

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

**Немов Г.Ю., студ.; Маковский А.И., студ.; Шелехова О.Г. доц., к.т.н.**

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Область использования асинхронных двигателей (АД) в промышленности, на транспорте и в быту постоянно растет [1]. В отдельных отраслях промышленности потребление электроэнергии АД достигает 80 % [1]. Оценку основных затрат, связанных с преобразованием электрической энергии в механическую, отражают энергетические показатели асинхронного двигателя: коэффициент полезного действия ( $\eta$ ) и коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) АД [2 – 4]. Одной из причин роста затрат на эксплуатацию АД является нарушение симметрии питающего напряжения [1 – 4].

Анализ научных работ [1 – 4, 6] показал, что оценка энергетических показателей АД при различных нагрузках на валу и несимметрии источника питания требует дополнительного исследования.

Целью данной работы была оценка энергетических показателей АД при питании от несимметричного напряжения.

В качестве параметров несимметрии напряжения сети принято использовать [3 – 6]: коэффициент несимметрии обратной последовательности ( $K_{2U}$ ), напряжение прямой последовательности ( $U_{пр}$ ) и сдвиг по фазе между симметричными составляющими напряжения прямой и обратной последовательности:  $\Delta\psi = \psi_{пр} - \psi_{обр}$ . Величина  $\Delta\psi$  [6] не влияет на суммарные потери в обмотках АД и его энергетические показатели, поэтому далее рассмотрено влияние параметров  $U_{пр}$  и  $K_{2U}$ .

Расчет рабочих характеристик выполнялся с помощью математической модели АД с использованием Т-образной схемы замещения для прямой и обратной последовательностей [7]. В качестве примера на рис. 1, 2 представлены зависимости коэффициента полезного действия и коэффициента мощности при различных параметрах несимметрии питающего напряжения ( $U_{пр}$ ,  $K_{2U}$ ).

Из анализа результатов, представленных на рис. 1, 2, следует [6], что для АД АИУМ225М4 при симметричном питающем напряжении снижение  $U_{пр}$  на 10 – 20% приво-

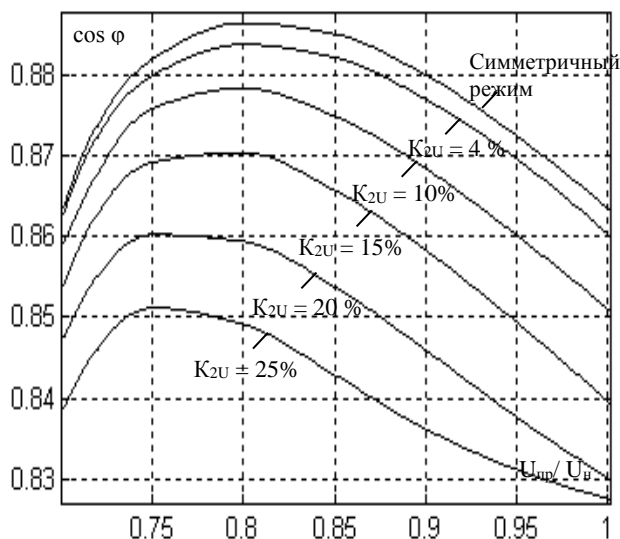


Рисунок 1 -- Зависимости коэффициента мощности АД АИУМ225М4 от напряжения прямой последовательности  $U_{пр}$  при различных значениях  $K_{2U}$

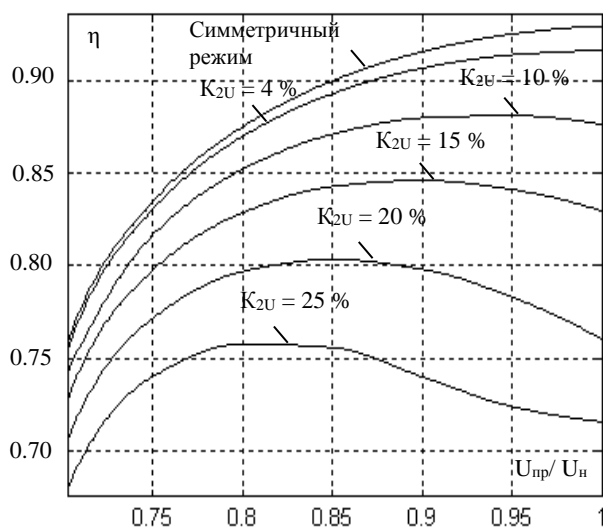


Рисунок 2 – Зависимости коэффициента полезного действия АД АИУМ225М4 от напряжения прямой последовательности  $U_{пр}$  при различных значениях  $K_{2U}$

дит к уменьшению коэффициента полезного действия на 1,5 – 5%, при снижении  $U_{пр}$  до  $0.7U_n$  снижение коэффициента полезного действия электродвигателя составит 21%.

