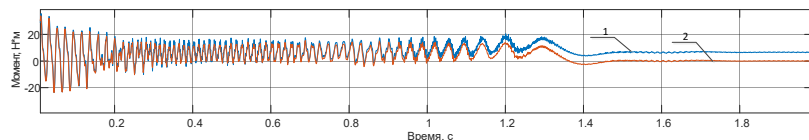


Рис. 4. Графики моментов: момент при пуске неисправного АД (1), избыточный момент при пуске (2)

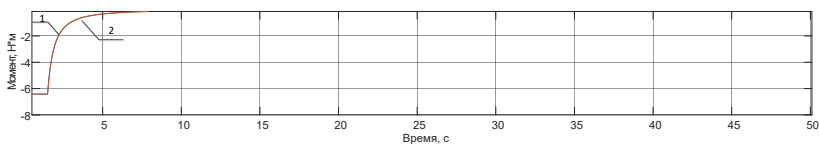


Рис. 5. Графики моментов сопротивления РМ при исправном АД (1) и неисправном АД (2) в режиме выбега

Следовательно, зная текущую информацию о частотах вращения вала агрегата в режимах пуска и выбега можно контролировать состояние каждого узла агрегата по отдельности.

### Литература

1. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы при перерывах питания. Ч.1. - М.: Союзтехэнерго, 1982. – 84 с.

УДК 658.26:8.338.008

В.В. БАТАЕВА<sup>1</sup>, ст. преподаватель,  
И.С. ВИНОГРАДОВ<sup>2</sup>, бакалавр

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: [vinogradov8132@gmail.com](mailto:vinogradov8132@gmail.com)<sup>1</sup>, [bataewa.v@yandex.ru](mailto:bataewa.v@yandex.ru)<sup>2</sup>

## Реализация и направления применения единой информационной модели ЕЭС России

*Аннотация.* В данной работе рассматривается решение проблем объединения данных различных информационных моделей энергокомпаний – стандартизация программного обеспечения и объединение данных. Освещаются особенности единой информационной системы, и вытекающие из них последствия.

*Ключевые слова:* ЕЭС России, единая информационная модель.

V.V. BATAEVA, senior lecturer,  
I.S. VINOGRADOV, Bachelor's Degree student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: [vinogradov8132@gmail.com](mailto:vinogradov8132@gmail.com), [bataewa.v@yandex.ru](mailto:bataewa.v@yandex.ru)

## Implementation and application directions of the unified information model of the UES of Russia

*Abstract.* In this paper, we consider the solution to the problems of combining data from various information models of energy companies – software standardization and

data integration. The features of the unified information system, and the consequences resulting from them, are highlighted.

*Key words:* UES of Russia, unified information model.

В связи с осуществляемыми в электроэнергетике реформами, запуском рынка электроэнергии и мощности многократно увеличилось число предприятий и организаций, участвующих в процессах выработки, транспортировки, распределения и потребления электроэнергии. При этом каждая компания выработала свою методологию построения информационных моделей и в настоящее время в энергообъединениях и на предприятиях отрасли используется большое количество программ и баз данных самых разнообразных форматов.

Программные продукты и базы данных созданы различными фирмами, их интеграция существенно затруднена, что приводит к большим затратам на разработку различных конверторов, шлюзов, обменных блоков. Ситуацию не улучшает и практикующееся внедрение "больших" систем управления предприятием общего назначения (типа SAP/R3, Oracle E-Business Suite и др.), так как они не имеют стандартных информационных шлюзов с системами ОИК, АСДУ, АСКУЭ.

Решением указанных проблем послужит интеграция и стандартизация информационного и программного обеспечения. Для этого создана и совершенствуется Единая информационная модель ЕЭС России, способная достаточно полно описать обрабатываемую информацию для широкого круга задач.

Она представляет собой описание объектов Единой энергосистемы и связей между ними с помощью Общей информационной модели (Common Information Model – CIM) по стандартам Международной электротехнической комиссии МЭК 61970 и МЭК 61968.

CIM – это абстрактная модель, описывающая основные элементы электроэнергетической системы, их свойства и связи между ними в виде общепризнанных и одинаково понимаемых определений и понятий. Созданную информационную модель предприятия электроэнергетики могут применять для описания своих объектов и показателей. Эта модель является не базой данных, а способом представления различных объектов и их отношений в рамках энергосистемы.

Единая информационная модель ЕЭС России, разработанная и внедренная Системным оператором в 2016 году, продолжает активно развиваться, в частности совершенствуются технологии сопровождения ЕИМ, организации информационного обмена и интеграции с другими программными средствами.

В рамках реализации проекта выполнено проектирование и расширение профиля информационной модели в соответствии с базовыми принципами CIM, которые призваны обеспечить унифицированный способ управления объектами, вне зависимости от их назначения и производителя оборудования.



SIM не обязательно должна использоваться всеми приложениями, она лишь определяет правила интеграции приложений. Наличие общей информационной модели обеспечивает представление и обмен данными между элементами систем управления на предприятии, а также связь с внешними системами стандартизированным образом, который не зависит от поставщика системы и технологии, использованной при ее построении.

В табл. 1 приведен анализ особенности реализации и последствия внедрения единой информационной системы в России.

Развитие компетенций в области SIM началось на базе Системном операторе в 2005 году. Сейчас эти компетенции имеются в Исполнительном аппарате АО «СО ЕЭС» и у координаторов информационной модели во всех филиалах Системного оператора региональных диспетчерских управлениях (РДУ) и ОДУ.

Особое значение полученный опыт имеет при разработке отраслевых стандартов, которые должны учитывать мировые практики и опираться на особенности российской электроэнергетики, используя практический опыт отечественных энергокомпаний.

**Таблица 1. Особенности и последствия реализации единой информационной системы в России**

<b>Особенности</b>	<b>Последствия</b>
Иерархическая структура диспетчерского управления.	Необходима распределенная структура системы, обеспечивающая целостность и непротиворечивость данных.
Расширенная география ЕЭС России. Различие в конфигурации территориальных энергосистем и уникальность оборудования.	Каждый диспетчерский центр – центр компетенций в части «своей» операционной зоны.
Требования к автономности диспетчерских центров.	Информационная модель должна быть доступна в любых ситуациях.
Широкий спектр решаемых задач от перспективного развития до оперативного управления электроэнергетическим режимом.	Необходима информация о состоянии объекта на всем жизненном цикле.
9 часовых поясов.	Сложность оперативного обновления моделей.

### **Литература**

1. Кудряшов Ю.А, Литвинов П.Л., Макоклюев Б.А, Полижаров А.В. Современные подходы к построению информационных моделей в электроэнергетике. Проблемы создания Единой системы классификации и кодирования информации. Журнал "Энергорынок" Вып.2,2009, 48-56 с.
2. [Электронный ресурс]: URL: <https://cndt.ru/news/read/utverjdeny-pervye-nacionalnye-standarty-po-informacionnoy-modeli-rossiyskoy-lektronergetiki>
3. [Электронный ресурс]: URL: [https://www.ruscable.ru/news/2019/06/19/Sistemnyj\\_operator\\_realizuet\\_novyj\\_proekt\\_po\\_razvi/](https://www.ruscable.ru/news/2019/06/19/Sistemnyj_operator_realizuet_novyj_proekt_po_razvi/)

УДК 621.6

В.Ю. СОКОЛОВ к.т.н., доцент,  
Т.Ю.СОКОЛОВА к.э.н., доцент,  
И.В. КОЛЕСНИКОВА к.ф.н., доцент

Оренбургский государственный университет  
460018, г.Оренбург пр.Победы 13  
E-mail: teploosu@mail.ru, sokolova\_25@mail.ru, ivk777@bk.ru

## **Определение коэффициентов надежности автономного ветроэнергетического комплекса**

*Аннотация.* В статье получены численные значения коэффициентов надежности в виде диаграмм распределения коэффициентов по интервалам. С учетом влияния случайной скорости ветра создана динамическая модель, включающая компоненты от лопастей до фундамента, с помощью которой исследуется динамическая надежность конструкции ветрогенератора и трансмиссии.

*Ключевые слова:* ветроэнергетический комплекс, частота отказов ветромашин, особенности эксплуатации горизонтальных ветроустановок, показатели надежности ветроэнергомашин.

V.Y. SOKOLOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
T.Y. SOKOLOVA, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
I.V. KOLESNIKOVA, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor,

Orenburg State University  
Victory Ave., 13, Orenburg, 460018, Russia  
E-mail: teploosu@mail.ru, sokolova\_25@mail.ru, ivk777@bk.ru

## **Determination of the reliability coefficients of an autonomous wind power complex**

*Abstract.* Numerical values of the reliability coefficients are obtained in the form of diagrams of the distribution of coefficients over intervals, taking into account the influence of random wind speed, a dynamic model is created, including components from the blades to the foundation, with the help of which the dynamic reliability of the wind generator and transmission design is investigated

*Key words:* wind power complex, failure rate of wind machines, features of operation of horizontal wind turbines, reliability indicators of wind power engineering.

Рассматривая причины отказов основного энергетического оборудования и сопоставляя с данными, предложенными коллегами, мы изучали интенсивность отказов, определяющую надежность эксплуатации оборудования, которая связана с процессом старения ветроэнергетических установок. Также, техническое состояние ветроэнергетических установок может не только поддерживаться, но и корректироваться мероприятиями предупредительных ремонтов и диагностического обслуживания.

Считаем, что допустимо применять три метода анализа надежности ветряных турбин: исследование надежности, основанное на усталостном сроке службы; описание постепенного изменения и физическое представление компонентного состояния оборудования; исследование надежности с опорой на динамику всей ветряной турбины.

Интенсивность отказов ветряных турбин меняется во времени в течение срока их службы, но частота отказов ремонтируемых систем не линейна. Предполагается, что при сроке службы около 20 лет частота отказов ветряных турбин будет соответствовать распределению Вейбулла.

1) *Исследование надежности, основанное на усталостном сроке службы.* Усталостное разрушение – самый распространенный режим разрушения ветряных турбин. Для получения показателей по нему необходимо изучить весь усталостный ресурс и надежность ветротурбины. С помощью расчетных параметров и динамической модели рассчитана корреляция отказов ключевых компонентов. После этого можно рассчитать матрицы нагрузок и контактных напряжений с учетом условий эксплуатации ветрогенераторов. Наконец, можно произвести усталостное кумулятивное повреждение ключевых компонентов.

2) *Механизм постепенного изменения и физическое представление компонентного состояния оборудования.* Комбинируя статистические данные о нагрузках и неисправностях, необходимо изучить механизм постепенного изменения исправного состояния с функцией ключевых компонентов и характеристик механизма, а также искать физическое представление, связанное с исправным состоянием компонента. Это полезно для разработки модели тренда и пороговых значений физического представления состояния неисправности. Следуя вышеописанному методу, можно предварительно оценить надежность узлов и агрегатов.

3) *Исследование надежности, основанное на динамике всей ветряной турбины.* Временной режим нахождения ветроэнергетических комплексов в каждом эксплуатационном состоянии не связан напрямую с общей наработкой агрегата и является дополнительным показателем определения его надежности. Взаимная их независимость подтверждается значением коэффициента взаимной корреляции: его величина находится в диапазоне от 0,094 до 0,126 для рассматриваемых коэффициентов, что подтверждает отсутствие корреляционной связи на значимом уровне.

На рис. 1 приведено распределение значений показателей надежности для обеспечения электроэнергией и теплом центра отдыха вблизи Ириклинского водохранилища в Оренбургской области. Анализ выполнен по результатам эксплуатации агрегатов за период времени эксплуатации от 8 тысяч часов до 12 тысяч часов [1].



Рис. 1. Значения коэффициентов надежности для ветрогенераторов

Анализ рис. 1 дает возможность сравнить численные значения коэффициентов надежности в виде диаграмм распределения коэффициентов по интервалам. Показатели дифференциации для проводимых расчетов выбирались с учетом интервальной оценки коэффициентов надежности. По полученным данным для ветрогенераторов на Ириклинском водохранилище Оренбургской области коэффициент технического использования варьируется в интервале от 0,621 до 0,963; коэффициент готовности варьируется от 0,719 до 1,0; коэффициент оперативной готовности варьируется от 0,755 до 0,986.

Таким образом, при оценке ветряных турбин следует учитывать, как надежность, так и доступность. На рис. 2 представлена частота отказов различных узлов и время простоя после отказа.

Надежность ветряных турбин становится все более важной в связи с продолжающимся ростом и расширением рынков ветряных турбин. Кроме того, срочно необходимы ветряные турбины с меньшими требованиями к ремонту, техническому обслуживанию и более высокой надежностью. Однако ветряки, выпускаемые разными компаниями, имеют и разную надежность. Единого критерия оценки нет. Современные методы анализа надежности в основном сосредоточены на системах зубчатой передачи ветряных турбин и игнорируют влияние других систем. Эффект от модели надежности ограничен, если система упрощена и рассматривается как последовательное или параллельное соединение. Большие затраты на ремонт и обслуживание требуют изучить системы управления работоспособности ветряных турбин и разработать стратегии технического обслуживания, чтобы повысить надежность и сократить количество непредвиденных ремонтов и технического обслуживания.

Результаты, представленные на рис. 2, показывают, что чем ниже надежность под сборки, тем дольше будет время простоя соответствующей под сборки.

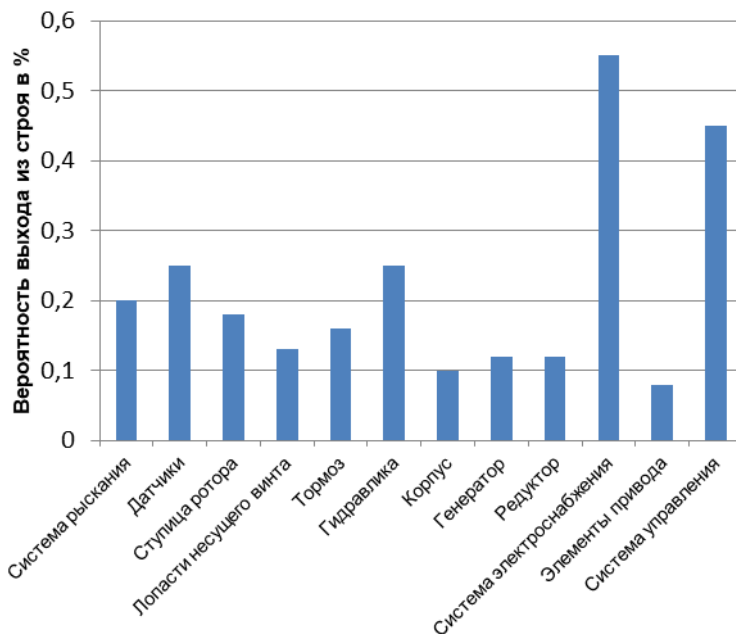


Рис. 2. Частота отказов и простоев для различных узлов

С учетом влияния случайной скорости ветра и волн создана динамическая модель, включающая компоненты от лопастей до фундамента, с помощью которой исследуется динамическая надежность конструкции ветрогенератора и трансмиссии. После этого можно оценить динамическую надежность всей ветряной турбины. Однако современные исследования надежности игнорировали влияние волн давления потока воздуха на фундамент и башню, что привело бы к большим ошибкам в исследованиях надежности. Поэтому необходима и актуальна разработка комплекса инженерных моделей надежности и метода испытаний ветрогенераторов с учетом влияния волн ветра.

#### Литература

1. Соколов В.Ю., Соколова Т.Ю., Малько А.А., Определение коэффициентов надежности автономного ветроэнергетического комплекса / Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» [Электронный ресурс]: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2021. ISBN: 978-5-7410-2433-1.

## СЕКЦИЯ 14.

### «ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ЧЕЛОВЕК, ТЕХНИКА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

УДК 658.382

А.Г. ГОРБУНОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: gorbunov@bjd.ispu.ru

#### **Методика оценки индивидуального профессионального риска**

*Аннотация.* В работе приведена методика оценки индивидуального профессионального риска во всех отраслях народного хозяйства за исключением отраслей, связанных с добычей природных ископаемых.

*Ключевые слова:* индивидуальный профессиональный риск, условия труда, травматизм, коэффициент частоты, коэффициент тяжести

A. G. GORBUNOV, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: gorbunov@bjd.ispu.ru

#### **Methodology for assessing individual occupational risk**

*Abstract.* The paper presents a methodology for assessing individual occupational risk in all sectors of the national economy, with the exception of industries related to the extraction of natural resources.

*Key words:* individual occupational risk, working conditions, injuries, frequency coefficient, severity coefficient

Существующие определения индивидуального профессионального риска указанные в статье 209 Трудового Кодекса Российской Федерации (ТК РФ) или приводимые Минтруда РФ трактуют его как «вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей ...» и т.д. Совершенно очевидно, что речь идет о некоей условной величине, характеризующей степень настороженности работника и степень внимания работодателя к сочетанию факторов, характеризующих рабочий процесс на данном рабочем месте. С этих позиций и будем подходить к формированию методики оценки индивидуального профессионального риска.

Официально утвержденную методику оценки ИПР [1] не критиковал только ленивый, поэтому упоминать ее недостатки не имеет смысла – специалистам они хорошо известны. В настоящий момент наиболее

проработанной представляется методика оценки ИПР разработанная институтом охраны и условий труда г. Клин [2]. Однако и она, по мнению автора, не свободна от недостатков. Во-первых, приведенные формулы (1) и (2) не содержат цифровых значений показателей травматизма  $P_T$  и профзаболеваемости  $P_3$  на рабочем месте и коэффициентов значимости параметров  $V_i$ , что делает невозможным использование методики сторонним пользователем. Во-вторых, таблица 1 «Интегральная оценка состояния здоровья работника» не учитывает разницу состояния здоровья инвалидов разных групп, работающих во многих отраслях экономики. Кроме того, по мнению автора, важным фактором, влияющим на показатель ИПР данного рабочего места, является характеристика безопасности оборудования и инструментов, используемых работником также не учитываемая клинской методикой. Предлагаемая методика оценки ИПР свободна от указанных недостатков, и может использоваться во всех отраслях экономики кроме связанных с добычей полезных ископаемых.

Основная расчетная формула аналогична соотношению (1) в [2]:

$$R = CUM \cdot P_T \cdot P_3 \quad (1)$$

При этом значение первого множителя в (1) определяют по следующему соотношению:

$$CUM = ИОУТ \cdot K_1 + B \cdot K_2 + 3 \cdot K_3 + C \cdot K_4 + K_{об} \cdot K_5 \quad (2)$$

где ИОУТ – интегральная оценка условий труда на рабочем месте;  $B$  – показатель, характеризующий возраст работника;  $3$  – показатель, характеризующий состояние здоровья работника (определяется по результатам периодических медицинских осмотров);  $C$  – показатель, характеризующий стаж работника во вредных условиях;  $K_{об}$  – коэффициент опасности оборудования;  $P_T$  – показатель травматизма на рабочем месте;  $P_3$  – показатель профзаболеваемости на рабочем месте.

Интегральная оценка условий труда на рабочем месте характеризует вклад в ИПР параметров микроклимата, световой среды, шума, инфразвука, вибрации, наличия и концентрации вредных веществ и т.п. Ее следует определять с использованием таблицы 1, приложения 1 к [1], но с учетом ряда существенных дополнений.

1. Идентификация действующих на рабочем месте факторов производственного процесса производится комиссией предприятия без учета ограничений, указанных в приложении 2 к [3].

2. Измерения параметров, характеризующих условия труда на рабочих местах, не прошедших специальную оценку условий труда, но идентифицированных комиссией, должны проводиться в соответствии с методами, указанными в соответствующих разделах [4]. Результат измерения каждого параметра, характеризующего каждый выявленный производственный фактор, должен сопровождаться вычислением расширенной неопределенности с доверительной вероятностью 0,95.

3. Класс условий труда по факторам, выявленным на рабочем месте, определяется по приложению 1 к [3] следующим образом. Пусть физическая величина, характеризующая соответствующий производственный фактор по результатам измерений, имеет значение  $X_{cp}$  с расширенной неопределенностью  $\delta X$ . Тогда действительное значение данной физической величины находится в интервале от  $X_{min}=X_{cp}-\delta X$  до  $X_{max}=X_{cp}+\delta X$ . В этом случае возможны следующие варианты:

- класс условий труда (КУТ) по данному фактору будет допустимым КУТ=2, если  $X_{max}<X_{доп}$  для случая, когда допустимые значения соответствующей физической величины меньше  $X_{доп}$ ;

- класс условий труда (КУТ) по данному фактору будет допустимым КУТ=2, если  $X_{min}>X_{доп}$  для случая, когда допустимые значения соответствующей физической величины больше  $X_{доп}$ . В обоих случаях, согласно табл.1 приложения 1 к [1] значение формального параметра, характеризующего воздействие данного фактора принимаем равным 0,04.

В случае нахождения  $X_{доп}$  внутри интервала  $X_{min} \div X_{max}$  класс условий труда по данному фактору может быть определен с некоторой вероятностью, а значение формального параметра, характеризующего воздействие данного фактора рекомендуется определять по следующим соотношениям:

$$OYT_i = 0,05 + 0,06 \cdot P_{КУТ > 2} \quad (3)$$

$$OYT_i = 0,11 + 0,12 \cdot P_{КУТ > 3.1} \quad (4)$$

$$OYT_i = 0,25 + 0,24 \cdot P_{КУТ > 3.2} \quad (5)$$

$$OYT_i = 0,5 + 0,5 \cdot P_{КУТ > 3.3} \quad (6)$$

$$OYT_i = 1 + 0,5 \cdot P_{КУТ > 3.4} \quad (7)$$

$$P(X_p < X_{доп}) = 0,5 + \Phi[(X_{max} - X_{доп}) / \delta X] \quad (8)$$

$$P(X_p > X_{доп}) = 0,5 - \Phi[(X_{max} - X_{доп}) / \delta X] \quad (9)$$

$$P(X_p < X_{ki}) = 0,5 + \Phi[(X_{max} - X_{ri}) / \delta X] \quad (10)$$

где  $OYT_i$  – оценка условий труда по  $i$ -у фактору;  $\Phi$  – функция распределения Гаусса;  $X_p$  – реальное значение физической величины (ФВ), характеризующей воздействие  $i$ -о фактора;  $X_{доп}$  – допустимое значение физической величины, характеризующей воздействие данного производственного фактора;  $X_{ki}$  – верхняя граница значений этой ФВ, определяющая  $i$ -ю степень вредности данного фактора;  $\delta X$  – расширенная неопределенность физической величины, характеризующей данный фактор;  $P_{КУТ > 2}$  – вероятность того, что КУТ будет больше допустимого;  $P_{КУТ > 3.i}$  – вероятность того, что КУТ превысит  $i$ -ю степень вредности.

При этом, соотношением (8) следует пользоваться при оценке параметров «температура» охлаждающего микроклимата и «освещенность», а соотношениями (9)-(10) – при оценке остальных производственных факторов.



Поскольку в приложении 1 к [3] нет критериев отнесения параметров, характеризующих электромагнитное воздействие персональных компьютеров на человека к определенному классу условий труда, будем считать, что превышение нормативов, приведенных в табл. 7.6 [4] относит условия труда по этому фактору к вредным первой степени – КУТ=3.1.

Составляющие ИПР, обусловленные возрастом и стажем работы во вредных условиях определяем в соответствии рекомендациями и по таблицам, приведенным в [2]. Коэффициент опасности оборудования  $K_{об}$ , определим как отношение не выполненных требований безопасности к конструкции оборудования и инструментам (при наличии), изложенных в соответствующих нормативных документах, к полному набору требований безопасности указанных в этих документах. В то же время, таблицу, по которой определяют показатель состояния здоровья работника, предлагаем расширить следующим образом. Пятую строку таблицы заменить тремя строками, в каждой из которых основную формулировку, приведенную в табл. 2 [2] оставить неизменной, но дополнить указанием на наличие на данном рабочем месте инвалидов от 3-й до 1-й групп. Тогда вместо 5-й строки табл. 2 в [2] получим следующее:

Таблица 1. **Интегральная оценка состояния здоровья работника**

Значение показателя состояния здоровья работника	Группа диспансеризации	Характеристика группы
5	Д-III-B	Больные, нуждающиеся в лечении: лица с субкомпенсированным течением заболевания, частыми и продолжительными потерями трудоспособности (более 10 дней в году); лица, имеющие 2 и более хронических заболевания; работники у которых выявлены признаки воздействия факторов на организм; инвалиды 3-й группы
5,5	Д-III-B	Больные, нуждающиеся в лечении: лица с субкомпенсированным течением заболевания, частыми и продолжительными потерями трудоспособности (более 10 дней в году); лица, имеющие 2 и более хронических заболеваний; работники у которых выявлены признаки воздействия факторов на организм; инвалиды 2-й группы
6	Д-III-B	Больные, нуждающиеся в лечении: лица с субкомпенсированным течением заболевания, частыми и продолжительными потерями трудоспособности (более 10 дней в году); лица, имеющие 2 и более хронических заболеваний; работники у которых выявлены признаки воздействия факторов на организм; инвалиды 1-й группы

При выборе значений весовых коэффициентов  $K_i$  исходим из того соображения, что порядок чисел, характеризующих вклад всех факторов, характеризующих ИПР в выражении (2) должен быть одинаков. Такой подход дает следующие значения весовых коэффициентов:  $K_1=1$ ;  $K_{2+5}=0,01$ .

Показатель травматизма  $P_T$ , как и в [2] предлагается формировать в виде произведения показателя частоты несчастных случаев (НС) за год на данном рабочем месте  $P_ч$  и показателя тяжести НС за этот период. При этом автор исходит из предположения, что количество НС гораздо менее важно, чем их тяжесть, т.е. количество дней потери трудоспособности от НС. Тогда  $P_T=P_ч \cdot P_T$ , а последние определяются по следующим таблицам:

Таблица 2. Значение показателя частоты травматизма

$n_{НС}$ в год	0	1	$\leq 6$	$\leq 11$
$P_ч$	1	1,05	1,15	1,25

Показатель частоты при количестве НС за год свыше 1 до 6 включительно следует определять по соотношению:

$$P_ч = 1,05 + 0,02 \cdot (n_{НС} - 1), \quad (11)$$

а при количестве НС  $>6$  по соотношению:

$$P_ч = 1,15 + 0,02 \cdot (n_{НС} - 6) \quad (12)$$

Показатель тяжести предлагается определять по табл.3:

Таблица 3. Значение показателя тяжести травматизма

$T_{дн max}$	$\leq 3$	$\leq 10$	$\leq 30$	$\leq 90$
$P_T$	1,05	1,1	1,5	2

Промежуточные значения показателя тяжести определяются интерполяцией по формулам аналогичным (11) и (12).

При формировании числового значения показателя профзаболеваемости автор исходил из того предположения, что появление хотя бы одного профессионального заболевания на данном рабочем месте сразу делает ИПР работы на нем недопустимо большим. Следовательно,  $P_з = N_{пз}$  в год. Для окончательной оценки ИПР на рабочем месте, значение которого рассчитано по соотношению (1), можно использовать критерии, приведенные в табл.4 [2].

В качестве примера оценим ИПР преподавателя университета. Это работник в возрасте от 30 до 39 лет, у которого отсутствует стаж работы во вредных условиях, в ходе медосмотра не выявлены нарушения функций отдельных органов и систем, который работает на оборудовании, имеющем все необходимые элементы безопасности, микроклимат на рабочем месте является оптимальным, а условия труда по факторам световая среда, электромагнитное воздействие (ЭМВ) персонального компьютера и напряженность труда являются допустимыми. При

этом на рабочем месте не было зафиксировано ни одного НС и профзаболевания. Судя по описанию, риск работы на таком рабочем месте должен быть небольшим. Согласно предложенной методике 3 параметра ОУТ (световая среда, напряженность труда и ЭМВ персонального компьютера) равны 0,04, а поскольку микроклимат оптимальный, то  $OУТ_{МК}=0$ . Параметры  $B=2$ ,  $Z=1$ ,  $C=0$ ,  $K_{об}=0$ ,  $P_T=P_3=1$ .

Тогда:

$$\begin{aligned} \text{СУМ} &= [0 + (0,04 + 0,04 + 0,04)] \cdot 1 + 2 \cdot 0,01 + 1 \cdot 0,01 + 0 \cdot 0,01 + 0 \cdot 0,01 = 0,15 \\ R &= 0,14 \cdot 1 \cdot 1 = 0,15 \end{aligned}$$

Подобное значение параметра R относит ИПР на данном рабочем месте (согласно табл.4 [2]) к категории «ниже среднего», что вполне согласуется с нашей априорной оценкой по «житейской» логике.

С другой стороны, наличие на данном рабочем месте работника в возрасте свыше 60 лет, являющимся инвалидом, например 2-й группы, переводит для этого работника значение ИПР в другую категорию:

$$\begin{aligned} \text{СУМ} &= [0 + (0,04 + 0,04 + 0,04)] \cdot 1 + 5 \cdot 0,01 + 5,5 \cdot 0,01 + 0 \cdot 0,01 + 0 \cdot 0,01 = 0,225 \\ R &= 0,245 \cdot 1 \cdot 1 = 0,225 \end{aligned}$$

Подобное значение параметра R относит ИПР на данном рабочем месте (согласно табл.4 [2]) к категории «средний» риск. Значение ИПР для данного работника больше, чем для предыдущего, что естественно – второй работник значительно старше и имеет стойкие нарушения здоровья.

### Литература

1. «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» 2.2.1766-03. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/norma/246225/](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/246225/)
2. Н.А. Симонова. Оценка индивидуального профессионального риска [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kiout.ru/info/publish/22928>
3. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н (ред. от 27.04.2020) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (Зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2014 N 31689) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_158398/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158398/)
4. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах СанПиН 2.2.4.3359-16. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293753/4293753139.pdf>

УДК 658.382

А.Г. ГОРБУНОВ, к.т.н., доцент,  
А.В. СИДОРОВ, студент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: gorbunov@bjd.ispu.ru

## **Анализ методик оценки индивидуального профессионального риска**

*Аннотация.* В статье приведен анализ существующих методик оценки индивидуального профессионального риска, указаны их достоинства и недостатки, сформулированы предложения по совершенствованию оценки индивидуального профессионального риска.

*Ключевые слова:* индивидуальный профессиональный риск, условия труда, состояние оборудования, травматизм, неблагоприятное событие, частота проявления, тяжесть последствий, коэффициенты тяжести и частоты.

A. G. GORBUNOV, Ph. D., Associate Professor,  
A.V. Sidorov, student

## **Analysis of methods for assessing individual professional risk**

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: gorbunov@bjd.ispu.ru

*Abstract:* the article analyzes the existing methods of assessing individual professional risk, indicates their advantages and disadvantages, and formulates proposals for improving the assessment of individual professional risk.

*Key words:* individual occupational risk, working conditions, equipment condition, injuries, adverse event, frequency of occurrence, severity of consequences, severity and frequency coefficients.

Официальные определения индивидуального профессионального риска (ИПР) предполагают его выражение в виде десятичной дроби не более 1, которую следует трактовать как некий условный параметр производственного процесса, характеризующий настороженность работника и озабоченность работодателя безопасностью работы на данном рабочем месте. Именно подобную трактовку ИПР предполагают анализируемые методики его оценки.

Исторически первой бала попытка оценки ИПР предложенная [1]. На момент появления она представляла собой методику, позволявшую наиболее полно исследовать состояние безопасности на рабочем месте. Данная методика учитывала не только влияние условий труда (микроклимата, световой среды, шума, наличия и концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны и т.п.), но и состояние оборудова-

ния, показатели состояния здоровья по результатам периодических медосмотров, заболеваемости с временной утратой трудоспособности, смертности, и инвалидности. Недостатками этой методики являлись большая трудоемкость процедуры, а также трудность количественного выражения ИПР, поскольку для многих факторов, характеризующих его составляющие, отсутствовали критерии количественной оценки. Кроме того, неясным был способ получения окончательной оценки ИПР.

После замены согласно 426-ФЗ от 28.12.2013 г. и приказа Минтруда №33н от 24.01.2014 г. аттестации рабочего места специальной оценкой условий труда (СОУТ) на нем использование данной методики стало практически невозможным, поскольку СОУТ не предполагает оценку ряда важнейших факторов, влияющих на безопасность труда на данном рабочем месте. Из оценки были фактически исключены микроклимат, световая среда, производственный шум, состояние оборудования. Именно поэтому в настоящее время данная методика не получила распространения.

Развитием этой методики стала методика оценки ИПР, разработанная клинским институтом охраны и условий труда [2]. Индивидуальный профессиональный риск в ней рассчитывается по следующим соотношениям:

$$\text{ИПР} = \text{SUM} \cdot \text{П}_T \cdot \text{П}_З \quad (1)$$

$$\text{SUM} = V_1 \cdot \text{ИОУТ} + V_2 \cdot Z + V_3 \cdot B + V_4 \cdot C \quad (2)$$

где ИОУТ – интегральная оценка условий труда на рабочем месте; Z – интегральный показатель состояния здоровья работника; B – показатель возраста работника; C – показатель трудового стажа работника во вредных и(или) опасных условиях;  $\text{П}_T$  – показатель травматизма на рабочем месте;  $\text{П}_З$  – показатель профзаболеваемости на рабочем месте;  $V_i$  – коэффициенты, учитывающие значимость параметров и обеспечивающие перевод параметров в относительные единицы. При этом параметры Z, B и C определяются по четким табличным критериям, а показатели  $\text{П}_T$  и  $\text{П}_З$  зависят от количества и тяжести несчастных случаев за год, наличия и количества профзаболеваний на данном рабочем месте.

$$\text{П}_T = K_C \cdot K_T \quad (3)$$

где:  $K_C$  – коэффициент, учитывающий количество несчастных случаев на данном рабочем месте с тавмированием работника за истекший год;  $K_T$  – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий травмирования работника на рабочем месте за истекший год; определяется по наибольшему значению среди всех  $K_T$  за истекший год.

Рассматриваемая методика явилась несомненным шагом вперед по сравнению с методикой [1] на основе СОУТ. Появились соотношения по которым рассчитывают ИПР. Установлены четкие критерии определения показателей Z, B, C. Представляется весьма разумным использование в качестве показателя состояния здоровья работника хорошо известного медикам отнесения к группам диспансеризации. В тоже время, по-

прежнему не учитывается состояние оборудования, инструментов и приспособлений на рабочем месте. Не учитывается изменение риска связанное с наличием работников – инвалидов, имеющих право и возможность работы. Из имеющейся в открытой печати информации неясно чему равны коэффициенты значимости  $V_i$  и как определять значения  $K_c$  и  $K_r$ . Следовательно, рассматриваемая методика нуждается в дальнейшей доработке для устранения указанных недостатков.

#### Литература

1. «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» 2.2.1766-03. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/porna/246225/](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/porna/246225/)
2. Н.А. Симонова. Оценка индивидуального профессионального риска [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kiout.ru/info/publish/22928>

УДК 621.314

Ю.М. ОВСЯННИКОВ, ст. преп.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: [contact@jurik-phys.net](mailto:contact@jurik-phys.net)

### **К вопросу определения числа кластеров при кластеризации результатов ХАРГ силовых трансформаторов**

*Аннотация.* В работе рассматривается вопрос определения числа кластеров при кластеризации результатов ХАРГ силовых трансформаторов, предлагается критерий останова дальнейшей кластеризации, а также методы оценки полученных кластеров.

*Ключевые слова:* кластерный анализ, число кластеров, силовой трансформатор, хроматографический анализ растворённых газов, ХАРГ.

Y.M. OVSYANNIKOV, senior teacher

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: [contact@jurik-phys.net](mailto:contact@jurik-phys.net)

### **About determining the number of clusters when clustering the results of DGA power transformers**

*Abstract.* This article considers the issue of determining the number of clusters when clustering the results of DGA power transformers, proposes a criterion for stopping further clustering, as well as methods for evaluating the resulting clusters.

*Key words:* cluster analysis, number of cluster, power transformer, dissolved gas analysis, DGA.

Современная цивилизация немыслима без электричества, более того, даже кратковременные перебои в подаче электроэнергии могут приводить к существенным последствиям, вплоть до техногенных аварий. Одним из ключевых элементов энергетической системы, от которого зависит надёжность подачи электроэнергии потребителям, а значит и их безопасность, является, силовой трансформатор.

В работе [1] предложен метод кластеризации результатов ХАРГ силовых трансформаторов на группы объектов со схожим техническим состоянием, дальнейшая эволюция которого, согласно, методу прецедентов, будет происходить аналогичным образом.

Важным вопросом диагностики текущего и прогнозирования дальнейшего технического состояния трансформатора на основе информации полученной при кластеризации результатов ХАРГ является определение числа получаемых кластеров.

В рассматриваемой выше работе [1] акцент сделан на самом механизме прогнозирования технического состояния силового трансформатора посредством сочетания кластерного анализа и метода прецедентов, число же кластеров и качество кластеризации определялось исходя из экспертного анализа получаемого разбиения.

Данный подход имеет тот недостаток, что нарушается процесс автоматизации оценки и прогнозирования технического состояния, требуется экспертный анализ. Следовательно, для автоматизации метода необходимо применять иные методы, позволяющие самостоятельно определять требуемую степень кластеризации т.е., конечное число кластеров в разбиении результатов ХАРГ на однородные группы.

Применение агломеративного иерархического метода кластеризации – метода Уорда, подразумевает наличие на первом этапе множества одноэлементных кластеров с последующим итерационным объединением кластеров  $i, h$  для которых квадрат расстояния на  $t$ -ом этапе кластеризации минимален  $D_t^2 = \min_{i \neq h} \{D^2(i, h)\}$ .

Результатом кластеризации является иерархическая структура, на нижнем уровне которой располагаются одноэлементные кластеры, на верхнем – единый кластер, включающий в себя все элементы рассматриваемого множества.

Оказывается, что в ходе кластеризации типичной является ситуация, когда величина  $D_t^2$  изменяется скачкообразно. Данная ситуация соответствует объединению двух удалённых объектов один общий т.е., двух кластеров относительно слабо связанных друг с другом в один более крупный.

Таким образом, в данной работе для автоматизации процесса выделения кластеров, характеризующих схожее техническое состояние силовых

трансформаторов, предлагается учитывать изменение величины квадрата расстояния между кластерами  $D_t^2$  в ходе кластеризации и останавливать дальнейшую кластеризацию при его скачкообразном росте.

Опыт применения кластеризации к данным указывает на то, что оптимальным может считаться число кластеров равное разности количества наблюдений, в данном случае – это результаты ХАРГ, и количества шагов, после которого скачкообразно увеличивается квадрат расстояния между объединяемыми кластерами.

Тем не менее, автоматическое определение числа кластеров т.е., результат кластеризации, также требует дополнительной оценки – валидации. Связано это с тем, что при значительном числе кластеров, а значит и уменьшении количества объектов в каждом из них, возрастает влияние случайных факторов, повлиявших на результат измерения концентрации газов. В случае укрупнённых кластеров в одной группе возможно нахождение объектов, соответствующих, значительно отличающимся техническим состояниям.

В целом под оценкой или валидацией полученного разбиения исходных данных в кластерном анализе понимают проверку его обоснованности и применимости к решению поставленной задачи. Различают два типа валидации:

- внутренняя – проверка того, насколько полученные кластеры соответствуют исходным данным в том смысле, что внутри кластера связь между элементами тесная, а между кластерами – нет. При этом используются разнообразные индексы, отличные от тех, что использовались в ходе кластеризации, например, индекс Дэвиса – Болдина;
- внешняя – проверка соответствия полученных кластеров, информации, не учитывавшейся при их построении, но известная в рассматриваемой предметной области. В данном случае, такой информацией может являться оценка технического состояния объектов из кластера по одной из известных методик оценки технического состояния силовых трансформаторов по результатам ХАРГ, например, согласно РД 153-34.0-46.302-00.

В целом вопрос оценки результата кластеризации остаётся открытым из-за различающихся и зачастую нечётко сформулированных целей кластерного анализа.

В работе предложен метод определения степени кластеризации при анализе результатов ХАРГ силовых трансформаторов, основанный на оценке квадрата расстояния между объединяемыми кластерами на каждой итерации объединения. Отмечена необходимость проведения валидации полученной кластеризации для избегания двух крайностей – избыточной или недостаточной кластеризации.



### Литература

1. Овсянников Ю.М., Попов Г.В. Прогнозирование состояния силового трансформатора по результатам хроматографического анализа растворённых газов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2015. - №1. С. 53-60.
2. Миркин Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений. – М.: Изд. Дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – С. 88.
3. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворённых в масле. — М., 2001.
4. Everitt B., Landau S. Leese M. Cluster Analysis. John Wiley & Sons, Ltd. 2011 P. 330.

УДК 613.6.02

Е.А. ПЫШНЕНКО, к.т.н.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: eleanp@yandex.ru

### **Особенности использования токсикометрических показателей для анализа риска при загрязнении окружающей среды**

*Аннотация.* Рассмотрены особенности анализа рисков с использованием различных моделей и подходов к оценке риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды.

*Ключевые слова:* анализ риска, загрязнение окружающей среды, токсикометрические показатели, уровень здоровья населения.

E.A. PISHNENKO, Candidate of Engineering, assistant professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: eleanp@yandex.ru

### **Features of the use of toxicometric indicators for risk analysis in case of environmental pollution**

*Abstract.* The features of risk analysis using various models and approaches to assessing the risk to public health from environmental pollution are considered.

*Key words:* risk analysis, environmental pollution, toxicometric indicators, public health level.

Процесс оценки риска включает в себя выявление потенциально значимых воздействий загрязнения окружающей среды на уровень здоровья населения.

Риски, обусловленные наличием химических соединений в окружающей среде, не могут быть непосредственно измерены, а могут быть оценены только после нанесения ущерба (вреда). Важно найти возможность прогнозировать риски путем оценки свойственной химическому веществу способности вызывать различные неблагоприятные эффекты, качественные и количественные, при различных величинах воздействия этого химического вещества.

К числу применяемых моделей, позволяющих оценивать риск для здоровья, можно отнести:

- модель «Доза (концентрация)–эффект»,
- модель индивидуальных порогов действия,
- модели, основанные на теории попадания (hit theory),
- модели, использующие определенные виды распределений (например, распределение Пуассона, распределение Вейбулла).

При выполнении расчетов риска, основанных на принципах гигиенического регламентирования вредных факторов окружающей среды, учитывается, что воздействие опасных веществ оценивается по беспороговому принципу вне зависимости от оцениваемого эффекта и типа воздействия. При этом норматив рассматривается как показатель, связанный с приемлемым риском, когда для большинства людей отсутствует видимая или скрытая опасность для здоровья. При этом используется беспороговая модель интенсивности нарастания тех или иных эффектов при увеличении уровня воздействия, а норматив определяется как вероятная величина.

*Условный (относительный) риск* - это степень возрастания вероятности (риска) развития неблагоприятных эффектов и их выраженности (т.е. медико-биологической и социальной значимости, тяжести) в случае определенного превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) в течение заданного промежутка времени.

Опасность для здоровья, вызванная воздействием загрязнителя и обусловленная превышением среднесуточных ПДК имеет степенную (логарифмическую) зависимость от уровней воздействия или степени превышения ПДК.

Практика определения потенциальных эффектов неблагоприятного воздействия, связанных с загрязнением окружающей среды, предполагает расчет риска следующих типов:

- риска немедленных эффектов, проявляющегося непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях – острые отравления);
- риска длительного (хронического) воздействия, проявляющегося при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т.д.;

– риска специфического действия, проявляющегося в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунотоксичных, эмбриотоксичных, тератогенных и других подобных эффектов.

Реальный риск представляет собой величину, характеризующую реальное число дополнительных случаев заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды и рассчитывается по формуле:

$$Z = a + b \cdot R,$$

где  $R$  – потенциальный риск;  $a$  – фоновый уровень заболеваемости, то есть тот, который не зависит от загрязнения окружающей среды;  $b$  – коэффициент пропорции роста заболеваемости в зависимости от уровня потенциального риска.

Риск для здоровья характеризует собой вероятность развития у человека неблагоприятных для здоровья эффектов в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

При математическом описании зависимости “доза-эффект” используются различные модели. Наиболее часто для оценки рисков для здоровья применяется модель индивидуальных порогов (нормально-вероятностное распределение частоты эффектов, пробит-анализ), которая используется для оценки влияния дозы или концентрации тех или иных веществ на биологические объекты.

В зависимости от качества атмосферного воздуха определение вероятности проявления немедленных (рефлекторных) токсических эффектов основано на оценке кратности превышения концентрации вещества, вызывающего токсический эффект, значению его максимально разовой ПДК. При этом в качестве эффекта оценивается не только риск появления заболеваний, но и вероятность рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятного запаха и т.д.) или эффекта психологического дискомфорта, что также расценивается как факт нарушения здоровья.

Применение линейно-экспоненциальной модели “Доза (концентрация)–эффект” позволяет оценивать риск длительного (хронического) воздействия (неспецифических токсических эффектов), проявляющегося, при накоплении достаточной для этого дозы, в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т.д.

В основу расчета риска хронического воздействия положена информация о нормативах (ПДК, класс опасности и пр.). Для определения эффектов, связанных с длительным воздействием веществ, загрязняющих воздух, используется информация об осредненных (как минимум за год) концентрациях.

### Литература

1. Пышненко Е.А., Андрианова Н.С. Анализ моделей оценки риска для здоровья населения загрязненной окружающей среды // Тезисы докладов Международной научно - технической конференции “Состояние и перспективы развития электро-

технологии (XVI Бенардосовские чтения)”, Том 1. - Иваново: ГОУ ВПО ИГЭУ, 2011. – С. 277-280.

2. Пышненко Е.А. Исследование функциональных характеристик риска хронического ингаляционного воздействия // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии. XIX Бенардосовские чтения: Тез. докл. международной науч.-техн. конф. – Иваново: ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2017. Т.1., с. 143-145.

УДК 613.6.02

Е.А. ПЫШНЕНКО, к.т.н., доц.,  
Ю.С. ГУЛЯЕВА, студ.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: eleanp@yandex.ru, julia.gul27@mail.ru

### **Линейно-экспоненциальная модель для анализа воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы оценки риска здоровью населения при ингаляционном воздействии загрязняющих веществ с использованием линейно-экспоненциальной модели для определения эффектов интоксикации.

*Ключевые слова:* риск для здоровья, интоксикация, ингаляционное воздействие, загрязняющее вещество.

E.A. PISHNENKO, Candidate of Engineering, assistant professor  
J.S. GULYAEVA, student  
Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: eleanp@yandex.ru, julia.gul27@mail.ru

### **Linear-exponential model for analyzing the health effects of air pollution**

*Abstract.* The issues of assessing the risk to public health in the case of inhaled exposure to pollutants using a linear-exponential model for determining the effects of intoxication are considered.

*Key words:* human health risk, intoxication, inhalation, contaminants.

Одной из сложных проблем оценки воздействия факторов окружающей среды является присутствие в ней большого числа разнообразных по структуре химических соединений. Так, на человека, проживающего в промышленном районе, потенциально может воздействовать до нескольких сотен тысяч химических веществ. Реально же, например, в городе Иваново в относительно высоких концентрациях присутствует довольно ограниченное количество вредных веществ. Провести полную характеристику рисков для всех химических соединений из-за огромного объема необходимых аналитических исследований невозможно.

Поэтому необходимо сфокусировать внимание на том количестве загрязняющих веществ, которые в наибольшей степени определяют существующие риски.

