

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]. Оценка основных затрат, связанных с преобразованием электрической энергии в механическую, отражают энергетические показатели асинхронного двигателя: коэффициент полезного действия (η) 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-

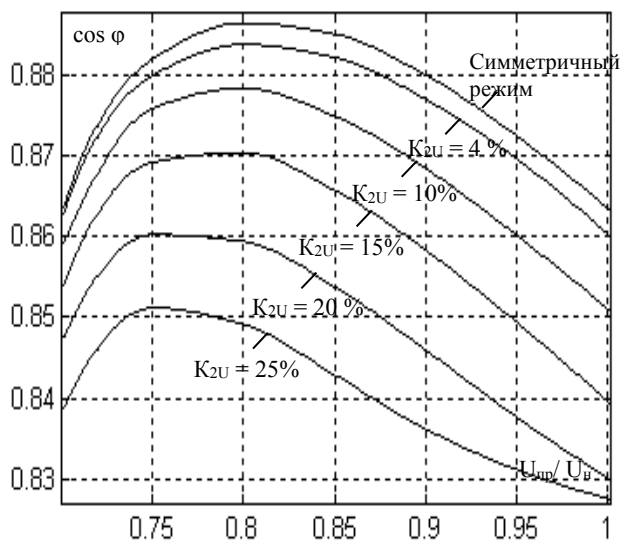


Рисунок 1 -- Зависимости коэффициента мощности АД АИУМ225М4 от напряжения прямой последовательности $U_{пр}$ при различных значениях K_{2U}

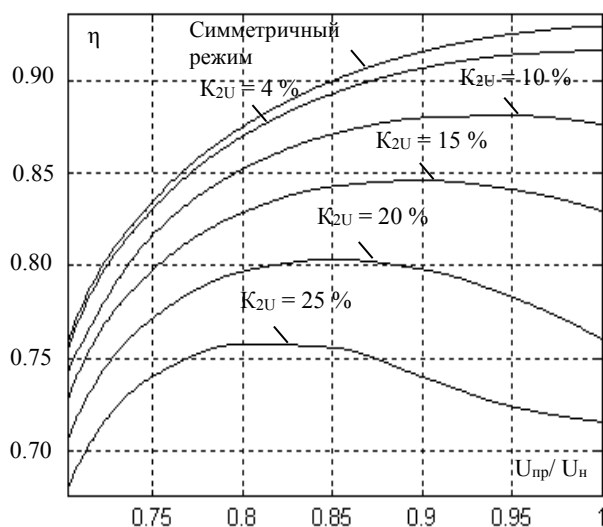


Рисунок 2 – Зависимости коэффициента полезного действия АД АИУМ225М4 от напряжения прямой последовательности $U_{пр}$ при различных значениях K_{2U}

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 η_{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 (η_{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} .

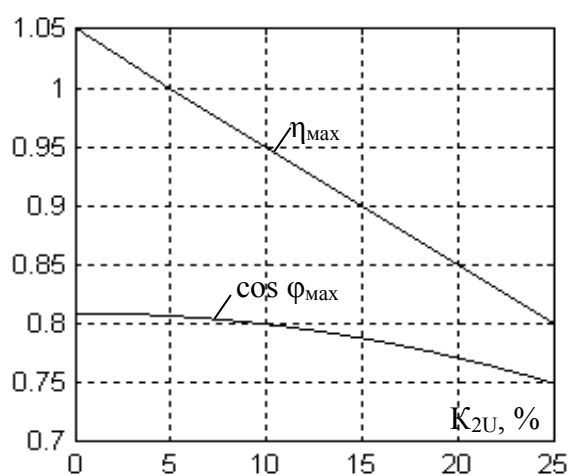


Рисунок 3 – Зависимости максимумов КПД (η_{max}) и коэффициента мощности ($\cos \varphi_{max}$) АД от коэффициента несимметрии K_{2U}

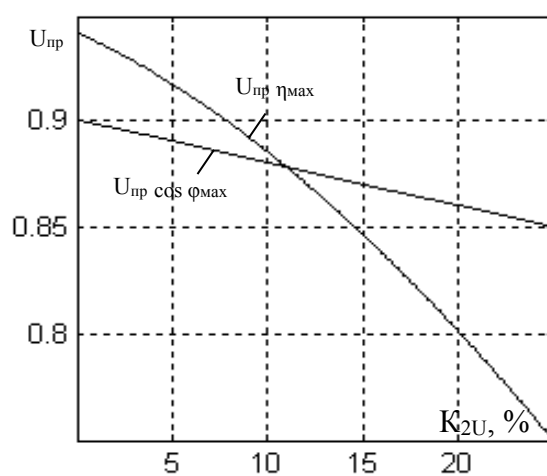


Рисунок 4 – зависимости напряжения прямой последовательности, при которых наблюдаются максимумы коэффициента мощности АД ($U_{пр \cos \varphi_{max}}$) и КПД ($U_{пр \eta_{max}}$) от величины K_{2U} .

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 | η/η_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 |
| $0.9U_n$ | η/η_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 несиметричною 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.