В качестве примера на рис. 3 представлены зависимости максимумов  $\eta_{max}$  и  $\cos \varphi_{max}$  от коэффициента несимметрии  $K_{2U}$ .

Из анализа результатов, представленных на рис. 1 – 4 следует, что с ростом асимметрии напряжения сети КПД двигателя снижается более интенсивно, чем коэффициент мощности АД. Например, при  $K_{2U} = 5\%$  максимальное значение КПД снизилось на 5%, в то время как уменьшение максимального коэффициента мощности – 0,5%, при  $K_{2U} = 10\%$  снижение максимальных значений КПД и коэффициента мощности составило – 10% и 1% соответственно и т.д.

С ростом несимметрии максимумы коэффициента мощности ( $\cos \varphi_{max}$ ) и КПД ( $\eta_{max}$ ) смещаются в область более низких напряжений. В качестве примера на рис. 4 представлены зависимости напряжения прямой последовательности, при которых наблюдаются максимумы коэффициента мощности ( $U_{пр \cos \varphi_{max}}$ ) и КПД ( $U_{пр \eta_{max}}$ ) от величины  $K_{2U}$ .

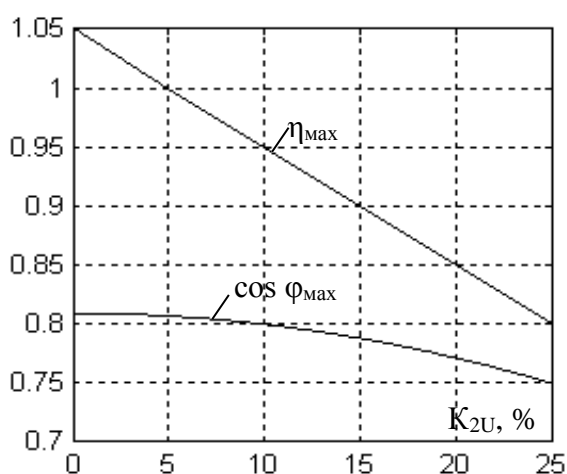


Рисунок 3 – Зависимости максимумов КПД ( $\eta_{max}$ ) и коэффициента мощности ( $\cos \varphi_{max}$ ) АД от коэффициента несимметрии  $K_{2U}$

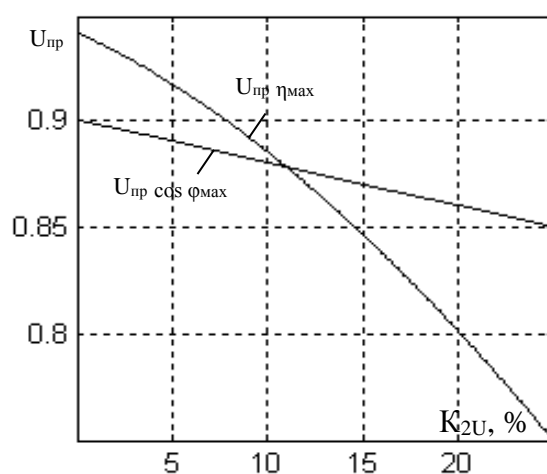


Рисунок 4 – зависимости напряжения прямой последовательности, при которых наблюдаются максимумы коэффициента мощности АД ( $U_{пр \cos \varphi_{max}}$ ) и КПД ( $U_{пр \eta_{max}}$ ) от величины  $K_{2U}$ .

Из рис. 4 следует, что с ростом асимметрии напряжения сети максимумы коэффициента мощности двигателя (рис. 3) и коэффициента полезного действия (рис. 4) смещаются в область более низких значений  $U_{пр}$  (рис. 1 – 4). В общем случае (рис. 4) максимальные значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности достигаются при различных значениях  $U_{пр}$ . Например (рис. 1, 4) [6], при  $K_{2U} = 5\%$  максимальное значение коэффициента мощности достигается при  $U_{пр} = 0.89U_n$  и равно 0.89, а максимальное значение коэффициента полезного действия достигается при  $U_{пр} = U_n$  и равно 0.93. При  $K_{2U} = 10\%$  максимальное значение коэффициента мощности достигается при  $U_{пр} = 0.8 U_n$  и равно 0.88, а максимальное значение коэффициента полезного действия достигается при  $U_{пр} = 0.95 U_n$  и равно 0.88 и т. д.