Перечень веществ, загрязняющих атмосферный воздух Иванова, весьма обширен: оксиды азота, взвешенные вещества, бенз(а)пирен, диоксид серы, и др. Для анализа рисков здоровью были выбраны диоксид азота и взвешенные вещества.

Практика определения потенциальных эффектов неблагоприятного воздействия, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, предполагает расчет риска следующих типов:

- риска немедленных эффектов, проявляющегося непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях — острые отравления);
- риска длительного (хронического) воздействия, проявляющегося при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т. д.;
- риска специфического действия, проявляющегося в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических и других подобных эффектов.

Расчет рисков здоровью жителей Иванова был проведен для ингаляционного пути поступления указанных веществ в организм человека. Было учтено также, что сумма взвешенных веществ (пыль) представляет собой сложную смесь, которая вызывает комплекс симптомов, проявляющихся в затруднениях дыхания и поражении дыхательной системы. Кроме того, при воздействии пыли часто наблюдаются нарушения со стороны сердечно-сосудистой, гормональной, мочевыделительной и других систем.

Расчет хронических неканцерогенных рисков для здоровья населения города был проведен в два этапа. На первом этапе были рассчитаны *индивидуальные риски здоровью*. На втором этапе — *популяционные риски*. Популяционные риски рассчитывались как произведение индивидуальных рисков на среднегодовое число жителей Иванова.

Расчет хронического неканцерогенного риска здоровью при ингаляционном воздействии взвешенных веществ и диоксида азота был проведен по формуле:

$$R = 1 - e^{\left(-0,174 \cdot \left(\frac{C_{с.г}}{ПДК_{с.г}}\right)^{k_3} \cdot \frac{1}{K_2}\right)},$$

где  $C_{с.г}$  — среднегодовая концентрация,  $\text{мкг/м}^3$ ,  $k_3$  — коэффициент запаса;  $ПДК_{с.г}$  — предельно допустимая среднесуточная концентрация,  $\text{мкг/м}^3$ .

В результате исследований данных мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Иваново в 2016-2020 гг. были получены значения среднегодовых концентраций взвешенных веществ и диокси-

да азота. Результаты расчетов хронических неканцерогенных популяционных рисков здоровью свидетельствуют об их вариабельности (минимальное значение зафиксировано в 2018 г. – годовой популяционный риск был равен 36527, а максимальное значение – в 2020 г. – 50853).

На основе анализа данных мониторинга взвешенных веществ и рассчитанных значений риска можно сделать вывод, что в г. Иваново уровень хронического неканцерогенного риска за весь рассмотренный период (2016-2020 гг.) наблюдался выше приемлемого уровня (0,02), но немного превысил пороговое значение (0,05), что означает наличие вредных эффектов при хроническом воздействии взвешенных веществ на здоровье населения. Это свидетельствует о том, что загрязнение воздуха взвешенными веществами в рассмотренный период незначительно, но повлияло на общую заболеваемость населения. При этом с хроническим ингаляционным воздействием взвешенных веществ будет связан прирост заболеваемости, и при необходимости нужно ввести меры по снижению содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе в г. Иваново.

Однако анализируя график динамики риска можно сделать вывод, что содержание взвешенных веществ в воздухе г. Иваново и связанный с этим загрязняющим веществом риск хронического воздействия за последние 5 лет не увеличивается.

Результаты расчетов популяционных рисков здоровью свидетельствуют об их вариабельности (минимальное значение зафиксировано в 2019 г. – годовой популяционный риск был равен 42175, а максимальное значение – в 2017 г. – 65482).

Анализируя данные мониторинга содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха и рассчитанных значений риска можно сделать вывод, что в г. Иваново уровень хронического неканцерогенного риска в 2016-2020 гг. был выше приемлемого (превышал значение 0,02), и превышал пороговое значение 0,05, что означает наличие в этот период вредных эффектов при хроническом воздействии диоксида азота на здоровье населения.

Ситуация начала ухудшаться в связи с нарастанием уровня загрязнения и достижения величины риска выше приемлемого значения. Это говорит об ухудшении экологической ситуации в г. Иваново. Особо отметим, что результаты проведенных расчетов следует рассматривать как сугубо ориентировочные, так как они не учитывают возрастной структуры населения.

#### **Литература**

1. Фоменко А.И. Основы токсикологии: учеб. пособие. Выпуск 2 // Приложение к журналу "Безопасность жизнедеятельности". – 2011. – № 6.
  2. Фрумин Г.Т. Оценка риска для здоровья населения Санкт-Петербурга при ингаляционном воздействии взвешенных веществ и бенз(а)пирена // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 38-41.
- УДК 613.6.02

УДК 613.6.02

Е.А. ПЫШНЕНКО, к.т.н., доц.,  
М.А. ТИХОМИРОВА, студ.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: eleanp@yandex.ru, masha-tikhomirova@bk.ru

### **Аспекты применения карт риска для анализа выполнения работ на электроэнергетических объектах**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к анализу профессиональных рисков с использованием карт риска.

*Ключевые слова:* анализ риска, карта риска, безопасность, электроустановка

E.A. PISHNENKO, Candidate of Engineering, assistant professor  
M.A. TIKHOMIROVA, student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: eleanp@yandex.ru, masha-tikhomirova@bk.ru

### **Aspects of the use of risk maps for the analysis of work performed at electric power facilities**

*Abstract.* An approach to the analysis of professional risks using risk maps is considered.

*Key words:* risk analysis, risk map, safety, electrical installation.

Оценка рисков - определение (измерение) вероятности и последствий рисков, сопоставление измерений с критериями рисков с целью принятия решения о необходимости воздействия на риск и установления приоритета воздействия на риск.

Оценка риска может носить качественный или количественный характер. В настоящее время разрабатываются и применяются различные количественные методы оценки рисков, совершенствуются методики количественной оценки рисков [1,2,3,4,5,6]. Разнообразие методов связано со спецификой рисков и применимостью тех или иных методов оценки для различных сфер профессиональной деятельности. Поэтому оценка рисков проводится в соответствии с методологическим документом по оценке рисков, утвержденным к применению на предприятии. На основе результатов оценки производится ранжирование рисков. Графическим отображением ранжирования рисков является карта рисков. По результатам ранжирования рисков определяется приоритетность мероприятий для управления рисками и внедрения необходимых контрольных процедур. Результаты оценки рисков регулярно пересматриваются.

На основе результатов оценки рисков определяется отношение к рискам и принимаются решения о методах реагирования на риски.

Для реагирования на конкретный риск может быть использован как один, так и несколько перечисленных ниже методов:

- отказ (уклонение) от риска – отказ от деятельности, сопровождающейся неприемлемым (выше заданной величины) уровнем риска;
- передача (перераспределение) риска;
- воздействие на риск (управление риском) - действия по сокращению (минимизация) риска путем снижения вероятности и/или последствий риска и/ или путем устранения источника (фактора) риска;
- принятие риска - осознанное решение не предпринимать никаких действий по управлению риском, отказу от него, либо передаче риска.

В качестве меры повышения безопасности при выполнении работ на электроэнергетических объектах рассмотрено использование карт риска. Карты риска - это набор документов, в которых указываются вредные факторы, риски, которые имеют место при выполнении той или иной работы в электроустановках. Кроме того, в картах рисках указываются последствия данных факторов, а также способы предотвращения данных ситуаций или действия в случае проявления данных факторов.

При составлении карт рисков проводится анализ производственного процесса, осуществляется оценка возможных рисков и разрабатываются меры, направленные на защиту от негативных факторов.

Карты риска прописываются для каждой работы, которые выполняются в электроустановках.

Карты риска являются дополнительной мерой безопасности при организации работ по наряду-допуску или распоряжению.

В наряде-допуске (распоряжении) указываются необходимые меры безопасности, которые необходимо принять для безопасного проведения работ, а также соответствующие выполняемым работам наименования карт риска. При допуске к работам по наряду-допуску, допускающей знакомит бригаду с данными картами риска, сообщая о возможных рисках возникновения опасных ситуаций, а также мерах по их предупреждению и действиям в случае проявления тех или иных факторов.

Процедура анализа риска была реализована при составлении карты риска для выполнения операций по ремонту разъединителей, выполняемых электромонтером. Были выявлены следующие возможные риски и опасные факторы, возникающие при выполнении технологических операций: повреждение и травмы при работе с инструментами и приспособлениями, поражение электрическим током от расположенного в непосредственной близости электрооборудования, которое находится под напряжением.

Наиболее вероятно возникновение аварийной ситуации при проведении работ в случае повреждения оборудования, которое находится



вблизи рабочего места, при замыкании на землю, что сопровождается возникновением шагового напряжения, при работе на высоте.

Возможными последствиями опасных ситуаций для работников, являются получение травм и ожогов различной степени, летальный исход, возникновение профессионального заболевания.

Среди мер безопасности, направленных на предотвращение возникновения несчастных случаев, можно выделить:

- соблюдение техники безопасности при выполнении работ, инструкций и правил применения тех или иных инструментов и приспособлений,

- выполнение работ по ремонту разъединителя в объемах, соответствующим нормативным документам,

- применение необходимых средств индивидуальной защиты: каска, специальный костюм и обувь, инструменте изолирующими рукоятками, перчатки др.,

- знание и умение действовать в случае возникновения аварийной ситуации.

Карты риска могут периодически редактироваться и дополняться новыми рисками и соответствующими им последствиями, и мерами безопасности. Например, при выполнении работ по ремонту разъединителя одного из членов бригады укусила оса, вылетевшая из привода разъединителя. В данном случае в карты риска может быть внесен соответствующий риск, последствия укуса насекомыми и меры предосторожности.

Кроме того, в картах рисках указывают возможные негативные климатические факторы - возможность получения теплового удара или переохлаждения.

### Литература

1. Р 2.2.1766-03 Руководство, по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.
2. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска.
4. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ.
5. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

УДК 331.45

Ю.Ю. РОГОЖНИКОВ к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: jur@bjd.ispu.ru

### **Автоматизация функций систем управления и организации охраны труда**

*Аннотация.* Рассмотрен подход к реализации автоматизированной системы управления и организации охраны труда предприятия на базе программного комплекса «Диагностика+».

*Ключевые слова:* охрана труда, автоматизированные системы управления и организации охраны труда.

YU.YU. ROGOZHNIKOV, Candidate of Engineering, Associate Professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: jur@bjd.ispu.ru

### **Automation of functions of management systems and organization of labor protection**

*Abstract.* The approach to the implementation of the automated management system and organization of labor protection of the enterprise on the basis of the software package "Diagnostics+" is considered.

*Key words:* labor protection, automated management systems and organizations of labor protection.

Развитие эффективных систем управления и организации охраны труда на предприятиях связано с автоматизацией их деятельности в области охраны труда, промышленной безопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды. При этом требуется автоматизировать функции в областях оперативной, плановой, контрольной и аналитической деятельности. Оперативная деятельность включает фиксацию различных операций, возникающих в процессе работы предприятия. Плановая и контрольная деятельности заключаются в формировании плана работ и контроле выполнения этих работ в определенные сроки. Результаты аналитической деятельности, базирующейся на накопленных и оперативных данных, используются для поддержки принятия своевременных управленческих решений.

Внедрение компьютерных систем, автоматизирующих функции систем управления и организации охраны труда предприятия, должно обеспечивать сокращение трудозатрат при выполнении традиционных информационных процессов и операций, устранение рутинных операций, ускорение процессов обработки и преобразования информации,

контроль за формируемыми планами и указанными в них сроками, формирование всей необходимой аналитической отчетности. Общие требования к подобным системам включают требования к надёжности, высокой скорости выполнения процедур, масштабируемости, стандартизованности потоков ввода-вывода данных, технической эргономики графических интерфейсов, защищенности.

Архитектура и построение подобных систем должны обеспечивать функционирование единой базы данных по охране труда, промышленной безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды с интеграцией данных из различных информационных систем. Операции, подлежащие автоматизации, включают в себя интеграцию со смежными системами; учёт охраны окружающей среды; учёт расследования происшествий, несчастных случаев, аварий; учёт специальной оценки условий труда (СОУТ); промышленной безопасности; пожарной безопасности; спецодежды, средств индивидуальной защиты (СИЗ), смывающих и обезвреживающих средств; документооборот. Причём каждое множество операций включает целый ряд функций. В частности, операции по учёту расследования происшествий содержат выполнение таких функций как учёт несчастных случаев, аварий, пожаров, других инцидентов и результатов их расследований; оформление соответствующих печатных форм; контроль полноты информации и сроков расследований; формирование всех форм отчётности, в том числе сводной аналитической отчётности. Операции по учёту СОУТ включают следующие функции: учёт результатов и контроль проведения СОУТ, формирование отчетности; рабочих мест; загрузка файлов с результатами СОУТ; формирование комиссии для проведения СОУТ на рабочих местах; печатных документов; оценка обеспеченности СИЗ; комплексная оценка состояния условий труда на рабочем месте; формирование карты специальной оценки рабочего места; статистических форм отчетности, в том числе 1-Т (условия труда) и сводной аналитической отчетности по СОУТ.

Анализ существующих программных систем автоматизирующих функции управления и организации охраны труда предприятия, позволяет выделить систему «Информ Центр: Охрана труда» [1], которая является прикладным решением на базе «1С:Предприятие». Система включает 16 подсистем [1], имеет достаточно широкий функционал, но на сегодняшний день не реализует всех озвученных требований.

В Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) предполагается реализация компьютерной системы, автоматизирующей функции систем управления и организации охраны труда на базе программного комплекса «Диагностика+» [2]. Центральное место в системе «Диагностика+» занимает экспертная система, которая является ядром всей системы. В качестве способа представления знаний экспертной системы используются так называемые продукции [3], а также компактные представления продукционных моделей знаний –

таблицы решений. Правила-продукции и вычислительные алгоритмы реализуются на встроенном специализированном языке «Z+» [3]. Архитектура системы, встроенный язык «Z+», редактор правил, предварительный компилятор, интерпретатор и другие элементы системы построены таким образом, чтобы иметь возможность реализовывать различные прикладные решения.

В настоящее время программный комплекс «Диагностика+» известен, как прикладное решение для паспортизации, оценки состояния и прогнозирования работы всего перечня электротехнического оборудования [2]. В программный комплекс «Диагностика+» входят три подсистемы: пользователя, администратора (разработчика), интеграции с внешними системами. Основным режимом работы пользователей является работа посредством сети интернет. Всё программное и информационное обеспечение размещается на сервере (веб-сервер подсистемы пользователя, экспертная система, база данных, база знаний). Взаимодействие пользователей с системой осуществляется посредством веб-браузера. Количество рабочих мест пользователей не ограничено. Подсистема администратора (разработчика) имеет двухуровневую архитектуру: на сервере – система управления базами данных (СУБД) и базы данных (БД), на клиенте – насыщенные windows-приложения. Работа ведётся с единой базой данных. В состав программного комплекса входят инструментальные средства, позволяющие создавать новые классы объектов, диалоговые формы, диагностические экспертизы, правила экспертной системы и шаблоны протоколов отчётности. Подсистема интеграции обеспечивает автоматическую передачу данных между БД системы «Диагностика+» и БД других информационных систем. В состав подсистемы также входит приложение, позволяющее принудительно запросить требуемые сообщения из другой системы или наоборот отправить в другую систему пакет сообщений, что необходимо при первичной загрузке объектов БД [2].

Применение экспертной системы «Диагностика+» как среды для разработки системы, автоматизирующей функции систем управления и организации охраны труда на предприятиях позволит создать эффективную программную систему, в которой заказчик, при желании, может самостоятельно её развивать и/или корректировать базу знаний.

### Литература

1. «Семейство программных продуктов для автоматизации деятельности специалистов по охране труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности на платформе «1С:Предприятие 8» [Электронный ресурс]. – Лысьва: ООО «Информ Центр», 2021. – Режим доступа: <http://www.ot-soft.ru/files/opisaniye-ot-dlya-1s.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
2. «Система оценки состояния электротехнического оборудования «Диагностика+» [Электронный ресурс]. – Иваново: ИГЭУ, 2021. – Режим доступа: <https://transform.ru/diagnostika.shtml>, свободный. – Загл. с экрана.

3. Попов Г.В., Игнатьев Е.Б., Виноградова Л.В., Рогожников Ю.Ю., Ворошин Д.А. Экспертная система оценки состояния электрооборудования «Диагностика+» // Электрические станции, № 5, 2011.

УДК 37.018.43

Ю.Ю. РОГОЖНИКОВ к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: rogozhnikov@fzvo.ispu.ru

### **К вопросу организации дистанционного обучения**

*Аннотация.* Рассмотрены подход к организации и проведению дистанционных занятий в режиме реального времени и применяемые при этом программные средства.

*Ключевые слова:* дистанционное обучение, заочное обучение, электронная информационно-образовательная среда.

YU.YU. ROGOZHNIKOV Candidate of Engineering, Associate Professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: rogozhnikov@fzvo.ispu.ru

### **On the issue of organizing distance learning**

*Abstract.* The approach to the organization and conduct of remote classes in real time and the software tools used in this process are considered.

*Key words:* distance learning, correspondence course, electronic information and educational environment.

Компьютерные средства обучения в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) разрабатываются и применяются в учебном процессе уже не один десяток лет. Дистанционное взаимодействие с тьютором и преподавателем в режиме on-line (посредством организации телеконференций) начало применяться в ИГЭУ при организации повышения квалификации и переподготовки специалистов-энергетиков более десяти лет назад [1]. Накопленный опыт [2] позволил в условиях пандемии (COVID-19) обеспечить реализацию образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, обеспечив при этом надлежащее качество подготовки обучающихся. В соответствии с указаниями Минобрнауки России и методическими рекомендациями [3] все занятия по заочной форме обучения с весны 2020 года и по настоящее время были максимально переведены в дистанционный формат.

В период весенней и летней сессии 2020 года дистанционные занятия (вебинары) в режиме реального времени проводились ежедневно (кроме выходных дней). Каждый вебинар записывался. Ежедневно после завершения вебинаров (по окончании рабочего дня преподавателей) ссылки на записи вебинаров размещались в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) ФЗВО (<http://фзво.рф>). Таким образом, для студентов, не присутствовавших на вебинарах, была обеспечена возможность просмотра записей вебинаров.

Для проведения дистанционных занятий был решен целый ряд организационных, технических и методических задач. Для проведения дистанционных занятий были задействованы следующие программно-аппаратные средства:

- ЭИОС ФЗВО (<http://фзво.рф>);
- ЭИОС «Бумеранг» (<http://bumerang.ispu.ru>);
- Adobe Connect (<http://webinar.ispu.ru>) – программный комплекс [3],

предназначенный для организации, проведения и создания сетевых собраний, проводимых в режиме реального времени.

Лицензия на использование Adobe Connect была приобретена ИГЭУ в 2011 году и имела ряд ограничений (с декабря 2020 года не поддерживается) по количеству организаторов и количеству одновременно проводимых собраний одним организатором.

Расписание дистанционных занятий было составлено для каждой группы студентов и каждого преподавателя. Всего только за период летней сессии 2020 года со студентами заочной формы обучения было проведено 720 вебинаров. Большинство преподавателей (около 70%) проводили дистанционные занятия из дома, т.к. действовал режим изоляции. Алгоритм работы преподавателя в период дистанционной сессии включал следующие этапы:

- размещение учебно-методических материалов (лекции, задания для сдачи зачета/экзамена, указания студенту по дистанционной сдаче зачета/экзамена и др.) в ЭИОС;
- проверка домашних контрольных работ студентов, размещенных в ЭИОС;
- подготовка материалов (презентации и др.) для проведения вебинаров согласно составленному расписанию;
- проведение вебинаров согласно составленному расписанию дистанционных занятий;
- взаимодействие со студентами в течение всей сессии посредством ЭИОС, электронной почты и других средств коммуникации;
- проведение промежуточной аттестации посредством ЭИОС и/или в режиме вебинара;
- заполнение электронных зачетных/экзаменационных ведомостей.

Алгоритм работы студента в период дистанционной сессии включал следующие этапы:

- изучение учебно-методических материалов, размещенных в ЭИОС и ресурсах библиотеки ИГЭУ (<http://library.ispu.ru/>);
- выполнение домашних контрольных работ и размещение их электронных копий в ЭИОС;
- посещение вебинаров в режиме реального времени согласно расписанию;
- выполнение заданий преподавателей;
- взаимодействие с преподавателями в течение всей сессии посредством ЭИОС, электронной почты и др.;
- прохождение промежуточной аттестации;
- ликвидация задолженностей по дисциплинам.

По итогам проведения дистанционных сессий были сформулированы следующие задачи, требующие своего решения:

- внедрение в эксплуатацию программной системы, позволяющей организовывать и проводить сетевые собрания (вебинары, видеоконференции и т.п.) без ограничений по количеству участников и одновременно проводимых собраний;
- обеспечение кафедр (преподавателей) ИГЭУ достаточным количеством качественных технических средств (ноутбуки, камеры, микрофоны и др.) для проведения дистанционных занятий.

Обе поставленные задачи, в настоящее время близки к своему полному решению. В качестве платформы для видеоконференций и удаленной работы выбрана программная система Mind, являющаяся отечественной разработкой. Приобретаемая лицензия по количеству рабочих мест и участников закрывает все существующие потребности ИГЭУ. Сам программный комплекс Mind, как и ранее используемая система Adobe Connect будет размещаться на внутренних серверах ИГЭУ.

Построенная в ИГЭУ система организации и проведения дистанционных занятий в режиме реального времени позволяет и в дальнейшем часть занятий по заочной форме обучения проводить в режиме вебинаров. В частности, организационные собрания, консультации полностью переведены в дистанционный режим. Эта же система используется факультетами очной формы обучения при проведении онлайн-мероприятий.

Лекции, прочитанные в формате вебинара, записываются и на их основе могут формироваться в дальнейшем курсы дистанционного обучения. Из различных курсов дистанционного обучения могут формироваться программы дистанционного обучения.

Развитие заочной формы обучения при реализации образовательных программ целесообразно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

#### **Литература**

1. Попов Г.В., Рогожников Ю.Ю. Дистанционное обучение для переподготовки специалистов в электроэнергетике // Электро, № 1, 2010.

2. Проведение дистанционных учебных занятий в среде ADOBE CONNECT: методические указания для преподавателей и студентов / [Е.Р. Пантелеев, Ю.Ю. Рогожников и др.]; ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина». – Иваново: Б.и., 2015.

3. Методические рекомендации «МР 3.1/2.1.0205-20. 3.1. Профилактика инфекционных болезней. 2.1. Коммунальная гигиена. Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в образовательных организациях высшего образования. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2020).

УДК 67.08+502/504

А.К. СОКОЛОВ, д.т.н., профессор

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: sokolov@bjd.ispu.ru

### **Об основных направлениях повышения экологичности технологий**

*Аннотация.* Показано, что реальное снижение воздействий техносферы на окружающую среду возможно только за счет повышения экологичности технологий. Систематизированы основные направления развития экологичных технологий и проблемы их более широкого применения.

*Ключевые слова:* технологии, экология, ресурсы, сбережение, отходы, природная среда

A.K. SOKOLOV, Doctor of Engineering, professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: sokolov@bjd.ispu.ru

### **About the main directions of improving the environmental friendliness of technologies**

*Abstract.* It is shown that the real reduction of the impact of the technosphere on the environment is possible only by increasing the environmental friendliness of technologies. The main directions of the development of eco-friendly technologies and the problems of their wider application are systematized.

*Key words:* technologies, ecology, resources, conservation, waste, natural environment.

В общем виде уровень воздействия техносферы на окружающую среду (УВОС) можно качественно оценить следующей формулой:

$$\text{УВОС} = \frac{Y_{\text{чн}} \times Y_{\text{ж}}}{Y_{\text{зз}} \times Y_{\text{узб}} \times Y_{\text{эт}} \times Y_{\text{эс}}}, \quad (1)$$



где  $U_{чн}$ ,  $U_{ж}$  – уровни численности населения и жизни;  $U_{зз}$ ,  $U_{уэб}$ ,  $U_{эт}$ ,  $U_{эс}$  – уровни законодательной защиты, управления экологической безопасностью, экологичности технологий и экологического сознания. Реальное снижение УВОС возможно только за счет повышения экологичности технологий, поскольку уровни  $U_{чн}$ ,  $U_{ж}$  неизменно возрастают, а уровни  $U_{зз}$ ,  $U_{уэб}$ ,  $U_{эс}$  лишь косвенно влияют на УВОС.

Высоким уровнем экологичности обладают безотходные (малоотходные), ресурсо- и энергосберегающие технологии.

Экологичные «зеленые» технологии позволяют комплексно решать две глобальные задачи обеспечения экологической безопасности: снижать 1) ресурсо- и энергопотребление и 2) количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

Назовем направления повышения экологического уровня технологий: добывающих, перерабатывающих и потребляющих отраслей.

Увеличение доли использования известных неисчерпаемых и возобновляемых источников энергии, а также альтернативных видов топлива: пропана, сжиженного газа, метана, который образуется при разложении бытовых отходов, водорода, биодизеля.

Внедрение безотходных (геотехнологических) способов добычи сырья, при которых из недр извлекается только полезный продукт (подземное расплавление серы и подъем ее «не гора», выщелачивание меди и урана, разжижение рудного тела гидромонитором, сжигание бедных бурых углей). Применение экологичных технологий строительства скважин и силикатных гелей для изоляции водопритоков.

Комплексное использование ресурсов путем извлечения из руд, особенно цветных металлов, попутных металлов и минералов. Известны технологии получения из медных руд до 20-ти металлов: золота, серебра, свинца, цинка и др. Идеальной безотходной технологией могут считаться скотобойни, «в которых используется все, кроме предсмертного крика быков»).

Снижения удельных затрат сырья, материалов, энергии за счет оптимизации принципов действия, конструктивных и режимных параметров, совершенствования систем управления, использования новых материалов и др.

Использование водосберегающих технологий: а) снижение потребности в воде путем замены водяного охлаждения испарительным или воздушным б) каскадное или повторное использование воды в замкнутых системах водоснабжения.

Комплексное использование отходов для производства полезной продукции (стружки и лома металлов, шлаков черной металлургии, из которых получают синтетический гранит, портландцемент, шлаковату, хрусталь и др.). Реализации таких технологий возможна в территориально-производственных комплексах [2], включающих, например, металлургию и производство строительных материалов.

Сортировка, переработка отходов потребления: металлов, бумаги, картона, пластмасс, стекла и т.п. и использование их в качестве вторичных материальных ресурсов. Сбор, утилизация и регенерации отработанных машинных масел.

Организация безопасного размещения и хранения вредных веществ в шлаковых- и золоотвалах, шламонакопителях, полигонах обезвреживание и захоронение опасных веществ, ликвидация несанкционированных свалок и др.

Применение экологичных технологий в аграрном производстве (щадящих видов вспашки, нехимических методов борьбы с вредителями, рациональных методов полива, установок для получения биотоплива из отходов и др.).

Очистка сбросов в водоемы, выбросов в атмосферу и использование выделенных из них веществ в качестве вторичных материальных ресурсов (древесной, мучной, цементной пыли, ила и др.).

Выполнение природовосстановительных мероприятий: выращивание мальков рыб, восстановление плодородия почв, посадка деревьев, засыпка карьеров, рекультивация земель и др.

В энергетике экологичные технологии развиваются по следующим направлениям.

1) Создание более эффективных солнечных батарей, аккумуляторов, конденсаторов и других устройств.

2) Разработка схем и оборудования для использования источников энергии переменной мощности в электросетях (солнечных батарей, ветрогенераторов, приливных ГЭС и других источников).

3) Создание материалов с более высокими магнитными свойствами, высокотемпературных сверхпроводников, изоляторов с высоким электрическим сопротивлением.

4) Создание технологий передачи энергии без проводов.

5) Сокращение территорий занятыми ЛЭП, электроподстанциями и др. объектами энергетики.

6) Разработка и внедрение автоматизированных систем управления энергоснабжением города, ЖКХ, квартир.

7) Создание технологий использования тепловых отходов, в том числе теплоты, которую выделяет электрооборудование.

В области разработки и внедрения экологичных технологий в России принят ряд документов [2, 3, 4, 5], однако в этой сфере деятельности Россия значительно отстает от развитых стран. Основные причины отставания – неэффективное управление экологической безопасностью, и сравнительно низкие инвестиции в экологически чистые технологии, как со стороны государства, так и бизнеса.

#### Литература

1. Соколов А.К. Основы экологии. Учебное пособие / ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – Иваново, 2013. – 208 с. ISBN

2. ГОСТ Р 57702-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к малоотходным технологиям. <http://docs.cntd.ru/document/1200147103>
3. ГОСТ Р 56828.32-2017 Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Методологии идентификации. <http://docs.cntd.ru/document/1200146588>
4. ГОСТ Р 56260-2014 Стратегическое развитие. Надлежащая практика регулирования. Руководство по надлежащей практике в области экологического менеджмента. <http://docs.cntd.ru/document/1200118632>
5. Национальный проект «Экология». <https://strategy24.ru/ru/ecology/projects/natsional-nyu-proyekt-ekologiya>

УДК 620.9:614.8

К.В. ЧЕРНОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: [chernov@bjd.ispu.ru](mailto:chernov@bjd.ispu.ru)

## **Процессы и правила системнологической вариофикации техногенных воздействий**

*Аннотация.* Приводятся результаты системного подхода к разработке правил выявления совокупных последовательностей детерминированных и стохастических процессов и событий, приводящих к техногенным воздействиям.

*Ключевые слова:* система, процесс, событие, происшествие, техногенное воздействие.

K.V. CHERNOV, Candidate of Engineering, assistant professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: [chernov@bjd.ispu.ru](mailto:chernov@bjd.ispu.ru)

## **Processes and rules of systemnological variofication of technogenic impacts**

*Abstract.* The results of a systematic approach to the development of rules for identifying aggregate sequences of deterministic and stochastic processes and events leading to technogenic impacts are presented.

*Key words:* system, process, event, incident, technogenic impact.

Процесс в системе – это изменение во времени состояния компонента вследствие внутрикомпонентного или межкомпонентного взаимодействия, а также изменение во времени состояния взаимодействия вследствие изменения состояния компонентов. Состояние компонента и взаимодействия компонентов в каждый момент выражается значением показателей, характеризующих их свойства. Эти свойства обуславливаются содержанием компонентов и их взаимодействием, которое может быть вещественно-энергетическим или сциентным. Как следствие, индекс

процесса, предвстая разнообразностью показателя состояния, должен определяться этим содержанием, т.е. иметь вещественно-энергетическую или сциентную основу, и быть переменным во времени. Скорость процесса есть производная от индекса процесса по времени.

Процесс перемежается событиями. Событие начинает или завершает процесс, а также разделяет его на стадии. Событие является кратковременной частью процесса со скоростью, имеющей экстремальное значение, вторая производная которой от индекса процесса по времени принимает нулевое значение.

Детерминированный процесс предопределён функцией системы. Он может быть целесообразным, способствующим исполнению функции системы, и сопутствующим, сопровождающим исполнение функции. Целесообразный детерминированный процесс начинается с события, выражающего собой начало исполнения компонентом своей функции. Сопутствующий процесс начинается с события, выражающего собой готовность компонента к исполнению функции, или начало её исполнения.

Стохастический процесс не способствует исполнению функции системы. Он начинается со стохастического события, т.е. с происшествия, выражаемого дисфункцией компонента или вызываемого дисфункцией. Дисфункция технетического компонента есть отказ исполнения им своей функции. Дисфункция антропоного компонента представляет собой выполнение ошибочного или неисполнение требуемого действия. Стохастические процессы начинаются происшествиями завершающими одновременно протекающие, т.е. синхронные, детерминированные процессы; стохастические процессы, вызываемые дисфункцией антропных компонентов системы; стохастические процессы, вызываемые дисфункцией компонентов внешней среды.

Техногенная вариофикация как системнологический приём – это выявление совокупных последовательностей детерминированных и стохастических процессов в системе, перемежаемых событиями, которые приводят к техногенному происшествию, за которым неотвратимо следуют процессы вещественно-энергетического воздействия технетических компонентов на антропные, т.е. процессы техногенного воздействия [1].

Техногенное происшествие непреложно начинает неизбежные процессы, приводящие к поступлению вещества или энергии в антропный организм. Оно завершает предваряющие процессы, которым могут предшествовать промежуточные и первоначальные процессы, начинаемые и перемежаемые событиями. Совокупный процесс, охватывающий процессы высвобождения вещества и энергии из технетического компонента с образованием или без образования преходящих компонентов, процессы перемещения вещества и энергии в посредниках, а также процессы поступления вещества и энергии в антропный организм, предстаёт процессом техногенного воздействия.

Предваряющий процесс есть опережающий процесс, оканчивающийся техногенным происшествием. Техногенное происшествие может завершать один или несколько предваряющих процессов. Предваряющие процессы сходятся в техногенном происшествии по отдельности или совокупно по условию совместности, которое может принимать значения «И», «ИЛИ». Всякий предваряющий процесс начинается предвещающим, т.е. продромальным (*греч. προδρομος – предвестник*), технетическим или антропным событием. Некоторые предваряющие процессы могут начинаться продромальным событием, которое также является отправным. Событие может относиться к детерминированным или стохастическим.

Продромальное событие есть технетическое или антропное событие, начинающее предваряющий процесс. Отправное событие есть начальное событие, которое принимается таким без выявления процессов, заканчивающих его. Технетическое стохастическое событие, т.е. происшествие, состоит в дисфункции технетического компонента, представляющей собой его отказ исполнения своей функции. Антропное происшествие заключается в дисфункции работника, проявляющейся выполнением ошибочного или неисполнением требуемого действия.

Продромальное технетическое событие в системе завершает собой промежуточные или первоначальные, т.е. примордиальные (*лат. primordialis – первоначальный*), процессы, которое начинает предваряющие процессы. Продромальное антропное событие в системе начинает предваряющие процессы.

Отправное технетическое или антропное событие в системе начинает примордиальный процесс, который может быть промежуточным или предваряющим. Промежуточный процесс может начинаться отправным или промежуточным происшествием и заканчиваться промежуточным или продромальным событием. Всякий процесс может перемежаться технетическим или антропным событием.

Вариофикация техногенных воздействий должна проводиться в соответствии со следующим правилами.

1. Всякий процесс начинается, перемежается и заканчивается событием.
2. Всякое событие принадлежит процессу, оно начинает, перемежает или завершает этот процесс.
3. Событие, завершая один процесс, может начинать другой или другие процессы.
4. Событие, начиная другой процесс, может завершать один или несколько процессов.
5. Стохастическое событие, непременно начинающее неизбежные процессы, которые приводят к поступлению вещества или энергии в антропный организм, является техногенным происшествием.
6. Техногенное происшествие завершает предваряющие процессы.

7. Предваряющие процессы начинаются продромальными событиями, которыми могут быть отправные события, принимаемые такими без обозначения предшествующих процессов.

8. Продромальным событиям предшествуют, промежуточные процессы, промежуточные события, примордиальные процессы и отправные события.

9. Последовательно и параллельно протекающие процессы, приводящие к техногенному происшествию, затем к процессам техногенного воздействия, начинаются с отправных событий, которое принимаются такими без обозначения предшествующих процессов.

#### **Литература**

1. Чернов К.В. Вариофикация техногенных опасностей трансформации электрической энергии / Материалы XIX международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем», Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, под общ. ред. В.В. Кульбы. – М.: РГГУ, 2011.

УДК 620.9:614.8

К.В. ЧЕРНОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфakovская, 34  
E-mail: chernov@bjd.ispu.ru

#### **Критерии готовности работников к безопасной деятельности**

*Аннотация.* Приводятся критерии готовности к безопасной деятельности, полученные на основе одного из приёмов сциологического метода, называемого когнизацией. Предлагается порядок испытания работников на соответствие этим критериям.

*Ключевые слова:* опасность, сциентная система, деятельность, критерии.

K.V. CHERNOV, Candidate of Engineering, assistant professor

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: chernov@bjd.ispu.ru

#### **Criteria for employee readiness for safe activities**

*Abstract.* The criteria of readiness for safe activity, obtained on the basis of one of the methods of the sociological method called cognification, are presented. The procedure for testing employees for compliance with these criteria is proposed.

*Key words:* danger, scient system, activity, criteria.

Работник пригоден к деятельности, если степень развития его сциентной системы соответствует сложности предстоящих технологических задач, решение которых должно быть приемлемо правильным и достаточно точным [1].

Раскрытие знаний, или когнификация, безопасной деятельности работника заключается в следующем: определение необходимых и возможных ошибочных действий; выявление практических знаний, побуждающих выполнение необходимых действий и препятствующих выполнению ошибочных; нахождение прикладных и вокальных знаний, лежащих в основе побуждающих и препятствующих практических знаний; указание теоретических и вокальных знаний, служащих базой для прикладных; определение понимания теоретико-прикладных знаний, обусловленное когерентностью и вокальной сциенцией, которое определяет мышление, контролирующее выполнение необходимых действий и невыполнению ошибочных; выявление способности к возникновению мышления, которое порождает неординарные практические знания, а на их основе выполнение нестандартных действий.

Практические знания, побуждающие выполнение необходимых и препятствующие выполнению ошибочных действий, предстают сциенцией бихевиоральных темплатов. Основой побуждающих и препятствующих практических знаний служит сциенция гностических паттернов и троксий. Прикладные знания гностических паттернов предстают имажными моделями, т.е. образами. Прикладные знания гностических троксий предстают вокальными моделями, в частности мыслимыми названиями, понятиями, суждениями. Базовым расширением и углублением прикладных знаний служит сциенция гностических паттернов и троксий, представляющая теоретическими знаниями. Когнификация деятельности работника заключается также в раскрытии понимания им теоретико-прикладных знаний. Понимание конкретного прикладного или теоретического знания какого-либо предмета должно раскрываться его имажным описанием в виде воображаемой картины этого предмета и соответствующим ей вокальным описанием посредством мыслей об этом предмете.

Раскрытие знаний позволяет сформулировать критерии, посредством которых можно судить о готовности работника к безопасной деятельности. К критериям готовности относятся критерии меафикации, хаibilityности, прикладной и теоретической проприетарности, креативности.

Критерий меафикации представляет собой показатель, применяемый при испытании способности работника выполнять все необходимые действия. Критерий хаibilityности применяется при испытании способности умелого, т.е. правильного, точного и быстрого, выполнения необходимых действий. Критерий прикладной проприетарности представляет собой показатель обладания прикладными знаниями и их понимания для проверки владения способностью графического и соответствующего ему устного описания места выполнения и содержания необходимых действий и невыполнения ошибочных и их последствий. Критерий теоретической проприетарности – показатель обладания

теоретическими знаниями и их пониманием для проверки владения способностью графического и соответствующего ему устного описания причинных обоснований выполнения необходимых действий и невыполнения ошибочных. Критерий креативности представляет собой показатель для проверки способности к выполнению нестереотипных действий при непредвиденных обстоятельствах.

Испытание по критерию меафикации начинается с предоставления работнику полного перечня необходимых действий. Далее оно может проводиться в следующем порядке: работник выполняет последовательно все действия; эксперты оценивают правильность выполнения каждого действия; значение показателя вычисляется как доля правильно выполненных действий от всех необходимых; испытание признаётся успешным при достигнутом значении критерия выше установленного.

Испытание по критерию хабильности начинается с последовательного выбора одного из необходимых действий и далее может проводиться в следующем порядке: работник выполняет выбранное действие; эксперты констатируют правильность и фиксируют длительность выполнения действия; значение показателя вычисляется как доля времени правильного выполнения действия от нормативной длительности; испытание признаётся успешным при достигнутом значении критерия в пределах установленного диапазона.

Проверка по критерию прикладной проприетарности начинается с последовательного выбора одного из необходимых или ошибочных действий и далее может проводиться в следующем порядке: работник описывает графически, т.е. письменно с применением схем и рисунков, место выполнения и содержание выбранного действия и его последствия; проверяемый устно описывает с применением произносимых слов в строгом соответствии с графическим представлением места выполнения и содержание выбранного действия и его последствия; эксперты оценивают правильность графического и устного описания и их соответствие одного другому; значение показателя вычисляется с использованием балльной шкалы; результат проверки признаётся положительным при достигнутом значении критерия в пределах установленного диапазона.

Проверка работника по критерию теоретической проприетарности начинается с последовательного выбора одного из необходимых или ошибочных действий и далее может проводиться в следующем порядке: проверяемый описывает письменно с применением схем и рисунков причинные обоснования выполнения или невыполнения выбранного действия; работник устно описывает с применением произносимых слов в строгом соответствии с графическим представлением причинные обоснования выполнения или невыполнения выбранного действия; эксперты оценивают правильность графического и устного описания и их соответствие одного другому; значение показателя вычисляется с использованием балльной шкалы; результат проверки признаётся по-



ложительным при достигнутом значении критерия в пределах установленного диапазона.

Проверка по критерию креативности начинается с задания обстоятельств деятельности, которые являются непредусмотренными, и далее может проводиться в следующем порядке: работник описывает возможные действия при непредусмотренных обстоятельствах и их последствия; эксперты оценивают правильность возможных действий; значение показателя вычисляется с использованием балльной шкалы; результат проверки признаётся положительным при достигнутом значении критерия в пределах установленного диапазона.

Критерии меафикации, хабильности, прикладной и теоретической проприетарности, креативности принимают значения, обусловленные степенью восприятия и соответствием между воспринятым и воспринимаемым при техногенном взаимодействии сциентного содержания, т.е. являются когнитивными показателями адекватности сциентного взаимодействия.

#### **Литература**

1. Чернов К.В. Обонаяние работника и взрывобезопасность / Материалы 18-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «ДВ – 2020». – Комсомольск на Амуре. – 2020. С. 153-156.

## СЕКЦИЯ 15.

### «ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА»

УДК 94(47) "1941/1945":620.

Г.А. БУДНИК, д.и.н.  
Т.Б. КОТЛОВА, д.и.н.  
Т.В. КОРОЛЕВА, к.и.н.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: ktb@ispu.ru, budnik@iif.ispu.ru, kor\_tv@mail.ru

#### **Трудовой подвиг женщин-энергетиков в годы Великой Отечественной войны**

*Аннотация.* В статье изучается трудовая деятельность женщин-энергетиков России в 1941–1945 гг. Приводятся примеры их героического труда. Сделан вывод о роли женщин в организацию работы энергообъектов страны в годы Великой Отечественной войны.

*Ключевые слова:* Великая Отечественная война, СССР, электроэнергетика, женщины-энергетики, трудовой героизм.

G.A. BUDNIK, Doctor of Historical Sciences  
T.B. KOTLOVA, Doctor of Historical Sciences  
T.V. KOROLYOVA, Candidate of Historical Sciences

Ivanovo State Power Engineering University,  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo,  
E-mail: ktb@ispu.ru, budnik@iif.ispu.ru, kor\_tv@mail.ru

#### **Labor feat of women-power engineers during The Great Patriotic War**

*Abstract.* The article studies the labor activity of women-power engineers in Russia during 1941-1945. Examples of their heroic work are given. The conclusion is made about the role of women in the organization of the work of the country's power facilities during the Great Patriotic War.

*Key words:* The Great Patriotic War, the USSR, power industry, women-power engineers, labor heroism

Великая Отечественная война – важнейшее событие XX века. По мере удаления от ныне живущих людей событий 1941–1945 годов, все яснее становится значение подвига советского народа, отстоявшего свободу и независимость своей Родины и освободившего от фашистского порабощения народы Европы. Неудивительно, что исследователи уделяли и уделяют пристальное внимание изучению событий и уроков

Великой Отечественной войны, причин победы СССР над фашистской Германией.

Одним из направлений в новейшей историографии является тема «Женщина и война». Имеются научные публикации о вкладе в победу над врагом работниц сельского хозяйства, текстильной, угольной, тяжелой промышленности. Вместе с тем, до сих пор практически не изучена трудовая деятельность женщин-энергетиков. Одной из причин этого, на наш взгляд, является то, что архивные фонды по истории энергетической отрасли в военный период только начинают открываться. Кроме того, традиционно считается, что энергетика – это сфера приложения профессиональных способностей мужчин. Действительно, руководящие посты здесь занимали мужчины, однако это не умаляет вклад женщин в работу отрасли.

Целью данной статьи является попытка обобщить и оценить роль работниц электроэнергетической отрасли в обеспечении бесперебойной работы энергообъектов страны.

Источниковой базой стали опубликованные воспоминания руководителей и ветеранов энергетики, сайты Министерства энергетики России, музеев энергетики.

С началом Великой Отечественной войны в кадровом составе работников энергетической отрасли произошли серьезные изменения. Если в предвоенные годы здесь работали в основном мужчины, то в годы войны на многих производственных участках их заменили женщины. Так, накануне войны в Ивэнерго «женщины составляли только 2 % персонала энергопредприятий» [1]. Однако в 1943 году, по данным А.С. Бондаренко, среди работников энергопредприятий Сибири женщины составляли 60,8 %, а в целом по промышленности страны – 53 % [2]. Женщины работали диспетчерами, помощниками машинистов, дежурными электромонтерами, кочегарами паровых котлов, бригадирами углеподачи и даже грузчиками, зольщиками, слесарями, монтерами, штукатурами, молярами, бойцами охраны, шоферами, сцепщиками вагонов, кочегарами, помощниками машинистов турбин. Среди них было много женщин и совсем молоденьких девушек, вчерашних школьниц, часто из близлежащих деревень, которые не имели опыта и знаний для работы на энергообъектах. В результате в процессе их производственной деятельности нередкими были несчастные случаи. Но других работников не было, и постепенно женщины накапливали опыт, успешно заменяя ушедших на фронт мужчин. С целью повышения их квалификации, на электростанциях создавались курсы профессиональной подготовки, краткосрочные стажировки под руководством опытных рабочих и специалистов, некоторые девушки и женщины направлялись для получения среднего и высшего специального образования на учебу, которую они совмещали с производственной деятельностью. С течением времени женщины стали успешно выполнять и высококвалифицированную, ответственную работу.

Как известно, во время войны бесперебойное обеспечение фронта и оборонных предприятий тыловых областей электроэнергией было делом государственной важности. Без электричества не работала военная связь, замирали станки и оборудование на военных заводах. Значимость отлаженной работы электростанций, надежность ЛЭП, понимали, как руководители отрасли и энергообъектов, так и работавшие на станциях и подстанциях инженеры и рабочие. В результате самоотверженный труд для энергетиков становился нормой: работали днем и ночью, не считаясь со временем, через «не могу», иногда сутками не уходя домой до завершения порученной работы, не думая о компенсации. Нередко после окончания трудовой смены энергетиков шли разгружать вагоны с углем, вывозить шлак, зимой сбивать лед с градирен.

