

УДК 621.313.8

Анализ способов и методов снижения внешних электромагнитных полей асинхронных двигателей при питании широтно-импульсно-модулированным напряжением

Ю.Б. Казаков¹, Е.А. Шумилов²

¹ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», Иваново, Российская Федерация

²ФГБОУВПО «Самарский государственный технический университет» (филиал), Сызрань, Российская Федерация

Авторское резюме

Состояние вопроса: В силу малой изученности внешних электромагнитных полей асинхронных двигателей при питании от преобразователей с широтно-импульсной модуляцией напряжения, содержащих высокочастотные составляющие, отрицательно влияющих на здоровье обслуживающего персонала и ухудшающих электромагнитную совместимость работы электротехнического оборудования, целесообразна разработка и численная оценка способов и методов снижения внешних электромагнитных полей таких асинхронных двигателей.

Материалы и методы: Используются способы экранирования частей двигателей, магнитные шунты, методы взаимной компенсации внешних электромагнитных полей группы асинхронных двигателей за счет соответствующего размещения двигателей и их фазировки. Для количественной оценки используется конечно-элементное моделирование электромагнитных полей.

Результаты: Исследованы внешние электромагнитные поля асинхронных двигателей при питании от преобразователей с широтно-импульсной модуляцией напряжения, содержащие высокочастотные составляющие.

Выводы: Выявлено, что при пространственном треугольном размещении двигателей интенсивность внешнего магнитного поля в центре снижается до двух раз, при оптимальной фазировке трех трехфазных двигателей, расположенных в линию, интенсивность поля снижается до 30 %, при экранировании лобовых частей обмотки статора интенсивность внешнего магнитного поля асинхронных двигателей можно снизить на 50 %.

Ключевые слова: внешние электромагнитные поля, асинхронные двигатели, широтно-импульсная модуляция напряжения, электромагнитная совместимость.

Analyzing Ways and Methods to Decrease External Electromagnetic Fields of Induction Motors with Supplying of Pulse-Width Modulated Voltage

Yu.B. KAZAKOV¹, E.A. SHUMILOV²

¹Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation

²Samara State Technical University, Branch in Syzran, Russian Federation

E-mail: elmash@em.ispu.ru

Abstract

Background: It is reasonable to develop and numerically evaluate the ways and methods for decreasing the external electromagnetic fields of the induction motors because of the fact that the external fields of induction motors with supplying of pulse-width modulated voltage, which contain high frequency parts and influence negatively on the staff health as well as impair the electromagnetic operation compatibility of electrical and technical equipment, are studied not enough.

Materials and methods: The authors used the ways of motors parts shielding, magnetic shunts, methods of mutual compensation of external electromagnetic fields of induction motors group by the corresponding placement of motors and their phasing. For numerical evaluation the finite element simulation of electromagnetic fields is used.

Results: The external electromagnetic fields of the induction motors with supplying of pulse-width, modulated voltage, which contain high frequency parts, are researched.

Conclusions: It is revealed that at spatial triangular placement of motors the external magnetic field in the center decreases to two times, at optimum phasing of three-phase motors located in the line, the field intensity decreases by 30 %, when shielding the front parts of a stator winding the intensity of the external magnetic field of induction motors can be lowered by 50 %.

Key words: external electromagnetic fields, induction motors, pulse-width modulated voltage, electromagnetic compatibility.

Современное развитие техники характеризуется широким использованием асинхронных электродвигателей. Асинхронные электродвигатели (АД) при работе создают внешние электромагнитные поля (ВЭМП). ВЭМП распространяются в пространстве, создают электромагнитное загрязнение окружающей среды. Возрастающая

энерговооруженность производств приводит к повышенной плотности размещения АД, усилению влияния ВЭМП АД на работу других устройств, к проблемам электромагнитной совместимости. В связи с этим актуальным становится вопрос о снижении ВЭМП АД. Актуальность анализа ВЭМП АД подтверждается защитой за по-

следние 5 лет нескольких кандидатских и докторских диссертаций [2]. Однако в опубликованных исследованиях не рассматривались режимы работы АД от частотных преобразователей напряжения и регуляторов с ШИМ-напряжения.