Необходимо отметить, что токи и потери в обмотках АД существенно зависят как от характеристик несимметрии источника питания, так и от параметров схемы замещения рассматриваемого АД [7]. В [7] показано, что наибольшее влияние на составляющие токов прямой последовательности оказывает  $X_o^*$  [7], а токи обратной последовательности при одинаковой несимметрии токов  $K_{21}$  можно считать неизменными [6]. Так как потери являются исходными данными для расчета энергетических показателей АД, то отличие их величин также можно объяснить различными значениями симметричных составляющих токов статора и ротора (табл. 1).

В качестве базовых (табл. 1) приняты значения соответствующих величин при симметричном напряжении сети.

Таблица 1 – Энергетические показатели АД различного типоразмера при номинальной нагрузке и различных параметрах несимметрии напряжения ( $K_{2I}$ ,  $U_{np}$ )

$U_{np}$	Энергетические показатели.	$K_{2I} = 0\%$			$K_{2I} = 40\%$			$K_{2I} = 80\%$		
		$X_o^* = 2$	$X_o^* = 3$	$X_o^* = 4$	$X_o^* = 2$	$X_o^* = 3$	$X_o^* = 4$	$X_o^* = 2$	$X_o^* = 3$	$X_o^* = 4$
$U_n$	$\eta/\eta_B$	1.00	1.00	1.00	0.94	0.94	0.94	0.79	0.79	0.79
	$\cos \varphi/\cos \varphi_B$	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	0.98	0.94	0.94	0.94
$0.9U_n$	$\eta/\eta_B$	0.97	0.97	0.98	0.94	0.94	0.95	0.82	0.85	0.87
	$\cos \varphi/\cos \varphi_B$	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02	1.01	1.01	0.99	0.98

Исследования, представленные в статье, позволяют оценить влияние параметров несимметрии напряжения питания на энергетические показатели АД различного типоразмера. По результатам исследований установлено:

- рост несимметрии питающего напряжения сопровождается снижением энергетических показателей электродвигателя. При номинальной нагрузке на валу с ростом несимметрии максимумы коэффициента мощности и коэффициента полезного действия смещаются в область более низких значений напряжения прямой последовательности;
- с ростом несимметрии напряжения сети КПД АД снижается более интенсивно, чем его коэффициент мощности;
- максимальные значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности в общем случае достигаются при различных значениях напряжения прямой последовательности.

В дальнейших исследованиях планируется оценить ухудшение энергетических показателей АД в повторно-кратковременных режимах при несимметрии питающего напряжения.

#### Перечень ссылок

1. Черный А.П., Калинов А.П., Мамчур Д.Г. Применение показателей качества преобразования энергии для оценки состояния и надежности электромеханических систем // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: IV международн. науч.-техн. конф. Днепропетровск, 2006. – С. 245.
2. Попович А.Н., Шуруб Ю.В., Бирик Е.Б. Определение и учет коэффициента мощности при улучшении технико-экономических характеристик асинхронных электроприводов в динамических режимах с учетом несимметрии // Техническая электродинамика. – №6. – 2003. – С.42 – 47.
3. Дмитрієва О.М., Сидоренко О.О. Енергетичні співвідношення при живленні двигунів несимметричною напругою // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика»: Зб. наук. праць, випуск 7 (128). – Донецьк, 2007. – С. 193 – 196.
4. Жежеленко И. В. Влияние качества электроэнергии на надежность асинхронных двигателей / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко, А. В. Горпинич // Промэлектро. – 2004. – № 1. – С. 15 – 21.
5. ГОСТ 32144 – 2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
6. Пинчук О.Г. Энергетические показатели асинхронного двигателя при различных параметрах несимметрии питающего напряжения // Наукові праці ДонНТУ. – Електротехніка і енергетика. – 2008. – Випуск 8 (140). – С. 201 –204.
7. Копылов И.П. Электрические машины. - М.: Высшая школа. – 2000. – 607 с.