Трудиться мужчинам и женщинам приходилось в невероятных тяжелых условиях, на пределе человеческих возможностей. Никаких отгулов, отпусков без сохранения содержания, по уходу и т. д. не предоставлялось. Больничный лист выдавался на три дня. Каких-либо скидок для женщин никто не делал. Немногочисленным мужественным женщинам, решавшимся завести ребенка, предоставлялся декретный отпуск на 12 дней. Выход на работу на тринадцатый день был обязательным, в противном случае применялись, как минимум, административные санкции. Не работать было нельзя. И так изо дня в день, из месяца в месяц почти четыре года. Женщины строили новые электростанции, ЛЭП, осуществляли ремонтные работы. Ради победы они работали с полной отдачей сил, ежедневно добивались высоких показателей и перевыполняли сменные нормы. Из материалов Музея энергетики Урала известно, что в военные годы на многих предприятиях уральской энергетики создавались на добровольных началах женские комсомольско-молодежные бригады. Девушки не только соревновались в производственных показателях, но и вели шефскую работу. Помогали в госпиталях и эвакуированных детских домах, устраивали концерты для раненых или уходивших на фронт, для поддержания боевого духа писали письма бойцам на передовую [3]. Сегодня ежедневную работу женщин-энергетиков можно с полным правом назвать подвигом. Как иначе можно оценить, например, то, что ЛЭП 110 кВ Южа – Шуя провели по лесам и болотам женщины и подростки за 45 зимних дней? [4]

Нередко электрические станции, подстанции и ЛЭП работали в прифронтовой зоне, а порой и на линии фронта. В результате среди персонала были серьезные ранения и даже смертельные случаи. Однако, даже рискуя жизнью, женщины делали все возможное и невозможное, чтобы выработать и передать потребителям электроэнергию. В борющемся Сталинграде в химическом цехе ГРЭС «остались одни женщины, и, несмотря на ад, в который превращалась электростанция во время обстрелов и бомбежек, они под руководством Таисии Косовой, будучи оторванными от основного коллектива, мужественно работали, обеспечивая

подачу химически очищенной воды в котлы и питьевой воды в поселок СталГРЭС и ряд близлежащих поселков и районов Сталинграда. Этой водой пользовались также и воинские части, дислоцированные на правом берегу Волги» [5]. Самоотверженно, не считаясь с опасностью, трудился персонал электростанций блокадного Ленинграда. В одном из воспоминаний приводится такой случай: «Помню, как 12-дюймовый снаряд, пробив стену насосной первого подъема, упал, не разорвавшись, в нескольких шагах от дежурной по насосной Цепкановой Ф.В., но она не покинула рабочего места. <...> А ведь снаряд был высотой почти в человеческий рост и даже один вид его должен был испугать беззащитную женщину. Поведение персонала во время бомбежек и артобстрелов можно характеризовать как массовый героизм» [6].

Таким образом, можно заключить, что в годы Великой Отечественной войны основной рабочей силой на энергообъектах стали женщины. Не щадя своих сил и здоровья, своим ежедневным трудом они вносили весомый вклад в общее дело борьбы с фашизмом. Во многом благодаря им, электроэнергия поступала для потребителей бесперебойно. Их беспримерный трудовой подвиг вызывает огромное уважение и требует серьезного изучения и освещения в научной литературе.

### Литература

1. Энергия победы. Энергетика России в годы Великой отечественной войны. М.: Изд-ль А.С. Акчурин, 2005. С. 62.
2. Бондаренко А.С. Энергетика Сибири (1917–1977 гг.) / А.С. Бондаренко. Новосибирск: Наука, 1981. С. 89.
3. Не женское дело война... // Музей энергетики Урала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.musen.ru/blog/women> - Загл. с экрана
4. Энергетика в годы войны // ПАО «МРСК Цента и Поволжья» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://mrsk-cp.ru/press/special\\_projects/svet-velikoypobedy/energetika-v-gody-voyny/?print=Y](https://mrsk-cp.ru/press/special_projects/svet-velikoypobedy/energetika-v-gody-voyny/?print=Y) – Загл. с экрана
5. Землянский А.Н. Сталинградская ГРЭС в дни битвы на Волге // Энергетики в Великой Отечественной войне / Энергетика. Электротехника. Связь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ruscable.ru/article/Zemlyanskiy\\_Stalingradskaya\\_GRES\\_v\\_dni\\_bitvy\\_na\\_Volge](https://www.ruscable.ru/article/Zemlyanskiy_Stalingradskaya_GRES_v_dni_bitvy_na_Volge) - Загл. с экрана
6. Александров И.П. Сердце осажденного Ленинграда / И.П. Александров // Электрификация в России. Воспоминания старейших энергетиков. М., 1984. С. 161.

УДК 336.226.1:346.7

К.А. КОТОВА, к.п.н., доцент  
С.Ю. ЛИСОВА, к.п.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: ktv.ksusha@rambler.ru

## **Успехи и проблемы введения налога на самозанятых**

*Аннотация.* В работе представлен краткий анализ проблем применения налога на самозанятых, рассмотрены преимущества и недостатки налога на профессиональный доход.

*Ключевые слова:* самозанятые, налог, налог на профессиональный доход, специальные налоговые режимы, малое и среднее предпринимательство, государственная поддержка малого и среднего бизнеса.

K.A. KOTOVA, Candidat of Political sciences, Associate Professor  
S.U. Lisova, Candidat of Political sciences, Associate Professor

Ivanovo State Power Engineering University,  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo,  
E-mail: ktv.ksusha@rambler.ru

## **Successes and challenges of introducing a tax on the self-employed**

*Abstract.* The paper presents a brief analysis of the problems of applying the tax on the self-employed, the advantages and disadvantages of the tax on professional income are considered.

*Keywords:* self-employed, tax, professional income tax, special tax regimes, small and medium-sized businesses, state support for small and medium-sized businesses

Налог на профессиональный доход (НПД) в 2019 г. был успешно пилотирован в четырех российских регионах (Москве, Татарстане, Калужской и Московской областях), и с июля 2020 г. законодатель разрешил его введение на всей территории страны (ФЗ от 27.11.2018 № 422-ФЗ (ред. от 08.06.2020) «О проведении эксперимента по установлению специального налогового режима «Налог на профессиональный доход»). Он представляет собой специальный налоговый режим, основной целью которого выступает легализация части доходов населения. По данным Росстата в России 74,6 млн трудоспособного населения, из которых 10,9-15 млн человек работают в тени. Согласно оценке Всемирного банка за 2019 г. около половины получающих теневой доход – это самозанятые (<https://www.rbc.ru/economics/28/08/2020/5f479f9a9a7947f30cef78b0>).

Новый налог позволяет самозанятым субъектам легализовать доходы от своей основной деятельности и подработок без рисков понести наказание за незаконное осуществление предпринимательской дея-

тельности. Добровольность перехода на специальный налоговый режим, доступность и удобство налогового онлайн-сервиса, а также отсутствие привязки к месту регистрации физического лица обеспечили повышенный интерес к нему со стороны граждан, в том числе иностранных:

Таблица 1. Количество зарегистрированных самозанятых по РФ

Период	Количество зарегистрированных самозанятых (в том числе иностранцы)
I кв. 2020 г.	4575 (438)
II кв. 2020 г.	4448 (423)
III кв. 2020 г.	3961 (452)
IV кв. 2020 г.	3911 (472)

Налоговая новация была активно принята в регионах, так в Ивановской области наблюдается стабильный прирост числа самозанятых на несколько десятков ежеквартально. По данным ФНС наиболее популярными сферами самозанятости являются перевозка пассажиров, сдача жилой площади в наем, консультационные услуги, репетиторство.

Выгоды от введения НПД очевидны. Активная регистрация самозанятых обеспечивает реализацию национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», направленного на всестороннее улучшение предпринимательского климата в стране и решение проблемы занятости населения в целом. Наблюдается пополнение бюджетов на несколько млрд руб. за счет легализации части «теневых» доходов. Налог на самозанятых, своего рода, и социальный проект. Отдельные категории лиц, ранее осуществлявшие свою трудовую деятельность нелегально, зарегистрировались в качестве самозанятых, расширив тем самым возможности по заключению договоров с физическими и юридическими лицами, монетизировав свободное время, увеличив собственный доход и получив гарантированное право отстаивать свои интересы как работника в административном и судебном порядке.

Преимущества для граждан также бесспорны. Налог на самозанятых не предусматривает дополнительного налогообложения, а в некоторых случаях снижает налоговую нагрузку. Например, налог с дохода от сдачи квартиры в аренду для самозанятых будет исчисляться по ставке 4%, в то время как граждане, не имеющие статуса самозанятых, в аналогичной ситуации сохраняют обязанность по декларированию дохода и уплате НДФЛ в размере 13%. В настоящее время самозанятым доступны бесплатные консультации и обучение по ведению бизнеса и финансам, льготная аренда офисов и рабочих мест, льготные кредиты по ставке до 8,5% годовых, региональные и муниципальные субсидии, возможно участие в системе госзакупок. Некоторые самоза-

нятые, наряду с индивидуальными предпринимателями, воспользовались господдержкой в период пандемии 2020 г.

Между тем отмеченными нами достоинства нового налогового режима не снимают ряд существенных проблем. Прежде всего, это существующие ограничения видов деятельности и доходов для самозанятых. Далеко не все категории граждан и индивидуальных предпринимателей с невысокими оборотами и работающих без наемных сотрудников могут воспользоваться данным спецрежимом. С другой стороны, переход индивидуальных предпринимателей в самозанятые и перевод работодателями работников в указанную категорию в будущем может спровоцировать дефицит фондов пенсионного, медицинского и социального страхования.

Несмотря на то, что ставка налога минимальна (она неизменна до 2029 г.), на наш взгляд, необходимо дополнительно проработать вопрос об учете расходов самозанятого и введении определенных налоговых вычетов. В некоторых случаях, он может работать фактически без дохода или в убыток, а налог уплачивается с суммы выданного им чека. Это будет особенно актуально, когда ставка увеличится, что с учетом мировой налоговой практики неизбежно. Например, самозанятые Германии платят подоходный налог по прогрессивной шкале, доходный до 45% дохода; в Южной Корее – минимальная ставка 8%; в Австралии – от 2% до 19% от выручки; в США все самозанятые платят 15,3% от дохода).

Пока сложно говорить о лояльности отношения к самозанятым со стороны бизнес-сообщества. Так многие коммерческие банки доверяют им в меньшей степени, чем работающим гражданам и ИП, отсюда возникает сложность с оформлением кредитов и займов. До конца не урегулирована проблема, возникающая между самозанятыми водителями и агрегаторами в сфере пассажирских перевозок. Открытым остается вопрос относительно проверок лиц, занятых в так называемых «санитарных» сферах, например, услуги парикмахера, маникюра, производство продуктов питания и т.д. Каким образом, будет отслеживаться качество и главное безопасность предоставляемых товаров и услуг? Аналогичным образом складывается ситуация в сфере образования: няни, гувернеры, репетиторы и т.д. В отличие от самозанятых для индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, осуществляющих подобную деятельность, установлены жесткие требования, что создает неравные конкурентные условия.

Вот лишь некоторые вопросы, которые уже сейчас стали актуальными в правоприменительной практике. НПД только формируется и поэтому важно понимать, как будут относиться налоговые и трудовые инспекции к юридическим лицам, вступающим в отношения с самозанятыми, и к физическим лицам, решившим перейти на новый налоговый режим. Совместными усилиями государства и общества необходимо развивать программу популяризации и развития института самозаня-



тых. Законодателю следует более четко определить статус самозанятых и перечень видов деятельности для них, регламентировать их гражданско-правовые отношения с потенциальными клиентами и добиться, чтобы самозанятые стали полноправными субъектами малого бизнеса наряду с индивидуальными предпринимателями.

### Литература

1. Федеральный закон от 27.11.2018 N 422-ФЗ (ред. от 08.06.2020) "О проведении эксперимента по установлению специального налогового режима "Налог на профессиональный доход".
2. URL: <https://www.rbc.ru/economics/28/08/2020/5f479f9a9a7947f30cef78b0> (дата обращения 25.01.2021).
3. URL <https://xn--80aapgyievp4gwb.xn--p1ai/%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%B2-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%BD%D0%B0%D1%85>

УДК 001.38

М.В. БУТЫРИНА, к. филос. н.  
И.В. ЖУРАВЛЕВА, к. социол. н.

Ивановский государственный энергетический университет,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфakovская, д. 34  
E-mail: butyrina\_marina18@mail.ru, zhuravleva\_irina@mail.ru

## Оценка эффективности работы ученых

*Аннотация.* В работе рассматриваются дискуссионные вопросы применения наукометрических показателей для оценки эффективности научной деятельности.

*Ключевые слова:* наукометрия, индекс цитирования, индекс Хирша, импакт-фактор.

M.V. BUTIRINA, Candidate of Philosophy, Associate Professor  
I.V. ZHURAVLEVA, Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo,  
E-mail: butyrina\_marina18@mail.ru, zhuravleva\_irina@mail.ru

## Evaluation of the effectiveness of scientists

*Abstract.* The paper discusses the controversial issues of the application of scientific metric indicators for assessing the effectiveness of scientific activity.

*Key words:* scientometrics, citation index, Hirsch index, impact factor.

Существуют разнообразные критерии оценки эффективности научной деятельности: финансовые, кадровые, инновационные и т.п. Одними из самых известных и спорных из них являются библиометрические, к которым принято относить число научных публикаций, индекс цитирования, наличие патентов, соавторство.

Существует особая область исследований науки – «наукометрия», основанная известным американским науковедом Д.Д. де Сола Прайсом, которая использует методы математической статистики для анализа потока научных публикаций, ссылочного аппарата, роста научных кадров, финансовых затрат. В результате разрабатываются различные показатели учета научных публикаций и активности их авторов, которые закладываются в основу рейтингов ученых, вузов, стран.

Количество научных публикаций (статей, монографий, учебных пособий, патентов и т.п.) и ссылок на них (индекс цитированности) являются важными индикаторами признания, продуктивности, основой для аттестации, присвоения ученых степеней и званий, присуждения медалей, премий, установления размеров оплаты труда в научном или образовательном сообществе.

Индекс цитируемости рассчитывался на основе суммарного числа ссылок на труды учёного до тех пор, пока в 2005 г. аргентино-американский физик Хорхе Хирше не разработал индекс для оценки продуктивности научной деятельности (h-index, критерий Хирша). Индекс Хирша основан на учёте числа публикаций учёного и числа цитирований этих публикаций. Расчет индекса Хирша имеет существенные недостатки. Он не дает объективной оценки качества научной публикации, во многом зависит от области научных знаний (например, в биологии, медицине h-индекс намного выше, чем в физике, химии, социальных и гуманитарных науках), возраста учёного.

Считается, что для оценки качества продукта научной деятельности лучше использовать такой показатель, как импакт-фактор журнала (разработан в 1950-60-х гг.), в котором опубликована статья. Чем влиятельнее журнал, тем больше ученых его читают и цитируют. Импакт-фактор рассчитывается следующим образом: число ссылок на статьи, опубликованные в данном журнале, делится на количество опубликованных в журнале статей за два-пять лет. Чем выше импакт-фактор научного журнала, тем престижнее публикация в нем. За публикации в таких журналах ученых могут премировать, в первую очередь профинансировать их заявки на исследовательскую деятельность. Однако импакт-фактор также зависит от области науки, временного отрезка («публикационного окна») и других факторов [2].

Чтобы учёный мог рассчитать свой индекс цитируемости, он должен знать, кто на него ссылается. Для этого необходимы специальные базы данных.

Одной из основных международных наукометрических баз данных является Web of Science Core Collection (1960-е гг. XX в.). Она содержит записи статей из наиболее влиятельных журналов в мире, журналы (более 12 тыс. из них имеют импакт-фактор), материалы конференций (более 160 тыс.) и книги. Web of Science охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам и искусству. Данная платформа имеет встроенные возможности поиска, анализа и управления библиографической информацией. Доступ к ней осуществляется по подписке.

Крупнейшей в мире ежедневно обновляемой базой данных рефератов и цитирования является SciVerse Scopus (2004 г.), которая также доступна только по подписке. Данные из Scopus признаны Минобрнауки РФ в качестве критериев общероссийской системы оценки эффективности деятельности высших учебных заведений. По данным, опубликованным в 2018 г., в Scopus индексируется около 23 тыс. научных журналов. По числу публикаций Россия занимает 13-е место, лидерами являются США и Китай. Индекс цитирования российских научных статей невысокий [1].

В целом, из более чем 3 тыс. российских научных журналов, в зарубежных библиографических базах представлены лишь около 150 (не более 5 %) [3].

Для более объективной оценки эффективности научной деятельности в разных странах создаются национальные базы данных. В 2006 г. был введен Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Эта информационно-аналитическая система содержит более 2 млн публикаций российских авторов, информацию о цитировании этих публикаций из более 3 тыс. российских журналов. Доступ к базе данных требует регистрации. Необходимо отметить, что импакт-фактор РИНЦ отличается от импакт-фактора Web of Science, так как используются разные библиографические базы данных.

Наукометрические параметры, используемые для оценки научной работы, породили ряд серьезных проблем в научном сообществе РФ. Учитываются прежде всего количественные показатели научных публикаций безотносительно к их качеству. Кроме этого, распространена практика самоцитирования, перекрестного договорного цитирования, продажи «хирш-услуг» (так, стоимость публикации в базе данных Scopus на сайте BIG TIME – от 42 тыс. руб., в базе данных Web of Science – от 55 тыс. руб.) [3].

Таким образом, существующая в России система оценки эффективности работы ученых заставляет их добиваться высоких наукометрических показателей иногда в ущерб качеству научно-исследовательской деятельности, что не способствует развитию отечественной науки. Следует надеяться, что появятся новые, более совершенные индикаторы для оценки эффективности научной деятельности.

### Литература

1. **Иваницкая Е.В.** Статья как элемент научной коммуникации: особенности формирования научного авторитета в международном сообществе // Научный редактор и издатель. – 2018, № 3 (1–2). – С. 47.

2. **Королева Т.С.**, Васильев И.А., Торжков И.О. Критерии оценки эффективности деятельности научных учреждений // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. № 2, 2014. С. 94-111 // URL: <http://docplayer.ru/27300051-Kriterii-ocenki-effektivnosti-deyatelnosti-nauchnyh-uchrezhdeniy.html> (дата обращения 20.02.2021).

3. **Розенберг Г.С.** «Хиршивость» науки и период полураспада цитируемости научных идей // Междисциплинарный и прикладной журнал «Биосфера». 2018. Т. 10. № 1. С. 52-64 // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hirshivost-nauki-i-period-poluraspada-tsitiruемости-nauchnyh-idey/viewer> (дата обращения 19.02.2021).

УДК378.091.3:005.963.1

Н.В. ВЕРЕМЬЁВА, к.п.н., доцент,

Смоленский государственный университет  
214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4  
E-mail: weremjow@yandex.ru

### **Применение проектной деятельности в организации образовательного процесса: опыт и возможности**

*Аннотация.* В статье рассматривается опыт применения технологии проектной деятельности в решении задач образования обучающихся.

*Ключевые слова:* проектная деятельность; технология; развитие личности

N.V. VEREMYOVA, Candidate of Sciences in Pedagogy,  
Associate Professor

Smolensk State University  
214000, Smolensk, Przheval'skogo str., 4  
E-mail: weremjow@yandex.ru

### **Usage of project activities in the organization of the educational process: experience and opportunities**

*Abstract.* Experience of using the technology of project activity in solving the problems of students education is considered in the article.

*Key words:* educational management; technology; personal development.

В условиях организации современного образования с целью формирования компетентного и конкурентно способного будущего профессионала одной из ключевых задач является задача создания психолого-педагогических условий для творческого развития и самореализации обучающихся. Особое значение в решении выдвинутой задачи отво-

дится проектной деятельности. Известный философ и педагог Джон Дьюи выделил педагогическое значение проектной деятельности и проекта в совместном (педагога и обучающегося) осмыслении процесса, которое превосходит его развитие; в выявлении внешних условий, в которых развивается проект; в информированности о том, что происходило в схожих обстоятельствах в прошлом; в подходе, синтезирующем результаты изучения настоящих условий и знания о прошлом. Дж. Дьюи рассматривал проектную деятельность как продуктивную образовательную технологию, которая в применении является мощным педагогическим деятельностным инструментом, способным внести особое образовательное содержание, что обеспечит формирование таких навыков у обучающихся, которых «никакой другой технологией не воспитать». В образовании проектная деятельность и проект, согласно Дж. Дьюи, выполняют следующие функции:

- это метод продвижения от идеи к действию, структурируя этапы всего процесса;
- это способ изменения социальной среды, в которой они реализуются;
- это средство и путь получения знаний через активную познавательную деятельность;
- это результат коллективной деятельности, обязательным элементом которой выступает оценка, устанавливающая связь между замыслом и результатом.

Основными функциями проектной деятельности в современном образовательном процессе являются: исследовательская, аналитическая, прогностическая, преобразующая, нормирующая. Следует отметить, что проектная деятельность носит двойственный характер: это деятельность идеальная, направленная на планирование лучшего результата, и деятельность технологическая, ориентированная на процесс реализации планируемого.

Основными элементами проектной деятельности являются субъект и объект проектирования, его цель, технология реализации, средства, методы и условия проектирования. Субъектом проектирования выступают инициаторы и представители управленческой деятельности (преподаватели, представители руководства или предприятий, научные и экспертные советы и др.), а также - полноправные участники образовательного процесса (студенты, участники инициативных групп, родители обучающихся и др.). Объекты проектирования могут быть представлены объектами материального и нематериального характера (продукты моделирования и программирования, услуги, рекламные кампании и процессы, формы деловых и межличностных отношений и др.). В проектной деятельности особое внимание уделяется условиям (внешнего и внутреннего характера) проектной деятельности (т.н. - проектному фону), существенно влияющим на качество и продуктивность деятельности, установлению отношений между участниками этой деятельности

по достижению ожидаемого результата. Цель проектирования – получение определенного результата, выражаемого в определенном (будущем) продукте проектной деятельности (например, состояние или отношения личности, системы отношений или процессов). Средства – это совокупность приемов и операций, необходимых для достижения цели (вербальные и невербальные средства и приемы, технический инструментарий, сети взаимодействий, программное обеспечение, различные наглядные материалы и т.п.). Методы – это пути и способы совместной деятельности участников образовательного процесса, обеспечивающие достижение целей и решение поставленных задач (мозговой штурм, коллективная творческая деятельность, метод аналогий, структурная декомпозиция, метод ситуационного анализа, сетевое взаимодействие, имитационное моделирование, и др.)

Применение технологии проектной деятельности нашло отражение в организации образовательного процесса на протяжении длительного периода в практике работы автора статьи с обучающимися различных уровней и ступеней образования.

Решение задач по созданию и обеспечению психолого-педагогических условий личностного роста будущих специалистов по связям с общественностью в ИГЭУ [4, 7] основывалось, в том числе, на идеях технологии проектной деятельности. Ярким примером является организация и проведение практико-ориентированных занятий и тренингов формирования толерантных отношений по «принятию себя», «принятию других», осмысления своей роли и значимости во взаимодействии с окружающими [8].

Успешность подготовки будущих менеджеров в сфере экономических отношений во многом связана с особенностями развития рефлексивной стороны их личности. Применение технологии проектной деятельности в организации учебных занятий позволило выстроить продуктивный процесс формирования у студентов Смоленского филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова установок на осознанное и ответственное стремление к карьерному росту через осмысление понимания его связи с результатами личностного роста в профессиональной деятельности [1, 2]. Задача предупреждения и профилактики возможных затруднений в педагогической деятельности у будущих педагогов (направленность (профиль) - «Образовательный менеджмент») также успешно решается путем применения данной технологии как одной из ведущих [5].

Как известно, в высших учебных заведениях процесс подготовки будущих специалистов организуется с учетом принципа преемственности и связи с общеобразовательными учреждениями. Следовательно, в проведении исследования нами изучаются возможности применения технологии проектной деятельности на разных ступенях организации обучения и воспитания школьников как будущих студентов. Помимо этого, наше внимание было обращено на организацию деятельности самого педагога в применении данной технологии с целью повышения

продуктивности его профессиональной деятельности и модернизации педагогического процесса. В педагогической практике чаще всего используются следующие пути педагогической модернизации: внедрение результатов опытно-экспериментальных исследований, применение новых образовательных технологий, педагогическое творчество и инновация. Опыт применения технологии проектной деятельности в педагогической практике как средства оптимизации традиционных форм организации обучения и воспитания [3, 6, 9] доказал значимость и эффективность такого подхода к решению задач обучения, развития и воспитания школьников.

В заключение необходимо отметить, что вопрос применения технологии проектной деятельности в организации образовательного процесса актуален в теории и практике как одно из направлений исследования возможностей и перспектив не только относительно обучения, воспитания и развития обучающихся, но и их продуктивной социализации, а также - в изучении проблем адаптации молодых специалистов в различных сферах их профессиональной деятельности.

#### Литература

1. Веремьева Н.В. Карьерный и личностный рост в профессиональной деятельности / Проблемы экономической безопасности и таможенного регулирования: поиск эффективных решений. Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Таможенное дело». 2020. С. 116-122.
2. Веремьева Н.В. Незатрудненное общение как фактор личностного роста / Социально-экономическое развитие региона: опыт, проблемы, инновации. Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Смоленский филиал. Смоленск, 2020. С. 17–22.
3. Веремьева Н.В. Особенности моделирования компетентностно ориентированных уроков в современной школе / Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. Иваново, 2017. № 1. С. 26–35.
4. Веремьева Н.В. Педагогические условия стимулирования личностного роста будущих специалистов / Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. Иваново, 2014. № 1. С. 52-59.
5. Веремьева Н.В. Предупреждение затруднений педагогической деятельности у будущих педагогов / Учитель и время: материалы XV международной конференции, посвященной памяти А.Е. Кондратенкова. Смол. гос. ун-т. Смоленск: СмолГУ, 2020. № 15. С. 26-33.
6. Веремьева Н.В. Пути и средства оптимизации традиционного урока / Научный поиск. 2015. № 3.1. С. 69-71.
7. Веремьева Н.В. Реализация личностно развивающего педагогического процесса в вузе. / Научный поиск. 2013. № 4.1. С. 18-19.
8. Веремьева Н.В. Тренинг как компетентностно-ориентированная технология обучения в вузе / Аксиологические проблемы педагогики: межвузовский сборник

научных трудов. Смоленский государственный университет. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2019. № 10. С. 35-42.

9. Веремьева Н.В., Малицкая Е.В. Решение задач развития личности учащихся в современной школе / Личность в пространстве и времени. Смол. гос. ун-т. Смоленск: СмолГУ, 2019. № 8. С. 71-78.

УДК 32.019.5 159.92:378

Т.Б. КРЮКОВА, к. п.н.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34  
E-mail: tanya183@yandex.ru

### **Психологическая устойчивость как фактор формирования антиэкстремистских установок в молодёжной среде**

*Аннотация.* В статье обозначает проблема распространения идеологии экстремизма через информационно-коммуникационные технологии. Молодёжь особенно подвержена воздействию экстремистской пропаганде. Поэтому обозначается необходимость формирования психологической устойчивости молодых людей к информационному влиянию экстремистских материалов и закрепление установок среди молодёжи на неприятие экстремизма.

*Ключевые слова:* молодёжная среда, информационно-психологическое воздействие, экстремизм, психологическая устойчивость, антиэкстремистские установки

T.B. KRYUKOVA, PhD

Ivanovo State Power Engineering University,  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo,  
E-mail: tanya183@yandex.ru

### **Psychological stability as a factor in the formation of anti-extremism attitudes among young people**

*Abstract.* The article deals with the problem of spreading the ideology of extremism through information and communication technologies. Young people are particularly vulnerable to extremist propaganda. Therefore, it is indicated the need to develop psychological stability of young people to the information influence of extremist materials and to consolidate attitudes among young people to the rejection of extremism.

*Key words:* youth environment, information and psychological impact, extremism, psychological stability, anti-extremism attitudes

Становление глобального информационного общества оказывает влияние на социальные процессы и явления, которые приобретают новые ранее не исследуемые черты. Новые коммуникационные технологии, большое количество многоаспектной информации, широкий и



простой доступ к информационным ресурсам воздействуют на сознание молодежи.

В современных условиях «информационных войн» всё большую популярность приобретают практики манипуляции массовым сознанием путём искажения информации либо преподнесения её в «нужном ракурсе». Человек в данных ситуациях выступает в качестве объекта воздействия, которого сначала вводят в заблуждение, в потом выдают материал для безусловного принятия. Конечная цель процессов манипуляции индивидуальным и массовым сознанием – управление общественными процессами.

Молодёжь в силу своих возрастных, индивидуально-психологических особенностей и небольшого жизненного опыта подвержена интенсивному информационно-психологическому влиянию сильнее других социальных групп. Эксперты отмечают, что для молодёжной среды характерна трансформация стихийных деструктивных форм поведения в сознательные экстремистские проявления. А также, принимая во внимание, что будущее страны во многом определяется гражданской позицией молодых людей, то оттого, что они думают и что осознают, зависят вопросы безопасности страны.

В целом очевидна проблема необходимости формирования у молодых людей иммунитета к экстремистской пропаганде. Актуальность проблемы противодействия экстремизму признана на государственном уровне. Так одна из приоритетных задач государственной молодёжной политики – «создание условий для повышения культуры информационной безопасности в молодёжной среде как эффективного инструмента профилактики экстремизма, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным и другим признакам» [1].

Поэтому актуальными вопросами, стоящие перед обществом и требующие своего разрешения – как распознать информационные манипуляции? способны ли молодые люди отличать информационные манипуляции экстремистской направленности? какими компетенциями должен обладать молодой человек, чтобы распознать данное воздействие?, как сохранить устойчивость в условиях информационно-психологического воздействия? как противостоять негативному воздействию? каковы условия формирования невосприимчивости личности к информационно-психологическому воздействию материалов экстремистской направленности?

Обозначенная проблема требует поиска эффективных подходов к формированию у молодёжи устойчивости к экстремистской пропаганде на основе правовой грамотности, социально-культурной эрудиции, готовности к реализации стратегии собственного личностного и профессионального развития.

Считаем, что особую роль в способности молодёжи противостоять информационно-психологическому воздействию экстремистских материалов играют внутренние психические механизмы реагирования и

адаптации к жизненным обстоятельствам, которые проявляются как психологическая устойчивость.

*Задача работы* состоит в освещении взаимосвязи психологической устойчивости и антиэкстремистских установок.

*Анализ полученных данных.* В науке понятие «устойчивость» имеет множественные значения: психологическая устойчивость, эмоциональная устойчивость, устойчивость к стрессу, профессиональная устойчивость, личностно-социальная устойчивость, информационная устойчивость (В.В. Аршинова, 2007; Е.Б. Богатова, 2015, Н.Н. Телепова, 2012; С.В. Хусаинова, 2019; Г.Ю. Фоменко, 2009, С.В. Шведова, 2005 и др.). В жизни человека психологическая устойчивость представляется как способность адаптивного реагирования на стрессовые факторы внешней среды. Иными словами, психологическая устойчивость – это о том, как «процветать» под давлением неблагоприятных факторов.

Психологическая устойчивость многогранна и обладает характером открытых систем. Лежащие в основе психологической устойчивости механизмы самоорганизации и саморегуляции позволяют адаптироваться к стрессовым, трудным ситуациям и выходить за их пределы.

В рассмотрении сущности категории психологической устойчивости выделяют содержательные и процессуальные составляющие. Процессуальный компонент трактуется как выход за пределы ситуации, включающий в себя ряд этапов: – осознание смысла произошедшего события; – контроль над ситуацией; – повышение самооценки и различные варианты проблемно-решающего поведения. Содержательный компонент рассматривает исследователями через следующие компоненты: 1) субъективный жизненный мир, который выстраивается человеком в процессе его жизнедеятельности; 2) особенности ценностно-смысловой сферы (чем более значимое место в смысловой сфере занимает находящийся в опасности объект, тем более интенсивный потенциал совладения с возникшей трудностью развивается для защиты, сохранения и утверждения данной ценности); 3) личностные детерминанты психологической устойчивости (самоконтроль, волевая саморегуляция, самооценка).

Установка – это определённый взгляд на предмет, человека или идею, основанный на убеждениях, эмоциях и поведении система [цит. по 2, С.25] Антиэкстремистские установки (АЭУ) – это интегральная система установок, направленных на прогнозирование, пресечение и предупреждение экстремистской деятельности. Особенность этих установок состоит в их парадоксальности, так как о их существовании узнаём только тогда, когда они не сформированы у субъекта или сформированы частично.

Понятие антиэкстремистской установки может быть разработано на основе классических подходов к исследованию установки (Д.Н. Узнадзе, 1961; Н.А. Бернштейн, Н.Н. Соколов, 2004; В.А. Ядов, 1975 и др.). Современные исследования (М.А. Юшко, 2014; С.В. Меркулов, 2020;

Ф.Р. Филатов, 2013) пытаются подойти к анализу АЭУ со стороны формирования толерантности либо со стороны ценностно-смысловых и ценностных установочных процессов.

Анализ показал, что на сегодняшний день ещё нечётко разработан понятийный аппарат сущности антиэкстремистской установки, условий и методов ее формирования.

*Результаты работы.* В качестве выводов к работе стоит отметить, что сформированность психологической устойчивости у молодёжи будет способствовать становлению и развитию антиэкстремистских установок. Осознавая свою субъектность, применяя механизмы саморегуляции, понимая свои личные и профессиональные цели, молодёжь будет с лёгкостью преодолевать трудности, избегать от информационно-психологического воздействия экстремистских воззрений и способствовать противодействию распространения идеологии экстремизма.

### Литература

1. **Основы** государственной молодежной политики Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 29 ноября 2014 г. N 2403-р. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. **Юшко, М.А.** Формирование антиэкстремистских установок в молодежной среде с помощью информационного контента современных СМИ / М.А. Юшко // Северо-кавказский психологический вестник. – 2012 – Т.12. – С. 25-29.

УДК 1:316:159.9:316.6

О.И. ГАЙОСИНСКАС, инженер, руководитель фирмы

Компания «Ole Engineering»  
BT32 4FB, г. Банбридж, 19 Бишопс Грин, Северная Ирландия,  
Объединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии  
E-mail: olegasgajosinskas@gmail.com

### Проблема артикуляции ожидания как причина гуманитарных катастроф

*Аннотация.* В статье рассматриваются причины возникновения гуманитарных катастроф, связанные с проблемой артикуляции ожидания и отсутствия релевантной информации для принятия решений.

*Ключевые слова.* Гуманитарная катастрофа, информация, ожидания, артикуляция, достоверность данных.

Olegas GAJOSINSKAS, engineer, head of the company

Ole Engineering,  
BT32 4FB, Banbridge, 19 Bishops Green, Northern Ireland, UK  
E-mail: olegasgajosinskas@gmail.com

### **Problem of articulating of expectations as a humanitarian disaster cause**

*Annotation.* The article discusses the causes of humanitarian disasters associated with the problem of articulating expectations and the lack of relevant information for decision-making.

*Key words:* humanitarian disaster, information, expectations, articulation, data accuracy

Понятие «гуманитарная катастрофа» вошло в обиход в конце XX века. Обычно при использовании этого термина подразумевают эмоционально-неприятные трагические события в жизни общества, приводящие к физическим и моральным страданиям широких масс, культурной деградации, разрушению их образа жизни, утрате достоинства и перспектив. Основная причина гуманитарных катастроф – некомпетентное или безответственное управление обществом, что проявляется, прежде всего, в неспособности властей прогнозировать последствия принимаемых (или не принимаемых) решений, игнорировании потребностей народа.

Властным элитам потребности населения интересны только в определенных периоды электорального цикла, когда возникает необходимость грамотно выстраивать избирательную кампанию. Вне этой задачи власти часто даже не догадываются, что именно интересует население, что следует предложить и дать. Поэтому в середине электорального цикла победившая на парламентских выборах партия теряет свою популярность, а перед очередными выборами она начинает активно интересоваться потребностями масс, чтобы восстановить доверие избирателей [1,4].

Но основная проблема заключается не в том, что власть не знает или игнорирует потребности масс. Проблема в том, что власть имущие убеждены, что могут и должны формировать эти потребности, управлять ими. Массам объяснят, что и зачем им, массам, нужно. Работает аргументация из разряда «Вы просто не понимаете, не знаете всего, не видите полной картины и перспективы. Потому что тем, кто выше, виднее». Такова сущность власти и винить ее в том, что власть свои властные полномочия использует так, как считает нужным, неконструктивно. Необходимо в убедительной и мотивационной форме доносить до власти информацию о потребностях различных групп населения, артикулировать ожидания масс в отношении поведения власти. Невысказанные ожидания никто даже не сможет принять во внимание. Фик-

сация ожиданий в политических документах недостаточна. Ожидания должны звучать, постоянно присутствовать в информационном поле.

Чем больше инженерный проект и чем большее количество людей он затрагивает, тем выше риск того, что даже те, кто мог бы донести до правящей элиты свои ожидания, промолчат, надеясь, что их интересы будут учтены. Но те, кто говорят от имени гуманитарного общества, имеют свои интересы и цели, зачастую не совпадающие с ожиданиями масс, которые так и не были озвучены.

Является ли гуманитарная катастрофа в данном случае следствием «инженерных» ошибок (ошибок проектирования общественных процессов, структур и институтов) или следствием неумения найти выход из гуманитарного кризиса? Способны ли инженеры общества видеть гуманитарную перспективу? Существует ли гуманитарная перспектива вообще, или любой инженерный проект есть лишь инструмент, всех последствий использования которого предвидеть и предотвратить невозможно? Также возникает вопрос – кто будет отвечать на все эти вопросы? Принимающие решения властные элиты? А исполнители пусть тогда сосредоточатся на технических деталях реализации принятых решений? Пожалуй, основной фактор в вопросе предотвращения катастроф – качество элит, принимающих решения, их мотивация, самостоятельность, компетентность, ответственность. Главная характеристика элит в ситуациях грозящего гуманитарного кризиса – знание потребностей общества, умение вести диалог с обществом, опыт в принятии ответственных решений, минимизирующих риски для общества.

Проектирование социума – своего рода крупный инженерный проект, не исключаяющий ошибки проектирования. Современные технологии изменили и то, что можно назвать ценой ошибки. Цена ошибки стала гораздо выше, и исправлять ошибки на конечном этапе крупных инженерных проектов стало сложнее. Однако сварка и болгарка как инструменты, обесценивающие аккуратность, с одной стороны и жесткие стандарты этапов проектирования, применяемые в системной инженерии на основе требований военных стандартов [3], обеспечивающих минимизацию ошибок, с другой стороны – приводят к тому, что ошибок, которые мы видим и можем исправить, становится меньше. Но это не значит, что в проекте будут учтены все последствия, все перспективы его влияния на природу и общество. И дело не в требованиях зеленых или еще иных природоохранных структур – их требования известны и бывают учтены. Дело в том, что мы не знаем где и как мы можем нарушить тонкий баланс и насколько его можно нарушать, надеясь на то, что он восстановится.

Оценивая инженерный проект под названием «общество» важно понимать, что аргументация не равна мотивации и аргументы зачастую скрывают мотивы. Действия зависят в первую очередь от мотивов, аргументы же призваны действия оправдывать (подобно классическому разведению понятий и «причина войны» и «повод для начала войны» –

глубинные мотивы и попытка оправдать). А мотивы основываются на ценностном выборе принимающих решение элит.

В качестве модели возникновения и разрешения гуманитарного кризиса рассмотрим известную «проблему вагонетки», сформулированную еще Филиппой Фуд в 1967 году, то есть более 50 лет назад [5]. За это время появилась масса вариантов этой задачи и подходов к ее решению. Да и отношение к человеческой жизни тоже изменилось. Перед индивидом больше не стоит так остро вопрос «свобода или смерть?». Общество постепенно урезало свободы личности, но в потребительском обществе умирать из-за отсутствия утраченных свобод желающих находится немного. Наоборот, в таком обществе люди начинают жить так, будто смерти нет, и любое дело можно перенести в будущее. Все популярнее установка, пришедшая из гештальтпсихологии, «жить здесь и сейчас», содержанием которой является получение удовольствий, впечатлений и переживаний сегодняшнего дня. Откладывать на завтра можно бесконечно, забывая, что сама жизнь конечна и ограничена. Как писал в своих произведениях М. Булгаков, человек «внезапно смертен». Но именно осознание этого факта, скорее всего, и побуждает обывателя стремиться не к долгосрочным свершениям, а к текущим удовольствиям.

Применяя и усложняя сценарий «проблемы вагонетки» [2], как модель принятия решений в ситуации гуманитарного кризиса, рассмотрим следующие варианты.

*Первый сценарий.* На первом пути поперек рельсов лежат привязанные люди. Их не много, всего 3 % из тех, кто участвует в эксперименте. Но вагонетка, если продолжит движение по первому пути, их переедет и убьет. На втором пути лежат все остальные, но если вагонетка двинется по этому пути, то проедется по ногам или рукам, то есть не убьет, но покалечит, и качество их жизни ухудшится. Есть стрелка, которую можно перевести, и вагонетка прокатится не по первому пути, а по второму. И чтобы усложнить ситуацию, предположим, что за первой вагонеткой через неизвестное, но сравнительно небольшое время последует вторая. Но ее уже с первого пути не убрать.

Проблема вагонетки перестает быть проблемой, как только стрелочника привязывают к рельсам.

*Второй сценарий.* На втором пути вместо большой группы людей лежит пьяный невменяемый представитель иной расы. Возникает вопрос: «Сколько людей нужно положить на первый путь и кому дать управлять стрелкой, чтобы у проблемы появилось морально приемлемое для современного общества решение?»

Фундаментальная аксиома (как и все фундаментальные утверждения содержащая в себе если не ошибку, то выбор одной, якобы очевидной истины из нескольких неоднозначных вариантов), принимаемая в данной проблеме, заключается в том, что все люди равны. То есть  $x_1 = x_2 = x_3$  и т. д. На самом деле неизвестные нам люди – это  $x$ ,  $y$  и про-

чие алгебраические знаки, равенство которых умозрительно и совершенно не очевидно. А уж если вдруг оказывается, что «мы что-то знаем...».

Выход из гуманитарного кризиса можно рассматривать, как нахождение решения проблемы вагонетки. Потому что поезд, переезжающий множество людей, это и есть метафора гуманитарной катастрофы. А невозможность нахождения однозначного и устраивающего все общество решения – гуманитарный кризис.

В процессе развития общества неоднозначные решения должны приниматься постоянно и вынужденно. Отказ от вмешательства – это тоже решение, причем зачастую не лучшее.

Рассматривая стрелку из приведенной выше проблемы в качестве метафоры (важной составляющей инженерного проекта общества), обратим внимание на детали, которые часто выпадают из поля зрения. Эти детали не просто влияют на принятие решения, но и во многом обуславливают его. А именно: как происходит управление стрелкой, что конкретно делает человек, принимающий решение? Нажимает кнопки сам, физически передвигает рычаг (переводящий стрелку), либо просто отдает приказ эту стрелку перевести? Как деятель контролирует процесс? А самое главное – откуда берутся данные о том, какие поедут вагонетки и есть ли люди на путях? От сложности принятия решения при неполных данных мы неожиданно переходим к проблеме принятия решения на основе недостоверных данных (проблеме достоверности данных), к вопросу о том, как находить релевантные данные.

Возвращаясь к главной мысли статьи, сформулируем основную проблему – откуда взять данные, в случае, когда общество молча ждет, считая, что те, кто выше сами предложат и сами дадут? Данных нет. Даже статистические опросы содержат ответы на заданные определенным образом вопросы. Откуда взяться правильным данным, если не заданы правильные вопросы? Кто будет формулировать так называемые правильные вопросы? Каковы его мотивы? Кто будет артикулировать ответы на эти вопросы? Каковы его мотивы?

Философия призвана объяснять картину мира и происходящее, прогнозировать и направлять (определять ориентиры). Но философские концепции больше не работают на развитие общества. Можно, конечно, утверждать, что это сбой в матрице [6], но реально необходима новая философская система, позволяющая не только объяснить законы, на основе которых функционирует современная реальность, но и нормализовать ее. Нужна, своего рода, квантовая философия, в полном объеме принимающая и понимающая принципы неопределенности и относительности.

#### Литература

1. Anderson R., Heath A. Informed Preferences and the electoral Cycle in Britain, 1992-1997 // Working paper of Centre for research into elections and social trends. Department of Sociology, University of Oxford. September, 2000. №. 82 [Электрон-

ный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.crest.ox.ac.uk>.

2. Jarvis Thomson, Judith (1985). «The Trolley Problem» Yale Law Journal. 94 (6): 1395 – 1415.

3. John A. Marshall MIL-STD-001” - A SYSTEM STANDARD (THEORY OF SYSTEMS = ACQUISITION REFORM!\*) в материалах симпозиума INCOSE International Symposium, July 1996.

4. Miller W.L., Tagg S., Britto K. Partisanship and party preferences in government and opposition: the mid-term perspective // Political Studies, 1986. V. 21. P. 263 – 279.

5. Philippa Foot, «The Problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect» in Virtues and Vices (Oxford: Basil Blackwell, 1978) (originally appeared in the Oxford Review, Number 5, 1967.)

6. Pickstone, J.V. Ways of Knowing: a New History of Science, Technology and Medicine. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

УДК 304

К.Л. ЕРОФЕЕВА, д-р филос. наук, профессор

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: [xenia.erofeeva@mail.ru](mailto:xenia.erofeeva@mail.ru)

### **«Зеленый университет» как региональная проблема: актуальные аспекты**

*Аннотация.* Работа посвящена проблеме воспитания экологического сознания у студентов технических вузов. Перечисляются задачи современного вузовского образования, связанные с кризисом природопользования. Рассматривается понятие «зеленый университет», дается его определение в праксиологическом и прогностическом аспектах. Предлагаются конкретные меры по формированию и развитию экологически ориентированных университетов.

*Ключевые слова:* «зеленый университет», студенты вуза, экологическое сознание, экологическое воспитание, проблемы природопользования, моральное отношение к природе,

EROFEEVA, K.L., D. Sc. (Philosophy), Professor.

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya str., 153003, Ivanovo  
E-mail: [xenia.erofeeva@mail.ru](mailto:xenia.erofeeva@mail.ru)

### **“Green University” as a Regional Problem: actual aspects**

*Abstract.* The present work deals with the problem of developing the environmental consciousness and education in students of engineering and technical universities and colleges. It enumerates the tasks of the modern higher educational system which are related to the environmental management crisis. The author analyses the concept of the “green university”, provides its definition in its praxeological and prognostic aspects. The article proposes the specific measures for the organisation and the development of the environmentally oriented universities.



*Key words:* "green university", university and college students, environmental consciousness, environmental education, environmental management problems, moral attitude to nature.

Экологические проблемы современного общества уже около полувека остаются в центре внимания региональной ивановской философии, ее ноосферной школы. Один из представителей этой школы, профессор Г.С. Смирнов подчеркивает, что «глобальная экологическая проблема... выражает наиболее важные противоречия современного этапа развития человеческой цивилизации, материальной жизни общества, логики его хозяйственной эволюции, эволюции общественного бытия» [1; С.105]. К сожалению, обнаружившийся в 60-70-е годы XX века экологический кризис не только не преодолен, но и углубляется с каждым годом. Одно из проявлений его – сокращение количества лесов на планете. Хотя за последние 10–5 лет темпы этого сокращения несколько замедлились, проблема остается острой [2]. Один из последних правовых государственных документов о природопользовании –

Федеральный закон от 09.03.2021 N 35-ФЗ "О внесении изменений в статьи 80 и 98.1 Лесного кодекса Российской Федерации". Он также не содержит решения, а некоторые аналитики видят в нем даже возможность ухудшения ситуации [3]. Проблема сбережения и воспроизводства зеленых насаждений не исчерпывается экономической составляющей. Нельзя забывать, что леса – это «легкие Земли», они вырабатывают кислород, а поглощают углекислый газ, что в современной ситуации жизненно важно для жителей нашей планеты.