Внешнее электромагнитное поле АД создается несколькими источниками, причем влияние отдельных источников зависит от режима работы АД. При холостом ходе основное значение имеет рассеяние с поверхности сердечника. При номинальной нагрузке существенно возрастает рассеяние от лобовых частей обмоток, в то время как от спинки статора оно снижается вследствие некоторого уменьшения насыщения ярма сердечника.

Наибольшие ВЭМП АД создают при наибольших пусковых токах. Такие электромагнитные поля вызывают проблемы электромагнитной совместимости при работе с другими техническими средствами. В современных электротехнических комплексах постоянно возрастает оснащенность электронной и микропроцессорной техникой и одновременно наблюдается рост мощности и числа электротехнических устройств, создающих ВЭМП, что увеличивает вероятность сбоев в системах управления.

Наиболее эффективными методами и способами снижения ВЭМП АД являются [2]:

- оптимальное расположение двигателей;
- чередование фаз питания;
- использование комбинированных экранов.

Современные компьютерные технологии позволяют применять описанные выше методы наиболее эффективно, с минимальными временными и материальными затратами [1]. Исследование проводилось на базе АД с короткозамкнутым ротором АИР71В6У3: $P = 550$ Вт, $n = 1000$ об/мин.

Для снижения ВЭМП для группы из трех АД по методу оптимального расположения требуется разместить двигатели равноудаленно друг от друга – в вершинах равностороннего треугольника. Моделирование проводилось в среде Elcut методом конечных элементов. Питание двигателей – набор высокочастотных составляющих напряжения (ШИМ-напряжение). Картина силовых линий ВЭМП представлена на рис. 1. Графики временной зависимости индукции внешнего электромагнитного поля в точках С и D (рис. 2) подтверждают снижение поля во внутренней области (точка С).

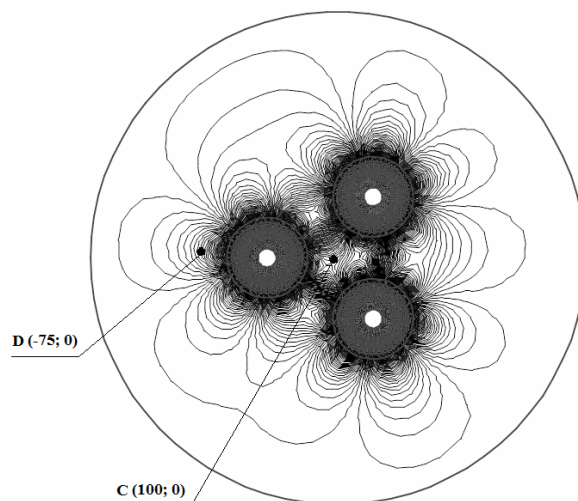


Рис. 1. Картина линий ВЭМП для группы из трех АД

Результаты моделирования позволяют сделать вывод: во внутренней области ВЭМП компенсируют друг друга, что приводит к общему снижению мощности излучения.

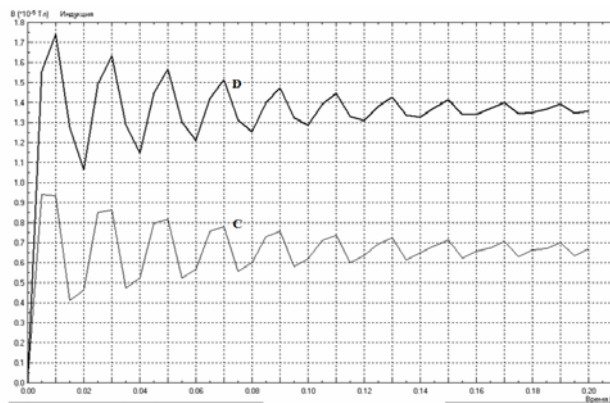


Рис. 2. Временная зависимость модуля индукции ВЭМП в точках С и D для группы из трех АД

Для снижения ВЭМП группы работающих АД методом чередования фаз требуется подобрать оптимальную фазировку двигателей. Это наиболее простой способ снижения поля. В рассматриваемом опыте три двигателя расположены «в линию». Фазировка следующая: первый двигатель ABC, второй двигатель BAC, третий двигатель ACB. Питание двигателей – набор высокочастотных составляющих напряжения (ШИМ-напряжение). Картина силовых линий ВЭМП, полученная в среде Elcut, представлена на рис. 3.

