

УДК 621.313

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

БЕЛОВ П.Е., студ.; рук. КАЗАКОВ Ю.Б., д-р техн. наук

Исследовано влияние уровня несимметрии напряжений на энергетические показатели трехфазных асинхронных двигателей. Методами планирования эксперимента получены уравнения регрессии второго порядка.

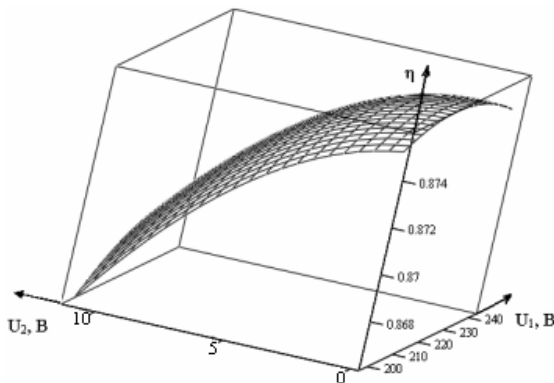
Наиболее распространенные трехфазные асинхронные двигатели (АД) могут эксплуатироваться в сетях с напряжением, отличающимся от номинального U_H , в диапазоне $(0.9-1.1)U_H$. Кроме того, сами напряжения в разных фазах могут различаться по величине в том же пределе и по угловому сдвигу векторов фазных напряжений от 120° до $\pm 5^\circ$. При указанных диапазонах несимметрий фазных напряжений напряжение прямой последовательности фаз U_1 может изменяться в пределах $(0.89-1.1)U_H$, а напряжение обратной последовательности фаз U_2 – в пределах $(0-0.12)U_H$.

Трехфазные токи прямой последовательности фаз создают прямо вращающееся в направлении вращения ротора магнитное поле и обеспечивают эффективное преобразование электрической энергии в механическую. Токи обратной последовательности фаз создают обратно вращающееся магнитное поле, которое вызывает тормозной электромагнитный момент, дополнительные потери в обмотке и стали ротора, что вызывает дополнительный нагрев и ухудшает энергетику АД.

Энергетические показатели АД – коэффициент полезного действия η и $\cos(\phi)$, в свою очередь, зависят от величин U_1 и U_2 . Известно, что даже небольшая величина несимметрии напряжений, например $U_2=0.05U_H$, увеличивает суммарные потери до 25 % и снижает η до 3 %. При оценке эффективности работы АД необходим анализ изменения энергетических показателей АД при работе в сетях с разными уровнями несимметрии напряжений. Желательно формирование достаточно простой функциональной зависимости энергетических показателей АД от U_1 и U_2 .

Расчет характеристик АД при заданных нагрузках, U_1 и U_2 достаточно сложен, так как кроме двойного расчета характеристик на два разных по величине напряжения и интегрального определения показателей АД потребовалось учесть различия в методах расчета характеристик АД при работе на напряжения прямой и обратной последовательности фаз. В роторе от прямо и обратно вращающихся магнитных полей наводятся токи разной частоты, в разной степени проявляются эффекты вытеснения токов ротора от полей прямой и обратной последовательности фаз и насыщения магнитных путей от потоков рассеяния, для обратно вращающегося магнитного поля появляются потери в стали ротора. Если для прямого поля скольжение составляет $s_{пр}$, то для обратного поля $s_{обр}=(2-s_{пр})$, соответственно частота токов в роторе от прямой последовательности фаз составляет $f_{рот.пр}=s_{пр}f_{статора}$, для обратной $f_{рот.обр}=(2-s_{пр})f_{статора}$. Поэтому при расчете характеристик АД используются две разные схемы замещения с разными скольжениями и разными активными и индуктивными сопротивлениями ротора, сопротивлениями ветви намагничивания. Отлажена компьютерная система расчета характеристик АД, обеспечивающая достаточную точность расчетов.

Так как зависимости η и $\cos(\phi)$ нелинейны, то для их формулирования и количественной оценки степени влияния факторов U_1 и U_2 применен ортогональный центрально-композиционный план. Для АД 7.5 кВт и $U_H=220$ В при диапазонах варьирования $U_1=198-242$ В и $U_2=0-11$ В выполнены расчеты с предписанными планом сочетаниями факторов. По-



верхности отклика в о.е. представлены на рис. 1 и 2.

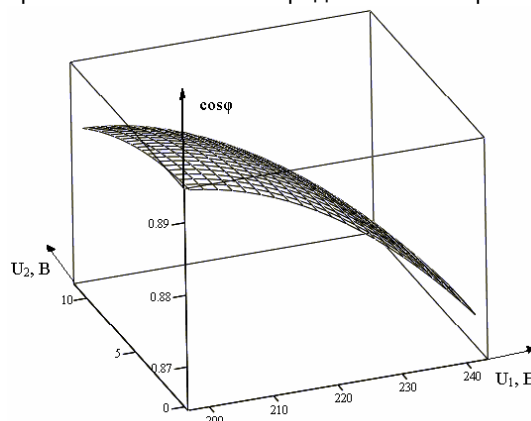


Рис.1. Зависимость η АД от U_1 и U_2

Рис.2. Зависимость $\cos(\phi)$ АД от U_1 и U_2

Уравнения регрессии сформированы для U_1^* и U_2^* (в о. е. к U_H). Возможно их применение для других АД. Уравнения обобщают данные по 9 расчетам АД при работе с разными уровнями несимметрии напряжений. Коэффициенты показывают направление и степень влияния U_1^* и U_2^* на η и $\cos(\phi)$ АД. Уравнения дают погрешность менее долей процента в данных пределах варьирования факторов. Наибольшие коэффициенты при U_2^2 , причем отрицательные, отражают квадратичное снижение энергетических показателей АД с ростом несимметрии:

$$\eta = 0.788 + 0.179 U_1^* - 0.291 U_2^* + 0.29 U_1^* U_2^* - 0.091 U_1^{*2} - 2.964 U_2^{*2};$$

$$\cos(\phi) = 0.519 + 0.856 U_1^* - 0.303 U_2^* + 0.302 U_1^* U_2^* - 0.487 U_1^{*2} - 2.611 U_2^{*2}.$$