Одна из причин, по которым в должной мере не решается названная проблема, это отсутствие адекватного экологического сознания, как у рядовых граждан, так и у представителей власти. Объективной необходимостью, в этой связи, остается система мер по экологическому воспитанию молодежи. В особенности это касается студентов технических вузов – завтрашних инженеров, тех, кто в каждодневной практике производства будет оказывать сильное, как правило, негативное воздействие на природу. Еще на рубеже XX-XXI веков философы ноосферной школы внимательно анализировали причины неуспеха ноосферного образования в целом, и экологического – в частности [4].

Сегодня, спустя еще два десятилетия, задачи вузовского образования, связанные с кризисом природопользования – это первоочередные задачи [5]. В процессе их решения повысится чувство патриотизма и гражданской ответственности молодых людей, разовьется эстетическое восприятие природных объектов, углубится понимание здорового образа жизни и усилится мотивация к нему.

Решение этих задач предполагает:

Во-первых, усиление экологической проблематики в теоретических курсах *для всех* специальностей и направлений;

Во-вторых, включение в учебные планы специальных курсов по экологической этике, эстетике природных объектов и т.п.

В-третьих, практическое участие студентов в озеленении города и пригородных территорий.

Решение последней из этих задач содержит для вузов определенные организационные трудности (поиск площадей для зеленых насаждений, привлечение специалистов, партнеров и пр.), но только сочетание всех трех названных компонентов экологического воспитания может обеспечить полноценный воспитательный эффект.

Высшее образование должно ориентироваться на идеал «зеленого университета» - вуза, в котором теория и практика экологического сознания и поведения существуют в неразрывном единстве. В практическом аспекте «зеленый университет» – это вуз, в котором студенты

Во-первых, демонстрируют высокий уровень информированности об экологической ситуации региона, страны, а также – в глобальном масштабе;

Во-вторых, активно осваивают прилегающие к учебным корпусам территории, создают «зеленые зоны», высаживают деревья и систематически ухаживают за ними;

В-третьих, участвуют в озеленении города и региона, сотрудничая с природоохранными организациями и другими заинтересованными социальными институтами.

Концепт «зеленого университета» имеет мощный прогностический потенциал. Он позволяет выстраивать стратегии экологического воспитания молодежи с учетом конкретной динамики природоохранной деятельности, решать вновь возникающие тактические задачи.

Борьба с нарушениями природоохранного законодательства в обществе необходима. Однако она представляет лишь негативный аспект проблемы взаимоотношений общества и природы, их гармонизации. Позитивный аспект – это восстановление утраченного природного богатства. Деятельность «Зеленых университетов» может и должна быть направлена именно на этот аспект.

#### **Литература**

1. Смирнов Г.С. Образование ноосферы: локальное мебиус глобальное / Г.С. Смирнов. – Иваново: Иван. гос. ун-т. 2017. – 416 с.
2. Отчет продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций за 2020 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/ru/>
3. Федеральный закон от 09.03.2021 N 35-ФЗ "О внесении изменений в статьи 80 и 98.1 Лесного кодекса Российской Федерации". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103090023>
4. Буровский А.М. Ноосферное образование – причины не востребованности // Ноосферное образование в России. Иваново. Иван. гос. ун-т. 2001. С. 221–224.
5. Шилов М.П. Красные книги спасения природы и культуры // Аграрный вестник Верхневолжья. – Иваново: ИГСХА. – 2015. – № 4. – С. 53–64.

УДК 314.174

Е.С. РЕВЯКИН, к. ист. н., доцент

Ивановский государственный университет  
153025 г. Иваново, ул. Ермака, 39  
e-mail: revyakinevgeni@rambler.ru

## **Современная демографическая ситуация в Ивановской области: тенденции и проблемы**

*Аннотация.* Рассмотрена демографическая ситуация, наблюдавшаяся в Ивановской области в 2019 и 1920 годах. На основе официальных статистических данных проанализированы основные демографические процессы: рождаемость, смертность, миграция, брачность, разводимость, протекавшие в данном регионе в этом году.

*Ключевые слова:* демографическая ситуация, рождаемость, смертность, миграция, брачность, разводимость, естественная убыль населения, миграционный прирост населения

REVYAKIN E.S.,  
Candidate of Historical Sciences, Associate Professor

## **Modern demographic situation in Ivanovo Region: trends and problems**

Ivanovo State University  
39, Ermaka str., 153025, Ivanovo,  
e-mail: revyakinevgeni@rambler.ru

*Abstract.* The demographic situation observed in the Ivanovo region in 2019 and 2020 is considered, based on official statistics, the main demographic processes are analyzed: birth rate, mortality, migration, marriage, divorce, which took place in this region this year.

*Key words:* demographic situation, fertility, mortality, migration, marriages, divorces, natural population decline, migration growth

Демографическая ситуация (обстановка) – это характеристика состояния демографических процессов (рождаемости, смертности, миграции, брачности, разводимости, воспроизводства населения), проходивших в регионе или в стране в определенное время, чаще всего в том или ином году.

Демографическая ситуация в Ивановской области в 2019 году оставалась сложной и противоречивой, характеризовалась дальнейшим сокращением численности населения. По данным Федеральной службы государственной статистики, численность населения области на 1 января 2020 года составила 997,135 тысяч и сократилась за 2019 год более чем на 7 тысяч человек, то есть на 0,7 % (в 2017 году – на

8,5 тысяч, в 2018 – на 10,3 тысяч). Таким образом, общая убыль населения несколько снизилась.

Негативным явлением, ухудшающим демографическую ситуацию в области, является начавшееся в 2016 году снижение рождаемости. В 2019 году она снизилась почти на 13 % (в 2016 – на 4,9 %, в 2017 – на 8 %). При этом в предыдущие годы она неуклонно росла. Так, в 2005 году число родившихся составило 9639, в 2010 – 11078, в 2013 – 11732. За 2015 год рождаемость в области увеличилась чуть более чем на 0,5 %.

Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 населения) в 2019 году составил в области 7,9 ‰, что несколько ниже его уровня в Центральном федеральном округе (9,4 ‰) и еще ниже, чем в целом по стране (10,1 ‰). При этом рождаемость во всей России за 2019 год снизилась на 7,5 %, хотя за прошедшее десятилетие она постоянно росла.

Положительным явлением в области является начавшееся снижение смертности. Так, в 2019 году число умерших в области уменьшилось с 16208 до 15807, то есть на 2,5 %. За 2018 год она наоборот увеличилась в регионе почти на 3 %. При этом в предыдущие годы она неуклонно снижалась, например, в 2016 на 2,5 %, в 2015 на 4,9 %.

Основными причинами наступления смерти стали: 1) болезни системы кровообращения (39,9 %); 2) новообразования (14,6 %); 3) внешние причины (5,5 %); 4) болезни органов пищеварения (6,5 %); 5) болезни органов дыхания (3,1 %); 6) инфекционные болезни (0,8 %). Из внешних причин 8,2 % составили случайные отравления алкоголем; 19,5 % - самоубийства; 7,8 % - убийства; 3 % - случайные утопления; 11,77 – транспортные несчастные случаи, в том числе 10,7 % - дорожно-транспортные происшествия; 45,8 % - другие причины.

При этом смертность в данном регионе является достаточно высокой. Так, в 2019 году общий коэффициент смертности (число умерших на 1000 населения) составил в Ивановской области 15,8 ‰, что значительно выше, чем в Центральном федеральном округе (12,7 ‰) и в целом по России (12,3 ‰). В то же время данный показатель в большинстве областей Центрального федерального округа также является высоким. Исключение составляют Белгородская (13,4 ‰), Московская (12,1 ‰) области и Москва (9,6 ‰). При этом только в двух областях округа он выше, чем в Ивановской области. Это – Тульская (15,9 ‰) и Тверская (16,3 ‰) области.

В результате естественная убыль населения в Ивановской области увеличилась с -7074 в 2018 до -7856 в 2019, то есть более чем на 11,4 %. Это является отрицательным явлением, поскольку в предыдущие годы она снижалась.

Другим негативным фактором, ухудшающим демографическую ситуацию в области, является повышение уровня младенческой смертности. В 2019 число детей, умерших в возрасте до 1 года, увеличилось на 17,6 %. При этом в 15 из 18 субъектов Российской Федерации Цен-

трального федерального округа и во всей стране этот показатель снизился, при чем в ряде областей более чем на 20 %.

В результате коэффициент младенческой смертности (количество детей, умирающих на первом году жизни на 1000 родившихся) в 2019 году составил в области 4,9 ‰, что выше его уровня в Центральном Федеральном округе (4,4 ‰) и соответствует его уровню по всей России. По сравнению с 2018 годом он повысился в области почти на 36 %. При этом в 2018 году в Ивановской области он был ниже, чем во всем Центральном федеральном округе и в целом по России (соответственно 3,6 ‰; 4,7 ‰ и 5,1 ‰).

Значительным позитивным фактором, улучшающим демографическую ситуацию в области, является положительный миграционный прирост населения. Это – разность между числом прибывших и выбывших в данном регионе. В 2019 году он составил в области +816, что на 10,4 % компенсировало естественную убыль населения и снизило его общую убыль. Однако данный показатель в области является низким. В соседней Владимирской области в 2019 году положительный миграционный прирост (+2693) на 26,5 % компенсировал естественную убыль населения, которая составила -10143. В целом в России в данном году положительный миграционный прирост на 90 % компенсировал естественную убыль населения. Наиболее благоприятной ситуация является во всем Центральном федеральном округе, где положительный миграционный прирост (+285103) полностью компенсировал естественную убыль населения (-128583), что привело к увеличению численности населения округа почти на 55,5 тысяч.

При этом в предыдущие годы миграционный прирост в области был отрицательным: -3357 (2018), -2237 (2017). Это значительно выше, чем в предыдущие годы: -525 (2013), -754 (2014), -1326 (2016). Данное обстоятельство увеличило общую убыль населения. При этом ранее миграционный прирост в области был положительным: +3097 (2008), +795 (2011), +1045 (2012). Это частично компенсировало естественную убыль населения, например, в 2008 году на 32 %, в 2009 на 22,8 %.

При этом необходимо подчеркнуть, что за последние 10 лет общая убыль населения в Ивановской области значительно сократилась, что также является положительным моментом, поскольку в 1996–2006 годах она ежегодно составляла 12–17 тысяч человек, в 2007 году – 8 тысяч, в 2009 году – более 7 тысяч.

Неблагоприятным в области является и соотношение таких явлений как брачность и разводимость. Так, в 2019 году здесь было заключено 5478 браков и оформлено 3326 разводов. Количество браков по сравнению с 2018 годом сократилось на 3,5 %, а число разводов – на 16 %. Количество разводов на 1000 браков составило в области в 2019 году 607. Этот показатель является достаточно высоким: в целом по России он составил 576, а в Центральном Федеральном округе – 578. При этом общий коэффициент разводимости (количество разводов на 1000 насе-

ления) в области ниже, чем в других регионах округа и в целом по России. Так, в Ивановской области он составил 3,3 ‰, в ЦФО – 3,7, в РФ – 3,6.

В целом демографическая ситуация в Ивановской области в настоящее время значительно хуже, чем во многих других регионах и в целом в стране. Так, в 2019 году смертность здесь на 98,8 % превысила рождаемость, в ЦФО – на 34 %, во всей стране – на 21,3 %. В результате естественная убыль населения в области была в 2,4 раза выше, чем в Центральном Федеральном округе и в 3,6 раза – чем во всей России. В 2019 году во всех субъектах РФ Центрального федерального округа, за исключением г. Москвы, наблюдалась естественная убыль населения. Однако в Ивановской области коэффициент естественного прироста населения (отношение естественного прироста к среднегодовому населению, естественный прирост – разность между числом умерших и родившихся за определенный период времени) составил -7,9 ‰, а в целом по округу – -3 ‰. При этом только в Тульской области его отрицательная величина была выше, чем в Ивановской области и составила -8,3 ‰.

В 2020 году демографическая ситуация в области продолжала ухудшаться. Так, число родившихся уменьшилось по сравнению с 2019 на 4,9 %, а число умерших увеличилось на 10,7 %. В результате естественная убыль населения возросла с -7856 до -9940, что на 26,5 % выше по сравнению с 2019 годом. В итоге отношение числа умерших к числу родившихся (коэффициент депопуляции) в 2020 году составило 2,314, что на 16,3 % выше, чем в 2019 году. Кроме того, количество умерших от коронавируса составило в прошлом году 514. Число разводов на 100 браков также увеличилось за 2020 год с 717 до 839, то есть на 17 %.

Данная ситуация требует проведения в области продуманной демографической политики, большого внимания к этой сфере со стороны государства. Необходимо способствовать преодолению отрицательных явлений, сохранению положительных тенденций и улучшению демографической ситуации в регионе.

#### Литература

1. Демографический понятийный словарь / под ред. Л.Л. Рыбаковского. – М., 2003. – с. 76-77.
2. Практическая демография / под ред. Л.Л. Рыбаковского. – М., 2005. – с. 219-224.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (раздел «Население») - <http://www.gks.ru>

УДК 159.923:378

Н.Р. РОМАНОВА, к. психол. наук, доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: nrromanova@mail.ru

### **Патриотизм студенческой молодёжи: содержание, парадоксы, динамика**

*Аннотация.* Работа посвящена анализу содержания и динамики патриотических настроений студенческой молодёжи России. Приводятся результаты корреляционного анализа индикаторов патриотизма, выявляются внутренне противоречивые симптомокомплексы патриотических отношений, анализируется динамика патриотических настроений студентов за последние десять лет.

*Ключевые слова:* патриотизм, студенты вуза, структура сознания, готовность терпеть лишения, вера, гордость, Россия.

N.R. ROMANOVA, Ph.D in Psychology, docent

Ivanovo State Power Engineering University,  
34, Rabfakovskaya str., 153003, Ivanovo  
E-mail: nrromanova@mail.ru

### **Student patriotism: content, paradoxes, dynamics**

*Abstract.* The study is devoted to the analysis of the content and dynamics of patriotic sentiments of student youth in Russia. The results of the correlation analysis of indicators of patriotism are presented, internally contradictory symptom complexes of patriotic relations are revealed, and the dynamics of patriotic sentiments of students over the past ten years is analyzed.

*Key words:* patriotism, students, structure of consciousness, willingness to endure hardships, faith, pride, Russia

Сегодня как никогда остро встал вопрос об эффективности патриотического воспитания современной российской молодёжи. Работа началась, но пока не носит системный характер ни в вузах, ни в стране в целом. Акции, направленные на патриотическое воспитание скорее решают не проблему воспитания, а проблему отчётности (о том, что работа проведена). Некоторые действия субъектов воспитания просто сомнительны: либо неэффективны, либо имеют обратный эффект. Различные институты социализации действуют не согласованно и часто разнонаправленно. В частности, СМИ транслируют как патриотически-ориентированный, так и антипатриотический контент. Государственные программы патриотического воспитания принимаются на период в 4–5 лет. В них часто не прописаны ни конкретные результаты, ни критерии их достижения [9]. Кроме того, значительная часть планов составляется субъектами РФ, и мониторинг их деятельности состоит в проверке

соответствия результатов заявленным планам [7]. Ни результаты, ни планы не соотносятся со стратегической целью патриотического воспитания. Да и сама долгосрочная стратегия только обозначена. Основная ошибка, связанная с планами воспитания патриотизма, состоит в том, что эти планы реализуются параллельно деятельности институтов социализации. Поэтому и для властных структур и для институтов социализации воспитание патриотизма – всего лишь дополнительное низкооплачиваемое бремя. Власти часто просто «осваивают» выделенные средства и имитируют деятельность по патриотическому воспитанию, делая при этом существенные ошибки. Например, зачастую злоупотребляют самим термином «патриот», называя мероприятия, парки, объекты. Уж слишком очевидны и навязчивы интенции в этом случае. В парках нередки правонарушения, и если название парка будет появляться в СМИ в контексте криминальных происшествий, то с позиций НЛП-программирования эта связь («патриот», «патриотический» и преступление) – дискредитирует само понятие патриотизма. Так, в свое время американцы дали ЗРК название «Пэтриот». Комплексы защиты устарели, стали неэффективны, что негативно окрасило семантические коннотации термина «патриот». Также мала вероятность, что романтические свидания станут популярными в парке с таким названием, а ведь именно молодёжь является мишенью патриотического воспитания. Исключением является подмосковный парк «Патриот», проводимые мероприятия и тематические экспозиции которого как раз и ориентированы на патриотически настроенные слои населения. К тому же безопасность посетителей парка максимально обеспечена. Воспитание патриотизма должно стать системной деятельностью, а самое главное – тонкой, ненавязчивой, неочевидной. Иначе понятия и ценности патриотизма обесцениваются в молодёжном сознании, в силу работы механизма сатиации [8]. В религиозном воспитании укоренилось правило «Не поминай господа всуе». Также следует поступать и с понятием «патриотизм». Часто произносимые слова становятся банальными и перестают работать.

В научных кругах сформировался стереотип, что содержание патриотизма – константа. Прямых утверждений мы в литературе не находим, но и сомнений относительно константности тоже нет. Именно это имплицитное понимание и определяет критерии, посредством которых оценивается реальное состояние патриотизма в обществе. Структура патриотического сознания по общенаучному консенсусу включают следующие компоненты: мировоззрение, ценности, поведенческие установки [6]. Поведенческий компонент патриотического сознания включает ценностные отношения к семье, к труду, к отечеству, к культуре. По мнению Поздняковой О.К. и Крыловой Е.Л. истинный патриотизм проявляется, прежде всего, в ценностном отношении к Отечеству [2]. Индикаторы этого отношения: любовь к родине; гордость за свою страну,



родных и близких; готовность к самопожертвованию; готовность к лишениям и др. [5].

Содержание понятия патриотизм описано и не подвергается сомнению. Но конкретная специфика патриотического сознания определённого сообщества в изучаемый исторический период может отличаться, также как и уровень патриотизма. Основными детерминантами изменений уровня патриотизма признают исторические события, политические процессы в обществе, позицию политических элит. Зырянов С.Г. и Лесняк В.И. отмечают: «Важной закономерностью исторического развития патриотизма в нашем Отечестве является его прерывистый характер: за небывало высоким, всеобщим подъёмом, как правило, следует спад, депрессия и даже депатриотизация общества» [3]. Действительно патриотические настроения возрастают в периоды исторических побед (например, после возвращения Крыма в состав РФ) и падают после дискредитирующих страну или её граждан событий. Кроме того, как показала в своей диссертации Т.В. Беспалова, в современных общественных практиках патриотизм обнаруживает очевидные черты политического проекта национально-государственной идентичности российского переходного общества. Автор делает вывод, что «политическое измерение патриотизма в таком контексте лишает его интегративного статуса и заменяет электоральной эффективностью» [1]. А поскольку электоральная реальность циклична, как и активность политических сил, манипулирующих патриотическими чувствами, то и уровень патриотизма тоже цикличен.

Не только уровень, но и содержание патриотизма меняется под влиянием системы факторов. Социологи фиксируют рост национализма и экстремизма в обществе; негативизма, преступности, алкоголизма и наркомании в молодёжной среде. Сегодня подавляющее большинство подростков и юношей являются активными пользователями соцсетей, где пропагандируются ценности потребительского общества, индивидуалистической философии жизни; обесцениваются достижения старших поколений; идет разрушение эталонов, этических и эстетических норм; снимаются запреты; высмеивается патриотическое мировоззрение [11].

Исследование содержания понятия «патриотизм» (в мировоззрении российской молодёжи) от 2011 года показало, что 67 % опрошенных под патриотизмом понимало любовь к Родине, признавали важность подвигов предков и были готовы их повторить, 63 % испытывали гордость за принадлежность к русской нации [2].

Наши исследования коллективного сознания студентов показывают содержательную динамику молодёжного патриотизма. Ежегодно проводилось анкетирование обучающихся. Выборка составляла от 68 до 124 испытуемых. Студенты по 11-бальной шкале оценивали свою готовность терпеть лишения ради процветания России; готовность эмигрировать и послужить новой родине (возможно враждебной к России); веру в Россию; гордость родиной и родными за их деяния во благо

России; мечты о подвиге во имя России; восприятие западных стран как враждебных и др. Изменение уровня патриотизма по описанным параметрам побуждает усомниться в эффективности государственных программ патриотического воспитания. Результаты следующие. Показатель «готовность терпеть лишения ради процветания России», который уже в 2015 году оказался невелик (4,78 из 10 баллов), в 2021 году снизился до 2,56. Различия средних достоверны на 0,1% уровне значимости (Тф = 4,59, при Ткр = 3,29). Готовность эмигрировать во враждебную Россию страну выросла с 1,81 в 2015 году до 4,29 в 2021 (Тф = 4,14). Восприятие западных стран как враждебных с 8,03 в 2015 году снизилось в 2021 до 4,97 (Тф = 5,37). Терпимость к гомосексуализму выросла с 3,56 до 6,82 (Тф = 4,833). Упали показатели «Вера в Россию» (с 8,46 до 5,67) и «Гордость родиной» (с 9,25 до 6,32). При этом такие показатели, как «мечты о деяниях во благо России» и «гордость за родных и близких» изменились незначительно. Но в этих показателях выявились значимые различия по полу. Среднее значение у девушек по показателю «мечты...» в 2021 году составил 6,6, а у юношей 4,77 (Тф = 3,01 при Ткр = 2,58 на 1% уровне значимости). Различия по «гордости за близких...» также достоверны. Средний показатель у девушек 8,38, а у юношей 7,32 (Тф = 2,246 при Ткр = 1,98 на 5% уровне значимости). Девушки в 2021 году оказались более патриотичны. Что и не удивительно. Ведь многие юноши поступали в вуз не для того, чтобы получить образование, а для того, чтобы избежать призыва в армию.

Для более детального анализа динамики патриотизма мы выделили следующие выборки: 1) «готовы терпеть лишения ради России» и 2) «не готовы терпеть лишения ради России». Данные по выборкам были подвергнуты корреляционному анализу. Выявились как вполне ожидаемые связи отношенческих показателей, так и неожиданные. Готовые терпеть лишения не готовы эмигрировать во враждебную страну, что вполне прогнозируемо. Но и западные страны они не воспринимают как враждебные ( $r = -0,39$  на 1% уровне значимости). Нет значимых корреляций в этой выборке ни с гордостью за родных и родину, ни с верой в Россию. Но зато выявилась значимая корреляция с готовностью иметь большую семью (0,59 на 0,1%), с чем, очевидно, и связана готовность терпеть лишения. Парадоксальные корреляции выявились на выборке «не готовых терпеть лишения». Надо отметить, что таких в выборке 2021 года оказалось в 4 раза больше, чем готовых терпеть лишения (66 человек против 14). Те, кто был готов умеренно и недолго потерпеть лишения ради процветания родины, были не согласны, что жить надо в свое удовольствие ( $r = -0,31$  на 5% уровне значимости), верили в Россию ( $r = 0,36$  на 1%), гордились родными ( $r = 0,25$  на 5%). Таким образом, вырисовывается портрет современного российского студента-патриота: готов ради России потерпеть лишения, но недолго и небольшие; готов участвовать в выборах; готов быть для России полезным; потенциально не против большой семьи, но терпимо относится

к гомосексуальным отношениям; пока не утратил веру в будущее России; испытывает умеренную гордость за родину, родных и близких; не считает западные страны вражескими; уважает культуры других народов; не собирается жить только для себя; не склонен к эмиграции.

Результаты многолетних исследований показали, что патриотизм содержательно меняется. Это содержание индивидуализировано и определяется не только прошлыми и текущими историческими событиями, состоянием общества и его институтов, но также и демографическими особенностями личности, её планами на жизнь и перспективами.

При разработке долгосрочной стратегии патриотического воспитания необходима диагностика состояния патриотического сознания молодёжи и на этой основе точный выбор средств, технологий и мишеней воздействия.

### Литература

1. Беспалова, Т.В. Патриотизм как форма социокультурной идентификации в конфликтных условиях российского переходного общества // Автореф. дис. ... д-ра филос. наук: 09.00.13. Санкт-Петербург, 2011. – 50 с.
2. Зайцева, О.А. Патриотизм в сфере молодёжи // Мониторинг общественного мнения, 2011. – № 4 (104). – С. 103 – 106.
3. Зырянов, С.Г., Лесняк, В.И. Современный российский патриотизм: основные подходы к интерпретации // Социум и власть, 2013. – №2 (40). – С. 11 – 16.
4. Иванова, С.Ю. Патриотизм как фактор развития духовности русского народа и российского общества. – URL: <http://www.chestisvet.ru/index.php47icN105>.
5. Кольцова, В.А., Соснин, В. А. Социально-психологические проблемы патриотизма и особенности его воспитания в современном российском обществе. Психологический журнал. – № 4. – 2005. – С. 89 – 97.
6. Позднякова, О.К., Крылова, Е.Л. Структура патриотического сознания молодёжи: педагогический аспект // Самарский научный вестник, Т.8 №3 (28). –2019. – С. 304 – 310.
7. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2015 г. N 1493 «О государственной программе «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016 – 2020 годы» (с изменениями и дополнениями)».
8. Романова, Н.Р. Гражданское выгорание как фактор абсентеизма и аполитичности студенческой молодёжи // Психолог: журнал. – Москва: ООО «НБ-Медиа». – 2017. – №3. – С.35 – 50
9. Романова, Н.Р. Семейное и патриотическое воспитание: психологический анализ государственных программ (на 2000 – 2005, 2006 – 2010, 2011 – 2015 годы). // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – Краснодар: Наука и образование, – 2015. – №3, ч.2. – С.98 – 102.
10. Романова, Н.Р., Полянская Е.И. Психологическое исследование феноменов патриотизма и предательства // Интернаука, – №3(3) Часть 2. – 2016. – С. 45 – 47.
11. Флоря, В.М., Безгодов Д. Н., Волкова О. А. Патриотическое воспитание студенческой молодёжи как объект социологического анализа // Вопросы управления, 2018. – С 106 – 109.

УДК 378.1

А.Ю. МЯГКОВ, д-р социол. наук, профессор

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфakovская, 34  
E-mail: myagkov@rambler.ru

### **Академическая нечестность студентов: эмпирические формы и последствия**

*Аннотация.* Работа посвящена анализу проблемы академической нечестности среди вузовских студентов. Рассматривается понятие «академическая нечестность», дается его операциональная интерпретация, описываются основные виды и формы мошеннических практик студентов. Оцениваются негативные последствия и риски академической нечестности для российских университетов.

*Ключевые слова:* академическая нечестность, студенты вуза, плагиат, фабрикация, обман, мошеннические практики, саботаж.

A.Yu. MYAGKOV, Doctor of Sociology, Professor

Ivanovo State Power Engineering University,  
34, Rabfakovskaya str., 153003, Ivanovo  
E-mail: myagkov@rambler.ru

### **Academic dishonesty of students: empirical forms and consequences**

*Abstract.* The work is devoted to the analysis of the problem of academic dishonesty among university students. The concept of «academic dishonesty» is considered, its operational interpretation is given, the main types and forms of fraudulent practices of students are described. The negative consequences and risks of academic dishonesty for Russian universities are assessed.

*Key words:* academic dishonesty, university students, plagiarism, fabrication, academic cheating, sabotage

Академическая нечестность – универсальный, социально и культурно обусловленный феномен, поразивший образовательные системы практически всех, как развитых, социально благополучных, так и развивающихся стран мира. Жульничество в учебе сегодня встречается на всех уровнях и ступенях образования – от начальной школы до аспирантуры. Что касается вузов, то, как свидетельствуют исследователи, обманные практики для получения учебных преимуществ используют студенты самых разных направлений и специальностей – будущие медики и математики, биологи и инженеры, экономисты и гуманитарии [1]. При этом различные исследования фиксируют неуклонный рост масштабов распространения этого явления.

Для российских университетов проблема недобросовестного поведения студентов стоит весьма остро, что со все большей тревогой осознается нашим экспертным и академическим сообществом [2].

Академическая нечестность – отнюдь не столь безобидна, как может показаться на первый взгляд. Ее распространение имеет крайне вредные и опасные последствия не только для участников самого образовательного процесса, но и для общества в целом.

*Во-первых*, мошеннические практики подрывают престиж и авторитет высшего образования, негативно отражаются на репутации конкретных вузов, которые становятся менее привлекательными для абитуриентов и потенциальных работодателей.

*Во-вторых*, эмпирически доказано, что академическая нечестность – надежный предиктор будущего девиантного поведения выпускников. «Те, кто обманывают в колледже, – подчеркивают Ж. Истман и ее коллеги, – более склонны обманывать и на работе» [3, р. 7]. Студенты, привыкшие использовать нечестные приемы в вузе, почти автоматически переносят их в практику трудовых отношений. Специальные исследования по изучению этой взаимосвязи показали, что те респонденты, которые были замечены в мошенничестве в период вузовского обучения, чаще других совершали девиантные и даже делинквентные поступки: опоздывали и раньше уходили с работы, завышали количество отработанного времени и командировочных расходов, незаконно использовали скидки на продукцию фирмы, воровали инструменты и оборудование компании, работали в состоянии алкогольного или наркотического опьянения и др. [4, р. 137].

*В-третьих*, обманные практики в вузах, если они не получают должной оценки и остаются безнаказанными, разлагающе воздействуют на добросовестных студентов, разрушая их учебную мотивацию, установки на трудовые способы получения знаний и обесценивая их собственные достижения.

*В-четвертых*, академическая нечестность негативно сказывается на психологии и творческой отдаче вузовских преподавателей, вызывая неудовлетворенность трудом и разного рода профессиональные разочарования. По данным одного из американских исследований, 77% опрошенных профессоров согласились с утверждением, что «работа со студентами-обманщиками – один из наиболее тягостных аспектов нашей профессии» [5].

В зарубежной научной литературе, а также в «кодексах чести» ряда западных колледжей и университетов (см., напр.: [6]) понятие академической нечестности традиционно определяется через следующие виды поведения.

*Плагиат* – умышленное или неумышленное присвоение чужих мыслей, идей, цитат, данных, исследовательских результатов и т.д. без ссылки на автора.

*Фабрикация* – фальсификация данных, информации, библиографических ссылок или цитат в любом учебном задании; искусственное создание (выдумывание) результатов непроведенного исследования или эксперимента.

*Обман* – фальшивое оправдание нарушения сроков выполнения задания; ложь в оправдание отсутствия на проверке знаний.

*Мошенничество (включая электронное)* – попытка оказать или получить внешнюю помощь в выполнении учебного задания (например, покупка курсовых работ, рефератов и т.п.); неразрешенное использование гаджетов и интернета (в частности, мобильных телефонов) для скачивания информации при выполнении задания или во время академических испытаний.

*Саботаж* – действия, направленные на создание искусственных препятствий другим студентам в выполнении учебной или научной работы. Например, вырывание страниц из библиотечных книг, удаление данных из компьютера, насильственное прерывание лабораторного эксперимента, проводимого другими и т.п.

Между тем это, по-видимому, далеко не полный перечень возможных проявлений нечестности в академической среде. При проектировании нашего эмпирического исследования по оценке масштабов распространения и причин воспроизводства данного явления среди студентов технического вуза мы выделили 12, на наш взгляд, наиболее часто встречающихся видов академической недобросовестности обучающихся, содержание которых будет раскрыто в нашем докладе.

#### Литература

1. Carpenter D.D., Harding T.S., Finelli C.J. The Implications of Academic Dishonesty in Undergraduate Engineering on Professional Ethical Behavior. 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/30856007\\_The\\_Implications\\_of\\_Academic\\_Dishonesty\\_in\\_Undergraduate\\_Engineering\\_on\\_Professional\\_Ethical\\_Behavior](https://www.researchgate.net/publication/30856007_The_Implications_of_Academic_Dishonesty_in_Undergraduate_Engineering_on_Professional_Ethical_Behavior).
2. Дремова О.В. В поисках справедливости в университете: критика и оправдание практик академического мошенничества студентами / О.В. Дремова, Н.Г. Малошонок, Е.А. Терентьев // Мониторинг общественного мнения: социальные и экономические перемены. 2020. № 4. С. 366–394.
3. Eastman J.K., Iyer R., Reisenwitz T.H. The Impact of Unethical Reasoning on Different Types of Academic Dishonesty: An Exploratory Study // Journal of Colledge Teaching and Learning. 2008. Vol. 5. No. 12. P. 7–15.
4. Quintos M.A. A Study on the Prevalence and Correlates of Academic Dishonesty in Four Undergraduate Degree Programs // Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research. 2017. Vol. 5. No.1. p. 135–154.
5. The effects of Academic Dishonesty. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.k12academics.com/Academic%20Dishonesty/effects-academic-dishonesty>.
6. What is Academic Dishonesty? Distance Education in Berkeley City Colledge. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.berkeleycitycollege.edu/wp/-de/what-is-academic-dishonesty/>.

## СЕКЦИЯ 16.

### «СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МЕНЕДЖМЕНТА»

УДК 658.64

Ю.В. ВЫЛГИНА, к.э.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: jvilgina@mail.ru

#### Особенности цифрового маркетинга

*Аннотация.* В работе приведен анализ основных тенденций цифрового маркетинга.

*Ключевые слова:* цифровая экономика, цифровой маркетинг, цифровизация бизнеса.

J.V. VYLGINA, PhD in Economics

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: jvilgina@mal.ru,

#### Features of digital marketing

*Abstract.* The paper provides an analysis of the main trends in digital marketing.

*Key words:* digital economy, digital marketing, business digitalization.

Цифровая экономика формирует новые тренды и направления развития бизнеса, трансформирует сферы деятельности, создает новые ниши и рынки. Это приводит к созданию новых бизнес-моделей, базирующихся на принципах клиентоориентированности. Этот подход подразумевает фундаментальные изменения в подходах к управлению, корпоративной культуре, внешних коммуникациях.

Активное развитие информационных технологий, являющееся главной причиной формирования цифровой экономики, формирует особое влияние на маркетинговую деятельность организаций, преобразовывая традиционные подходы к ней в принципиально новые виды деятельности: электронная коммерция, онлайн-реклама и т.д. Появился и широко применяется термин «цифровой маркетинг» (digital marketing). Вопросы использования цифровых технологий в маркетинге рассматривали Р. Kotler, D.R. Bell, Д. Роулз, Ю.Н. Соловьева, О.У. Юлдашева, Г.А. Корнилов и др.

Цифровой маркетинг – это маркетинг, обеспечивающий взаимодействие с клиентами и бизнес-партнерами с использованием цифровых информационно-коммуникационных технологий и электронных

устройств. С позиции маркетинга, цифровая трансформация – это не единичное мероприятие или действие, а одно из ключевых направлений маркетинговой стратегии развития бизнеса, непрерывный процесс, позволяющий отслеживать изменения окружающей среды и использовать цифровые технологии для укрепления конкурентных позиций в цифровом экономическом пространстве. Сущность трансформации процесса управления маркетинговой деятельностью состоит в ускоренном применении стремительно развивающихся цифровых технологий для решения ключевых маркетинговых задач, таких как анализ конкурентной ситуации, мониторинг цен, мероприятия по продвижению товаров и услуг в виртуальной среде, презентации товаров и услуг покупателям и прочее.

Цифровизация бизнеса открывает дорогу к инновационным способам развития предприятий, а развитие маркетинговой деятельности в условиях цифровки маркетинговых функций предполагает наряду с такими традиционными каналами, как интернет-реклама, прямые почтовые рассылки, мобильная связь и так далее, использование социальных медиа, социальных сетей (Facebook, Instagram и др.), цифровых платформ взаимодействия потребителей и поставщиков (Booking, Airbnb, Uber), различных сервисов (Яндекс.Пробки, Яндекс.Деньги и т.п.). Быстрая реализация и распространение технологий IoT, Big Data, AI и ML, сравнение которых представлено в табл. 1, и других цифровых технологий привели к развитию новых категорий бизнес-моделей, среди которых цифровые платформы; сервисные бизнес-модели, основанные на использовании ресурсов вместо владения ими (Software-as-a-Service (SaaS), Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Robots-as-a-Service, City-as-a-Service и др.); бизнес-модели, в основе ценообразования которых лежит достижение результатов и эффекта для клиента (Product-as-a-Service (PaaS); краудсорсинговые модели, базирующиеся на привлечении внешних ресурсов для реализации бизнес-процессов; бизнес-модели, основанные на монетизации персональных данных клиентов.

Таблица 1. Сравнение основных понятий цифровых технологий

Понятие	Определение	Использование в маркетинге
Интернет вещей (Internet of things, IoT)	Концепция пространства, в котором все из аналогового и цифрового миров может быть совмещено (Роб ван Краненбург, основатель Европейского совета по Интернету вещей)	Упрощенный обмен данными о продажах, трансформация ритейла. «Умные» CRM. Способность устройств самостоятельно оценивать свое состояние. Создание релевантной рекламы, усовершенствование SMM.



Окончание таблицы 1

Понятие	Определение	Использование в маркетинге
Большие данные (Big Data)	Большой поток плохо структурированных и не связанных друг с другом данных, полученных из несвязанных источников, их анализ и построение моделей прогнозирования события на их основе (Клиффорд Линч)	Сегментация клиентов, повышение лояльности и уменьшение оттока клиентов (user-level). Разработка и вывод новых продуктов. Оптимизация интеграций в цепи поставок. Повышение качества клиентского сервиса. Прогнозирование продаж. Изменение работы с социальными сетями. Формирование структурированных данных о клиентах. Дизайн и аналитика данных. Персонализация веб-сайта. Автоматизация email-рассылок
Искусственный интеллект (Artificial intelligence, AI)	Позволяет имитировать когнитивные функции человека, включая самообучение, способность компьютеров выполнять задания, для которых требуется человеческий интеллект.	Оптимизация затрат на рекламу, сфера коммуникаций. Углубленное знание клиента, построение карты клиентского пути. Мониторинг социальных сетей. Повышение точности получаемых данных, расширение области исследования рынка. Персонализация маркетинговых коммуникаций. Работа чат-ботов, виртуальных помощников
Машинное обучение (Machine learning, ML)	Класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач.	Целевая плата за действие (CPA). Окупаемость рекламы, плата за клик. Устранение людей из аналитики. Нахождение паттернов в действиях пользователей на сайте. Автоматизация маркетинговых процессов, адаптация под изменения и ввод новых данных. Возможность анализировать большой объем данных за меньшее количество времени, повышение качества анализа данных

Цифровая экономика очень повлияла на привычные подходы к ведению бизнеса. На рынке появились новые формы, в которых базовые активы становятся не нужны. Таким образом, в условиях дальнейшей цифровизации экономики, роста инновационной активности объективно возрастает роль маркетингового сопровождения деятельности.

#### Литература

1. Цифровая экономика: как специалисты понимают этот термин / РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20170616/1496663946.html> (дата обращения: 01.12.2020).

2. Надтока Т.Б, Матвеев Н.В. Трансформация маркетинговой деятельности предприятий в условиях цифровой экономики // Вестник института экономических исследований. 2017. № 4 (8). С. 70–77.
3. Морозов Е. Интернет вещей и умный дом – что это такое. URL: [https://www.iguides.ru/main/gadgets/other\\_vendors/internet\\_veshchey\\_i\\_umnyu\\_dom\\_chno\\_eto\\_i\\_kak\\_poyavilos/](https://www.iguides.ru/main/gadgets/other_vendors/internet_veshchey_i_umnyu_dom_chno_eto_i_kak_poyavilos/) (дата обращения: 01.12.2020).
4. Технологии Big Data: как использовать большие данные в маркетинге. URL: <https://www.uplab.ru/blog/big-data-technologies/> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Машинное обучение. URL: <https://www.tadviser.ru/a/349320> (дата обращения: 01.12.2020).

УДК 005.4

Е.О. ГРУБОВ, к.э.н., доцент,  
О.И. ЛАПШИНА

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: [egrubov@yandex.ru](mailto:egrubov@yandex.ru), [oilapshina@mail.ru](mailto:oilapshina@mail.ru)

### **Особенности бизнес-процессов инжинирингового центра цифровой энергетики**

*Аннотация.* Рассмотрены основные особенности бизнес-процессов инжинирингового центра цифровой энергетики на базе образовательной организации высшего образования.

*Ключевые слова:* бизнес-процесс, инжиниринговый центр, цифровая энергетика

E.O. GRUBOV, Ph.D.,  
O.I. LAPSHINA

Ivanovo State Power Engineering University  
153003, Ivanovo, Rabfakovskaya street 34  
E-mail: [egrubov@yandex.ru](mailto:egrubov@yandex.ru), [oilapshina@mail.ru](mailto:oilapshina@mail.ru)

### **Features of the digital power engineering center business processes**

*Abstract.* The main features of the business processes of the university-based digital power engineering center are considered.

*Key words:* business process, engineering center, digital power engineering

Одним из ключевых глобальных трендов развития энергетической отрасли является цифровизация – внедрение новейших цифровых и интеллектуальных технологических решений. Применение новых цифровых технологий позволит упростить, автоматизировать и решить широкий спектр задач в области энергетики – повышения эффективности и энергосбережения, гибкого управления спросом и предложением

на электроэнергию, децентрализации, применения возобновляемых источников энергии и др., а также создания и вывода на рынок инновационных образовательных и научно-технических разработок в энергетической отрасли. Программа цифровизации энергетики базируется на национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», которая является долгосрочной стратегией по развитию цифровых технологий в стране [1].

Для внедрения инновационных технологических решений востребованным направлением является создание и развитие инжиниринговых центров, способных оценивать их соответствие требованиям национальных и международных стандартов. Для этого в центрах должны быть сосредоточены экспериментально-исследовательская база, оснащенная соответствующим оборудованием, а также коллектив, обладающий навыками и компетенциями в соответствующей области.

ИГЭУ – ведущая образовательная организация, готовящая кадры для энергетической отрасли России, имеющая задел научных инновационных разработок для цифровой энергетики в виде решений заводской готовности. Перспективным направлением развития университета может стать создание на его базе инжинирингового центра цифровой энергетики, основными направлениями деятельности которого будут являться оказание инжиниринговых услуг в области проведения исследований и разработок, испытаний и аттестации импортного и отечественного электроэнергетического и электротехнического оборудования в соответствии с потребностями энергетических компаний, и оказание образовательных услуг по повышению квалификации и профессиональной переподготовке персонала энергетических и промышленных предприятий в области цифровой энергетики.

Перечень направлений деятельности инжинирингового центра цифровой энергетики определяет состав бизнес-процессов на операционной стадии реализации проекта по его созданию и развитию. Модель бизнес-процессов включает три основные группы процессов, объединенных по характеру деятельности и формируемым услугам [2]:

1) управляющие процессы – организация деятельности и управление;

2) основные операционные процессы – маркетинг и развитие инноваций в области цифровой энергетики (МИ); оказание инжиниринговых услуг в области проведения исследований и разработок, испытаний и аттестации импортного и отечественного электроэнергетического и электротехнического оборудования (ИУ); оказание образовательных услуг по повышению квалификации и профессиональной переподготовке персонала энергетических и промышленных предприятий в области цифровой энергетики (ОУ);

3) поддерживающие процессы – материально-техническое обеспечение; управление персоналом; управление финансами и бухгалтерский учет; ИТ-обеспечение и связь; юридическое обеспечение.

Основные операционные бизнес-процессы включают выполнение следующих подпроцессов (функций):

1) процесс МИ – определение проблемы и темы исследования по основным видам деятельности инжинирингового центра; составление программы исследования; сбор необходимой информации; анализ данных; подготовка отчета и выводов; принятие решений по развитию инноваций;

2) процесс ИУ – анализ запроса на оказание инжиниринговой услуги; разработка технического задания по инжиниринговому проекту; согласование с заказчиком – инженерной службой энергетического (промышленного) предприятия технического задания по инжиниринговому проекту; заключение контракта с заказчиком – энергетическим (промышленным) предприятием; подбор команды исполнителей инжинирингового проекта; проведение работ по инжиниринговому проекту; сдача-приемка работ по инжиниринговому проекту;

3) процесс ОУ – анализ запроса на оказание образовательной услуги; разработка технического задания по образовательному проекту; согласование с заказчиком – кадровой службой энергетического (промышленного) предприятия технического задания по образовательному проекту; заключение договора с заказчиком – энергетическим (промышленным) предприятием; подбор профессорско-преподавательского состава образовательной программы; разработка новой и (или) адаптация существующей образовательной программы в соответствии с требованиями заказчика; реализация образовательной программы; подготовка документов о квалификации.

Модель бизнес-процессов инжинирингового центра представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель бизнес-процессов инжинирингового центра цифровой энергетики

Реализация всех основных операционных бизнес-процессов, управляющего бизнес-процесса, ведение учета, обеспечение кадрами в части поддерживающих бизнес-процессов предполагается на площадке инжинирингового центра. Функционирование ряда поддерживающих бизнес-процессов инжинирингового центра может обеспечиваться с учетом возможностей развитой административно-хозяйственной, инфраструктурной, юридической инфраструктуры университета.

#### Литература

1. Современные инструменты менеджмента в энергетике и высокотехнологичных отраслях: монография / Под общ. ред. Е.О. Грубова; ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2020. 172 с.
2. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544 с.

УДК 65.014.1

Ю.В. ГРУБОВА, к.э.н., доц.  
О.Е. ИВАНОВА, к.э.н., доц.

Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфakovская, д.34  
e-mail: jgrubova@rambler.ru, ivanova-oe@bk.ru

### **Финансовые и маркетинговые аспекты деятельности инжинирингового центра цифровой энергетики**

*Аннотация.* В статье рассматриваются специфические аспекты деятельности инжинирингового центра цифровой энергетики с ориентацией на финансовую модель и маркетинговое сопровождение деятельности на рынке.

*Ключевые слова:* инжиниринговый центр, финансы, маркетинг, организация, процессы деятельности.

J.V. GRUBOVA, PhD in Economics  
O.E. IVANOVA, PhD in Economics

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
e-mail: jgrubova@rambler.ru, ivanova-oe@bk.ru

### **Financial and marketing aspects of engineering center functioning in the sphere of digital power energy**

*Abstract.* In the article authors consider specific aspects of digital power energy engineering center functioning with a focus on financial model and marketing supply of activity in market.

*Key words:* engineering center, finances, marketing, organization, functioning processes.

Цифровизация является одним из ключевых глобальных трендов развития энергетической отрасли. Внедрение новых цифровых технологий позволит упростить, автоматизировать и решить широкий спектр задач в области энергетики, а именно повышения энергетической эффективности и энергосбережения, возможности гибкого управления спросом и предложением на электроэнергию и др. [1].

Многие отечественные предприятия и научно-исследовательские организации имеют соответствующие разработки, готовые к внедрению в электроэнергетическую отрасль. Однако для скорейшего продвижения в электроэнергетику необходима тщательная проверка их соответствия нормам, обозначенным в национальных и международных стандартах. На рынок России со своими решениями также стремятся выходить и иностранные компании. Для внедрения новых технологических решений необходимо создание и развитие центров, способных оценить соответствие предлагаемых решений, в том числе инновационных, требованиям национальных и международных стандартов. Для этого в центрах должны быть сосредоточены экспериментально-исследовательская база, предназначенная для аттестации предлагаемых инновационных решений, оснащенная соответствующим оборудованием, а также коллектив, обладающий навыками и компетенциями в этой области, что делает вуз идеальной площадкой для создания инжиниринговых центров.