Полученные в результате моделирования графики изменения индукции ВЭМП (рис.4) позволяют сделать вывод: двигатели 2 и 3, работая совместно, излучают ВЭМП меньшей мощности, а на первом необходимо проводить дополнительные исследования (несколько опытов для различной последовательности фаз), чтобы обеспечить такой же уровень ВЭМП. Изменением фазировки можно снижать уровень ВЭМП в 1,5–3,5 раза.

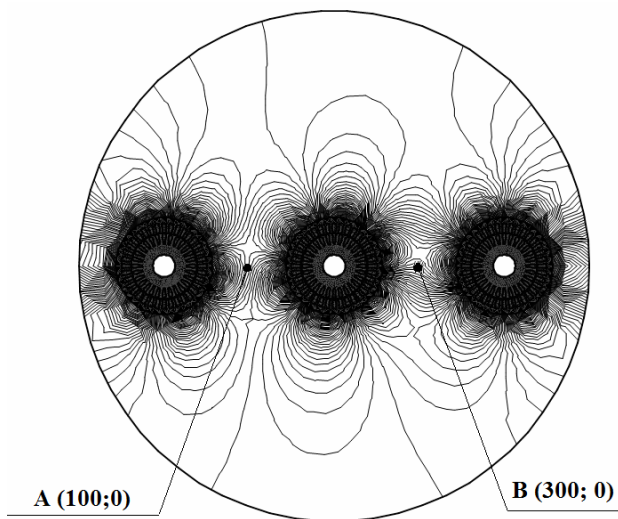


Рис. 3. Картина линий ВЭМП при различной фазировке трех АД

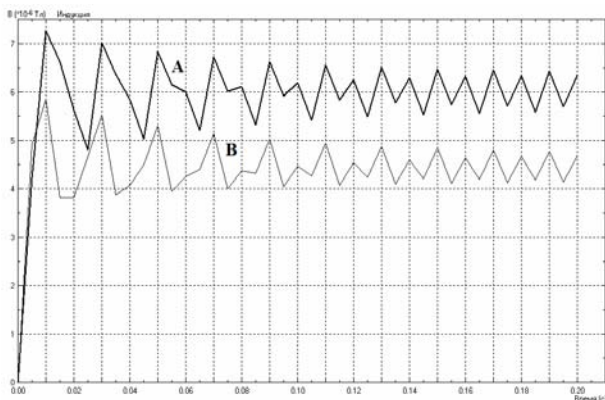


Рис. 4. Временная зависимость модуля индукции поля в точках А и В при различной фазировке трех АД

Так как основным источником ВЭМП являются лобовые части обмотки статора, то экранирование в основном ориентировано на них. Компьютерное исследование в этом случае предполагает использование трехмерного моделирования [3]. Такая модель была создана в пакете Ansoft Maxwell 14.0 (рис. 5).

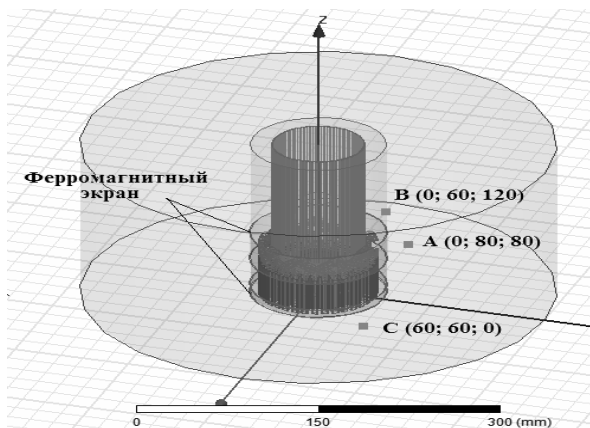


Рис. 5. Трехмерная модель лобовой зоны АД

В ходе компьютерного эксперимента измерялись значения индукции ВЭМП в точках А, В и С с использованием ферромагнитного экрана и без него. Полученные в результате моделирования графики временной зависимости индукции представлены на рис. 6, 7.