Объем внутреннего рынка инжиниринга к 2025 году планируется увеличить с 2,8 до 3,9 трлн руб. Такой параметр зафиксирован в дорожной карте в области инжиниринга и промышленного дизайна, утверждённой Председателем Правительства РФ М. Мишустиним [2]. Российский сектор технологического инжиниринга пока находится в стадии формирования и обладает значительными перспективами роста, подтверждающимися следующими факторами:

- увеличение инновационной активности предприятий;
- рост издержек производственных компаний на технологические инновации, при этом сохраняются значительные перспективы роста за счет увеличения количества инновационно активных компаний;
- реализация государственных программ по стимулированию инновационной активности предприятий, модернизации экономики, энергоэффективности и др.

Рынок инжиниринговых услуг в области цифровой энергетики является частью общего рынка инжиниринговых услуг. Исследуемый рынок следует отнести к категории B2B. Основными потребителями инжиниринговых услуг являются энергетические предприятия, участвующие в реализации концепции цифровой трансформации отрасли и имеющие потребности в услугах по исследованиям и испытаниям электроэнерге-

тического и электротехнического оборудования и внедрению решений в сфере цифровой энергетики. Емкость указанного рынка оценивается примерно в 700 млн руб. в год. В рамках реализации концепции цифровой трансформации энергетики имеется значительный потенциал роста сегмента рынка оказания инжиниринговых услуг, связанного с проведением испытаний, аттестацией, сертификацией и внедрением нового цифрового оборудования в энергетических системах. По оценке Минэнерго России, в силу эффекта низкой базы можно предполагать ежегодный темп прироста рынка на период до 2030 г. на уровне 15%.

На основе анализа данных, опубликованных в открытых источниках, сделаны следующие выводы о текущем состоянии отрасли. Наибольший удельный вес в структуре активов занимают оборотные активы (91%), что несколько больше, чем в целом по РФ (доля оборотных активов – 89%). Наибольший удельный вес в структуре затрат организаций, оказывающих инжиниринговые услуги, занимают оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда (46%), сырье, материалы, комплектующие (38%) [3].

Ключевые показатели эффективности продаж и активов инжиниринговых компаний в сравнении с экономическими агентами РФ в целом в 2019 г. представлены в табл.1.

**Таблица 1. Ключевые финансовые показатели деятельности инжиниринговых центров**

Показатель	Отрасль инжиниринга	В целом по РФ
Рентабельность продаж, %	9,4	4,6
Норма чистой прибыли, %	5,0	2,2
Коэффициент текущей ликвидности	1,7	1,5
Оборачиваемость активов, об.	1,94	2,66

Если рассмотреть модель финансирования инжинирингового центра по схеме 3/5 (3 – количество лет активного инвестирования в развитие, 5 – количество лет активной фазы выхода и закрепления на рынке), то прогнозные финансовые результаты, представленные в табл. 2, позволяют сделать вывод о его экономической эффективности и целесообразности реализации.

**Таблица 2. Прогнозные финансовые результаты деятельности инжинирингового центра, млн руб.**

Показатель	Инвестиционная стадия			Стадия развития и закрепления					ИТОГО
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Выручка	10,4	16,3	23,2	30,8	38,3	45,9	53,3	61,7	279,9
Операционная прибыль	10,4	16,3	23,2	6,06	7,98	9,74	11,6	14,3	99,58
Инвестиции	143	143	143	-	-	-	-	-	429
Дисконт. ден. поток	12,57	21,47	30,29	16,81	17,35	17,7	18,0	18,8	152,99

Таким образом, создание и развитие инжинирингового центра в сфере цифровой энергетики позволит вузу-инициатору проекта не только соответствовать задачам цифрового и технологического вооружения экономики и отрасли, но и генерировать дополнительную операционную прибыль. Деятельность инжинирингового центра может выйти на самоокупаемость уже на 7-8 год работы, что станет одной из точек роста вуза в сфере цифровой энергетики.

#### Литература

1. Современные инструменты менеджмента в энергетике и высокотехнологичных отраслях: монография / Под общ. ред. Е.О. Грубова; ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2020. 172 с.
2. Михаил Мишустин утвердил дорожную карту в области инжиниринга и промышленного дизайна. URL: <http://government.ru/news/39868/> (дата обращения: 18.03.2021).
3. Финансовый аналитик. URL: <https://www.audit-it.ru/finanaliz/> (дата обращения: 18.03.2021).

УДК 621.311:621.039

Н.И. ДЮПОВКИН, к.т.н.

Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: dean@fzvo.ispu.ru

### **Перспективы организации проектных работ в электроэнергетике**

*Аннотация.* В работе приведены результаты анализа тенденций развития техники и информационных технологий при проектировании и строительстве энергообъектов. Определены условия эффективного внедрения 3D-моделирования при проектировании и строительстве энергообъектов..

*Ключевые слова:* цифровизация, проектирование, 3D-моделирование, сетевое планирование и управление, энергообъект, инновация.

N.I. DYUPOVKIN, k.t.n.,

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: dean@fzvo.ispu.ru

### **Prospects for the organization of design work in the electric power industry**

*Annotation.* The paper presents the results of the analysis of trends in the development of technology and information technologies in the design and construction of power facilities. The conditions for the effective implementation of 3D modeling in the design and construction of power facilities are determined..



*Key words:* digitalization, design, 3D modeling, network planning and management, energy facilities, innovations.

Приоритетным направлением развития электроэнергетики в современном обществе является внедрение инновационных, технически эффективных и экономически выгодных технологий в отрасли. За последние 20 лет в мире активно внедряются инновационные решения, развивается рынок автоматизации, software решений для энергетического сектора и коммуникационные технологии, использование которых в нашей стране составляет менее 3-5%.

Концепция «Цифровая трансформация 2030» разработана во исполнение указов Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 [1] и от 07.05.2018 № 204 [2], в которых определены национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2030 года. Основой перехода электросетевых организаций к работе с использованием «цифровых сетей» является единая телекоммуникационная инфраструктура, выполненная на базе современных технологий. Предлагается осуществлять мониторинг всех процессов как можно ближе к источникам информации, передавать полученные данные во все подсистемы посредством волоконно-оптических линий связи и виртуализировать большинство функций, выполняемых на ПС. Внедрение такой системы обеспечит снижение коммерческих потерь, оптимизацию режимов работы оборудования сетевых организаций. Успешная цифровизация отрасли возможна при комплексной организации работ на всех уровнях технологического процесса в электроэнергетике.

Увеличение объема работ, которые должны реализовываться в рамках единой системы, требует сокращения времени и затрат на разработку проектов и их реализацию. Такой комплексный подход предполагает обеспечение согласованной работы всех участников разработки и реализации продукта. Тенденции развития этапа проектирования достаточно подробно рассмотрены в работе [3], где проведен анализ развития инструментов проектирования. О динамике изменений требований к проектированию можно судить по тому, что за 2019 и 2020 годы были заменены три основополагающих стандарта, определяющих требования к проектной документации [4,5,6].

Тенденции и требования к проектированию технически сложных объектов энергетики, сформулированные в работе [3] хорошо согласуются с принципами и процессами, заложенными в системе сетевого планирования и управления. Эта система может обеспечить согласованную работу на всех стадиях разработки и реализации системы объектов от сбора первичной информации до пуско-наладочных работ и сдачи объекта. Для этого необходимо на каждой стадии разработки и реализации выделять основные технологические цепочки и условия их согласования.

Современные инновационные 3D-технологии позволяют уменьшить время при решении задач, как на стадии проектирования, так и непосредственно при строительстве энергообъектов (электрических станций, подстанций, линий электропередач).

Для успешного внедрения 3D-технологий желательно выполнить следующие условия: организацию работ проводить на основе сетевого планирования и управления, при работе использовать лицензированное программное обеспечение всего комплекса работ, привлекать к работе заранее обученный персонал, формировать базы данных по оборудованию, обеспечить согласованную работу смежников, использование эффективной логистической системы.

Современные 3D-технологии на всех стадиях разработки и реализации проекта позволяют снизить затраты. Они успешно используются на стадии проектной документации – для визуализации генплана и вариантной проработки компоновочных решений технологических площадок. На стадии рабочей документации – для отработки технических решений. На стадии авторского надзора – для отслеживания отклонений от проекта.

Визуализация системы объектов применяется, когда необходимо видеть взаимное расположение сооружений на рельефе, причем максимально близко к реальным условиям. Это может обеспечить технология наземного лазерного сканирования. Сегодня это наиболее оперативный и точный метод сбора пространственных данных по объекту, имеющему большую площадь, сложную геометрию или насыщенному оборудованию и конструкциями. На основе полученных данных могут быть созданы любые чертежи — от планов и разрезов до загруженных трехмерных моделей энергообъектов. Следует отметить, что помимо оперативности сбора данных важным преимуществом использования систем наземного лазерного сканирования является выполнение измерений дистанционно, что особенно актуально на действующих станциях, подстанциях и площадках открытых распределительных устройств, где рабочий процесс протекает в непосредственной близости от действующего высоковольтного оборудования. Такая работа успешно проведена ЗАО «Геостройизыскания»

#### Литература

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы"
2. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 (ред. от 19.07.2018) "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года"
3. Ланин, Д.Г. Тенденции развития и пути совершенствования процесса проектирования технически сложных объектов энергетики / Ланин Д.Г., Красавин А.В.//Электрические станции.-Б.м...-2020.-№3.-С.10-16.
4. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации: ГОСТ Р 21.101-2020.

5. Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией: ГОСТ Р ИСО 10007-2019.
6. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Методология и формат: ГОСТ Р 10.0.03 - 2019 (ИСО 29481-1:2016).

УДК 339.138

И.В. ЖУРАВЛЕВА, к. соц.н., доц.  
М.В. БУТЫРИНА, к. филос.н, доц.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфakovская 34  
E-mail zhuravleva\_irina@mail.ru

### **Эмпирические возможности метода дискриминантного анализа для сегментации потребительского поведения**

*Аннотация.* В статье рассматриваются возможности применения метода дискриминантного анализа для поиска признаков сегментации потребительского поведения.

*Ключевые слова:* дискриминантный анализ, уравнение дискриминантной функции, целевой сегмент.

I.V.ZHURAVLEVA, Candidate of social sciences, associate professor  
M.V BUTIRINA, Candidat of philosophy, Associate Professor

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail zhuravleva\_irina@mail.ru

### **Empirical possibilities of the discriminant analysis method for segmentation of consumer behavior**

*Annotation.* The article discusses the possibilities of applying the method of discriminant analysis to search the features of consumer behavior segmentation.

*Key words:* discriminant analysis, discriminant function equation, target segment.

Несмотря на интерес к проблеме выделения целевых сегментов рынка, она по-прежнему остается одной из самых сложных в современном маркетинге. Это связано в первую очередь с тем, что сама сегментация может осуществляться по большому числу признаков, хотя чаще всего закладываются одни и те же демографические переменные. Среди них, как правило, выбирают пол и возраст респондентов. При всей своей кажущейся универсальности подобного рода сегментирование является априорным, а потому малоэффективным.

Результаты нашего исследования рынка платных медицинских услуг г.Иваново (n=154), проведенного по заказу одной из ивановских клиник,

опровергают данные стереотипы. В качестве значимых признаков сегментации вполне могут выступать совсем иные, не всегда априори очевидные критерии.

Не последнюю роль в процессе построения потребительских и покупательских сегментов играют методы статистико-математической обработки данных. В частности, мы использовали метод дискриминантного анализа, предназначенного для классификации респондентов по целевым группам, которые представлены уровнями одновариантной переменной. Результатом проведения этого вида анализа являются определяемые вероятности попадания каждого респондента в ту или иную группу [1, с.146]. В нашем случае в качестве зависимой переменной мы рассматривали удовлетворенность посетителей медицинским центром (поскольку именно показатель удовлетворенности оказывается чаще всего «ответственным» за лояльность потребителя). В качестве независимых переменных для построения дискриминантной модели мы пошаговым методом закладывали социально-демографические и поведенческие характеристики.

Оказалось, что для исследуемых сегментов различия существуют на основании только одной переменной – “количество в семье детей, младше 18 лет” ( $p \leq 0,05$ ). Четкость разделения между исходными сегментами (удовлетворённых и не удовлетворенных «своим» медцентром) определяется на основе расстояний между центроидами в группах: чем больше расстояние, тем больше различий между группами. В нашем случае для разных групп респондентов получились следующие значения центроидов (табл.1).

Таблица 1. Значения групповых центроидов, абс. Числа

Зависимая переменная: ответы на вопрос «Насколько Вы удовлетворены выбранным Вами медицинским центром?»	Центроиды
– В целом удовлетворен	-0,054
– В целом не удовлетворен	1,425

Далее на основании нестандартизированных коэффициентов дискриминантной функции мы построили дискриминантное уравнение.

$$Z = -2,193 + 1,551 \times \text{КД} \quad (1)$$

где КД – соответствующий вариант ответа на вопрос о количестве в семье детей младше 18 лет.

Подставив в дискриминантное уравнение соответствующие показатели КД, мы вычислили средние значения дискриминантных функций (табл.2).

Таблица 2. Средние значения дискриминантных функций, абс. числа

Значения использованной переменной (количество детей младше 18 лет)	Значения функции
– Ни одного	-0,642
– Один	0,909
- Двое	2,460
- Трое и более	4,011

Сравнив эти значения с полученными центроидами, можно сделать вывод о том, что клиенты, не имеющие в семье детей младше 18 лет ( $Z = -0,642$ ), с высокой вероятностью будут отнесены к группе с большей удовлетворенностью «своим» медицинским центром. А вот наличие хотя бы одного ребенка до 18 лет ( $Z \geq 0,909$ ) в целом снижает удовлетворенность от качества оказанных медицинских услуг. Более того, чем больше у клиента детей возраста до 18 лет, тем существеннее «отдаление» от центроида зависимой переменной со значением «В целом удовлетворен», а следовательно, выше вероятность отнесения этого пациента к группе неудовлетворенных.

В итоге руководству клиники-заказчика можно порекомендовать обратить внимание на работу с «детными» клиентами, поскольку они скорее окажутся неудовлетворенными работой медицинского центра. В то же время бездетные клиенты, демонстрирующие удовлетворенность, можно считать целевым сегментом клиники.

Таким образом, реализованные процедуры дискриминантного анализа позволили выделить неочевидные переменные, которые могут быть заложены в основу сегментации посетителей платных медицинских клиник. Дополнительное же использование других статистико-математических методов и процедур анализа рынка позволило бы гораздо эффективнее управлять покупательским и потребительским поведением.

#### Литература

1. Таганов Д.Н. SPSS: SPSS: Статистический анализ в маркетинговых исследованиях – СПб.: «Питер», 2005.

УДК 331.103.226

А.М. КАРЯКИН, д.э.н.

Ивановский государственный энергетический университет  
153003, г. Иваново, Рабфаковская, 34  
E-mail: karyakin@economic.ispu.ru

### Функции менеджера в условиях командной работы

*Аннотация.* В работе рассмотрены вопросы изменения функций менеджеров при использовании команд.

*Ключевые слова:* команда, командная работа, менеджер, лидер, координатор.

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: karyakin@economic.ispu.ru

## **Manager's role under team work conditions**

*Abstract.* The article presents the problematic of manager's role change, their functions in team work conditions.

*Key words:* team, team work, manager, leader, coordinator

Сегодня наблюдается значительное разнообразие видов и форм управления организациями при использовании команд. При этом значительно изменению подвергаются роли и функции менеджеров. В определенной степени можно говорить о ликвидации категории персонала – менеджер, и появлении новых категорий – лидер, коуч, координатор и т.п. Функции, которые были свойственны менеджерам, передаются на уровень команд. Таким образом удается уйти от многоступенчатых иерархических организационных структур к горизонтальным оргструктурам.

### **ЛИДЕР**

Функции лидера очень близки к функциям супервайзера, хотя и имеют определенные дополнения, связанные с построением команды и координацией ее деятельности. Используются при построении команд вокруг лидера – звездная форма. Часто такая форма применяется в качестве переходной к самонаправляемым командам, когда роль лидера начинает подвергаться ротации и функции лидера ограничиваются принятием оперативных решений [1].

### **МЕНЕДЖЕР-КООРДИНАТОР**

Широко используется в рамках динамических сетевых организационных структур. В случае работы нескольких команд исполнителей над одним проектом один из членов команды менеджеров входит в состав команды координаторов, членами которой являются один из членов команды исполнителей – координатор команды.

Команда менеджеров определяет главные цели проекта, распределяет отдельные задачи между командами исполнителей, обеспечивает команды исполнителей необходимыми ресурсами. Менеджер-координатор координирует работу команд, контролирует деятельность команд с учетом поставленных целей, при необходимости разрешает конфликтные ситуации возникающие между командами. Однако все эти функции он реализует как член команды координаторов, а не как лицо принимающее окончательное решение [2].

### **КОУЧ**

По моему мнению одним из наиболее показательных примеров трансформации функций менеджеров в функции коуча является фирма Buurtzorg (Нидерланды), занимающаяся социальной поддержкой жителей [3]. Компания имеет явно выраженную горизонтальную организаци-

инную структуру. Так в центральном офисе в г.Алмело работает около 30 человек, тогда как в компании насчитывается более 7000 сотрудников. Кроме того, в компании есть, так называемые, региональные коучи. Каждый коуч поддерживает от 40 до 50 команд (в команде не более 12 человек). В задачи коуча входят следующие обязанности:

- поддерживать команду в случае возникновения проблем в их деятельности (в основном психологическая поддержка);
- давать возможность команде сделать собственный выбор решения проблем, даже если коуч полагает, что знает лучшее решение;
- помогает командам подойти к решению проблемы исходя из поставленных целей;
- давать советы по решению проблем или поделиться опытом других команд.

С другой стороны, у команд есть большие возможности для решения проблем:

- формирование команды;
- распределение обязанностей внутри команды;
- ежегодная оценка результативности друг друга;
- разработка годовых планов деятельности и др.

### **ПРИГЛАШЕННЫЙ МЕНЕДЖЕР-КОНСУЛЬТАНТ**

В компании FAVI (Франция, Медно-литейный завод) в качестве основополагающей идеи в философии фирмы выступает «обратное делегирование». Считается, что команды в состоянии справиться со всеми возникающими задачами кроме тех, которые следует передать в команды поддержки (своеобразные координационные команды) либо подключить менеджеров-специалистов по конкретным направлениям. Кроме того, в компании существуют своеобразные роли – помощь командам в обмене опытом, идеями и практическими новациями и генератор новых идей [3].

### **СКРАМ-МАСТЕР**

Применения Agile-методологии при разработке проектов также изменило функции менеджеров. Ранее данная технология использовалась в основном при разработке информационных систем. Однако сегодня появились примеры внедрения Agile технологии и в других областях, в частности, в Группе компаний ING (нидерландский финансовый конгломерат, предоставляющий услуги в сфере банковской деятельности, страхования и управления собственностью).

В основе работы команд при применении Agile-методология в ING лежит так называемый Scrum-подход – особая динамика работы, когда команда постоянно обсуждает, как сделать продукт лучше [4].

В рамках Scrum-подхода выделяются две определяющие роли менеджеров:

- Product Owner (владелец продукта);
- Scrum Master (скрам-мастер).

Product Owner – это представитель подразделения, которое разрабатывает проект. В качестве основных функций Product Owner можно отметить:

- формулировка целей;
- определение приоритетов целей;
- корректировка приоритетов целей на каждом этапе работы;
- несет персональную ответственность за ценность целей для потребителей;
- обеспечивает взаимодействие с потребителями.

Роль Scrum Master имеет ряд существенных отличий от роли руководителя проекта в классическом project management. Так Scrum Master организует работу команды проекта, но не вмешивается в ее деятельность, например, не определяет задачи членам команды. В первую очередь в его функции входит:

- контроль корректного применения принципов Agile и процессов Scrum;
- организация работы команды и обеспечение её необходимыми ресурсами;
- ответственность за эффективность командной работы.

### **КООРДИНАТОР ВИРТУАЛЬНЫХ КОМАНД**

Развитие интернета и информационных технологий изменяет многие аспекты в ведении бизнеса. Многие организации сегодня так или иначе используют виртуальные команды сотрудников. Такие коллективы открывают перед фирмами много новых возможностей и позитивно сказываются на деятельности предприятия. Однако положительный эффект от реализации виртуального офиса может быть нивелирован при неверном подборе кадров, каналов коммуникации, постановке задач, распределении ролей и организации прочих аспектов деятельности таких команд. Поэтому важен систематизированный подход при моделировании и реализации работы виртуальных коллективов, в частности, изменяется и роль менеджеров [5].

В большинстве случаев на начальном этапе функции менеджеров, в дополнении к классическим, расширяются:

- планирование деятельности команд;
- организация работы, в том числе формирование команд;
- координация деятельности команд;
- контроль;
- мотивация;
- информационное обеспечение деятельности команд;
- учет специфики межнациональных отношений, в случае участия в виртуальных командах представителей разных стран.

Последние аспекты накладывают дополнительные требования к подготовке менеджеров в сфере информационных технологий и межличностного общения.



С другой стороны, для многих фирм характерен переход к самоуправляемым виртуальным командам и роли менеджеров трансформируются в роли координаторов.

Приведенные выше примеры свидетельствуют о высоком разнообразии трансформационных процессов функций и ролей менеджеров в условиях применения командной работы. Выбор новых форм взаимодействия менеджеров и команд исполнителей определяется как спецификой деятельности компании, так многочисленными факторами внутренней и внешней среды организации и, в первую очередь, позицией высшего руководства в отношении организационных нововведений.

### Литература

1. Карякин, А.М. Основы командной работы / А.М. Карякин, В.В. Великороссов. - Москва: РУСАЙНС, 2019.
2. Карякин, А.М. Исследование вероятности внедрения динамической сетевой структуры управления в сфере наукоемкого производства // В книге: Современное состояние, проблемы и перспективы Российской экономики. Вторые Кондратьевские чтения, 1998, С.67-69.
3. Лалу, Ф. Открывая организации будущего / Ф. Лалу ю – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2016.
4. Karyakin, A.M. Teamwork within agile project management technology / A.M. Karyakin, S.S.Ibraimova, Z.M.Seisenbaeva, E.V.Genkin, V.V. Velikorossov // Proceedings of VI International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2019, Volume III, P.235-238.
5. Великороссов, В.В. Виртуальные команды: развитие теории и практики командной работы / В.В. Великороссов, М.Н. Кулапов, А.М. Карякин, Е.Н. Никольская // Вестник НГУЭУ, 2018, №4, С.41-49.

УДК 338.266.4

Н.В. КЛОЧКОВА, д.э.н., профессор

Ивановский Государственный Энергетический Университет,  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д.34  
E-mail: nklochkova@bk.ru

## Реализация национальных проектов на территории Российской Федерации

*Аннотация.* В работе приведен краткий обзор национальных проектов, разработанных по трём направлениям: «Человеческий капитал», «Комфортная среда для жизни» и «Экономический рост».

*Ключевые слова:* национальные проекты, экономика, промышленность, социальная политика государства.

N.V. KLOCHKOVA, Doctor of Economics, Professor

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: nklochkova@bk.ru

## Implementation of national projects in the Russian Federation

*Annotation.* The paper provides a brief overview of national projects developed in three areas: «Human capital», «Comfortable living environment» and «Economic Growth».

*Key words:* national projects, economy, industry, social policy of the state.

Любые национальные проекты (далее – нацпроекты) в разных странах мира связаны с усовершенствованием технологий, улучшением качества жизни людей, созданием безопасной и экологически привлекательной среды. Не исключением в этом плане стала и Россия. Здесь также была разработана и запущена в реализацию целая группа нацпроектов, в список которой входят несколько основных направлений с разными целями. Финансирование проектов происходит за счет федерального и местных бюджетов, так как в них вовлечены все (без исключения) города Российской Федерации.

Для реализации всех нацпроектов денежные средства привлекаются из следующих источников и в обозначенных размерах [1]:

- 13,1582 трлн руб. – федеральный бюджет;
- 7,5153 трлн руб. – внебюджетные источники;
- 0,1478 трлн руб. – государственные внебюджетные фонды;
- 4,9039 трлн руб. – бюджеты регионов Российской Федерации.

Нацпроекты как новый инструмент социально-экономического развития России задумали сразу после начала нынешнего президентского срока В.В. Путина. Нацпроекты должны работать на цели его майских указов 2018 года, которые включают повышение продолжительности жизни до 78 лет (к 2030 году – до 80 лет), снижение уровня бедности в два раза. Официально программу нацпроектов запустили в 2019 году на срок до 2024 г., а в июле 2020 г. было принято решение отложить достижение ряда показателей до 2030 г. и скорректировать программу с учетом изменившихся обстоятельств. По докризисным прогнозам Министерства экономического развития экономический рост в результате реализации нацпроектов уже с 2021 г. должен был составлять 3 % в год [2].

Все нацпроекты направлены на такие сферы (с учетом бюджета) как:

- 1) Человеческий капитал (здравоохранение, образование, демография, культура) – 5,7 трлн руб.
- 2) Комфортная среда для жизни (безопасные и качественные автомобильные дороги, жилье и городская среда, экология) – 9,9 трлн руб.

3) Экономический рост (наука, малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы, цифровая экономика, производительность труда и поддержка занятости, международная кооперация и экспорт, комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры) – 10,1 трлн руб. [2].

Национальные проекты в 2020 году заработали в полную силу и начали показывать заметные результаты. Причем эти результаты не сводятся к простому количественному набору цифр и показателей. Напротив, они повлияли на жизнь многих россиян самым конкретным образом – в открытых школах, библиотеках, больницах, расселенных из аварийных квартир жильцах [3].

В рамках данной работы невозможно рассмотреть все результаты реализации нацпроектов, поэтому автор обратил свое внимание на такой проект как «Цифровая экономика», под которой понимается деятельность по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг [4].

Ключевая цель нацпроекта – обеспечить ускоренное внедрение цифровых технологий и платформ в экономике и социальной сфере, преимущественно на базе отечественных разработок. Для этого создается информационная инфраструктура, ведется подготовка квалифицированных кадров, перестраивается система государственного управления, государственные услуги переводятся в электронную форму, создаются условия для развития высокотехнологичного бизнеса [5].

В 2020 году реализованы пилотные проекты по созданию узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» в таких отраслях, как здравоохранение, жилищно-коммунальное хозяйство, образование, ТЭК, нефтедобыча, сельское хозяйство. Кроме того, на фоне пандемии заметно вырос спрос на онлайн-услуги, включая и государственные.

С начала 2020 года на портале Госуслуг зафиксировано более одного миллиарда посещений. Пользователям портала оказано 172,5 млн электронных госуслуг. По результатам исследования, проведенного аналитиками издания «Российская газета» и АНО «Национальные приоритеты», главные результаты нацпроекта «Цифровая экономика» в 2020 г. составили [3]:

Абитуриенты подали заявление через суперсервис «Поступление в вуз онлайн»	20000 чел.
Социально значимые объекты подключены к Интернет	22000 ед.
Услуги пользователям портала Госуслуг	172,5 млн услуг

Следует отметить, что пандемия коронавируса заставила сдвинуть горизонт планирования и пересмотреть реализацию национальных целей и проектов. Президент РФ Указом от 21.07.2020 г. № 474 утвердил 5 национальных целей и показатели, характеризующие их дости-

жение. Например, для сферы науки в Указе предусмотрен один из шести индикаторов достижения национальной цели - «возможности для самореализации и развития талантов». В качестве его целевого значения на 2030 г. определено «присутствие России в десятке стран-лидеров по объему научных исследований и разработок, в т.ч. за счет создания эффективной системы высшего образования». Акцент сделан на увеличении масштабов национальной науки в целом и ее вузовского сектора в частности, а также на повышении качества человеческого капитала [6].

#### Литература

1. Национальные проекты Российской Федерации до 2024 года. URL: [http://fincan.ru/articles/92\\_nacionalnyje-projekty-rossijskoj-federacii-do-2024-goda/](http://fincan.ru/articles/92_nacionalnyje-projekty-rossijskoj-federacii-do-2024-goda/) (дата обращения 01.03.2021)
2. Национальные проекты: ожидания, результаты, перспективы. URL: [https://gaexpert.ru/researches/national\\_project\\_2020/](https://gaexpert.ru/researches/national_project_2020/) (дата обращения 02.03.2021)
3. Как национальные проекты изменили жизнь россиян в 2020 году. URL: <https://rg.ru/2020/12/31/kak-nacionalnye-proekty-izmenili-zhizn-rossiian-v-2020-godu.html> (дата обращения 03.03.2021)
4. Индикаторы цифровой экономики: 2020.: статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2020. – 360 с.
5. Современные инструменты менеджмента в энергетике и высокотехнологичных отраслях: коллективная монография / Под общ. ред. Е.О. Грубова; ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2020. – 172 с.
6. Указ Президента «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» от 21.07.2020 № 474 (в соответствующей редакции).

УДК 621.311

А.Ю. КОСТЕРИН ст. преподаватель,  
Е.С. СТАВРОВСКИЙ доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: kost6@yandex.ru, stavrovsky\_es@mail.ru

### Вопросы развития рыночных отношений в региональной теплоэнергетике

*Аннотация.* Рассмотрены современное состояние и основные направления развития рыночных отношений в региональной теплоэнергетике.

*Ключевые слова:* региональная теплоэнергетика, рыночные отношения, состояние, направления развития.

A.Y. KOSTERIN senior lecturer,  
E.S. STAVROVSKY docent

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: kost6@yandex.ru, stavrovsky\_es@mail.ru

## **Issues of development of market relations in the regional heat and power industry**

*Abstract.* The current state and the main directions of development of market relations in the regional heat and power industry are considered.

*Key words:* regional heat and power industry, market relations, state, directions of development.

В России с 1.07.2018 года начался процесс поэтапного перехода от государственного регулирования цен в области теплоснабжения к рыночным отношениям. Этот процесс регулируется федеральным законом №190-ФЗ «О теплоснабжении» и Постановлением правительства РФ от 15.12.2017 года №1562 «Правила определения в ценовых зонах теплоснабжения предельного уровня цены на тепловую энергию (мощность), включая правила индексации предельного уровня цены на тепловую энергию (мощность)».

На уровне муниципальных образований региона формируются ценовые зоны. Ценовая зона – это муниципальное образование, в котором для единых теплоснабжающих организаций в каждой системе теплоснабжения устанавливается предельный уровень тарифа на тепловую энергию.

В ценовую зону может перейти любое муниципальное образование при выполнении следующих условий:

- наличие утвержденной (актуализированной) схемы теплоснабжения;
- определение единой теплоснабжающей организации во всех системах теплоснабжения муниципального образования;
- согласие высшего должностного лица субъекта РФ на переход в ценовую зону;
- совместное обращение единой теплоснабжающей организации и муниципалитета в Правительство РФ;
- положительное решение Правительства РФ, которое принимает-ся с учетом предложения профильного федерального министерства.

Предельный уровень цены не зависит от затрат существующих теплоснабжающих и теплосетевых организаций, он определяется методом эталонных затрат на основе наилучших доступных технологий производства и передачи тепловой энергии. В качестве такого альтернативного источника теплоснабжения выбрана поставка тепловой энергии

(мощности) от современной котельной и метод расчета предельного уровня цены часто называют методом «альтернативной котельной».

Все теплоснабжающие организации (источники теплоснабжения) входящие в состав муниципального образования обязаны поставлять тепловую энергию и заключать договора с единой теплоснабжающей организацией, которая может диктовать источникам свои ценовые и иные условия реализации тепловой энергии потребителям. При этом единая теплоснабжающая организация будет обосновывать свою ценовую политику в отношении теплоснабжающих организаций, входящих в состав муниципального образования расчетами тарифов методом альтернативной котельной.

Расчет цены методом «альтернативной котельной» основан на идеальной модели теплоснабжения за базу расчета в которой заложены следующие данные в среднестатистическом российском городе современного жилого квартала:

- с численность населения 3000-4000 человек;
- расстояние от источника тепловой энергии до потребителя - 850 метров;
- средняя этажность жилищной застройки – 18 этажей;
- полезный отпуск тепловой энергии - 29 тыс. Гкал;
- установленная мощность котельной - 10 МВт;
- удельный расход топлива при производстве тепловой энергии - 156,10 кг ут/Гкал (на газе); 176,4 кг ут/Гкал (на угле); 167,1 кг ут/Гкал (на мазуте).

В настоящее время в большинстве регионов, в том числе в Ивановской области (практически все теплоснабжающие организации, осуществляющие производство, передачу и сбыт тепловой энергии потребителям) нет объектов теплоснабжения, соответствующих критериям технико-экономических параметров работы, заложенных в методе «альтернативной котельной».

Очевидно, что сопоставление тарифов, действующих в регионах России организаций теплоснабжения с ценой «альтернативной котельной», корректно только в целях определения эффективности существующих источников, а также для принятия решений о направлениях совершенствования и оптимизации производства.

На первое полугодие 2021 года тариф, рассчитанный Департаментом энергетики и тарифов Ивановской области методом «альтернативной котельной», составил без НДС – 1663,73 руб/Гкал. Эта цифра значительно ниже тарифов 73% всех теплоснабжающих организаций города Иванова. Укрупненные расчеты, проведенные при среднем отпуске тепловой энергии в 14500 Гкал/год от одного источника теплоснабжения, показывают, что общий убыток котельных региона может составить более 300 млн. руб/год. Таким организациям придется уменьшать свой бюджет посредством снижения затрат на ремонт и обслуживание обо-

рудования, расходов на оплату труда персонала и др., но многим снизить затраты уже некуда, а это банкротство или ликвидация.

Анализируя сложившуюся ситуацию с использованием метода «альтернативной котельной» без дополнительной проработки существующих нормативных документов можно сделать следующие неоднозначные выводы: 1. использование метода будет способствовать возможному снижению тарифов на тепловую энергию для потребителей, развитию теплоэнергетики в муниципальных образованиях на базе крупных региональных энергокомпаний, повышению прибыльности их работы; 2. использование метода может привести к монополизации региональных рынков теплоэнергетики, деформации рыночных отношений, банкротству небольших производителей, снижению надежности теплоснабжения потребителей, сокращению рабочих мест.

Таким образом, развитие рыночных отношений в региональной теплоэнергетике способствует модернизации различных источников теплоснабжения, снижению затрат и тарифов на отпускаемую тепловую энергию, включая крупные энергетические компании. Остается только надеяться, что перспективы развития региональной теплоэнергетики при проведении реформ останутся и у небольших производителей тепла.

#### Литература

1. Федеральный закон РФ №190-ФЗ «О теплоснабжении»;
2. Постановление Правительства РФ от 22.10.2012 №1075 «О ценообразовании в сфере теплоснабжения»;
3. Постановлением Правительства РФ от 15.12.2017 №1562 «Правила определения в ценовых зонах теплоснабжения предельного уровня цены на тепловую энергию (мощность), включая правила индексации предельного уровня цены на тепловую энергию (мощность)».

УДК 005.5:005.7

Т.Д. РАЕВА, к.э.н, доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: raevatd@gmail.com

### **Особенности проектного и инновационного менеджмента в высокотехнологичных отраслях**

*Аннотация.* В статье рассмотрены особенности проектной деятельности в высокотехнологичных отраслях. Проведено сравнение классического, гибкого и смешанного подходов к управлению высокотехнологичными проектами. Предлагается совместное применение методов инновационного и проектного менеджмента для управления проектами в высокотехнологичных отраслях.

*Ключевые слова:* управление проектами, проектный менеджмент, инновационный менеджмент, гибридные методы.

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: raevatd@gmail.com

## **Project and innovation management specifics in high-tech industries**

*Abstract.* The article discusses project specifics in high-tech industries. Comparison of cascade, agile and hybrid methods in high-tech project management is carried out. To combine innovative and project management methods in high-tech industries project is proposed

*Key words:* project management, innovation management, hybrid methods.

Анализ научной литературы показывает, что исследования в области проектного менеджмента и в области инновационного менеджмента проводились независимо друг от друга, однако связь между двумя этими областями с очевидностью прослеживается [1, 2].

В современном мире инновации являются ключевым фактором развития отдельных компаний, отраслей и экономики в целом. Инновационная деятельность в большой степени характерна для компаний, работающих в сфере высоких технологий. А это значит, что эффективность деятельности в высокотехнологичных отраслях напрямую зависит от выбора подхода к управлению инновационными проектами. Невозможно сформировать единый подход, применение которого привело бы к достижению целей любой компании высокотехнологичной сферы. Выбор подходящего подхода к управлению инновационными проектами зависит от корпоративной стратегии, операционной, маркетинговой, финансовой, инвестиционной деятельности предприятия [3].

Проектный менеджмент предлагает множество различных методов управления, при выборе которых нужно учитывать не только поставленные цели, требуемые результаты, но и отраслевые особенности. В настоящее время выделяют три подхода к проектному управлению: классический (предиктивный), гибкий (итеративный) и смешанный (гибридный).

Классический подход хорошо зарекомендовал себя в отраслях, в которых проектная деятельность характеризуется ясно определенными целями и ограничениями. Наибольшее распространение получили следующие классические методы: каскадный, метод критического пути, метод критической цепи, интегрированная система управления. Важным преимуществом классического подхода является то, что в самом начале проекта определяются требования к результатам, сроки реализации и необходимые ресурсы, разрабатываются календарный план, бюджет, план качества и другие виды планов. Это способствует стабильности при реализации проекта и позволяет проводить мониторинг



и контроль проектных показателей, что позволяет снизить проектные риски. Главный недостаток классического подхода – нетолерантность к изменениям, что накладывает существенные ограничения на его применения в высокотехнологичных проектах, т.к. проекты в высокотехнологичных отраслях часто не могут быть четко структурированы.

Гибкий подход (Agile) характеризуется высокой адаптацией в условиях постоянным изменений. Этот подход хорошо применим в творческих и инновационных проектах, каковыми зачастую являются высокотехнологичные проекты, в которых не определены ограничения и непредсказуем результат. Наиболее популярными гибкими методами являются SCRUM, KANBAN, Lean [4]. Основное преимущество Agile – это гибкость и адаптивность к разным организационным условиям и процессам. Хорошая приспособляемость к изменениям является причиной того, что многие высокотехнологичные компании стремятся сделать свои процессы более гибкими. Также необходимо отметить, что гибкий подход отлично подходит для проектов с так называемым «открытым концом».

Несмотря на то, что считается, что классический подход устарел по сравнению с современным гибким подходом, он продолжает активно использоваться на практике. Сфера применения классического подхода в настоящее время – строительные и инженерные проекты, в которых содержание проекта остаётся практически неизменным в течение всего проекта. В то время как гибкий подход применяется в проектах по разработке новых и инновационных продуктов, в которых высока доля неопределённости, а информация о продукте раскрывается по ходу проекта.

В настоящее время хорошей практикой считается комбинировать методы классического и гибкого подходов. Такой подход является смешанным и включает в себя принципы и гибкого, и классического подходов. Наиболее часто в высокотехнологичных проектах используется гибриды SCRUM и KANBAN, Agile и каскадного метода, PMBoK и Agile.

Одновременное применение классического и гибкого подходов при управлении проектами в высокотехнологичных отраслях позволяет использовать преимущества обоих подходов. Лучшие результаты при использовании смешанного подхода будут достигнуты при разбиении проекта на отдельные подпроекты или этапы. В этом случае каждый этап может быть реализован с применением не только разного подхода, но и разных методологий.

#### Литература

1. Решетникова И.Г., Гусарова М.С., Копытова А.В. Анализ методов управления проектом // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Том 9. – № 1А. – С. 13-19.
2. Дубицкая Е.А., Цуканова О.А. Методические рекомендации по управлению инновационными проектами в высокотехнологичных отраслях // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 1 – С. 21-25. – URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42399>

3. Шелепина И.Г. Цифровая логистика: особенности и тенденции // Материалы Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» / Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», Академия электротехнических наук Российской Федерации. – Иваново. – 2019. – Т.1. – С. 291-294.
4. Раева Т.Д. Применение гибких методов в управлении кризисными проектами в цифровой экономике // Материалы Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» / Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», Академия электротехнических наук Российской Федерации. – Иваново. – 2019. – Т.1. – С. 277-280.
5. Раева Т.Д. Анализ применения гибких технологий в управлении проектами в России и за рубежом // Проблемы экономики, финансов и управления производством: сборник научных трудов вузов России / под ред. В.В. Шергина / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново. – 2018. – Вып. 43 – С. 53-58.

УДК: 621.31

Е. С. СТАВРОВСКИЙ, к.т.н., доц.,  
А. Ю. КОСТЕРИН, ст. препод.

Ивановский государственный энергетический университет  
г. Иваново, ул. Рабфakovская, 34.  
E-mail: stavrovsky\_es@mail.ru, kost6@yandex.ru

### **Управление эффективностью реконструкции и модернизации ТЭЦ**

*Аннотация.* Рассмотрены основные факторы, определяющие эффективность реконструкции и модернизации ТЭЦ. Предложен методический подход к управлению эффективностью реконструкции и модернизации ТЭЦ.

*Ключевые слова:* реконструкция и модернизация, ТЭЦ, коммерческая эффективность.

E. S. STAVROVSKIY, Ph. D., Assoc.,  
A. Yu. KOSTERIN, Assoc.

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: stavrovsky-es@mail.ru, kost6@yandex.ru

### **Efficiency management of reconstruction and modernization of CHPP**

*Annotation.* The main factors determining the efficiency of the reconstruction and modernization of the CHPP are considered. A methodological approach to the efficiency management of the reconstruction and modernization of the CHPP is proposed.

*Key words:* reconstruction and modernization, CHPP, commercial efficiency.

На 1 января 2021 года суммарная установленная мощность электростанций России составила 245313,25 МВт. Важно отметить, что за отчетный 2020 год данная мощность снизилась на 1023,3 МВт, в т.ч. за счет вывода из эксплуатации генерирующего оборудования на ТЭЦ суммарной мощностью около 420 МВт [1].

Учитывая также, что доля тепловой энергии, вырабатываемой котельными имеет тенденцию к снижению, возникает проблема повышения эффективности функционирования ТЭЦ, в т.ч. за счет реконструкции и модернизации основного оборудования. Необходимость разработки правильной технической стратегии развития ТЭЦ доказала текущая зима 2020/21 гг. (пресловутое «глобальное потепление» в настоящем периоде никак не проявляется).

На первом этапе разработки стратегии нужно выполнить сравнительный технико-экономический анализ состояния всех действующих ТЭЦ в городах с централизованным энергоснабжением. Далее требуется рассмотреть варианты модернизации, в первую очередь, ТЭЦ данной ТГК, провести их технико-экономический анализ, а также оценить затраты и выгоды возможной модернизации оборудования промышленных ТЭЦ, расположенных в моногородах.

Критерии эффективности проектов реконструкции и модернизации ТЭЦ должны быть разными для генерации, работающей в разных частях суточного и сезонного графика нагрузок (база, пик, сезонный максимум), энергогенерирующих объектов в разных климатических регионах.

Экономический анализ показывает, что к важнейшим критериям эффективности проектов модернизации и реконструкции ТЭЦ можно отнести следующие.

- Объем энергии, производимой в режиме когенерации. Замена генерирующих мощностей должна быть направлена на увеличение производства энергии в режиме комбинированной выработки.

- Надежность электро- и теплоснабжения потребителей. В первую очередь необходимо осуществить модернизацию высоко изношенных генерирующих мощностей. При этом необходимо также нужно учитывать возможность использования резервного топлива.

- Топливная эффективность. Снижение удельного расхода топлива позволяет уменьшить величину себестоимости производства энергии и, соответственно, снизить рост тарифа на тепловую энергию. Чем выше топливная эффективность, тем предпочтительнее проект.

- Износ оборудования. В первую очередь необходимо заменять оборудование, парк которого исчерпан (индекс технического состояния менее 25).

– Улучшение экологической ситуации. При закрытии низкоэффективных котельных и подключении объектов теплоснабжения к ТЭЦ удельная величина выбросов загрязняющих веществ снижается в 1,5-2 раза.

– Стоимость электрической и тепловой энергии для потребителей (с учетом среднегодовых затрат за жизненный цикл ТЭЦ).

– Резерв мощности для присоединения потребителей. Отсутствие возможности технологического присоединения новых объектов капитального строительства является сдерживающим фактором развития регионов. Модернизация должна быть направлена в первую очередь на станции, исчерпавшие резерв мощности.

– Локализация производства оборудования в Российской Федерации (создание рабочих мест).

– Сложность разработки долгосрочной технической стратегии в электроэнергетике заключается в длительном инвестиционном цикле и особенностях энергии как товара. Производство энергии жестко определяется её потреблением. В таком сложном и дорогом электроэнергетическом производстве стратегию модернизации ТЭЦ целесообразно строить с помощью сценарного подхода, при разном сочетании определяющих факторов [2].

Например, опыт разработки ГТУ-ТЭЦ показывает, что, не уступая паросиловым ТЭЦ по технико-экономическим показателям, ГТУ-ТЭЦ значительно дешевле по капитальным затратам, проще по устройству и эксплуатации.

Главная проблема при использовании ГТУ-ТЭЦ - определение оптимальной доли газотурбинной мощности в отпускаемой тепловой мощности и числа часов ее использования. Если ГТУ-ТЭЦ работает на потребителя с постоянной круглосуточной тепловой нагрузкой, то максимальная выгода владельцу обеспечивается в том случае, если все тепло отпускается от газотурбинных установок. Если же в течение года тепловая нагрузка изменяется значительно, ГТУ будет использоваться существенно меньшее число часов, что в свою очередь будет повышать себестоимость электроэнергии. Основную роль при решении этой задачи играют технико-экономические показатели ГТУ и ее мощность [3].

Ключевым условием сопоставления вариантов модернизации (реконструкции) ТЭЦ является одинаковая электрическая мощность, поэтому для альтернативных вариантов (с недовыработкой электрической мощности) в затратах должны быть учтены затраты на «замещающую» мощность, вырабатываемую на КЭС (ГРЭС) системы.

В электроэнергетике используют разные виды эффективности: топливную, энергетическую, технико-экономическую и др. Но для управления эффективностью реконструкции и модернизации ТЭЦ необходимо использовать общесистемный эффект, выраженной в денежном измерении.

Требуется оценить надёжность предотвращения аварий, оценка стоимости их последствий. Необходимо определить снижение затрат

на строительство новых электрических сетей. Оценить затраты на сетевую инфраструктуру при подключении новых потребителей. Т.е. должна быть разработана комплексная методика оценки последствий модернизации конкретной ТЭЦ.

При правильном методическом подходе все эффекты (топливный, энергетический, социальный и др.) будут учтены в коммерческой эффективности проекта, где, на наш взгляд, важнейшими критериями эффективности проектов модернизации ТЭЦ являются индекс доходности ИД, отражающий эффект на единицу вложенных инвестиций, и чистый дисконтированный доход ЧДД, показывающий интегральный эффект от проекта.

### Литература

1. Отчет о функционировании ЕЭС России за 2020 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups\\_rep2020.pdf](https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_rep2020.pdf)
2. Гительман Л.Д. Экономика и бизнес в электроэнергетике / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников. – М.: Дело, 2013. – 432 с.
3. Березинец П.А. Обоснование целесообразности реконструкции котельных и ТЭЦ с использованием газотурбинных установок // Новости теплоснабжения. 2006. № 06 (70).

УДК 658.7

И.Г.ШЕЛЕПИНА к.э.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: ishelepina@yandex.ru

## Вопросы развития логистики в энергетике

*Аннотация.* Рассматриваются объекты управления и задачи развития логистики в энергетике, отмечаются варианты применения логистического аутсорсинга в энергокомпаниях.

*Ключевые слова:* энергетическая логистика, логистика энергоресурсов, материально-техническое снабжение, логистический аутсорсинг.

I.G.SHELEPINA Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Ivanovo State Power University,  
34, Rabfakovskaya st., 153003, Ivanovo  
E-mail: ishelepina@yandex.ru

## Energy logistics development issues

*Abstract.* The article considers management objects and goals of logistics development in the energy sector, notes application options of logistics outsourcing in energy companies.

*Key words:* energy logistics, logistics of energy resources, material and technical supply, logistics outsourcing.

Важнейшим направлением развития экономики страны сегодня является внедрение цифровых технологий. Согласно результатам опроса, проведенного нетворкинг-платформой Digital Leader, большинство экспертов оценили уровень цифровизации и инновационного развития российских компаний в среднем на 3,2 балла из 5. В энергетике, наряду с ЖКХ, сельским хозяйством, строительством, недвижимостью и спортом отмечается самый низкий уровень внедрения технологий. А наиболее успешно цифровая трансформация происходит в финансовом секторе, ритейле и FMCG, телекоме, в отрасли медиа и развлечений. [1]

Таким образом, энергетической отрасли еще предстоит решить много задач, связанных с инновационным развитием, и особую роль в этом процессе играет логистика, являющаяся одним из ключевых элементов менеджмента. Логистика – это наука и практика управления материальными потоками, потоками услуг и сопутствующими им информационными и финансовыми потоками в определенной экономической системе для достижения поставленных перед ней целей с оптимальными затратами ресурсов.

Однако в сфере энергетики вопрос, что считать основными и сопутствующими потоками, подлежащими управлению, является не столь однозначным. А именно, можно выделить две основные группы потоков. Во-первых, это энергетические потоки, то есть потоки электричества, газа, воды, тепла, нефти, транспортируемые неподвижным транспортом (трубопроводами, проводами и т.п.). И во-вторых, потоки материально-технических ресурсов, необходимых для функционирования энергосистем, транспортировка которых осуществляется традиционными (подвижными) видами транспорта (железнодорожным, автомобильным, водным и воздушным).

В связи этим в логистической деятельности в энергетике можно выделить два взаимосвязанных направления: энергетическая логистика и логистика материально-технического обеспечения.

Энергетическая логистика занимается управлением энергетическими потоками (потоками электричества, газа, воды, тепла, нефти и др.), потоками соответствующих услуг, а также сопутствующими им информационными и финансовыми потоками в определенных технических системах для достижения поставленных перед ними целей с оптимальными затратами ресурсов. Логистические системы представляют собой в этом случае системы электро-, газо-, водо-, тепло- и нефтеснабжения.

Логистика материально-технического обеспечения представляет собой, по сути, традиционную экономическую логистику, имеющую определенные особенности, обусловленные спецификой отрасли (например, повышенные требования к надежности). Объектами управления в этом случае выступают материальные потоки (в основном, энергоре-

сурсов (угля, сжиженного и сжатого газа, воды, нефти и др.) и других товарно-материальных ценностей (оборудование, запчасти, вспомогательные материалы, инструмент и пр.)), потоки услуг, а также сопутствующие им информационные и финансовые потоки. Составляющие логистики ресурсов соответствуют функциональным областям традиционной логистики: логистика снабжения, производственная логистика, логистика запасов, транспортная, складская и т.д.

Именно в этой составляющей логистики в энергетике имеется большой потенциал повышения ее эффективности, и существует острая необходимость внедрения современных технологий. [2, 3] Во многих передовых, с точки зрения логистики, отраслях уже накоплен значительный опыт внедрения инноваций, поэтому специализированные логистические компании (как центры сосредоточения этого опыта) предлагают свои услуги энергопредприятиям. Это позволяет сделать вывод о развитии логистического аутсорсинга в энергетике.

Крупнейшие логистические провайдеры формулируют комплексные решения. В частности, DHL предлагает решения, которые помогут энергетическим компаниям повысить производительность и снизить расходы в следующих сферах:

- складское хранение и фулфилмент;
- транспортировка и дистрибуция;
- услуги по консалтингу и управлению;
- интегрированная контрактная логистика;
- интегрированная логистика грузоперевозок;
- таможенное оформление, безопасность и страхование;
- экологичная логистика,
- возможность отслеживания и управление рисками.

Например, компания предлагает облачную программную платформу «DHL Resilience360» для управления рисками в цепочке поставок, которая помогает предприятиям прогнозировать, оценивать и смягчать риск сбоев. Инструменты программы предоставляют информацию, необходимую для визуализации цепочек поставок и обеспечения мониторинга инцидентов в режиме реального времени. [4]

Логистический оператор «Газпромнефть-Снабжение» осуществляет комплексное и системное логистическое обеспечение предприятий топливно-энергетического комплекса и тяжелых отраслей промышленности. В списке инструментов компании следующие:

- разработка интегрированных методов управления движением материально-технических ресурсов;
- прогнозирование направлений грузоперевозок, объемов поставок и физического распределения материально-технических ресурсов по объектам проекта;
- концептуальное проектирование и имитационное моделирование, структурный анализ как основа для объектно-ориентированного проектирования;

– выстраивание процесса управления инцидентами, определение условий конфликтных отношений между участниками проекта. [5]

Таким образом, важной составляющей развития логистики в энергетике является применение логистического аутсорсинга, который чаще носит комплексный характер. В современных условиях в энергетике востребованы профессиональные компетенции логистических провайдеров, связанные с вопросами построения и функционирования интегрированных логистических систем на энергопредприятиях с целью снижения затрат и обеспечения надежности их функционирования.

#### Литература

1. Нетворкинг-платформа Digital Leader: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL:<https://digitalleader.org/> (дата обращения: 20.02.2021).
2. Шелепина И.Г. Цифровая логистика: особенности и тенденции // Материалы междунар. научно-технич. конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии». Том I / ИГЭУ. – Иваново, 2019. – С.291-294.
3. Егоров В.А., Раева Т.Д. Специфика современных финансовых рисков предприятий электроэнергетики // Материалы XIV междунар. научно-технич. конференции студ., аспирант. и мол. ученых «Экономические и социальные аспекты развития энергетики». Том 6 / ИГЭУ – Иваново, 2019. – С.56.
4. Компания DHL: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.logistics.dhl.ru/ru-ru/home/industry-sectors/energy.html> (дата обращения: 20.02.2021).
5. Свистунов А.А. Логистика в ТЭК // Neftegaz.RU. – 2017. №3. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/541206-logistika-v-tek> (дата обращения: 20.02.2021).



## СЕКЦИЯ 18.

### «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ»

УДК 621.311.1.003

В.Ю. ВУКОЛОВ<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Л.Л. АЛЕКСЕЕВ<sup>2</sup> аспирант,  
М.Д. ОБАЛИН<sup>1</sup> к.т.н.

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева,  
603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, д.24

<sup>2</sup>Нижегородский Государственный Инженерно-Экономический Университет,  
606340 г. Княгинино, ул. Октябрьская 22а

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, obalin\_misha@mail.ru

#### **Вопросы повышения эффективности функционирования систем электроснабжения промышленных предприятий**

*Аннотация.* На примере промышленного предприятия Нижегородской области определены основные направления энергосбережения и очаги нерациональных потерь электрической энергии. Предложены мероприятия по снижению потерь и затрат на оплату электрической энергии.

*Ключевые слова:* система электроснабжения, заводские сети, мероприятия по снижению потерь

V. Y. VUKOLOV<sup>1</sup>, Ph.D,  
L.L. ALEKSEEV<sup>2</sup>, PhD student,  
M. D. OBALIN<sup>1</sup>, Ph.D

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
603950, Nizhny Novgorod, st. Minin, 24

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, 606340  
Knyaginino, Octyabrskaya st 22a

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, obalin\_misha@mail.ru

#### **Issues of increasing the efficiency of the functioning of power supply systems of industrial enterprises**

*Abstract.* On the example of an industrial enterprise in the Nizhny Novgorod region, the main trends in energy conservation and centers of irrational losses of electrical energy are identified. Measures are proposed to reduce losses and costs of paying for electricity

*Key words:* power supply system, industrial enterprise grids, measures to reduce losses

Ключевые положения этой работы получены на основе проведения энергетического обследования крупного промышленного предприятия Нижегородской области, целью которого являлось получение достовер-

ных данных о потреблении и передаче по заводским сетям энергоресурсов, выявление очагов нерационального электропотребления и анализ договорных отношений с поставщиками и потребителями электрической энергии.

Анализ парка силового оборудования показал существенное превышения паспортного срока службы для всех трансформаторов и кабельных линий системы электроснабжения предприятия. Неудовлетворительное состояние силового оборудования, автоматических устройств защиты и управления существенно сокращает возможности по управлению конфигурацией распределительной сети 6-35 кВ предприятия. Поэтому средняя величина технологических потерь в заводской сети существенно превышает нормативные. Для обеспечения возможностей управления режимом заводской сети, при отсутствии возможности обновления силового оборудования и коммутационных аппаратов, рекомендуется провести ревизию и испытания установленных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) для обеспечения нормальных и аварийных переключений в сети без отключения неповрежденных потребителей [1].

Анализ режимов работы системы коммерческого и технического учета на предприятии показал необходимость составления на предприятии ежемесячных фактических балансов активной и реактивной электрической энергии для выявления очагов безучетного потребления со стороны субабонентов. При этом для повышения достоверности проводимых расчетов необходимо обеспечить снятие ежемесячных показаний всех приборов учета в последний рабочий день месяца.

Помесячный расчет установившегося режима заводской сети и технологических потерь электроэнергии (среднегодовая величина по сети среднего напряжения предприятия составляет 12,6% от отпуска электроэнергии в сеть) позволил установить следующие особенности:

1) Режим электрической сети предприятия характеризуется низкой нагрузкой и высокими условно-постоянными потерями. Поэтому, для снижения технических потерь электроэнергии в сети необходимо переводить в резерв максимальное число элементов системы электроснабжения предприятия;

2) Низкие значения падения напряжения в элементах сети и малые длительные токи открывают широкие возможности для реализации практически любых мероприятий по снижению потерь;

3) Необходимо вывести в резерв максимальное число силовых трансформаторов (основной источник потерь электроэнергии). Для сохранения надежности электроснабжения потребителей необходимо максимально реализовывать секционирование и резервирование питания по сети 0,4 кВ. Даже прокладка новых кабелей 0,4 кВ для обеспечения питания потребителей от смежных ТП будет иметь привлекательный (не более 5 лет) срок окупаемость ввиду очень высоких величин потерь холостого хода всех трансформаторов.

Значительное снижение затрат на оплату электрической энергии может быть достигнуто за счет совершенствования договорных отношений предприятия с поставщиком электрической энергии и субабонентами.

Тариф на электроэнергию для промышленных предприятий является нерегулируемым, каждый месяц ставка тарифа имеет свое новое значение, которое во многом определяется эффективностью деятельности поставщика электроэнергии – бытовой организации. Как показывает анализ данных, приведенных в счетах-фактурах на оплату электрической энергии, за каждый месяц 2020 года тариф на электроэнергию минимум на 1 руб./кВт·ч превосходит тариф гарантирующего поставщика. Такие данные свидетельствуют о крайне неэффективной работе в условиях рынка поставщика электроэнергии. Поэтому предприятию целесообразно рассмотреть вопрос о смене бытовой организации.

При выборе нового поставщика электрической энергии следует ориентироваться на 2 основных фактора:

1) Наличие точек поставки бытовой организации в границах присоединения электрооборудования промышленного предприятия к сетям вышестоящей сетевой организации;

2) Выбирать бытовую организацию, имеющую статус субъекта оптового рынка электроэнергии (такие организации являются наиболее крупными, осуществляют покупку электроэнергии в больших объемах, имеют развитую группу точек поставки, оборудованную современными системами коммерческого учета).

По итогам проведенного обследования даны следующие рекомендации по совершенствованию договорных отношений:

1) Целесообразно рассмотреть вопрос о смене бытовой организации для снижения тарифа на электроэнергию (эффект может достигать до 1 руб. с каждого полученного кВт·ч электрической энергии);

2) Для всех субабонентов собрать договора энергоснабжения и проверить соответствие расчетных объемов электропотребления границам балансовой необходимости;

3) Для исключения незаконной деятельности по купле-продаже электроэнергии и исключения бездоговорного электропотребления, необходимо настоять на заключения договора энергоснабжения со бытовой организацией всеми субабонентами, не имеющими договора.

Кроме того, изменения действующего законодательства РФ в области компенсации затрат на передачу электроэнергии сторонним потребителям, позволяющих реализовать процесс возмещения расходов промышленного предприятия на приобретение электроэнергии в целях компенсации технологических потерь при передаче электроэнергии субабонентам. Для этого необходимо подать в вышестоящую сетевую организацию заявление на компенсацию потерь совместно с установленными законодательством обосновывающими документами.

Реализация всех рассмотренных предложений позволит сократить затраты на оплату электрической энергии промышленными предприятиями на величину до 20%.

#### Литература

1. Вуколов В.Ю., Куликов А.Л., Трапезников И.Ф., Шарыгин М.В. Разработка алгоритмов системы управления конфигурацией распределительных электрических сетей сельскохозяйственного назначения. - Вестник НГИЭИ, 2017, № 12 (79), с. 64-77.

УДК 621.311.1.003

В.Ю. ВУКОЛОВ<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Л.Л. АЛЕКСЕЕВ<sup>2</sup> аспирант,  
С.В. ОСОКИН<sup>1</sup> студент

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева,  
603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул. Минина, д.24

<sup>2</sup>Нижегородский Государственный Инженерно-Экономический Университет,  
606340 г. Княгинино, ул. Октябрьская 22а

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, osokinsergey500@gmail.com

### **Оценка достоверности показаний коммерческого и технического учета электроэнергии в сетях промышленных предприятий**

*Аннотация.* Анализ показаний приборов учета показал низкую загрузку трансформаторов тока и неравномерность снятия расчетных показаний приборов учета по дням месяца.

*Ключевые слова:* коммерческий учет, технический учет, погрешность системы учета

V.Y. VUKOLOV, Ph.D.,  
L.L. ALEKSEEV, PhD student,  
S.V. OSOKIN, student

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
603950, Nizhny Novgorod, st. Minin, 24

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics,  
606340 Knyaginino, Ocityabrskaya st 22a

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, osokinsergey500@gmail.com

### **Assessment of the reliability of commercial and technical metering of electricity in the grids of industrial enterprises**

*Abstract.* Analysis of meter readings showed a low load of current transformers and unevenness in taking the calculated readings of metering devices by days of the month.

*Key words:* commercial metering of electricity, technical metering of electricity, the error of the electricity metering system

Для учета электрической энергии используются приборы учета, типы которых утверждены федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию и метрологии и внесены в государственный реестр средств измерений. Обязанность по обеспечению эксплуатации установленного и допущенного в эксплуатацию прибора учета возложена на собственника прибора учета. Показания со счетчика электрической энергии снимаются работником энергоснабжающей компании или самим владельцем счетчика электроэнергии.

Произведем оценку достоверности снятия показаний приборов учета на примере сельскохозяйственного предприятия Нижегородской области. Предприятие получает питание по пяти кабельным линиям (КЛ) 6 кВ. Все счетчики коммерческого учета, расположенные на стороне низкого напряжения питающей подстанции 110/6 кВ, объединены в автоматизированную информационно-измерительную систему коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ). Для технического учета электроэнергии в системе электроснабжения предприятия используется 10 счетчиков. Из них два счетчика являются контрольными для приборов коммерческого учета: установлены в ЦРП-1 на стороне 6 кВ в ячейках присоединений КЛ от питающей подстанции. Остальные 8 приборов учета фиксируют электропотребление на заводские нужды предприятия и расположены также в ЦРП-1 на стороне 6 кВ. Третьим источником информации о потреблении электроэнергии являются данные о ежемесячном потреблении электроэнергии, фиксируемые персоналом ОАО «Нижновэнерго». Именно эта информация о потреблении используется в расчетах и выставляется ежемесячных счетах-фактурах к оплате предприятием.

Сравнительный анализ имеющихся данных об ежемесячном электропотреблении предприятия за 2020 год показывает практически полную корреляцию данных АИИС КУЭ и ОАО «Нижновэнерго», что свидетельствует об их высокой достоверности. Разность показаний имеет случайный характер, по величине не превышает 3,5% и может быть объяснена разной временной меткой снятия месячных показаний. Отклонение показаний в 100% в течение двух месяцев не информативны, поскольку потребление в эти месяцы по фидерам крайне мало и по величине не превышает потерь в изоляции кабеля. Это подтверждает, что фидера находятся в резерве. Аналогичная ситуация и с данными по потреблению реактивной мощности. Полученные характеристики позволяют сделать вывод, что выставление показаний в счетах-фактуры и фиксация данных в балансах электропотребления ОАО «Нижновэнерго» осуществляются на основе счетчиков коммерческого учета питающей ПС 110/10 кВ.

Сравнительная характеристика показаний электропотребления систем коммерческого и технического учета приведена в табл. 1.

Таблица 1. Потребление активной электроэнергии за 2020 год

Период	ф.604				ф.613			
	Показания, кВт·ч		Отклонение		Показания, кВт·ч		Отклонение	
	КУ	ТУ	кВт·ч	%	КУ	ТУ	кВт·ч	%
июнь	31896	31464	432	1,35	155952	195168	-39216	-25,15
май	192096	255312	-63216	-32,91	0	0	0	–
апрель	266472	284112	-17640	-6,62	0	0	0	–
март	265032	292680	-27648	-10,43	0	0	0	–
февраль	312480	292608	19872	6,36	0	0	0	–
январь	270360	288648	-18288	-6,76	0	0	0	–
1 полу- годие 2020 г.	1338336	1444824	-106488	-7,96	155952	195168	-39216	-25,15
Декабрь	327672	325584	2088	0,64	0	0	0	
Ноябрь	273096	261576	11520	4,22	0	0	0	
Октябрь	262296	284112	-21816	-8,32	0	0	0	
Сентябрь	204192	250272	-46080	-22,57	0	0	0	
Август	235440	240480	-5040	-2,14	0	0	0	
Июль	218304	289008	-70704	-32,39	0	30984	-30984	100
2 полу- годие 2020 г.	1684800	1840248	-155448	-9,23	28464	30984	-2520	-8,85
В целом за 2020 г.	3023136	3285072	-261936	-8,66	184416	226152	-41736	-22,63

На всем интервале наблюдения нагрузка ТТ составляет менее 20%. Поэтому погрешность измерений будет оставаться близкой к классу точности только в случае применения ТТ класса S. Иначе погрешность измерений будет превышать паспортную (определяемую классом точности) в 1,5 – 3 раза. Классы точности технических счетчиков активной и реактивной энергии соответствуют требованиям, срок эксплуатации меньше предусмотренного для них заводом–изготовителем межповерочного интервала (10 лет), поэтому погрешность измерений не должна выходить за пределы класса точности 0,5S.

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает существенное отклонение показаний системы коммерческого и технического учета. Из рассмотренных 12 месяцев, лишь в течение 4 показания счетчиков коммерческого учета превышают показания счетчиков технического учета, хотя показания приборов технического учета должны отличаться в меньшую сторону на величину потерь электроэнергии в кабеле. В целом за год отклонения в показаниях приборов учета составляют по ф. 604 – 262 тыс. кВт·ч (8,7%), по ф.613 – 42 тыс кВт·ч (22,6%). Такие су-

щественные отклонения показаний свидетельствуют о некорректной работе системы технического учета предприятия.

Помимо работы ТТ в режиме малой загрузки, приводящем к повышенной погрешности измерений, выходящей за пределы класса точности, основной причиной недостоверности показаний системы технического учета является некорректное время снятия показаний. Об этом свидетельствует наличие данных технического прибора учета о расходе электроэнергии по ф.613 за июль 2020 года, хотя детально установлено, что вывод из работы этого присоединения был осуществлен 4 июня 2020 года.

В то же время, наличие систематической погрешности показаний счетчиков технического учета и относительно невысокие небалансы электроэнергии по шинам РУ 6 кВ ЦРП-1 могут сигнализировать и о некорректной работе самих счетчиков. Такая ситуация приводит к недопустимому завышению показаний счетчиков технического учета, поэтому при составлении фактических балансов электроэнергии или проведении расчетов потребления субабонентов их использование не рекомендовано [1].

#### **Выводы:**

1) Среднегодовая загрузка всех ТТ, входящих в состав системы коммерческого и технического учета электроэнергии, не превышает 20%, что приводит к работе их с погрешностью, превышающей класс точности;

2) Для снижения погрешности системы учета электроэнергии необходимо либо рассмотреть возможность замены ТТ всех присоединений на ТТ с меньшим первичным током, либо применять трансформаторы тока класса S;

3) При отсутствии автоматизированной системы учета необходимо обеспечить снятие ежемесячных показаний в последний рабочий день месяца.

#### **Литература**

1. Вуколов В.Ю., Куликов А.Л., Трапезников И.Ф., Шарыгин М.В. Разработка алгоритмов системы управления конфигурацией распределительных электрических сетей сельскохозяйственного назначения. - Вестник НГИЭИ, 2017, № 12 (79), с. 64-77.

УДК 621.311.1.003

В.Ю. ВУКОЛОВ<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Л.Л. АЛЕКСЕЕВ<sup>2</sup> аспирант,  
С.В. ОСОКИН<sup>1</sup> студент

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул. Минина, д.24

<sup>2</sup>Нижегородский Государственный Инженерно-Экономический Университет, 606340 г. Княгинино, ул. Октябрьская 22а

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, osokinsergey500@gmail.com

## **Разработка рекомендаций по компенсации потерь электроэнергии в сети промышленного предприятия при её передаче субабонентам**

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы компенсации потерь в сетях промышленных предприятий, осуществляющих деятельность по передаче электроэнергии субабонентам, но не имеющим статуса территориальной сетевой организации (ТСО).

*Ключевые слова:* передача электроэнергии, потери электроэнергии, субабоненты

V. Y. VUKOLOV, Ph.D,  
L.L. ALEKSEEV, PhD student,  
S.V. OSOKIN, student

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
603950, Nizhny Novgorod, st. Minin, 24

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics,  
606340 Knyaginino, Otyabrskaya st 22a

E-mail: Vvucolov@mail.ru, leo6650@yandex.ru, osokinsergey500@gmail.com

## **Development of recommendations for compensation of electricity losses in the network of an industrial enterprise during its transfer to sub-subscribers**

*Abstract.* The article deals with the issues of compensation of losses in the networks of industrial enterprises that carry out activities for the transmission of electricity to sub-subscribers, but who do not have the status of a territorial grid organization (TGO)

*Key words:* power transmission, power losses, sub-subscribers

Крупные промышленные предприятия, обладающие на праве собственности развитой электрической сетью нескольких уровней номинальных напряжений, как правило, помимо потребления электроэнергии на производственные нужды, осуществляют деятельность по передаче электроэнергии субабонентам. При этом в объем потребляемой электроэнергии субабонентами, фиксируемый счетчиками, не входят технологические потери электроэнергии, являющиеся неотъемлемой частью процесса электропередачи. Возникает ситуация, при которой потери на транспорт электроэнергии субабонентам вынужден оплачивать собственник электрической сети – промышленное предприятие. Вопрос компенсации этих потерь сторонними организациями становится одним из ключевых направлений повышения эффективности его функционирования.

Возможны три основных пути решения обозначенной проблемы:

1) Создание территориальной сетевой организации (ТСО) на базе промышленного предприятия;



2) Возмещение со стороны вышестоящих ТСО расходов на приобретение электроэнергии в целях компенсации технологических потерь при передаче электроэнергии субабонентам;

3) Передача электросетевого оборудования из собственности промышленного предприятия в собственность сторонних ТСО [1].

Рассмотрим более подробно каждый из вариантов.

Для получения предприятием статуса ТСО необходимо в большинстве случаев расширение службы главного энергетика, создание группы анализа и расчета режимов электрической сети, а также выполнение требований действующего законодательства РФ по минимальному объему оборудования, находящегося на балансе. Именно обеспечение соответствия требованиям по минимальному объему находящегося на балансе оборудования для многих промышленных является практически невыполнимой задачей: установленная мощность трансформаторов должна быть не менее 10 МВА, длины находящихся на балансе линий электропередачи двух уровней напряжений должны быть не менее 15 км. Таким образом, создание ТСО для большинства промышленных предприятий является нецелесообразным ввиду несоответствия находящейся на балансе электрической сети установленным критериям [2].

Ключевым этапом для появления возможности возмещения расходов на приобретение электроэнергии стал выход Постановления Правительства РФ от 26 декабря 2019 г. № 1857". Согласно указанному документу, для обеспечения компенсации технологических потерь со стороны вышестоящих ТСО (при наличии правоустанавливающих документов на объекты электросетевого хозяйства) необходимо подать заявление в произвольной форме и приложить к нему определенные законодательством обосновывающие документы, а именно:

1) копии документов, подтверждающих право собственности на объекты электросетевого хозяйства, с использованием которых осуществлялся переток электрической энергии;

2) копии актов об осуществлении технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии к объектам электросетевого хозяйства, с использованием которых осуществляется переток электрической энергии;

3) схемы соединений объектов электросетевого хозяйства;

4) расчет объема технологических потерь электрической энергии, возникших в объектах электросетевого хозяйства, с использованием которых осуществляется переток электрической энергии, по фактическим данным в соответствии с методикой расчета технологических потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям;

5) копии документов, оформленные в рамках исполнения договора, обеспечивающего продажу электрической энергии на розничном рынке, подтверждающие фактические расходы на приобретение электрической

энергии (мощности) в целях компенсации потерь электрической энергии в объеме технологических потерь электрической энергии;

б) расчет размера расходов на приобретение электрической энергии (мощности) в целях компенсации потерь электрической энергии.

Такой подход является оптимальным, однако неприменим для отдельных участков электрической сети предприятия ввиду невозможности разделения транспортных потоков на передачу электроэнергии на собственное потребление и на передачу субабонентам. Для решения этой проблемы предлагается рассмотреть возможность передачи электросетевого оборудования из собственности промышленного предприятия в собственность сторонних ТСО.

Снятие с баланса электросетевого оборудования позволяет перенести точки разграничения балансовой принадлежности максимально близко к заводским электроприемникам, тем самым исключив объем потребления, приходящийся на потери в электрической сети, из счетов-фактур на оплату электроэнергии. Недостаток такого подхода – при передаче питающих линий электропередачи на баланс сторонних ТСО, тариф на электроэнергию для предприятия изменит напряжение присоединения на следующий иерархический уровень, что повлечет за собой некоторое увеличение стоимости покупки электроэнергии (в среднем чуть больше 1 руб/кВт·ч). Поэтому эффект от внедрения рассматриваемого мероприятия, который достигается путем исключения из объема оплачиваемого электропотребления технологических потерь, должен превышать возникающие из-за повышения тарифа на оплату потребляемой электроэнергии дополнительные затраты.

#### **Выводы:**

1) Создание ТСО на базе промышленных предприятий в большинстве случаев является нецелесообразным ввиду несоответствия законодательно установленным критериям по объему сетевого хозяйства с последующей невозможностью утверждения тарифа на транспорт электроэнергии.

2) Передача электросетевых объектов на баланс сторонних ТСО позволит выделить потребление электроэнергии только собственными заводскими электроустановками и исключить из счетов-фактур объем потребления, приходящийся на компенсацию потерь и небалансы в сети, однако может привести к изменению тарифа на электроэнергию для заводских электроустановок. Поэтому эффект от внедрения данного мероприятия должен превышать возникающие дополнительные затраты.

3) Для обеспечения компенсации технологических потерь со стороны вышестоящих ТСО необходимо и достаточно подать заявление на компенсацию потерь совместно с установленными законодательством обосновывающими документами. Именно такой подход к компенсации потерь рекомендуется авторами.

### Литература

1. Вуколов В.Ю., Куликов А.Л., Трапезников И.Ф., Шарыгин М.В. Разработка алгоритмов системы управления конфигурацией распределительных электрических сетей сельскохоззяйственного назначения. - Вестник НГИЭИ, 2017, № 12 (79), с. 64-77.
2. Папков, Б. В., Вуколов В.Ю. Риски территориальных сетевых организаций в условиях «котловой» системы тарифообразования - Вестник Ивановского государственного энергетического университета. -2009. -Вып. 4. -С. 92-94.

УДК 621.311

Ю.Н. КОНДРАШОВА, к.т.н.,  
А.М. МАРКИНА студент, И.В. НОВИКОВ студент

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова,  
455000 г. Магнитогорск, Ленина, 38  
E-mail: rotjuil720@mail.ru

### **Комплексный учет изменения характеристик мощностей двигательной нагрузки применительно к оценке устойчивости генераторов**

*Аннотация.* Для оценки влияния переходных режимов работы генераторов собственных электростанций при понижении напряжения необходимо получить коэффициенты квадратичных уравнений для комплексного учета изменения характеристик двигательной нагрузки в результате симметричных коротких замыканий.

*Ключевые слова:* генератор, двигательная нагрузка, переходный режим, короткое замыкание

Yu. N.KONDRASHOVA, PhD,  
A. M. MARKINA, student, I. V. NOVIKOV, student

Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosova,  
455000 Magnitogorsk, Lenin, 38  
E-mail: rotjuil720@mail.ru

### **Comprehensive accounting of changes in the characteristics of the motor load powers in relation to the assessment of the stability of generators**

*Abstract.* To assess the effect of transient modes of operation of generators of own power plants with a decrease in voltage, it is necessary to obtain the coefficients of quadratic equations for a comprehensive account of changes in the characteristics of the motor load as a result of symmetric short circuits.

*Key words:* generator, motor load, transient, short circuit

Актуальной является тема комплексного учета изменения характеристик мощностей двигательной нагрузки применительно к системам электроснабжения промышленных предприятий по производству стали.

В первую очередь это связано с отсутствием полной информации о многоуровневой системе электроприемников, их количестве, мощностях, режиме работы и фактическом коэффициенте загрузки. Поэтому выходом из сложившейся ситуации является выделение основных групп, широко распространённых электроприемников. Из которых выделяются высоковольтные синхронные и асинхронные машины, а также тиристорный и частотный электропривод. В связи с тем, что наиболее часто встречающимися исполнительными механизмами и преобладающей нагрузкой на крупнейшем предприятии по производству стали является двигательная нагрузка. В рамках данной работы были рассмотрены синхронные и асинхронные машины применительно к собственным нуждам ЦЭС. При этом были построены характеристики изменения двигательной нагрузки для различных условий: изменение коэффициента загрузки, изменение коэффициента мощности, изменение времени отключения короткого замыкания. С помощью программы статистика были получены коэффициенты характеристик изменения мощности для синхронных и асинхронных высоковольтных двигателей для случаев при времени отключения коротких трехфазных замыканий  $t=0,1$ с и  $t=0,5$ с, которые в последующем были использованы в программном модуле для исследования динамической устойчивости генераторов.

По снятым данным были получены коэффициенты уравнений параметров связи для зависимостей активной и реактивной мощности от уровня исходного напряжения для синхронных и асинхронных двигателей при коэффициенте нагрузке 0,7 для времени отключения короткого трехфазного симметричного замыкания 0,1с и 0,5 с. (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты уравнений параметров связи

Двигатели		$t=0,1$ с	$t=0,5$ с
Синхронный	k PU	$0.1428x_1 + 0.5645x_2$	$0.125x_1 + 1,7515x_2 - 1,194x_3$
	k QU	$0.0629x_1 - 7.642x_2 + 6.642x_3$	$0.417x_1 - 5.217x_2 + 4.0068x_3$
Асинхронный	k PU	$-0.0576x_1 + 0.808x_2$	$-0.164x_1 + 1.92x_2 - 1.0473x_3$
	k QU	$-0.049x_1 + 0.662x_2 + 0.163x_3$	$-0.0938x_1 + 2.34x_2 - 1.591x_3$

Как видно, из полученных результатов коэффициенты парной корреляции представлены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициент парной корреляции

Двигатели		$t=0,1$ с	$t=0,5$ с
Синхронный	k PU	0.99186	0.94489
	k QU	0.99736	0.80897
Асинхронный	k PU	0.98855	0.85404
	k QU	-0.44613	-0.73841

Коэффициент парной корреляции показывает тесноту связи между зависимостями и чем ближе он к 1, тем сильнее наблюдается зависимость параметров друг от друга.

По приведенным коэффициентам парной корреляции можно сделать следующий вывод, что при увеличении времени отключений уменьшается теснота связей между заданными параметрами зависимостей.

### Литература

1. Игуменцев, В.А., Комплекс автоматизированного режимного анализа Катран 7.0[Текст] / Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Кондрашова Ю.Н., Панова Е.А., Кочкина А.В., Зиновьев В.В.// Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2013610067.
2. Буланова, О.В., Расчет динамических характеристик синхронных и асинхронных двигателей промышленных предприятий с целью анализа устойчивости систем электроснабжения[Текст] / Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2006. – № 2(14). – С. 71-75.
3. Заславец, Б.И., Представление машин переменного тока в расчетах динамической устойчивости систем электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями[Текст] / Заславец Б.И., Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2008. – № 11(111). – С. 3-8.
4. Малафеев, А.В., Влияние высоковольтных двигателей собственных нужд на надежность системы электроснабжения собственных нужд ТЭЦ ОАО "ММК"[Текст] / Малафеев А.В., Карандаева О.И., Ротанова Ю.Н., Буланова О.В.// Электротехнические системы и комплексы. – 2009. – № 17. – С. 96-104.
5. Заславец, Б.И., Анализ переходных процессов в системах электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями в режимах выхода на раздельную работу после короткого замыкания [Текст] / Заславец Б.И., Игуменцев В.А., Николаев Н.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № 1. – С. 60-65.
6. Малафеев, А.В., Способ представления асинхронных двигателей при расчете переходных режимов короткого замыкания с целью анализа влияния тока подпитки на динамическую устойчивость [Текст] / Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2008. – № 3(13). – С. 43-45.
7. Николаев, Н.А., Оценка регулирующего эффекта выпрямительной нагрузки для определения параметров установившихся режимов систем электроснабжения промышленных предприятий [Текст] / Николаев Н.А., Буланова О.В., Малафеев А.В., Кондрашова Ю.Н., Тарасов В.М.// Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2011. – № 4. – С. 115-118.
8. Газизова, О.В., Определение предельных параметров режимов для обеспечения успешной ресинхронизации объектов распределенной генерации в условиях предприятия черной металлургии [Текст] / Газизова О.В., Малафеев А.В., Кондрашова Ю.Н.// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2016. –Т.16– № 4. – С. 12-22.

УДК 621.311

Ю.Н. КОНДРАШОВА, к.т.н.,  
А.М. МАРКИНА студент,  
И.В. НОВИКОВ студент

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова,  
455000 г. Магнитогорск, Ленина, 38  
E-mail:rotjuil720@mail.ru

### **Построение и расчет характеристик изменения синхронного и асинхронного двигателей собственных нужд ЦЭС**

*Аннотация.* Приведены характеристики изменения синхронных и асинхронных двигателей собственных нужд ЦЭС и методика их расчета применительно к оценке динамической устойчивости систем электроснабжения крупнейшего предприятия по производству стали

*Ключевые слова:* синхронный двигатель, асинхронный двигатель, устойчивость, электроприемник, собственные нужды

Yu. N.KONDRASHOVA, PhD,  
A. M. MARKINA, student,  
I. V. NOVIKOV, student

Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosova,  
455000 Magnitogorsk, Lenin, 38  
E-mail:rotjuil720@mail.ru

### **Construction and calculation of the characteristics of changes in synchronous and asynchronous motors for auxiliary needs of the Central Electric Power Station**

*Abstract.* The characteristics of changes in synchronous and asynchronous motors for auxiliary needs of the Central Electric Power Station and the methodology for their calculation are given in relation to the assessment of the dynamic stability of power supply systems of the largest steel-making enterprise.

*Key words:* synchronous motor, asynchronous motor, stability, electrical receiver, auxiliary needs

Как известно, часто промышленные условия работы связаны с аварийными ситуациями, возникающими при эксплуатации. В проведенных ранее исследованиях было выявлено влияние характеристики изменения отдельных видов электроприемников при оценке устойчивости системы при больших возмущениях, которые выполняются с использованием разработанной программы[1].

Для определения степени влияния нагрузки на режимы предлагается выделить характерные группы электроприемников: высоковольтные синхронные и асинхронные электрические машины.

Зависимости активной и реактивной мощности от напряжения были получены при значительных его изменениях [2,3,4,5,6], что необходимо для расчета переходных режимов симметричных коротких замыканий.

На рис. 1-2 были получены зависимости активной и реактивной мощности от уровня напряжения для синхронного двигателя при различном коэффициенте загрузки (0,5-1), реактивная мощность ( $Q_1=1,97; 2,4; 3,26; 4,26; 1,54$  МВар) для момента времени 0,1 с и 0,5 с.

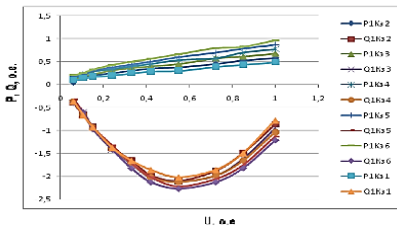


Рис. 1. Зависимость активной и реактивной мощности от напряжения для момента времени  $t=0,1$  с

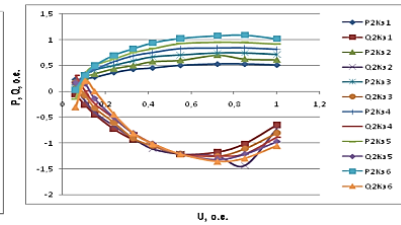


Рис. 2. Зависимость активной и реактивной мощности от напряжения для момента времени  $t=0,5$  с

Далее на рис. 3-4 были получены зависимости активной и реактивной мощности от уровня напряжения для асинхронного двигателя при различном коэффициенте загрузки ( $K_z=0,5-1$ ) и для  $\cos\phi(0,6; 0,7; 0,8; 0,85; 0,9)$  для момента времени 0,1с и 0,5с.

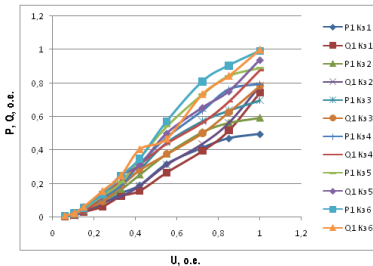


Рис.3. Зависимости активной и реактивной мощности от напряжения для момента времени  $t=0,1$  с

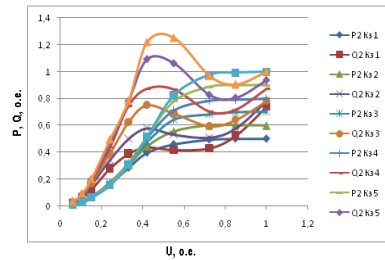


Рис. 4. Зависимости активной и реактивной мощности от напряжения для момента времени  $t=0,5$  с

Следует отметить, что при преобладании синхронной высоковольтной нагрузки характеристики изменения синхронного двигателя представляет собой параболическую зависимость по реактивной мощности. С увеличением коэффициента загрузки синхронного двигателя потребление активной мощности увеличивается при возрастании напряжения, а при уменьшении коэффициента загрузки, выдача реактивной мощно-

сти возрастает при снижении напряжения менее 0,85. При изменении реактивной мощности  $Q_d$  в пределах 1,54-4,26 МВар активная мощность остается неизменной. При увеличении коэффициента загрузки для асинхронного двигателя реактивная мощность возрастает и увеличивается подпитка точки короткого замыкания для момента времени 0,1 с и 0,5 с.

Полученные характеристики изменения электрической нагрузки могут быть использованы при оценке устойчивости [5,6,7] в случае отсутствия информации о потребителе.

#### Литература

1. Игуменцев, В.А., Комплекс автоматизированного режимного анализа Катран 7.0/ Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Кондрашова Ю.Н., Панова Е.А., Кочкина А.В., Зиновьев В.В.// Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2013610067.
2. Буланова, О.В., Расчет динамических характеристик синхронных и асинхронных двигателей промышленных предприятий с целью анализа устойчивости систем электроснабжения/ Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2006. – № 2(14). – С. 71-75.
3. Заславец, Б.И., Представление машин переменного тока в расчетах динамической устойчивости систем электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями / Заславец Б.И., Игуменцев В.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2008. – № 11(111). – С. 3-8.
4. Заславец, Б.И., Анализ переходных процессов в системах электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями в режимах выхода на отдельную работу после короткого замыкания / Заславец Б.И., Игуменцев В.А., Николаев Н.А., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н.// Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № 1. – С. 60-65.
5. Малафеев, А.В., Способ представления асинхронных двигателей при расчете переходных режимов короткого замыкания с целью анализа влияния тока подпитки на динамическую устойчивость / Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н. // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2008. – № 3(13). – С. 43-45.
6. Газизова, О.В., Определение предельных параметров режимов для обеспечения успешной ресинхронизации объектов распределенной генерации в условиях предприятия черной металлургии / Газизова О.В., Малафеев А.В., Кондрашова Ю.Н.// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2016. –Т.16– № 4. – С. 12-22.
7. Малафеев, А.В., Исследование влияния автоматических регуляторов промышленных генераторов на параметры переходных процессов коротких замыканий и выхода на отдельную работу / Малафеев А.В., Буланова О.В., Кондрашова Ю.Н.// Главный энергетик. – 2011. – № 3. – С. 26-29.



УДК 621.311

В. В. ДЕНИСОВ, к.т.н.,  
А. И. МАРЧЕНКО, к.т.н.,  
И. С. МУРАШКИНА, аспирант

Новосибирский государственный технический университет,  
Факультет энергетики  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.  
E-mail: andrey1991@ngs.ru

### **Присоединение локальных систем электроснабжения с малой генерацией к электрической сети посредством синхронных связей**

*Аннотация.* Исследования и работа заключается в решении технической задачи по свободному присоединению локальных систем электроснабжения с малой генерацией к существующим электрическим сетям при обеспечении качества электроснабжения, надежности и безопасности работы, как самого объекта генерации, так и прилегающего района электрической сети. В результате проведенных исследований запатентован способ параллельной работы системы электроснабжения с малой генерацией с энергосистемой большой мощности, предложенный способ реализован в автоматике противоаварийного управления системами с малой распределенной генерацией.

*Ключевые слова:* распределенная малая генерация, синхронный режим, противоаварийное управление, автоматика, электрическая сеть

V. V. DENISOV, PhD of Engineering,  
A. I. MARCHENKO, PhD of Engineering,  
I. S. MURASHKINA, PhD-student

Novosibirsk state technical university,  
Department of Automated electric power systems at the Power engineering faculty,  
20, K. Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation  
E-mail: andrey1991@ngs.ru

### **Connection of local power supply systems with a small generation to electrical network through synchronous communications**

*Abstract.* The investigation is aimed to the solving the technical challenge of free connection of power supply systems with small generation of local power supply to the existing networks, which ensuring the quality of power supply, reliability and safety of operation, both of the generation facility itself and the adjacent area of the power grid. As a result of the investigation, a method of parallel operation of a small power supply system with a high-power system was patented and the proposed method is implemented in the automation of system emergency control with small distributed generation.

*Key words:* distributed small generation, synchronous mode, emergency control, automation, electrical distribution network

В настоящее время тренды развития и трансформации мировой электроэнергетики формируются на новых принципах построения электроэнергетических систем, главные из них это: персонализация, информатизация и снижение антропогенного воздействия технических энергетических систем на внешнюю окружающую среду. Данные принципы реализуются на базе развития технических систем и систем управления ими. Генерирующие мощности в общем энергобалансе в настоящее время и перспективном будущем прирастают в основном за счет строительства объектов распределённой малой генерации (РМГ). Связанные между собой энергоблоки РМГ и прилегающий район электрической сети с электропотребителями формируют локальные системы электроснабжения (ЛСЭ), которые, как правило, работают в своей зоне режимно-изолированно от существующих распределительных сетей крупных энергообъединений - электроэнергетических систем (ЭЭС) [1].

В настоящем и будущем времени актуальной технической задачей требующей решения является создание технологии автоматического управления режимами электроэнергетических систем с распределенной синхронной малой генерацией работающей параллельно в электрических сетях электроэнергетических систем. Данная технология позволит свободно присоединяться ЛСЭ с малой генерацией к существующим распределительным электрическим сетям крупных ЭЭС и работать с ними в режиме синхронной связи (параллельной работы) надежно и безопасно. Управление объектами распределённой энергетической инфраструктуры перспективно осуществлять средствами мультиагентного автоматическими управления разрабатываемых для децентрализованных систем.

В международной классификации данное направление относится к технологиям управления энергосистемами по типу Smart Grid. Концепция построения энергосистем с распределенной малой генерацией Интернета энергии (IDEA – Internet of Distributed Energy Architecture), формирует необходимую архитектуру и интегрирует между собой локальное производство и потребление энергии, позволяющее свободно и взаимно обмениваться, непосредственно электроэнергией, информацией и предоставлять электроэнергетические услуги.

В исследовании ставилась цель по разработке исследование эффективности автоматизации управления режимом параллельной работы ЛСЭ с внешней электрической сетью большой мощности, использующей способ опережающего сбалансированного деления в качестве противоаварийного управления. Объектами исследования являются ЛСЭ, объединяемые на параллельную работу с внешними ЭЭС с помощью синхронных электрических связей. Предмет исследования - средства и способы управления параллельной работой ЛСЭ в электрической сети ЭЭС.

Предложен новый способ для прямого безопасного для оборудования включения ЛСЭ на параллельную работу с внешней ЭЭС, основанный на использовании противоаварийного опережающего сбалансированного отделения ЛСЭ по специально поддерживаемым сечениям [2]. Режимы работы ЛСЭ в составе сети могут осуществляться, как без обмена мощностью (либо обмен не значительный), а также с выдачей значимой мощности от ЛСЭ во внешнюю сеть или с потреблением ЛСЭ мощности из сети. Способ обеспечивает предотвращение нарушений устойчивости параллельной работы с возникновением асинхронных режимов, исключение ударных моментов на валах синхронных машин, исключение необходимости согласования релейной защиты и автоматики внешней электрической сети с защитами присоединяемой сети ЛСЭ с малой генерацией, ограничение отключаемых токов короткого замыкания [3].

Запатентованный способ противоаварийного управления режимом параллельной работы синхронных генераторов в электрических сетях реализован в прототипе автоматики управления режимом параллельной работы ЛСЭ с внешней электрической сетью ЭЭС, созданном в Новосибирском государственном техническом университете совместно с ООО «Модульные системы Торнадо» (г. Новосибирск) и АО «Институт автоматизации энергетических систем» (г. Новосибирск) [4].

Практические рекомендации по применению автоматики и уставок автоматики использованы при осуществлении пилотного проекта по присоединению ЛСЭ с электростанцией малой генерации жилого массива «Березовое» (г. Новосибирск) к электрической сети Новосибирской электроэнергетической системы Единой энергетической системы России в режиме параллельной работы и выдачей избыточных мощностей во внешнюю сеть. Предложено рассматривать малую генерацию не только как поставщика товара - электрической энергии, но и как субъекта оказания системных электроэнергетических услуг локального характера по обеспечению желаемых режимных характеристик, в т.ч. надежности электроснабжения потребителей и качества электрической энергии.