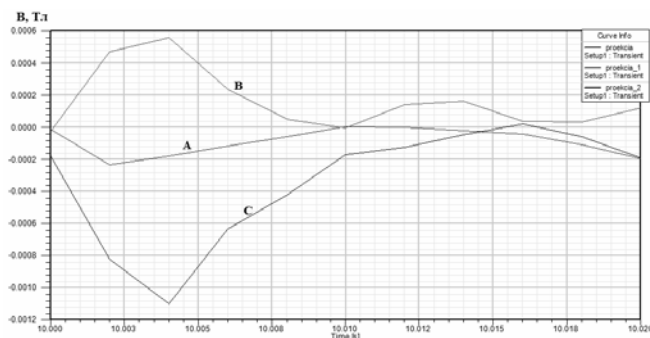


Рис. 6 Временная зависимость индукции ВЭМП лобовой зоны АД с экраном

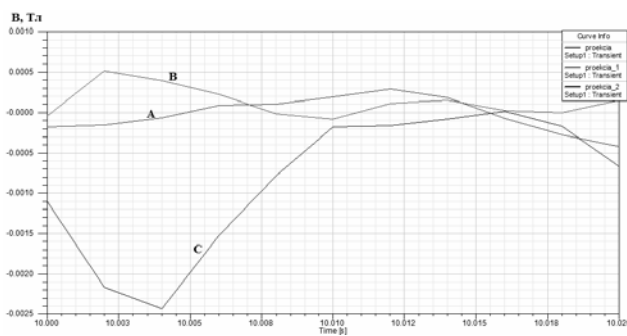


Рис. 7. Временная зависимость индукции ВЭМП лобовой зоны АД без экрана

Сравнение полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что использование ферромагнитных экранов снижает ВЭМП до 50 %.

Таким образом, проведенное компьютерное моделирование ВЭМП показало эффективность использования комбинированных экранов, рационального расположения и изменения фазировки АД в целях снижения ВЭМП. Полученные конечно-элементные компьютерные модели позволяют исследовать ВЭМП АД (группы АД) при работе в различных режимах.

Список литературы

1. Казаков Ю.Б., Шумилов Е.А., Чуянов Д.О. Численный анализ внешних электромагнитных полей асинхронных двигателей при питании широтно-импульсно модулированным напряжением // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Вып. 5. – С. 34–37.
2. Сотников В.В. Развитие теории внешнего магнитного поля асинхронных двигателей, способов его снижения и измерения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Марийский гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола, 2002. – 38 с.
3. Уточнение интегральных параметров вентильного двигателя с постоянными магнитами на основе моделирования магнитного поля методом конечных элементов / В.Е. Высоцкий, Р.Г. Горшков, Е.А. Шумилов, Д.О. Чуянов // Вестник СамГТУ. – 2011. – №3(31). – С. 145–152.

References

1. Kazakov, Yu.B., Shumilov, E.A., Chuyanov, D.O. *Vestnik IGEU*, 2011, no. 5, pp. 34–37.
2. Sotnikov, V.V. *Razvitie teorii vneshnego magnitnogo polya asinkhronnykh dvigateley, sposobov ego snizheniya i izmereniya* Diss. dokt. tekhn. nauk [Development of External Magnetic Field Theory of Induction Motors, Ways to Decrease and Measure it. Dr. tech. sci. diss.]. Yoshkar-Ola, 2002. 38 p.
3. Vysotskiy, V.E., Gorshkov, R.G., Shumilov, E.A., Chuyan, D.O. *Vestnik SamGTU*, 2011, no. 3(31), pp. 145–152.

Казаков Юрий Борисович,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электрических машин,
телефон (4932)26-97-06,
e-mail: elmash@em.ispu.ru

Шумилов Егор Алексеевич,
ФГБОУВПО «Самарский государственный технический университет» филиал в г. Сызрани,
старший преподаватель кафедры ЭПА,
телефон (8464)98-39-58,
e-mail: shumilov_e_a@mail.ru