В результате проведенной работы исследовательским коллективом под руководством профессора А.Г. Фишова, в т.ч. с участием авторов данной статьи, решена техническая задача по снятию технологических барьеров, связанных с присоединением локальных систем электроснабжения с малой генерацией на параллельную работу к существующим электрическим сетям.

#### Литература

1. Средства и способы управления параллельной работой электрической станции малой генерации с электрической сетью / А.И. Марченко, В.В. Денисов, И.С. Мурашкина // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. - 2019. - Вып. № 1 (74). - С. 77–90.
2. Патент 2662728 Российская Федерация, МПК H02J 3/46, H02H 7/085. Спо-

соб противоаварийного управления режимом параллельной работы синхронных генераторов в электрических сетях / А.И. Марченко, Б.Б. Мукатов, А.Г. Фишов; №2016147843; Заявл. 06.12.2016; Оpubл. 30.07.2018, Бюлл. № 22. – 12 с.

3. Исследование устойчивости параллельной работы локальной системы энергоснабжения малой мощности с внешней электрической сетью энергосистемы / А.Г. Фишов, А. И. Марченко, В.В. Денисов, И.С. Мурашкина // Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2020. – № 1. – С. 116–127

4. Системная автоматика для интеграции локальных систем электроснабжения с синхронной малой генерацией в электрические сети / Е.Н. Гежа, В.Е. Глазырин, Г.В. Глазырин, А.И. Марченко, Р.Ю. Семендяев, Е.С. Ивкин, О.В. Сердюков, А.Г. Фишов // Релейщик. - 2018. – № 2. – С. 24–31.

УДК 621.31

Е.Н.СОСНИНА, д.т.н., профессор

А.В. ШАЛУХО, к.т.н., доцент

Н.И. ЭРДИЛИ, аспирант, А. С. ВЛАСОВ, магистрант

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
E-mail: sosnyna@yandex.ru, shaluho@nntu.ru  
erdili.ni@yandex.ru, an.vlasovngtu@yandex.ru

### **Мультиагентный подход к управлению разнородными источниками энергии в системах автономного электроснабжения**

*Аннотация.* Работа посвящена повышению эффективности систем автономного электроснабжения с источниками распределенной генерации (РГ). Рассмотрены технологии твердотельного трансформатора и их применение при объединении разнородных источников РГ. Предложен мультиагентный подход для управления энергообменом на низком и среднем уровнях напряжения.

*Ключевые слова:* распределенная генерация, энергообмен, твердотельный трансформатор, мультиагентная система управления

E.N. SOSNINA, Doctor of technical sciences, professor

A.V. SHALUHO, Candidate of technical sciences, associate professor

N.I. ERDILI, post graduate student, A.S. VLASOV, undergraduate

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,

Minin St., 24, Nizhny Novgorod, 603950

E-mail: sosnyna@yandex.ru, shaluho@nntu.ru,

erdili.ni@yandex.ru, an.vlasovngtu@yandex.ru

### **Multi-agent Approach to the Control of Heterogeneous Energy Sources in Autonomous Power Supply Systems**

*Abstract.* The paper is devoted to improving the efficiency of autonomous power supply systems with distributed generation sources (DG). The solid-state transformer technologies and their application in combining heterogeneous DG sources have been considered. A multi-agent approach to energy exchange control at LV and MV levels has been proposed.

*Key words:* distributed generation, power exchange, solid-state transformer, multi-agent control system

Освоение удаленных и труднодоступных территорий России во многом связано с развитием и повышением эффективности систем автономного электроснабжения (САЭС) с источниками распределенной генерации (РГ), в том числе возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ). Качественно новый подход к решению данной задачи заключается в реализации концепции «энергетический интернет» на основе цифровых технологий [1]. Ключевой особенностью функционирования САЭС по принципу энергетического интернета является возможность многостороннего энергетического обмена, как на напряжении 0,4 кВ (внутри САЭС), так и на напряжении 10(20) кВ (между объединенными распределительной сетью САЭС). Однако для этого требуется решение проблем обеспечения совместной работы установок РГ (и накопителей) на напряжении 0,4 кВ, электрической связи соседних САЭС на напряжении 10(20) кВ и управления энергетическим обменом между распределенными объектами.

Совместная работа разнородных установок РГ и накопителей в САЭС обеспечивается их объединением на постоянном или переменном токе, а также с помощью гибридных инверторов. Однако данные решения имеют существенные недостатки, не позволяющие в полной мере реализовать принцип энергетического интернета для САЭС. Так объединение установок на переменном токе отрицательно влияет на качестве потребляемой электроэнергии. Объединение на постоянном токе требует индивидуальных преобразователей для каждой установки РГ, что снижает надежность системы. Применение гибридных инверторов различных компаний-производителей может ограничить взаимодействие установок РГ.

Задача обеспечения совместной работы установок РГ на напряжении 0,4 кВ и многостороннего энергообмена между отдельными САЭС на напряжении 10(20) кВ решается применением так называемых твердотельных трансформаторов SST (Solid State Transformer). SST представляет собой электронное устройство - управляемый полупроводниковый преобразователь [2], позволяющий в реальном времени реализовать функции перераспределения потоков мощности, регулирования параметров электрической энергии, объединения разнородных источников РГ, накопителей и потребителей [3]. Разработкой технологий SST занимаются в США, Японии и ряде европейских стран, однако их промышленное производство пока отсутствует.

В работе рассматривается SST модульной конструкции. Модули низкого напряжения SST предназначены для подключения разнородных источников РГ (в составе одной САЭС), регулирования потоков мощности и качества электроэнергии в сети 0,4 кВ САЭС, а также управления процессом покупки/продажи электроэнергии (при различных собственниках установок РГ). Модуль среднего напряжения SST обеспечивает электрическую связь на напряжении 10(20) кВ и управление двунаправленными потоками электрической мощности между САЭС.

Модульная конструкция SST позволяет применить мультиагентный подход к управлению энергообменом, как на напряжении 0,4 кВ, так и 10(20) кВ. Мультиагентная система управления (MaСУ) – интеллектуальная распределенная динамическая система, основанная на взаимодействии друг с другом автономных агентов [4]. Главными достоинствами применения MaСУ при управлении разнородными источниками РГ в САЭС являются легкость расширения управляемой системы, масштабируемость и реализация принципа plug&play (включил и работал).

Будущие исследования предполагают разработку алгоритмов MaСУ для управления источниками РГ 0,4 кВ и энергетическим обменом между САЭС на стороне 10(20) кВ. Особенностью применения MaСУ на низком напряжении должна стать возможность динамического изменения роли объекта с собственной генерацией на электроэнергетическом рынке. Основная цель разрабатываемой MaСУ для среднего напряжения заключается в оптимизации приоритетов агентов и достижении энергетической и экологической эффективности функционирования САЭС при соблюдении баланса мощностей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00541).

#### Литература

1. Лоскутов А. Б. Проблемы перехода электроэнергетики на цифровые технологии / А. Б. Лоскутов // Интеллектуальная электротехника. – 2018. – № 1. – С. 9 – 27.
2. Kolar J.W., Huber J.E. Solid-State Transformers: Key Design Challenges, Applicability, and Future Concepts. – APEC 2016 [Электронный ресурс] URL: [www.pes-publications.ee.ethz.ch](http://www.pes-publications.ee.ethz.ch) (Дата обращения 12.03.2021).
3. Shamshuddin M.A., Rojas F. Solid State Transformers: Concepts, Classification, and Control. *Energies* 2020. - 13(9), 2319.
4. Фишов А.Г. Децентрализованное мультиагентное регулирование напряжения в электрических сетях / А.Г. Фишов, Н.А. Карджаубаев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. № 6. – С. 183 – 195.

УДК 621.31

А.В. ШАЛУХО, к.т.н., доцент  
Л.Е. ВЕСЕЛОВ, аспирант

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева,  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
E-mail: shaluh@nntu.ru, veselov022@gmail.com

## **Применение ТОТЭ на биогазе для электроснабжения сельскохозяйственных предприятий**

*Аннотация.* Работа посвящена исследованию эффективности применения в системе электроснабжения сельскохозяйственного предприятия твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), работающих на биогазе. Разработана методика выбора оптимальной установленной мощности ТОТЭ, учитывающая критерии экономической и экологической эффективности.

*Ключевые слова:* твердооксидные топливные элементы, биогаз, система электроснабжения

A.V. SHALUHO, PhD, associate professor  
L.E. VESELOV, post graduate student

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
Minin St., 24, Nizhny Novgorod, 603950  
E-mail: shaluh@nntu.ru, veselov022@gmail.com

## **Application of SOFC on biogas for power supply of agricultural enterprises**

*Abstract.* The paper is devoted to the study of the efficiency of using solid oxide fuel cells (SOFC) operating on biogas in the power supply system of an agricultural enterprise. A method for selecting the optimal installed capacity of SOFC has been developed, taking into account the criteria of economic and environmental efficiency.

*Key words:* solid oxide fuel cells, biogas, power supply system

Сельское хозяйство является стратегической отраслью экономики России. Однако электроснабжение многих сельскохозяйственных предприятий характеризуется недостаточной эффективностью, что связано с частыми нарушениями электроснабжения. Кроме того, увеличиваются площади земель, занятых под хранение отходов, снижается плодородие почв, что приводит к ежегодным потерям продукции.

Перспективным подходом к решению данных проблем является расширение использования источников распределенной генерации, которые работают на биогазе из утилизированных отходов производства. Наибольшими преимуществами при работе на биогазе обладают твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) [1].

Актуальной является задача выбора оптимальной установленной мощности ТОТЭ для эффективного применения в системе электро-

снабжения сельскохозяйственного предприятия. Обоснованные методические рекомендации по оптимальной интеграции ТОТЭ в системы электроснабжения потребителей пока представлены слабо.

Разработана методика выбора оптимальной установленной мощности ТОТЭ ( $P_{\text{ТОТЭ}}$ ). Критериями оптимизации являются дисконтированные комплексные затраты на электроснабжение предприятия за расчетный период ( $C_{\text{д}\Sigma}$ ) и объем биогаза для работы ТОТЭ ( $V_{\text{БГ}}$ ) за 1 год, который пропорционален массе переработанных отходов сельхозпроизводства. Выбор  $P_{\text{ТОТЭ}}$  оказывает влияние на оба критерия.

Дисконтированные комплексные затраты на электроснабжение сельскохозяйственного предприятия с ТОТЭ определяются по формуле:

$$C_{\text{д}\Sigma} = \sum_{i=0}^T [C_{\text{КАП}} + C_{\text{ТЕХ}} + C_{\text{РП}} + C_{\text{ЦЭС}}] \cdot (1+r)^{-t} \quad (1)$$

где  $C_{\text{КАП}}$  – капитальные затраты на энергоустановку на ТОТЭ,  $C_{\text{ТЕХ}}$  – затраты на техническое обслуживание ТОТЭ,  $C_{\text{РП}}$  – затраты на рабочий персонал,  $C_{\text{ЦЭС}}$  – затраты на покупку электроэнергии от централизованной электрической сети,  $r$  – ставка дисконтирования для года  $t$ ,  $T$  – расчетный период.

Объем биогаза для работы ТОТЭ, произведенного из отходов сельхозпроизводства, за 1 год определяется по формуле:

$$V_{\text{БГ}} = 8760 \cdot P_{\text{ТОТЭ}} \cdot F_{\text{ТОТЭ}}, \quad (2)$$

где  $F_{\text{ТОТЭ}}$  – средний удельный расход первичного газообразного топлива (биометана) ТОТЭ на выработку 1 кВтч ( $\text{м}^3/\text{кВтч}$ ).

Методика выбора оптимального значения  $P_{\text{ТОТЭ}}$  основана на модифицированном методе последовательных уступок и методе поразрядного поиска, а также предполагает использование специальной разработанной базы данных по ТОТЭ [2].

Критерии оптимизации ранжированы по степени важности.  $C_{\text{д}\Sigma}$  является более важным (первым) критерием.  $V_{\text{БГ}}$  является вторым критерием. Суть методики заключается в том, чтобы путем допустимого отклонения от оптимального значения  $P_{\text{ТОТЭ}}$  по первому критерию добиться улучшения значения второго критерия.

Вначале задаются исходные данные (параметры животноводческого предприятия, информация об энергоносителях и тарифах). Далее определяется оптимальная установленная мощность ТОТЭ по первому критерию ( $P_{\text{ТОТЭ.1}}$ ) с помощью метода поразрядного поиска. Для  $P_{\text{ТОТЭ.1}}$  производится расчет  $C_{\text{д}\Sigma.1}$  и  $V_{\text{БГ.1}}$ .

Рассчитывается допустимая уступка по первому критерию ( $\Delta C$ ) и определяется новая установленная мощность ТОТЭ ( $P_{\Delta}$ ). Выполняется оптимизация установленной мощности ТОТЭ по второму критерию. Для новой установленной мощности ТОТЭ ( $P_{\Delta}$ ) выполняется расчет  $C_{\text{д}\Sigma.2}$  и



$V_{Бг.2}$ . С помощью экспертной оценки определяется целесообразность перехода от  $P_{ТотЭ.1}$  к  $P_{Д}$ . В итоге определяется установленная мощность ТОТЭ, которая является оптимальной по критериям экономической и экологической эффективности.

С помощью компьютерной программы в Excel и базы данных [2] проведено исследование эффективности применения ТОТЭ на биогазе в системе электроснабжения животноводческого предприятия на 2000 коров [3]. Расчетный период (жизненный цикл системы) принят равным 10 годам. Поиск оптимальной установленной мощности ТОТЭ осуществлялся в диапазоне 90 – 525 кВт.

Результаты исследования показали, что  $C_{дΣ}$  без ТОТЭ превышают  $C_{дΣ}$  при использовании ТОТЭ. Это подтверждает экономическую эффективность применения ТОТЭ в системе электроснабжения сельскохозяйственного предприятия (для заданных исходных условий). Функция  $C_{дΣ}$  имеет выраженный экстремум. Это связано с существенными капитальными затратами в первый год проекта. График зависимости  $V_{Бг}$  от  $P_{ТотЭ}$  имеет линейный характер. Это связано с допущением о равном удельном расходе биометана для ТОТЭ всех мощностей.

По критерию экономической эффективности оптимальная установленная мощность ТОТЭ равна 300 кВт. Однако при использовании ТОТЭ установленной мощностью от 150 до 350 кВт значение  $C_{дΣ}$  изменяется незначительно и близко к минимальному. Поэтому установленная мощность ТОТЭ может быть увеличена до 350 кВт. Это позволит увеличить объем производства биогаза для работы ТОТЭ на 15 %. Итоговый выбор  $P_{ТотЭ}$  зависит от возможности увеличения капитальных затрат на установку ТОТЭ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение о предоставлении грантов для государственной поддержки молодых российских ученых-кандидатов наук № 075-15-2020-097 (МК-593.2020.8) от 18.03.2020 г.).

#### Литература

1. Киселев И.В. Повышение энергетической эффективности твердооксидных топливных элементов и обоснование их применения для энергоснабжения потребителей малой мощности: автореф. ...дис. канд. техн. наук. ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, Москва. 2013.
2. Соснина Е.Н., Шалухо А.В., Веселов Л.Е. База данных по твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ) // Свидетельство о гос. регистрации № 2020622076; заявл. № 2020621942 от 21.10.2020. Зарегистрировано 28.10.2020. Правообладатель: НГТУ им. Р.Е. Алексеева.
3. Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, Л.Е. Веселов О применении ТОТЭ на биогазе в системе электроснабжения сельскохозяйственных предприятий // Интеллектуальная электротехника, №4 (12). 2020. С. 27-41.

УДК 621.311:519.242.5

М.В. ХОХЛОВ, к.т.н., доцент

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера  
Федерального исследовательского центра  
«Кomi научный центр Уральского отделения Российской академии наук»  
167982 г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26  
E-mail: hohlov@energy.komisc.ru

## **Оптимальный выбор векторных измерений для оценивания состояния электроэнергетической системы**

*Аннотация.* Представлена математическая модель выбора векторных измерений, обеспечивающих наилучшие результаты оценивания состояния электроэнергетической системы.

*Ключевые слова:* векторное измерение, оптимальное планирование, оценивание состояния, целочисленное программирование

M.V. KHOKHLOV, PhD, Associate Professor

Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North  
of the Federal Research Centre  
«Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences»  
26 Kommunisticheskaja str, 167982, Syktyvkar  
E-mail: hohlov@energy.komisc.ru

## **Optimal selection of phasor measurements from a power system state estimation perspective**

*Abstract.* A mathematical model for phasor measurement selection able to provide the best results of power system state estimation is presented.

*Key words:* phasor measurement, optimal design, state estimation, mixed-integer programming

Точность модели текущего электрического режима, формируемой путем решения задачи оценивания состояния электроэнергетической системы (ЭЭС) и используемой для контроля и управления ЭЭС, зависит от состава измерений, передаваемых с энергообъектов в центр управления. Состав измерений определяется на этапе создания или развития информационно-измерительной системы. В настоящее время задача определения параметров режима, измерения которых обеспечат максимальную точность оценивания состояния ЭЭС, возникает в связи с внедрением технологии синхронизированных векторных измерений. Ее решение может быть использовано как при обосновании размещения устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ) в сети, так и при выборе векторных измерений, передаваемых на верхний уровень.

Представленная в работе математическая модель является разви-

тием модели оптимального выбора мест размещения так называемых многоканальных УСВИ для оценивания состояния ЭЭС по данным УСВИ [1]. Предлагаемая оптимизация состава векторных измерений допускает более равномерное их распределение в сети и, соответственно, достижение более высокой точности оценок параметров режима при том же количестве информации, передаваемом на верхний уровень. Включение в модель традиционных измерений, передаваемых по каналам телеметрии, позволять определять оптимальный состав векторных измерений для оценивания состояния ЭЭС, выполняемого по объединенным данным УСВИ и SCADA.

Рассмотрим множество потенциальных векторных измерений, включающее измерения комплексных напряжений  $\bar{U}$  в  $n_b$  узлах и токов  $\bar{I}$  по концам  $n_l$  связей ЭЭС, всего  $m = n_b + 2n_l$  векторных измерений. Каждому напряжению в  $i$ -м узле и каждому току по присоединению  $i$ - $j$  назначим соответствующую бинарную переменную  $x_i$  и  $x_{i,j}$ , а вектор, содержащий все эти переменные, обозначим через  $y$ , причем  $y_i = 1$ , если  $i$ -е векторное измерение отбирается для оценивания состояния, и  $y_i = 0$  в противном случае. Оптимальному вектору  $y^*$  отвечает состав измерений, при использовании которых максимальная компонента нормированной дисперсионной матрицы оценок параметров  $A$  режима будет минимальной среди всех других равнозначных по затратам вариантов.

Модель оптимального выбора векторных измерений представляет собой модель частично целочисленного линейного полубесконечного программирования:

$$\max t \quad (1)$$

$$\frac{\sum_{j=1}^m \left[ \sigma_{V_j}^{-2} (h_{V_j}^T \Sigma(\mu) h_{A_j})^2 \sigma_{A_j}^{-2} + \sigma_{U_j}^{-2} (h_{U_j}^T \Sigma(\mu) h_{A_j})^2 \sigma_{A_j}^{-2} \right] y_j}{\sigma_{A_i}^{-2} (h_{A_i}^T \Sigma(\mu) h_{A_i})^2 \sigma_{A_i}^{-2}} \geq t, \quad i \in A, \quad \mu \in \Xi \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m c_i y_i \leq C_p, \quad (3)$$

$$x_i + \sum_{j \in \delta(i)} x_{j,i} + \sum_{j \in \delta(i); (i,j) \in E} f_{j,i} + \sum_{j \in Z; i \in \delta[j]} s_{j,i} \geq 1, \quad i \in V \quad (4)$$

$$M_i x_i - \sum_{j \in \delta(i)} x_{j,i} \geq 0, \quad i \in V \quad (5)$$

$$\sum_{j \in \delta[l]} s_{i,j} = 1, \quad i \in Z \quad (6)$$

$$f_{i,j} + f_{j,i} = 1, \quad (i, j) \in E \quad (7)$$

$$0 \leq s_{j,i} \leq 1, \quad (8)$$

$$y_i, f_{i,j}, f_{j,i} \in \{0, 1\}, \quad (9)$$

где  $V$  – множество узлов сети,  $Z$  – множество узлов с измеряемой ( $P_i$  и  $Q_i$ ) или нулевой инъецией,  $E$  – множество связей с измеряемым ( $P_{ij}$  и  $Q_{ij}$ ) потоком мощности,  $M_i$  – число присоединений  $i$ -го узла,  $\mathcal{X}(i)$  – множество узлов, смежных  $i$ -му узлу,  $\mathcal{X}[i] = \mathcal{X}(i) \cup \{i\}$ ;  $s_{ij}$  – вспомогательные переменные для каждого узла  $i \in Z$ ,  $f_{ij}$ ,  $f_{ji}$  – пара вспомогательных бинарных переменных для каждой связи  $(i, j) \in E$ ;  $c_i$  – затраты, связанные с выполнением  $i$ -го измерения и его передачей,  $C_p$  – располагаемые ресурсы;  $h_i$  – вектор коэффициентов линейной или линеаризованной зависимости  $i$ -го параметра режима от вектора состояния ЭЭС,  $h_{vi}$  и  $h_{ui}$  соответствуют двум компонентам  $i$ -го векторного измерения (модулю и углу или действительной и мнимой частям комплексной величины), а  $h_{Ai}$  – параметру, точность оценки которого оптимизируется,  $\sigma^{2vi}$  и  $\sigma^{2ui}$  – дисперсии двух компонент  $i$ -го векторного измерения,  $\sigma^{2Ai}$  – желаемая дисперсия оценки  $i$ -го параметра режима,  $\Sigma(y)$  – ковариационная матрица оценок переменных состояния ЭЭС, определяемая в ходе обращения следующей матрицы:

$$\begin{bmatrix} H_0^T R_0^{-1} H_0 + \sum_{i=1}^m y_i (\sigma_{v_i}^{-2} h_{v_i} h_{v_i}^T + \sigma_{u_i}^{-2} h_{u_i} h_{u_i}^T) & C^T \\ C & 0 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \Sigma(y) & B^T \\ B & D \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где  $H_0$  – матрица коэффициентов зависимости параметров, измеряемых традиционным способом ( $U_i$ ,  $P_i$ ,  $Q_i$ ,  $P_{ij}$ ,  $Q_{ij}$ ), от вектора состояния ЭЭС,  $R_0$  – ковариационная матрица ошибок этих измерений,  $C$  – матрица коэффициентов, соответствующая нулевым инъециям транзитных узлов;  $\Xi$  – множество бинарных векторов  $\mu$ , при которых ЭЭС наблюдаемая, т.е. матрица (10) обратимая.

Выражение в (2) получено на основе геометрической интерпретации дисперсии оценки  $i$ -го параметра режима [2]. Ограничения (2) вместе с целевой функцией (1) определяют условия оптимальности вектора  $y$ . Ограничения (4)-(7) задают условия топологической наблюдаемости ЭЭС по данным векторных измерений [3], расширенные для учета имеющихся измерений мощности в узлах и ветвях сети. Эти ограничения улучшают вычислительные свойства задачи и обеспечивают допустимость промежуточных решений в итерационном процессе поиска оптимального решения [1,2].

В качестве иллюстрации приводится пример оптимального выбора векторных измерений в IEEE тестовой 14-узловой ЭЭС (рис. 1а). В системе измеряются 26 параметров. Узел 7 – транзитный. Система не наблюдаемая. Предположим, что стоимость всех векторных измерений одинаковая,  $c_i = 1$ ,  $i = 1, \dots, m$ . Стандартные отклонения ошибок векторных измерений установим, исходя из погрешности 0,5% для модулей и 0,5° для углов. Для традиционных измерений SCADA полагаем погрешность 2%. В качестве параметров  $A$  режима, точность оценок которых подлежит оптимизации, примем модули и углы напряжений во всех

узлах и токов по всем связям. Всего 108 параметров. Желаемая точность для них принята равной точности их потенциальных измерений.

В первом эксперименте выбираются три векторных измерения, восстанавливающие наблюдаемость ЭЭС. При выборе, удовлетворяющем ограничениям (3)–(9), решением является состав  $\bar{U}_4, U_6, I_{4,2}$ . Оптимальный выбор дает  $U_5, I_{5,6}, I_{5,4}$ . Сравнительные результаты оценивания состояния, приведенные на рис.1б, демонстрируют эффект от оптимизации состава измерений.

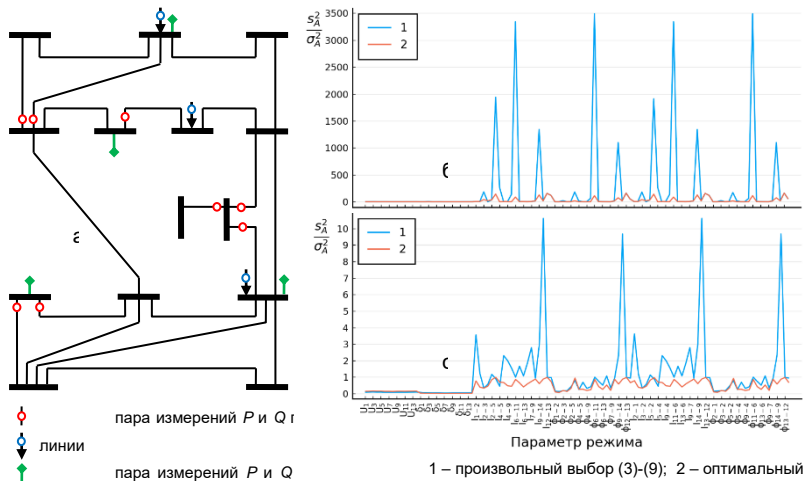


Рис.1. а – тестовая схема с измерениями SCADA; б – нормированная дисперсия оценок при добавлении трех векторных измерений; с – нормированная дисперсия оценок при добавлении 20 векторных измерений

Во втором эксперименте выбираются 20 векторных измерений. В этом случае при оптимальном составе достигается желаемая точность оценок комплексных напряжений и токов: дисперсии оценок  $s_{Ai}^2$  не превышают заданные дисперсии,  $s_{Ai}^2 / \sigma_{Ai}^2 \leq 1$  (рис. 1с). Выбор лишь по условию топологической наблюдаемости дает значительно худшие результаты. Заметим, чтобы добиться заданной желаемой точности, размещая оптимальным образом многоканальные УСВИ, требуется оснастить 6 узлов 27 векторными измерениями.

### Литература

1. Хохлов М.В. Учет транзитных узлов в методе выбора оптимальной схемы расстановки УСВИ на основе целочисленного линейного программирования // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып.71 / В 3-х книгах. / Книга 2. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2020. С. 255-264.
2. Хохлов М.В. Метод расстановки PMU по критерию G-оптимальности на основе целочисленного линейного программирования // Методические вопросы иссле-

дования надежности больших систем энергетики: Вып. 70 / В 2-х книгах / Книга 2. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2019. С. 107-116.

3. Khokhlov M., Obushevs A., Oleinikova I., Mutule A. Optimal PMU placement for topological observability of power system: Robust measurement design in the space of phasor variables // Proc. 7th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe 2016), Ljubljana, Oct 9-12, 2016. P. 1-6.

УДК 621.315

А.А. МАРТИРОСЯН, к.т.н., доцент,  
П.С. ПИЛИПЕНКО, студент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, улица Рабфаковская 34  
E-mail: akopmartirosian@gmail.com, pavel.pilipenko@yandex.ru

### **Моделирование устройств продольной компенсации с тиристорным управлением в среде SIMULINK**

*Аннотация.* В работе приведена модель управляемого устройства продольной компенсации с тиристорным управлением в среде SIMULINK и выполнен анализ расчёта несимметричных режимов.

*Ключевые слова:* управляемые устройства продольной компенсации, моделирование, устойчивость

A.A. MARTIROSYAN, Candidate of Engineering, docent,  
P.S. PILIPENKO, student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: akopmartirosian@gmail.com, pavel.pilipenko@yandex.ru

### **Simulation of thyristor-controlled longitudinal compensation devices in the SIMULINK environment**

*Annotation.* The paper presents a model of a controlled device for longitudinal compensation with thyristor control in the SIMULINK environment and analyzes the calculation of asymmetric modes.

*Key words:* controlled longitudinal compensation devices, modeling, stability

В настоящее время анализ режимов работ ЭЭС и функционирования сложных устройств выполняется с помощью программного обеспечения на ЭВМ. Преимуществом данного метода является возможность проанализировать эффективность ввода в эксплуатацию новых элементов без вложения больших затрат.

В данной работе представлена модель управляемого устройства продольной компенсации (УУПК) с регулируемой степенью компенсации, что позволяет повысить эффективность за счёт регулирования внутреннего сопротивления в зависимости от тока (мощности) в линии

[1]. Наиболее известными устройствами, обеспечивающими возможность регулирования потока мощности в ЛЭП, являются тиристорные устройства продольной компенсации (ТУПК). Принципиальная упрощенная ТУПК с непрерывным регулированием, приведённая на рис. 1, представляет собой параллельно работающую тиристорно-реакторную группу, предусматривающую регулирование протекающего тока через реактор, и конденсаторную батарею, включённые последовательно в линию электропередачи. Данное устройство позволяет регулировать степень компенсации индуктивного сопротивления ЛЭП за счет изменения угла отпирания тиристоров и, следовательно, изменения эквивалентного сопротивления тиристорно-реакторной группы в зависимости от тока (мощности) линии.

Ранее УУПК было смоделировано в программном комплексе MATLAB, представленное через дифференциальные уравнения в осях  $d$  и  $q$ , что позволяло рассчитывать только симметричные режимы работы сети [2].

Рассматриваемая модель представлена в среде SIMULINK, что позволяет проводить расчёт не только симметричных режимов, но и несимметричных, например, несимметричные короткие замыкания. Модель позволит оценить параметры и устойчивость исследуемой ЭЭС в несимметричных режимах.

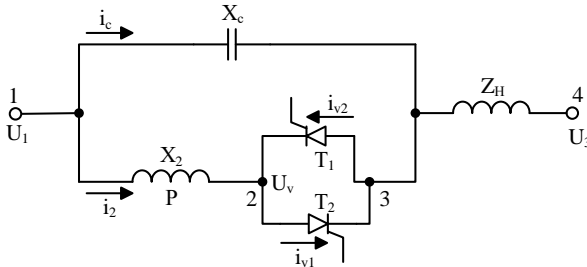


Рис. 1. Схема замещения модели исследуемого ТУПК

На рис. 2 представлена принципиальная схема ТУПК, выполненная в программной среде SIMULINK.

На схеме (рис. 2) собрана модель в соответствии со схемой замещения (рис. 1). Для определения модуля сопротивления ТУПК [3] применяются блоки «Амперметр 1» и «Вольтметр 1» с блоком «Делитель». Сопротивление ТУПК изменяется в зависимости от тока согласно выражению (1):

$$Z_{\text{УПК}}(I) = \frac{10^6}{\omega_0 \cdot (K_1 - K_2 \cdot I)} \quad (1)$$

где  $I$  - модуль тока через УПК, кА;  $Z_{\text{УПК}}(I)$  - сопротивление УПК, Ом;  $\omega_0 = 2\pi f$ , где  $f$  - частота переменного тока, Гц;  $K_1, K_2$  - коэффициенты, характеризующие зависимость  $X_{\text{УПК}}(I)$ .

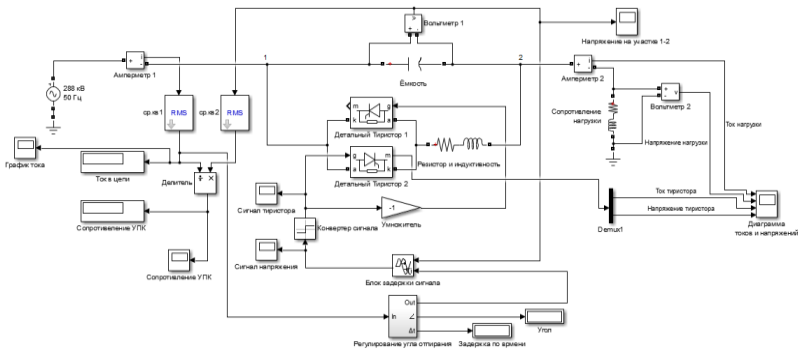


Рис. 2. Принципиальная схема исследуемого ТУПК с автоматическим регулированием

Выбор коэффициента  $K_1$  производится в следующем порядке [3]:

- принимается исходная степень компенсации для наиболее вероятного исходного режима и рассчитывается установившийся режим системы, в результате чего получаем значение тока в месте установки УПК;

- задавая  $K_2$  и зная ток и значение  $\alpha(I)$  для исходного режима, получается значение коэффициента  $K_1$ ;

Основными компонентами, обеспечивающими автоматическое регулирование угла открытия тиристор, являются «Регулирование угла открытия» и «Блок задержки сигнала». В блоке «Регулирование угла открытия» реализован закон регулирования угла отпирания тиристора от тока (1) в цепи на основании выражения (2):

$$\alpha(I) = 52930 \cdot \left( \frac{10^6}{314 \cdot (K_1 - K_2 \cdot I)} \right)^{-1.335} \quad (2)$$

Исходный сигнал, полученный из выражения (1), поступает в блок «Блок задержки сигнала» в форме времени, тем самым обеспечивая необходимую задержку сигнала напряжения, поступающего на блок «Конвертер сигнала». Далее полученный сигнал, в ступенчатой форме 0 или 1, поступает на тиристоры, открывая или закрывая их, тем самым изменяя эквивалентное сопротивление ТУПК.

### Литература

1. Влияние законов регулирования УПК на устойчивость электрической системы / В.П. Голов, А.А. Мартиросян // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2003. – выпуск 5.
2. Влияние законов регулирования УПК с тиристорным управлением на устойчивость электроэнергетической системы / А.А. Мартиросян, И.А. Москвин, А.А. Комухов, П.Е. Фирстов, А.С. Юдин // Вестник Российского национального комите-



та СИГРЭ. Выпуск №7: материалы конференции.– Иваново: УИУНЛ ИГЭУ.– 2015.– №7. – С.51 – 53

3. Голов В.П., Мартиросян А.А., Москвин И.А., Кормилицын Д.Н. Моделирование режимов электроэнергетических систем с управляемыми элементами: учеб. пособие. – Иваново. – 2016. – 100с.

УДК 621.316.722.076.12

С.В. БАЛДОВ, ст. преподаватель,  
А.А. ШУЛЬПИН, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: aash111@yandex.ru

### **Влияние на точность учета электроэнергии погрешностей измерительных трансформаторов**

*Аннотация.* Проведен анализ факторов влияющих на погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения с целью повышения точности учета электроэнергии измерительными комплексами.

*Ключевые слова:* учет электрической энергии, измерительные комплексы, счетчики электроэнергии, измерительные трансформаторы тока и напряжения, основная и дополнительная погрешности,

S.V. BALDOV, chief lecturer,  
A.A. SHULPIN, Candidate of Engineering, docent

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: aash111@yandex.ru

### **Influence upon accuracy of the account to electric powers of inaccuracy measuring transformer**

*Abstract.* Is organized analysis factor influencing upon inaccuracy measuring transformer for the reason discovery of accuracy of the account to electric powers measuring complex.

*Key words:* account to electric energy, measuring complexes, counters, measuring transformers of the current and voltages, main and additional inaccuracy,

Современная система учета электроэнергии (ЭЭ) представляет собой совокупность измерительных комплексов (ИК), установленных на энергетическом объекте. ИК ЭЭ не ограничиваются только счетчиками ЭЭ, а представляют собой сложную совокупность устройств, соединенных между собой по установленной схеме и обеспечивающих измерение и учет ЭЭ, включая: счетчики ЭЭ, измерительные трансформаторы

тока (ТТ) и напряжения (ТН), и связи между ними [1].

Основным из препятствий при организации высокоточной системы учета ЭЭ являются недопустимо высокие дополнительные погрешности измерительных ТТ и ТН [2, 3]. Проведенный анализ показал, что для ТТ с сердечниками из обычной электротехнической кремнистой стали дополнительные погрешности от изменения первичного тока и мощности нагрузки могут превышать допустимую основную погрешность. Дополнительная погрешность от изменения коэффициента мощности составляет десятки процентов от основной погрешности, а дополнительные погрешности от температуры окружающего воздуха и прочих показателей незначительны. Установлено, что для электромагнитных ТН наибольшие значения дополнительной погрешности от изменения мощности нагрузки могут достигать 90% от допустимой основной погрешности, дополнительные погрешности от изменения напряжения и коэффициента мощности не превышают 20%, а дополнительные погрешности от изменения частоты и температуры окружающего воздуха незначительны.

Метрологические характеристики измерительных ТТ и ТН могут быть повышены технологическим путем – улучшением электрических параметров трансформаторов (снижением активных потерь, уменьшением нелинейности кривой намагничивания, уменьшением рассеивания магнитного поля). Эти улучшения происходят за счет применения высококачественной электротехнической стали и активных материалов (например, из аморфной стали), однако это ведет к удорожанию измерительных ТТ и ТН [4].

Большая часть способов компенсации погрешностей ТТ основана на свойстве ферромагнитных материалов изменять свою проницаемость с изменением индукции. Основные способы компенсации погрешностей измерительных ТТ

- ТТ с подмагничиванием от постороннего источника энергии,
- самоподмагничивание ТТ полем рассеяния,
- витковая коррекция ТТ.
- применение ТТ с маркировкой «S».

Замена ТТ класса 0,5 имеющих токовую погрешность 0,5% при первичном токе от номинального 100–120%  $I_{1н}$ , 0,75% при 20–100%  $I_{1н}$  и 1,5% при 5–20%  $I_{1н}$  (при токе меньше 5%  $I_{1н}$  погрешность не нормируется) на ТТ класса 0,5S обеспечивает более низкие пределы допустимых погрешностей в большем диапазоне изменения первичного тока (токовая погрешность составляет 0,5% при 20–120%  $I_{1н}$ , 0,75% при 5–20%  $I_{1н}$  и 1,5% при 1–5%  $I_{1н}$ ).

Сердечник ТТ «S» выполнен из нанокристаллического сплава. Эти сплавы называют также аморфными, или металлическими стеклами.

Достоинства ТТ «S»:

Магнитные вихретоковые потери в таких магнитопроводах в 4–10 раз меньше, чем в сердечниках из электротехнической стали. За счет высоких магнитных свойств сердечников удается снизить их габ-

риты и соответственно затраты провода на вторичную обмотку, что дополнительно уменьшает электрические потери в меди.

Нанокристаллические сплавы характеризуются высокой магнитной проницаемостью от 40 000 до 600 000 (для сравнения – магнитная проницаемость электротехнической стали соответственно 400 и 8000), поэтому их магнитные характеристики более стойки и стабильны.

Нанокристаллические сплавы обладают очень узкой петлей гистерезиса; высоким удельным электрическим сопротивлением в 2,5 раза выше, чем у электротехнической стали, в связи с чем отпадает необходимость в изоляции слоев сердечника лаком (для этого достаточно оксидной пленки) и соответственно малыми потерями на вихревые токи

Зарубежные производители наряду с использованием ТТ с сердечниками из аморфной стали, идут по пути ограничения диапазона допускаемой мощности нагрузки ТТ, за счет чего уменьшаются дополнительные погрешности ТТ.

Основные способы компенсации погрешностей ТН [5]:

- витковая коррекция,
- емкостная компенсация погрешностей,
- применение вольтодобавочных устройств.

В зарубежной практике получили распространение схемы, предусматривающие включение электронных блоков компенсации в разрыв цепей первичной и вторичной обмоток ТН. Такое решение снижает надежность ТН, а также ограничивает величину токов нагрузки пропускной способностью электронных блоков.

Выводы:

1. Погрешность измерительных ТТ и ТН зависит не только от класса точности (основной погрешности), но и от рабочих условий, не соответствующие нормальным условиям работы ТТ и ТН, вызывающих дополнительные погрешности.

2. Дополнительные погрешности могут быть соизмеримыми по своей величине с основными погрешностями ТТ и ТН.

3. Для повышения точности учета ЭЭ необходимо производить оценку величин дополнительных погрешностей ТТ и ТН.

4. Для снижения дополнительных погрешностей ТТ и ТН и повышения точности учета ЭЭ необходимо принятие специальных мер, одной из которых является использование высокоточных ТТ и ТН.

### Литература

1. РД 34.11.333.97. Типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии. – М.: ПАО «ЕС России», 1997.
2. ГОСТ 7746 – 2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия.
3. ГОСТ 1983 – 2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.
4. Раскулов Р.Ф., Эткинд Л.Л. Влияние воздействующих факторов на метрологические характеристики ТТ и ТН с литой эпоксидной изоляцией / Метрология электрических измерений в электроэнергетике: Доклады науч.-техн. Семинаров и

конф. 1998-2001 гг. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС – 2001 - С. 317-327.

5. Андреевков Е.С. Разработка устройства компенсации погрешностей измерительных трансформаторов напряжения. // Вестник ИГЭУ. - 2016. - № 4. - С. 5-10.

УДК 621.3

И.Е. ИВАНОВ<sup>1</sup>, к.т.н.,  
А.Ю. МУРЗИН, к.т.н., доцент,  
Ф.А. КУЛИКОВ, аспирант

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34  
Email: iivanov@mtu.edu<sup>1</sup>

### **Моделирование воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше со сложными коридорами взаимной индукции**

*Аннотация.* В работе сформирован алгоритм, позволяющий рассчитывать установившийся нормальный или аварийный режим участка электрической цепи, содержащего произвольное количество воздушных линий, связанных взаимной индукцией. Алгоритм верифицирован с применением программных комплексов *MATLAB* и *ATP/ATPDraw*.

*Ключевые слова:* воздушная линия электропередачи, взаимная индукция, матрица сопротивлений, матрица проводимостей.

I.E. IVANOV<sup>1</sup>, Ph.D.,  
A.Yu. MURZIN, Ph.D.,  
F.A. KULIKOV, graduate student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
Email: iivanov@mtu.edu<sup>1</sup>

### **Modeling of mutually coupled overhead transmission lines operating at 110 kV and higher voltage**

*Abstract.* This research is aimed at developing an algorithm to compute both steady-state and faulty quantities for a network segment composed of an arbitrary number of overhead lines experiencing mutual coupling with each other. The algorithm has been verified through *MATLAB* and *ATP/ATPDraw*.

*Key words:* overhead transmission line, mutual coupling, impedance matrix, admittance matrix.

При моделировании воздушных линий электропередачи (ВЛ) высокого и сверхвысокого напряжений часто приходится сталкиваться с наличием т.н. «коридоров» взаимной индукции. В этом случае две или

более цепи ВЛ (относящиеся к электросетям одинакового или различного напряжения) сближаются до такой степени, что начинают оказывать взаимное влияние друг на друга. При этом токи и напряжения в одной из цепей ВЛ посредством электромагнитных и электростатических связей изменяют количественные соотношения между фазными напряжениями и токами во всех остальных цепях ВЛ. Подобное взаимовлияние может учитываться при уточненном расчете нормальных установившихся режимов электрической сети, но при расчете несимметричных аварийных режимов оно должно учитываться в обязательном порядке.

Современные специализированные программные средства (*MATLAB/Simulink*, *PSCAD*, *ATP/ATPDraw* и др.) позволяют задавать ВЛ со сложной геометрией опоры и конструкцией проводов, а также предоставляют на выбор большое количество моделей ВЛ (с сосредоточенными параметрами, распределенными параметрами, с учетом изменения продольных сопротивлений ВЛ в функции частоты). При этом предлагаемые подходы к моделированию все-таки не являются достаточно гибкими. Так, в *MATLAB/Simulink* отсутствует модель коридора взаимоиндукции ВЛ с сосредоточенными параметрами, а в диалоге задания геометрии и физических свойств системы проводников нельзя указать схему заземления грозозащитных тросов. Подобные возможности присутствуют в *ATP/ATPDraw*, однако и здесь имеются следующие ограничения:

- схема заземления грозотросов задается единой для всего коридора ВЛ (что не обязательно выполняется на практике);
- задание в явном виде собственных и взаимных сопротивлений и проводимостей для модели ВЛ с сосредоточенными параметрами возможно только для коридора из двух цепей (при большом количестве параллельных ВЛ требуется детально задавать геометрию и свойства проводников каждой из них);
- импорт результатов расчета параметров ВЛ (lis-файлы) и режимных параметров в векторном виде (в отличие от осциллограмм) представляет определенные сложности.

Наконец, указанные программы не содержат опцию автоматического описания ВЛ в виде эквивалентной матрицы проводимостей  $\underline{Y}$ , требуемой для расчета нормальных режимов и коротких замыканий (КЗ) по полной модели в фазных координатах:

$$[\mathbf{i}] = \underline{\mathbf{Y}} [\mathbf{u}], \quad (1)$$

где  $[\mathbf{i}]$  – вектор-столбец токов (направленных от шин в линию) размера  $(N \times 6) \times 1$  ( $N$  – количество параллельных ВЛ);  $[\mathbf{u}]$  – соответствующий вектор-столбец фазных напряжений на клеммах многополюсника, описывающего коридор ВЛ.

Изложенные выше аргументы определили цель данного исследования, в ходе которого были последовательно решены следующие задачи:

- разработан и реализован в коде на языке *MATLAB* алгоритм формирования матриц полных сопротивлений  $\underline{\mathbf{Z}}$  и емкостных проводимостей  $j \mathbf{B}$  для одноцепной ВЛ с произвольной конфигурацией системы проводников. Алгоритм многократно верифицирован с различными моделями ВЛ в *MATLAB/Simulink* и *ATP/ATPDraw*;
- сформирован алгоритм расчета эквивалентной матрицы проводимостей  $\underline{\mathbf{Y}}$  для одной и двух цепей ВЛ (в последнем случае задается среднее расстояние между осями опор и производится расчет только новых индуктивных и емкостных связей);
- разработан способ формирования коридора взаимоиндукции из нескольких параллельных цепей.

Работоспособность предлагаемого подхода успешно верифицирована с применением программного комплекса *ATP/ATPDraw*, в котором смоделирован участок электрической сети с параллельными ВЛ и однофазным КЗ для получения резкой несимметрии и, соответственно, более полного учета взаимовлияния цепей. Сформированные осциллограммы установившегося режима КЗ были импортированы в *MATLAB*, после чего на основе дискретного преобразования Фурье получены комплексы напряжений и токов по концам ВЛ, требуемые выражению (1).

Результаты выполненной работы служат основой для формирования автоматизированных расчетов аварийных режимов, например, в целях исследования методов определения места повреждения на ВЛ.

УДК 621.3

В.Р. РАФИКОВ, студент,  
И.Е. ИВАНОВ, к.т.н.,  
А.А. БРАТОЛЮБОВ, к.т.н., доцент

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34  
E-mail: vadim\_rafikov@mail.ru

### **Верификация синхронных параметров турбогенераторов по данным синхронизированных векторных измерений**

*Аннотация.* В статье представлен разработанный способ идентификации синхронного сопротивления турбогенератора по данным синхронизированных векторных измерений установившегося режима. Выполнена верификация полученной модели на основе реальных данных.

*Ключевые слова:* синхронизированные векторные измерения, идентификация параметров, турбогенератор, установившийся режим.

V.R. RAFIKOV, student,  
I.E. IVANOV, Ph.D.,  
A.A. BRATOLIUBOV, Ph.D.

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: vadim\_rafikov@mail.ru

### **Verification of the turbogenerator synchronous parameters through synchrophasor measurements**

*Abstract.* The paper presents a developed algorithm aimed at turbogenerator synchronous reactance estimation by means of steady-state synchronized phasor measurements. The algorithm has been verified via real data analysis.

*Key words:* synchronized phasor measurements, parameter estimation, turbogenerator, steady state.

Одним из важнейших компонентов интеллектуальной энергосистемы является технология синхронизированных векторных измерений (СВИ). Применение СВИ позволяет создать новые алгоритмы и системы управления, мониторинга, релейной защиты и автоматики, а также способствует повышению наблюдаемости и эффективности управления

электроэнергетическими системами (ЭЭС). Перспективным и актуальным направлением использования технологии СВИ является определение фактических параметров электроэнергетических объектов по данным реальных измерений.

Установка устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ) на генераторах позволяет формировать массивы данных установившихся и переходных электроэнергетических режимов. Идентификация параметров синхронного генератора (СГ) по данным серии установившихся режимов (УР) направлена на получение фактических значений синхронных сопротивлений генератора и использование их в расчетных моделях, системах мониторинга и алгоритмах автоматизированного управления ЭЭС.

Решение задачи идентификации параметров СГ предлагается осуществлять с применением линейной регрессии. Для каждой точки данных, соответствующей конкретному УР, синхронную ЭДС турбогенератора можно получить как отношение измеренного тока возбуждения к паспортному значению тока возбуждения холостого хода:

$$E_q = \frac{i_f}{i_{f.x.x.}} \quad (1)$$

Модуль синхронной ЭДС турбогенератора в каждом из режимов возможно представить следующим образом:

$$E_{qi} = \left| \dot{U}_i + jX_d \cdot \dot{I}_i \right| \quad (2)$$

В выражении (2) синхронное сопротивление  $X_d$  будет являться искомым параметром, а комплексы токов и напряжений – величинами, получаемыми непосредственно с УСВИ. Выражения (1) и (2) справедливы для каждого из УР.

Для решения поставленной задачи отыскания  $X_d$  необходимо сформировать выборку из не менее чем двух УР. Тогда, с учетом (1) и (2), задачу можно представить в виде линейной регрессии:

$$E_q^2 + X_d^2 \cdot (-I^2) + X_d \cdot (2 \cdot U_d \cdot I_m - 2 \cdot U_m \cdot I_d) = U^2, \quad (3)$$

$$[A][X] = [B], \quad (4)$$

где

$$[A] = \begin{bmatrix} -I^2 & 2 \cdot U_d \cdot I_m - 2 \cdot U_m \cdot I_d \\ \dots & \dots \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$[B] = \begin{bmatrix} U^2 - E_q^2 \\ \dots \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$[X] = \begin{bmatrix} X_d^2 \\ X_d \end{bmatrix}. \quad (7)$$



При решении матричного уравнения (4) получается искомое значение синхронного сопротивления генератора. К преимуществам решения задачи методом линейной регрессии можно отнести отсутствие необходимости начальных приближений и существенно меньшие затраты вычислительных ресурсов (по сравнению с методами, основанными на использовании нелинейной оптимизации).

СВИ напряжений и токов статорной цепи неизбежно сопровождаются систематическими и случайными ошибками, вследствие чего на практике модель (3)–(7) требует большего количества режимов, чем два, и предполагает достаточную вариативность этих режимов по отношению друг к другу.

Предложенный алгоритм (3)–(7) был апробирован на реальных СВИ для СГ двух тепловых электростанций в энергосистеме Российской Федерации. На первом этапе был произведен анализ данных, позволивший сформировать выборку различных УР (рис. 1). К сформированной выборке УР затем применялась разработанная модель (3)–(7). Соответствующие результаты представлены в табл. 1, где под «эталон» понимается паспортное значение синхронного сопротивления СГ.

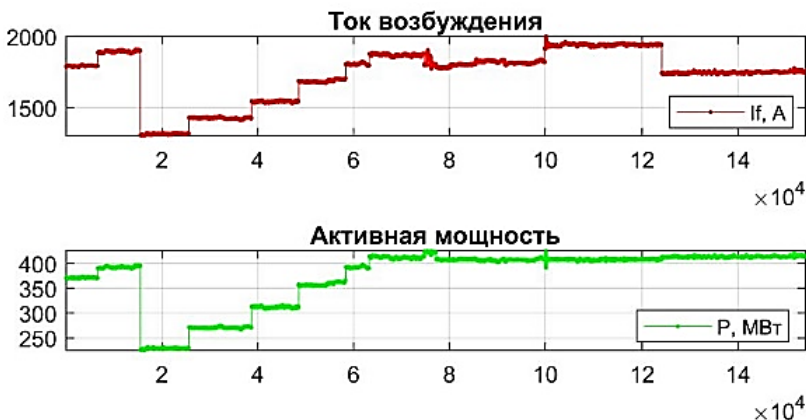


Рис. 1. Выборка установившихся режимов по данным УСВИ

Таблица 1. Результаты идентификации синхронных сопротивлений СГ

Генератор	Количество режимов	$X_d$ , о.е.	Отклонение от эталона, %
493 МВт	3	1,818	9,1
	5	2,046	-2,3
	4	2,052	-2,6
	13	2,0043	-0,215
	5	1,96	2
	18	2,0062	-0,31
285 МВт	4	2,3351	2,1

Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что представленный способ идентификации синхронных сопротивлений турбогенераторов успешно верифицирован по реальным СВИ. При этом увеличение количества разнородных УР в целом способствует достижению более точного результата.

УДК 621.316.95

И.Е. ИВАНОВ, к.т.н.,  
А.А. ЯБЛОКОВ, к.т.н.,  
А.Е. ПЕТРОВ, студент,  
А.Р. ТЫЧКИН, студент

Ивановский государственный энергетический университет,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская 34

E-mail: iivanov@mtu.edu, andrewyablokov@yandex.ru, usetheforcealex@yandex.ru,  
tychkin.a@bk.ru

### **Исследование методов ОМП на основе синхронизированных векторных измерений с использованием ПАК RTDS**

*Аннотация.* Статья посвящена описанию испытательной установки на базе программного комплекса моделирования в реальном времени RTDS для исследований методов определения мест повреждений, использующих синхронизированные векторные измерения.

*Ключевые слова:* синхронизированные векторные измерения, моделирование в реальном времени, определение места повреждения, IEC 61850-9-2.

I.E. IVANOV, PhD, A.A. YABLOKOV, PhD,  
A.E. PETROV, student, A.R. TYCHKIN, student

Ivanovo State Power University  
34, Rabfakovskaya St., 153003, Ivanovo  
E-mail: iivanov@mtu.edu, andrewyablokov@yandex.ru,  
usetheforcealex@yandex.ru, tychkin.a@bk.ru

### **Investigation of fault location methods based on synchronized phasor measurements using RTDS**

*Abstract.* The article is devoted to a test bed incorporating a real-time digital simulator (RTDS) for studying fault location methods utilizing synchronized phasor measurements.

*Key words:* synchronized phasor measurements, real-time simulation, fault location, IEC 61850-9-2.

Разработка и исследование методов определения места повреждения (ОМП) на воздушных линиях электропередачи (ВЛЭП) 110-500 кВ остается неизменно актуальной задачей, решение которой связано с

сокращением финансовых и временных затрат на обнаружение места короткого замыкания (КЗ) и устранение повреждения. В электроэнергетике Российской Федерации и зарубежных стран все большее распространение получают устройства синхронизированных векторных измерений (СВИ), архивы данных от которых потенциально могут быть использованы в методах ОМП.

С целью максимальной автоматизации исследований методов ОМП, использующих СВИ, была разработана испытательная установка на базе программно-аппаратного комплекса (ПАК) моделирования в реальном времени «Real Time Digital Simulator» (RTDS), представленная на рис. 1.

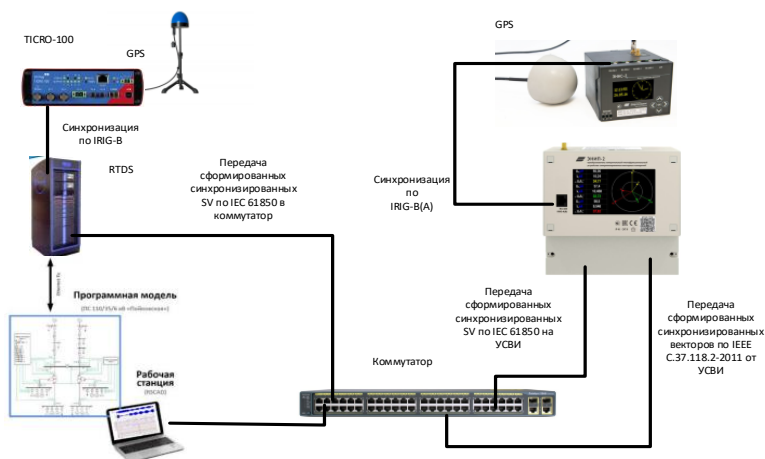


Рис. 1. Схема испытательной установки на базе ПAK RTDS

Имитационные модели ВЛЭП 110-500 кВ с распределенными параметрами (рис. 2) реализованы в программной среде *RSCAD* ПAK RTDS. Исследование методов ОМП может выполняться следующими двумя способами.

1. Использование реального устройства СВИ (УСВИ), например, «ЭНИП-2 (PMU)». Мгновенные значения токов и напряжений линии, получаемые в результате расчета имитационной модели, преобразуются в поток данных, соответствующий протоколу «Sampled Values» (IEC 61850-9-2), который подается на УСВИ. Синхронизация УСВИ и ПAK RTDS выполняется по протоколу IRIG-B от блока коррекции времени «ЭНКС-2» и преобразователя протокола точного времени «TICRO-100», получающих точное время от спутника при помощи GPS-антенны. Полученные СВИ обрабатываются в соответствии с исследуемым методом ОМП в программном комплексе *MATLAB*. При данном методе

исследований учитывается погрешность преобразования мгновенных значений в векторы, формируемые УСВИ.

2. Использование встроенного специализированного блока *RSCAD*. Мгновенные значения токов и напряжений линии подаются на блок «GTNET-PMU8», который формирует синхронизированные векторные измерения (класса *P* или *M* с частотой передачи от 1 до 200 Гц). Обработка СВИ выполняется непосредственно в программной среде *RSCAD* в соответствии с исследуемым методом ОМП.

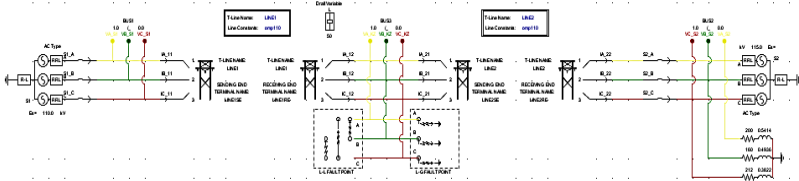


Рис. 2. Имитационная модель ВЛЭП 110 кВ в *RSCAD*

Варьирование влияющих на замер факторов (величины переходного сопротивления в месте КЗ, «угла включения» КЗ и др.) в обоих методах выполняется в автоматическом режиме при помощи специального скрипта.

На рис. 3 представлен результат определения погрешности одного из методов ОМП, предложенных в диссертации Устинова А.А. [1]. Метод использует аварийные составляющие обратной последовательности, а КЗ устроено через переходное сопротивление 0,01 Ом при угле замыкания, равном 0 градусам. КЗ моделировалось в 18 км от начала линии. Погрешность метода ОПМ при данных условиях составила 0,1 % относительно полной длины линии, равной 60 км.

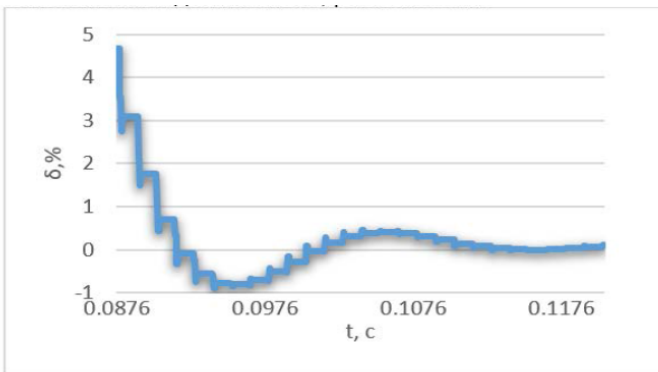


Рис. 3. Приведенная погрешность метода ОМП Устинова А.А. при использовании аварийных составляющих обратной последовательности

Таким образом, разработанная испытательная установка на основе ПАК RTDS позволяет проводить оценку методов ОМП, использующих СВИ. Предварительные результаты исследований подтверждают работоспособность установки и потенциальную возможность применения СВИ для ОМП на ВЛЭП.

#### Литература

1. Устинов А.А. Разработка и совершенствование методов определения места повреждения на трехфазных и четырехфазных воздушных линиях электропередачи высокого напряжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. – Иркутск, 2015.

УДК 621.314.2.017

В.Б. ШЛЕЙНИКОВ, к.т.н.,  
Н.Ю. ЖИЛЯЕВ, студент

Оренбургский государственный университет,  
кафедра электро- и теплоэнергетики  
460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13  
E-mail: shleinikov@yandex.ru, nikita\_zhilyaev@mail.ru

### Моделирование несимметричной нагрузки 0,4 кВ в среде MatLAB

*Аннотация.* В статье приводятся результаты моделирования несимметричной нагрузки в сетях 0,4 кВ промышленных предприятий и пути решения данной проблемы/

*Ключевые слова:* несимметрия, моделирование нагрузки

V.B. SHLEYNIKOV, candidate of Technical Sciences,  
N.Y. ZHILYAEV, student

Orenburg State University,  
Department of Electrical and Thermal Power Engineering  
460018, Orenburg, prosp. Pobedy, 13  
E-mail: shleinikov@yandex.ru, nikita\_zhilyaev@mail.ru

### Simulation of an unbalanced 0.4 KV load in MatLAB

*Abstract* The article presents the results of modeling of unbalanced load in 0.4 kV networks of industrial enterprises and ways to solve this problem

*Key words:* unbalance, load modeling

Для осуществления должного технологического процесса, электроэнергия должна соответствовать определенным стандартам, а именно должны соблюдаться качества электроэнергии. Качество электроэнергии контролируются требованиям ГОСТа [1].

На практике, промышленные предприятия сталкиваются с несинусоидальностью и несимметрией напряжения. Для корректировки этих показателей применяются следующие способы повышения качества электроэнергетики:

1) рационализация системы электроснабжения, то есть увеличение передаваемой мощности сети, питание нелинейных электроприемников повышенным напряжением;

2) улучшение структуры первого уровня электроснабжения, основывается на локальном улучшении качества: в т.ч. обеспечение номинальной загрузки электродвигателей, использования многофазных схем выпрямления;

3) использование регуляторов одного или нескольких показателей качества.

Наиболее выгодным способом уменьшения несимметрии является применение фильтросимметрирующих и фильтрокомпенсирующих устройств для коррекции показателей качества

Согласно [1], допустимая степень неравномерности распределения нагрузки по фазам принимается не более 15%, значение коэффициентов напряжения по обратной и нулевой последовательности не более 2%, предельно допустимые – не более 4% в противном случае требуется принятие мер по корректировке этих показателей.

Оценить режим работы сети можно с помощью эксперимента, непосредственно проведя измерения в сети, но этот способ очень трудоемок. Еще одним вариантом оценки, является теоретическое моделирование путем решения соответствующих систем уравнений.

Современные программные комплексы позволяют упростить и ускорить исследование несимметричных режимов работы электроэнергетической системы

Одним из популярных комплексов для моделирование технологических задач является пакет программ MatLAB и Simulink, последняя является одной из сред моделирования. При построении модели использовались библиотеки Simulink и SimPowerSystem.

Для получения показателей несимметрии, разработана модель низковольтной промышленной электрической сети на номинальное напряжение 0,4 кВ. Источник питания выполнен блоком Three Phase Source, кабельная линия Three-Phase Series RLC Branch, нагрузка Three-Phase Series RLC Load, нулевой провод представлен Series RLC Branch .

Подсистемные блоки, обрабатывающие и выводящие необходимые сведения с датчиков измерения величин, выполнены Three-Phase V-1 Measurement.

Помимо стандартных блоков, были созданы элементы Subsystem1, Subsystem2, Subsystem Ku, позволяющие определять значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности.

Данные элементы создавались с помощью блоков Gain, Sequence Analyzer, Demux, Constant, Goto, From.

Пример задания параметров питающего кабеля, приведен на рис. 1.

Параметры нагрузки задаются по каждой фазе, введением в соответствующие поля активной и реактивной мощности. Пример задания параметров нагрузки приведен на рис. 2.

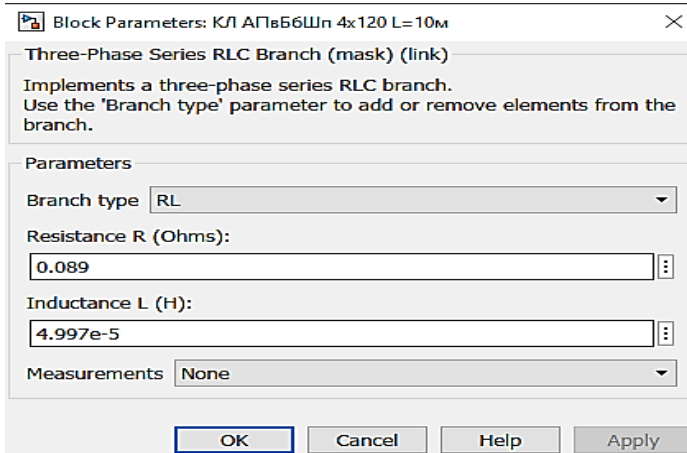


Рис. 1. Параметры кабеля АПвБ6Шп 4x120

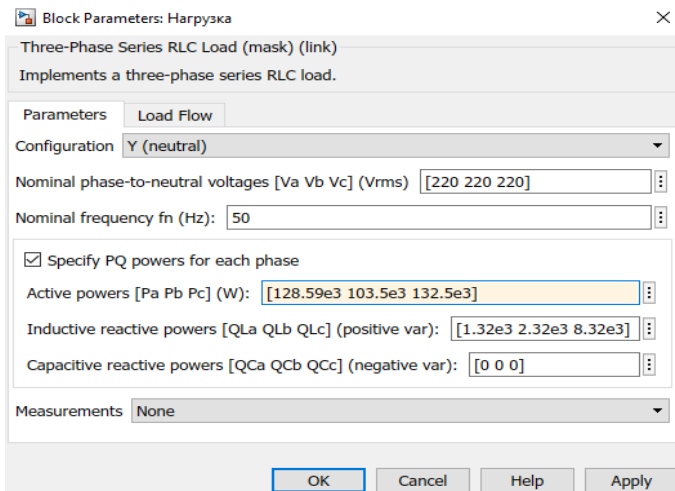


Рис. 2. Параметры нагрузки

*Пример расчета нагрузки одной однофазной машины электрической шовной*

Нагрузка однофазного ЭП с повторно-кратковременным режимом работы приводится к продолжительному режиму

$$P_{\text{прод.}} = S_{\text{н}} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{ПВ} = 40 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{0,6} = 21,49 \text{ кВт} \quad (1.1)$$

где,  $S_{\text{уст}}$  – мощность, приведенная к  $ПВ=100\%$

Так как, суммарное количество данных электроприемников 5, суммарная мощность составит  $\Sigma P_{\text{н}} = 107,45 \text{ кВт}$ .

Аналогичным способом мощность остальных однофазных электроприемников приводится к продолжительному режиму. Расчет предварительных параметров присоединения однофазных электроприемников приведен в табл. 1 используя известную методику [2].

Схема итоговой модели системы электроснабжения, используемая для определения коэффициентов несимметрии, показана на рисунке 3. Схема подсистем для определения коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности приведена на рис. 4 а и б.

Таблица 1. Параметры однофазных электроприемников

Узлы питания групп ЭП	Уст. мощн. прив. к ПВ=100%	Число ЭП	Pн, кВт	Устн. мощн. ЭП, вкл на линейное напряжение, кВт			Коэффициент приведения к фазам			Устн. мощн. ЭП, вкл на фазное напряжение, кВт			Ки	cosφ	tgφ			
				ab	bc	ca	a	b	c	a	b	c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
<b>СШ-5</b>																		
1.Трансформатор сварочный	18	6	11,16	16,74			0,867	0,133										
							0,343	0,923										
					16,74				0,867	0,133					0,20	0,62	1,27	
						33,48			0,867	0,133			25,11	16,74	16,74			
2. Трансформатор сварочный	12	8	7,44	29,76			0,867	0,133										
					0		0,343	0,923						0,20	0,62	1,27		
						29,76			0,867	0,133			29,76	14,88	14,88			
									0,796	0,204			26,86	40,29	40,29	0,35	0,70	1,02
3.Машина электрическая шовная	30,7	5	21,49	26,86			0,220	0,8										
					53,72				0,796	0,204								
						26,86			0,796	0,204								
									0,22	0,800								
4. Машина электрическая стыковая	24,69	6	14,81	44,43			0,887	0,113										
					22,21				0,377	0,957								
						22,21			0,887	0,113			33,32	33,32	22,21	0,35	0,60	1,33
									0,377	0,957								
5. Машина электрическая точечная	16,8	4	10,08	10,8			0,887	0,113										
					10,8				0,377	0,957								
						20,16			0,887	0,113			15,48	10,8	15,48	0,35	0,60	1,33
									0,377	0,957								
<b>ИТОГО:</b>		<b>29</b>	<b>64,984</b>	<b>128,59</b>	<b>103,5</b>	<b>132,5</b>				<b>130,8</b>	<b>116</b>	<b>109,6</b>						
													<b>Неравномерность загрузки фаз %</b>	<b>19,37</b>				



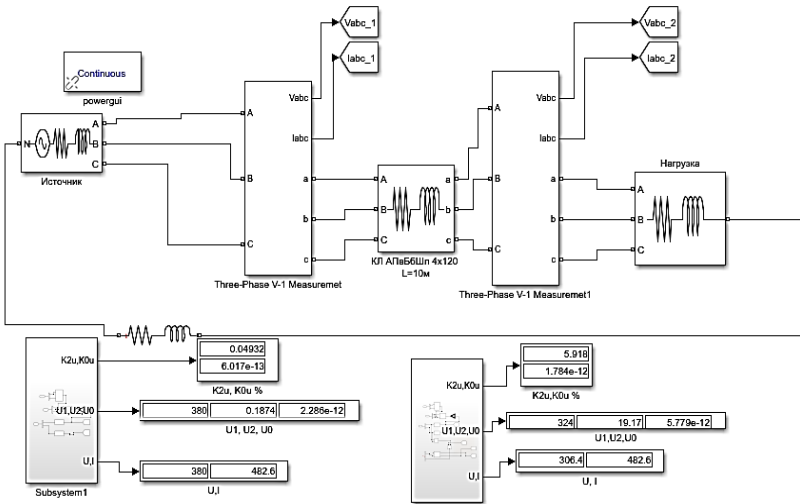


Рис. 3. Схема модели электрической системы электроснабжения

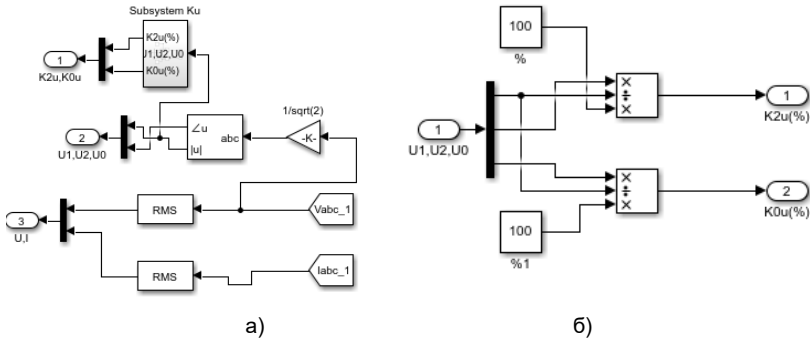


Рис. 4. Схема подсистемы а) Subsystem1 б) Subsystem Ku

Построенная имитационная модель позволяет получить значения коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности. Используя данную модель, предполагается исследовать несимметричные режимы систем электроснабжения создаваемые однофазными электроприемниками, аналогичными перечисленным в табл. 1.

#### Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014-07-01

2. Электрические нагрузки промышленных предприятий /С.Д. Волобринский, Г.М. Каялов, П.Н. Клейн, Б.С. Мешель. - Л.: Энергия, 1971. - 264 с.
3. Дед, А.В. Моделирование в среде MATLAB работы электрической системы при наличии несимметрии нагрузки / А.В. Дед, А.В. Паршукова // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2015. – №1. – С. 172 – 177.
4. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.

УДК 620.91

В.Б. ШЛЕЙНИКОВ, к.т.н,  
И.А. СОЛОДОВНИКОВ студент

Оренбургский государственный университет  
г. Оренбург, 460018, просп. Победы, д. 13  
E-mai: shleinikov@yandex.ru, ivansolodovnikov1998@mail.ru

### **К вопросу моделирования микросети электроснабжения**

*Аннотация.* Ставится задача определения параметров микросети, с целью совершенствования их структуры, выполнен анализ существующих методов моделирования микросетей.

*Ключевые слова:* микросеть, моделирование.

V.B. SHLEYNIKOV, candidate of Technical Sciences,  
I.A. SOLODOVNIKOV, student

Orenburg State University, Department of Electrical and Thermal Power Engineering  
460018, Orenburg, prosp. Pobedy, 13  
E-mai: shleinikov@yandex.ru, ivansolodovnikov1998@mail.ru

### **On the issue of modeling the power supply microgrid**

*Abstract.* The task of determining the parameters of the microgrid is set, in order to improve their structure, the analysis of existing methods of modeling microgrid networks is performed.

*Key words:* microgrid, simulation

В соответствии с планом мероприятий («дорожной картой») «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, принятым в сентябре 2016 г., интеллектуализация энергетики рассматривается как одно из основных средств осуществления Энергетической стратегии РФ.

Главной целью этой программы является создание комплексных решений для микросетей, то есть автономных электрических сетей, связывающих группу пользователей и источников электрической энергии.

«Дорожная карта» в качестве главных рассматривает способы и технические средства интеллектуального управления конечным элек-

тропотреблением по экономической эффективности в режиме реального времени на основе объединения электрических и информационных сетей, или «энергетического Интернета». Таким образом, энергетические и информационные процессы в микросети нужно рассматривать как взаимосвязанные.

Объект исследования – микросеть электроснабжения жилого поселка.

Предмет исследования - процессы обмена электроэнергией между субъектами электрической микросети

Цель - исследование характеристик процесса передачи электроэнергии в микросетях.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи:

1. Анализ научно-технической литературы в области функционирования микросетей.
2. Определение базовых режимов работы микросети с НЭЭ.
3. Функционирование микросети с НЭЭ.
4. Разработка математической модели микросети в среде MathCAD.
5. разработка имитационной модели микросети в среде MATLAB.
6. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Микросеть - энергоинформационная система (ЭИС), являющаяся совокупностью информационных технологий и энергетических элементов, которые, взаимосвязанные друг с другом, дают возможность управлять режимами работы микросети.

Базовыми рабочими режимами микросетей, включающими в себя центральную сеть энергоснабжения (ЦСЭ), накопитель электрической энергии (НЭЭ), локальную сеть энергоснабжения, устройства генерации электрической энергии (собственные источники электроэнергии, СИЭ), электрические нагрузки, устройство для переключения между возможными источниками электрической энергии и сервер системы «Умный дом», включающий систему управления, являются:

1. Питание нагрузок от СИЭ.
2. Зарядка накопителя от СИЭ.
3. Питание нагрузок от ЦСЭ.
4. Зарядка накопителя от ЦСЭ.
5. Питание нагрузок от накопителя.

Решение вопроса эффективного управления ЭИС пользователя микросети с НЭЭ, включающей кроме ЦСЭ дополнительный источник электроснабжения, становится недостижимым без математического моделирования.

Существует несколько методик математического моделирования микросети с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) для одного пользователя [1, 2].

1) Метод моделирования автономных электрических нагрузок, включающий специфику моделирования элементов системы электроснабжения на основе топологических уравнений.

Эффективность моделей, разработанных при помощи данного метода, обусловлена представленными особенностями: 1) уравнения математической модели преобразовательных устройств и СГ приводятся к единой стандартной форме (1); 2) для моделирования полупроводниковых приборов используется модель идеального ключа, которая даёт возможность ускорить расчёты ввиду уменьшения объёмности задачи; 3) алгоритм управления состоянием этих идеальных ключей вынесен за системы объектов доверительного управления (СОДУ), описывающих модели М-элементов, что способствует эффективной реализации системы управления преобразовательными устройствами.

2) Комбинированная методика, включающая расчёт энергетических режимов с использованием данных для долгосрочного планирования и расчёт генетического алгоритма, представляющего собой функцию выбора оптимальной конфигурации сети из списка возможных конфигураций, построенных на основе определённых исходных данных.

Расчёт режимов для выбора сечений проводников построен на основе метода Гаусса, который, по сравнению с другими, выделяется точностью. Для расчёта берётся два режима:

- выработка ЭЭ ветроустановок (ВЭУ) и солнечных электростанций (СЭС) наименьшая;

- выработка ЭЭ ветроустановок (ВЭУ) и солнечных электростанций (СЭС) наибольшая.

Для расчёта используются коэффициенты генерации ЭЭ ВЭУ и СЭС из 12 месяцев, а также расчётная потребляемая мощность в узле в зависимости от заданной для определённой конфигурации сети матрицы мощностей.

Генетический алгоритм построен основе модели GENITO [7]

Однако при моделирования, вышеприведёнными методами, микросетей для нескольких пользователей приходят к тому, что энергетические показатели, полученные путём математического моделирования, расходятся с реальными результатами, получаемыми на практике.

При внедрении микросети, объединяющей несколько энергопотребителей, сталкиваются с проблемами, которые в полной мере не могут быть учтены в математическом расчёте микросети для групп потребителей. Одними из таких проблем являются:

- 1) фактор сезонности и неравномерности. Отражает переменное получение энергии в зависимости от времени года;

- 2) фактор сбоя компонентов генерирующих установок;

- 3) фактор операционных рисков. Связан с отклонениями в информационных системах и системах внутреннего контроля работы объектов ВИЭ, определяющимися человеческим фактором и неполноценностью систем контроля;

4) фактор качества энергетических генерируемых ресурсов. Учитывающий более низкое качество электроэнергии, получаемой от собственной генерации установок, по сравнению с энергией потребляемой пользователем из ЦЭС, что приводит к ухудшению работы электроприёмников, и как следствие к снижению надёжности электроснабжения;

5) фактор непостоянность характеристик компонентов установок ВИЭ. Учитывает ухудшение технических характеристик установок со временем эксплуатации;

6) фактор расположения установок генерации. Установкам генерации требуется место для их размещения. Так как в микросети с множеством пользователей предполагается наличие немалого количества установок генерации, то справедливо брать во внимание потери в линиях, осуществляющих транзит энергии внутри микросети;

7) фактор межузловых связей и связей с ЦЭС. Определение конфигурации и сечения, отталкиваясь от мощности устанавливаемых ВИЭ, дизельных электростанций/микротурбин и нагрузки.

Следовательно, поднимается вопрос об эффективности и возможности применения существующих методов моделирования микросетей для одного пользователя, к математическому моделированию микросетей включающих группу пользователей, что соответствует определению. Ведь под термином «микросеть» подразумевают - автономную электрическую сеть, объединяющую несколько пользователей и источников электроэнергии.

В процессе анализа методов математического проектирования микросетей были сформированы достоинства и недостатки каждого из них. Основными проблемами методик расчета моделей является не полный учёт факторов, оказывающих влияние на технико-экономические показатели микросети, а также на показатели качества генерируемой установками электроэнергии.

Рассмотренные модели предназначены для решения глобальных задач построения и выбора направления оптимизации микросети. Однако отдельные моменты функционирования подобных систем электроснабжения, учитывающие основные законы электротехники реализованы не в полном объеме. Следовательно, задача разработки модели, построенной на основе методики оптимизированного проектирования, является значимой и актуальной.

#### Литература

- 1 Белов В.Ф. Математическое моделирование систем преобразования электрической энергии для микросетей / В.Ф. Белов, А.А. Буткина, А.В. Шамаев // Автоматизация процессов управления. – 2014. – № 2 (36). – С. 43–51.
- 2 Буткина А.А. Математическое моделирование и оптимизация режимов работы микросети с накопителями электрической энергии. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук . Ульяновский государственный университет. - Ульяновск, 2018. – 28 с.

3 Whitley L.D. The GENITOR algorithm and selection pressure: Why rank-based allocation of reproductive trials is best, ICGA, 1989, pp. 116–123.

УДК 621.311

Д.Н. КОРМИЛИЦЫН, к.т.н., доц.,  
О.С. СУХАНОВА, студент

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина,  
153003 г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34  
E-mail: dnk@es.ispu.ru, suhanova-olya@mail.ru

### **Влияние сечения провода воздушной линии электропередачи на предел передаваемой мощности**

*Аннотация.* В работе приведены результаты расчета и построения угловых характеристик активной мощности для различных сечений провода, которым выполнена электропередача.

*Ключевые слова:* предел передаваемой мощности, воздушная линия электропередачи, угловая характеристика

D.N. KORMILITSYN, Candidate of Engineering Sciences,  
O.S. SUKHANOVA, student

Ivanovo State Power Engineering University,  
153003 Ivanovo, street Rabfakovskaya, 34  
E-mail: dnk@es.ispu.ru, suhanova-olya@mail.ru

### **Influence of the overhead power line wire cross-section on the power transfer limit**

*Abstract.* The paper presents the active power-angle curves for various cross-sections of the wire, which is used for power transmission.

*Key words:* transmission power limit, overhead power line, power-angle curves

В настоящее время при строительстве новых объектов электроэнергетической сети в соответствии с методическими указаниями по расчету устойчивости электроэнергетических систем необходимо учитывать запас статической устойчивости по активной мощности, где существенное влияние оказывают параметры элементов сети [1].

Целью данной работы является определение зависимости влияния сечения провода воздушной линии на предел передаваемой мощности электропередачи высокого напряжения.

В работе рассматривалась модель простейшей электроэнергетической системы, состоящей из 3 турбогенераторов без автоматического регулирования возбуждения, работающих на шины бесконечной мощ-

ности через повышающий трансформатор и двухцепную линию электропередачи 220 кВ (рис. 1).

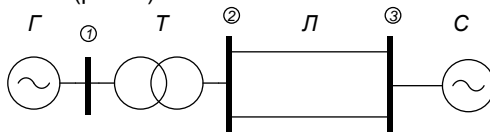


Рис. 1 – Принципиальная схема исследуемой электроэнергетической системы

Для определения предела передаваемой активной мощности по выражению (1) были получены угловые характеристики при различных сечениях провода.

$$P(\delta) = E_r^2 y_{11} \sin \alpha_{11} + E_r \cdot U_c \cdot y_{12} \sin(\delta - \alpha_{12}), \quad (1)$$

где  $Y_{11}$ ,  $Y_{12}$  - собственная и взаимная проводимости электроэнергетической системы относительно узла 1,  $\alpha_{11}$ ,  $\alpha_{12}$  – углы, дополняющие аргументы проводимостей до  $90^\circ$ ,  $E_r$  - эквивалентная ЭДС генераторов;  $U_c$  - напряжение системы.

На рис. 2 построены расчетные зависимости первого слагаемого (1) и второго слагаемого (2) данного выражения от угла  $\delta$ , а также зависимость  $P(\delta)$  для провода марки АС-240/32 (3).

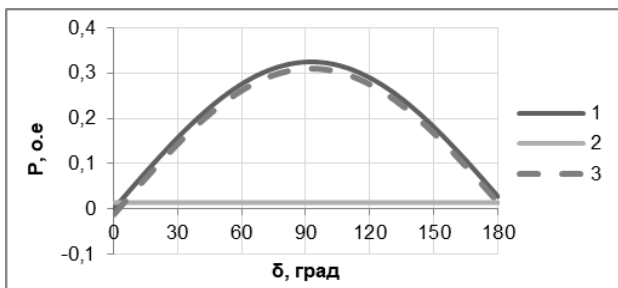


Рис. 2. Расчетные зависимости: 1 -  $P(\delta)$ , 2 -  $E_r \cdot U_c \cdot y_{12} \sin(\delta - \alpha_{12})$ ,

$$3 - E_r^2 y_{11} \sin \alpha_{11}$$

Выявлено, что графиком первого слагаемого в осях  $P$  и  $\delta$  является прямая, положение которой при изменении сечения провода определяется  $Y_{11}$  и  $\alpha_{11}$ . Графиком второго слагаемого является часть синусоиды, причем величина её пика при изменении сечения провода определяется только значением  $Y_{12}$ , поскольку  $\sin(\delta - \alpha_{12})$  задает сдвиг графика вдоль оси  $\delta$  на  $\alpha_{12}$  единиц.

В результате расчетов было обнаружено, что при увеличении сечения провода взаимные и собственные проводимости ( $Y_{11}$  и  $Y_{12}$ ) незначи-

тельно увеличиваются, в то время как  $\alpha_{11}$  уменьшается в разы. Уменьшение  $\alpha_{11}$  свидетельствует о том, что комплексное сопротивление линии электропередачи становится более индуктивным. На рис. 3 и 4 представлены сравнительные зависимости для проводов АС-240/32 и АС-500/64.

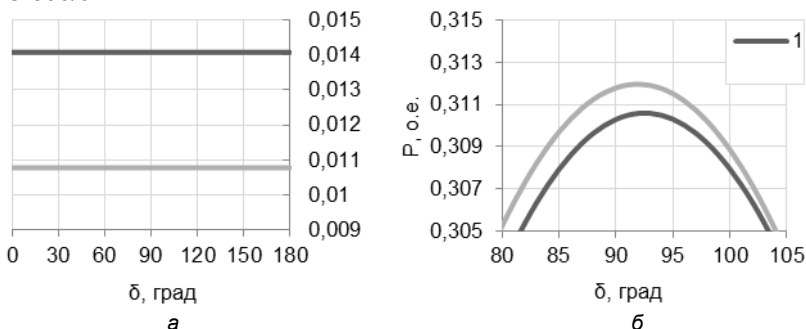


Рис. 3. Расчетные зависимости а – первого слагаемого выражения (1); б -второго слагаемого выражения (1) для 1 – АС-240/32, 2 – АС -540/64

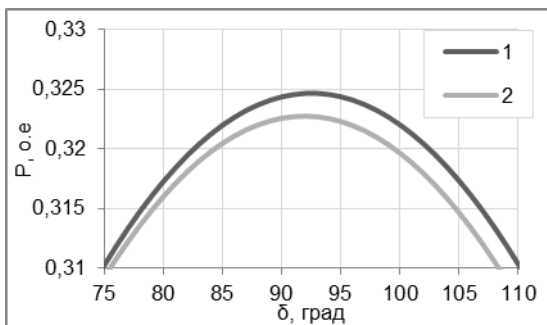


Рис. 4. Угловые характеристики активной мощности для 1 – АС240/32; 2 – АС500/64

**Вывод:** таким образом, в случае отсутствия регулирования возбуждения генератора, предел передаваемой мощности по условию статической устойчивости уменьшается при увеличении сечения провода, которым выполнена электропередача.

#### Литература

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 3 августа 2018 г. № 630 “Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок “Методические указания по устойчивости энергосистем



## АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

<b>А</b>		<b>Ж</b>	
АЛЕКСЕЕВ Л.Л.	233, 236, 239	ЖИЛЯЕВ Н.Ю.	277
АРТЮХОВ И.И.	9, 14, 18	ЖОЛОБОВ А.А.	44
		ЖУРАВЛЕВА И.В.	169, 211
<b>Б</b>		<b>З</b>	
БАЛДОВ С.В.	265	ЗАХАРОВ М.А.	75, 113
БАРЫШНИКОВ Н.С.	78, 116		
БАТАЕВА В.В.	110, 119	<b>И</b>	
БАШИН В.Н.	104	ИВАНИЛОВ И.Н.	9
БЕЛОНОГОВ В.Г.	41	ИВАНОВ Д.А.	81
БЕЛЯЕВ Г.В.	61	ИВАНОВ И.Е.	268, 271 274
БЕСШАПОШНИКОВ Е.С.	9	ИВАНОВА О.Е.	205
БОБКОВ С.А.	90		
БРАТОЛЮБОВ А.А.	271	<b>К</b>	
БУДНИК Г.А.	162	КАЛАШНИК Н.А.	93
БУТЫРИНА М.В.	169, 211	КАРЯКИН А.М.	213
<b>В</b>		КЕНЖАГАЛИЕВ А.А.	50
ВЕРЕМЬЕВА Н.В.	172	КЛОЧКОВА Н.В.	217
ВЕСЕЛОВ Л.Е.	255	КОЛЕСНИКОВА И.В.	122
ВИНОГРАДОВ И.С.	119	КОЛОБОВ А.Б.	75
ВИХАРЕВ А.В.	67, 71	КОНДРАШОВА Ю.Н.	243, 246
ВЛАСОВ А.С.	252	КОНОВАЛОВ М.В.	3
ВУКОЛОВ В.Ю.	233, 236, 239	КОНОНЕНКО А.Б.	84
ВЫЛГИНА Ю.В.	199	КОРМИЛИЦЫН Д.Н.	286
		КОРОЛЕВА Т.В.	162
<b>Г</b>		КОСОРОТОВ А.А.	84
ГАЙОСИНСКАС О.И.	179	КОСТЕРИН А.Ю.	220, 226
ГАЛИЕВА Т.Г.	81	КОТЛОВА Т.Б.	162
ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ А.В.	81	КОТОВА К.А.	166
ГОЛУБЕВ А.Н.	41	КРЮКОВ О.В.	84
ГОРБУНОВ А.Г.	126, 132	КРЮКОВА Т.Б.	176
ГОРЯЧКИН А.А.	28, 32	КУЗНЕЦОВ В.С.	58
ГРУБОВ Е.О.	202	КУЛИКОВ Ф.А.	268
ГРУБОВА Ю.В.	205		
ГУБАРЕВ Н.А.	87	<b>Л</b>	
ГУЛЯЕВА Ю.С.	140	ЛАДИН Д.А.	78, 116
<b>Д</b>		ЛАПШИН В.М.	96, 100, 116
ДЕНИСОВ В.В.	249	ЛАПШИНА О.И.	202
ДОЛГИХ И.Ю.	3	ЛЕДНЕВА А.Ю.	96
ДЫДЫКИНА Н.Н.	6	ЛИСОВА С.Ю.	166
ДЬЯЧКОВ А.А.	64		
ДЮПОВКИН Н.И.	208	<b>М</b>	
<b>Е</b>		МАРКИНА А.М.	243, 246
ЕРОФЕЕВА К.Л.	184	МАРКОВ М.Г.	6
		МАРТИРОСЯН А.А.	262
		МАРЧЕНКО А.И.	249
		МЕЛЬНИКОВА О.С.	58, 61
		МИНЕЕВ С.П.	28

МИТРОФАНОВ С.В.	50	СЛОВЕСНЫЙ С.А.	67, 71
МОЛОТ С.В.	53	СНИТЬКО И.С.	22
МОРОЗОВ А.Н.	107	СОКОЛОВ А.К.	152
МУРАШКИНА И.С.	249	СОКОЛОВ А.М.	64
МУРЗИН А.Ю.	268	СОКОЛОВ В.Ю.	93, 122
МЯГКОВ А.Ю.	196	СОКОЛОВА Т.Ю.	122
<b>Н</b>		СОЛОДОВНИКОВ И.А.	282
НОВИКОВ И.В.	243, 246	СОРОКИН А.Ф.	67, 71
НОВОСЕЛОВ Е.М.	75, 90, 113	СОСНИНА Е.Н.	252
<b>О</b>		СТАВРОВСКИЙ Е.С.	220, 226
ОБАЛИН М.Д.	233	СТРАХОВ А.С.	75, 107, 113
ОВСЯННИКОВ Ю.М.	134	СУХАНОВА О.С.	286
ОСОКИН С.В.	236, 239	<b>Т</b>	
<b>П</b>		ТИХОВ М.Е.	67, 71
ПЕТРОВ А.Е.	274	ТИХОМИРОВА М.А.	143
ПИЛИПЕНКО П.С.	262	ТИХОНОВ А.И.	22, 44
ПОЛКОШНИКОВ Д.А.	78, 104, 107, 116	ТУЛЕПОВА Г.Н.	14
ПОЛОЗОВ А.С.	6	ТЫЧКИН А.Р.	274
ПРОЦВЕТОВ Д.Е.	47	<b>Ф</b>	
ПРУСАКОВ М.В.	61	ФЕДОСЕЕВА В.П.	36
ПЫЛЬСКАЯ Е.К.	47	<b>Х</b>	
ПЫШНЕНКО Е.А.	137, 140, 143	ХОХЛОВ М.В.	258
<b>Р</b>		<b>Ч</b>	
РАЕВА Т.Д.	223	ЧЕКАН Г.В.	3
РАФИКОВ В.Р.	271	ЧЕКАНОВА И.Э.	110
РЕВЯКИН Е.С.	187	ЧЕРНОВ К.В.	155, 158
РЕЗЕНЬКОВА М.А.	104	<b>Ш</b>	
РОГОЖНИКОВ Ю.Ю.	146, 149	ШАДРИКОВ Т.Е.	64
РОЖНОВ И.Ю.	18	ШАЛУХО А.В.	252, 255
РОМАНОВА Н.Р.	191	ШЕЛЕПИНА И.Г.	229
РЫЧКОВА А.С.	93	ШЛЕЙНИКОВ В.Б.	277, 282
<b>С</b>		ШУАИБ С.	100
САБИТОВ А.Х.	87	ШУЛЬПИН А.А.	265
САВЕЛЬЕВ В.А.	110	<b>Э</b>	
САВЕНКО А.Е.	25	ЭРДИЛИ Н.И.	252
САВЕНКО П.С.	25	<b>Я</b>	
САЙКИН М.С.	36	ЯБЛОКОВ А.А.	274
САТДАРОВ Р.Р.	32		
СЕМЕННИКОВ А.В.	81		
СИДОРОВ А.В.	132		
СКОРОБОГАТОВ А.А.	75, 78, 104, 107, 113, 116		

## СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. "ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ"	3
Секция 2. « <b>ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОФИЗИКА</b> »	58
Секция 5. " <b>НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ И ЭНЕРГОСИСТЕМ</b> "	75
Секция 14. " <b>ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭЭРГЕТИКЕ: ЧЕЛОВЕК, ТЕХНИКА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА</b> "	126
Секция 15. " <b>ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА</b> "	162
Секция 16. " <b>СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МЕНЕДЖМЕНТА</b> "	199
Секция 18. " <b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ</b> "	233

## **МАТЕРИАЛЫ**

Международной научно-технической конференции  
**«СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ»**  
(XXI Бенардосовские чтения),  
посвященной 140-летию изобретения электросварки Н.Н. Бенардосом

*Печатаются в авторской редакции*

I том

**Электроэнергетика. Современные инструменты менеджмента.  
Гуманитарные проблемы развития общества**

*Электронное издание*

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический  
университет имени В.И. Ленина»  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34