

Халамиренко І.В., канд. техн. наук, доц.,  
Одеський національний політехнічний університет, Україна

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Рассмотрим, каким образом можно обеспечить практически постоянный и не зависящий от нагрузки коэффициент мощности  $K_M$  асинхронного двигателя (АД). Если в качестве тиристорного преобразователя напряжения (ТПН) применить преобразователь, содержащий в каждой фазе встречно-параллельно включенные тиристоры, то для него в установившемся режиме справедливо следующее соотношение, связывающее величины углов угла  $\alpha$  открывания тиристоров, угла  $\beta$  закрывания тиристоров и соотношения активных и реактивных параметров нагрузки ТПН, которое характеризуется эквивалентным фазовым углом  $\varphi_3$  [1]:

$$\sin(\beta - \alpha) + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) \cdot \cos(\beta - \alpha) = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_3) - \exp\left(\frac{\alpha - \beta}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) \frac{2 + \exp\left(\frac{\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) - \exp\left(\frac{2\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right)}{2 + \exp\left(-\frac{\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) - \exp\left(-\frac{2\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right)} \quad (1)$$

Графическая интерпретация этих зависимостей для угла  $\varphi_3$ , изменяющегося в пределах от  $25^\circ$  до  $50^\circ$ , соответствующих номинальным значениям коэффициента мощности АД основного исполнения, приведена на рис 1. Поскольку для увеличения момента АД необходимо уменьшить угол  $\alpha$  ТПН, то, как видно из графиков, с ростом нагрузки контролируемый параметр  $\beta$  при постоянном эквивалентном фазовом угле  $\varphi_3$  несколько снижается. Поэтому для поддержания практически постоянным значения угла  $\varphi_3$  при изменяющейся нагрузке АД достаточно применить в ТПН обычную отрицательную обратную связь по параметру  $\beta$ . Такой алгоритм оптимизации базируется на утверждении, что коэффициент мощности  $K_M$ , определяемый отношением потребляемых из сети активной  $P$  и полной  $S$  мощностей, измеренных на входе АД, и эквивалентный фазовый угол  $\varphi_3$  в равной мере характеризуют комплексный характер входного сопротивления АД как объекта оптимизации и, следовательно, в равной степени могут быть регулируемой координатой.

С целью подтверждения данного предположения выполнены экспериментальные исследования режимов АД, управляемого ТПН с обратной связью по параметру  $\beta$ . Полученные для АД мощностью 0,75 кВт экспериментальные зависимости коэффициента мощности  $K_M = f(M)$ ,  $\cos \varphi_e = f(M)$ , где  $M$  – момент двигателя при номинальном напряжении питания, приведены на рисунке 2 [2].

Коэффициент мощности  $K_M$  и  $\cos \varphi_3$  в экспериментальных исследованиях измерялись двумя способами для каждого значения момента нагрузки. При первом способе производили измерения угла  $\alpha$  и  $\beta$ , затем по (1) рассчитывались значения  $\varphi_3$  и  $\cos \varphi_3$ .

Результаты измерений и расчетов отражены кривой  $\cos \varphi_3$  на рисунке 2. Во втором способе измерялись мощности  $P$ ,  $I_s$  и  $U_s$ , затем вычислялись значения  $K_M$ . Результаты измерений и расчетов показаны на рисунке 2 кривыми  $K_{MU}$  и  $K_{ME}$ .

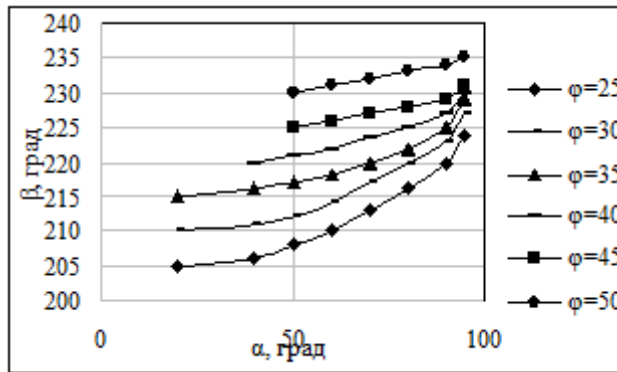


Рисунок 1 – Графическая интерпретация зависимости (1) при номинальном значении коэффициента мощности АД

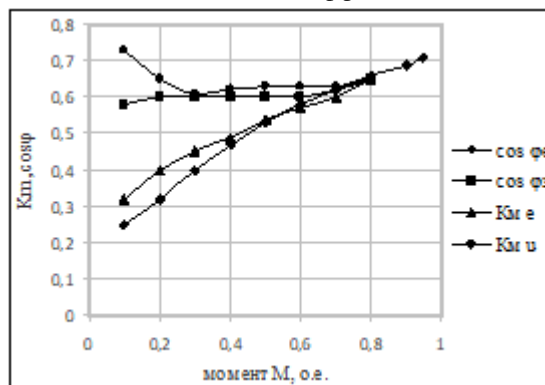


Рисунок 2 – Результаты измерений и расчетов  $K_M$  и  $\cos \varphi_{\Sigma}$ ,

При измерении напряжения  $U_s$  на входе АД следует учитывать, что на обмотке АД, управляемого ТПН, в течение полупериода присутствует как фактическое напряжение, поступающее на двигатель от сети через ТПН, так и ЭДС вращения, наводимая в обмотках статора вращающимся потоком машины. В экспериментах применялось устройство, выделяющее фактическое напряжение на входе АД. При использовании в расчетах  $K_M$  фактического напряжения получена зависимость  $K_{MU}$ , практически не отличающаяся от зависимости  $\cos \varphi_{\Sigma}$ . Если же в расчетах  $K_M$  ориентироваться на напряжение с учетом ЭДС (кривая  $K_{ME}$ ), то возникают существенные ошибки, достигающие 50%.

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы. Справедливо утверждение, что при применении в ТПН отрицательной обратной связи по параметру  $\beta$  обеспечивается практически постоянный и не зависящий от нагрузки коэффициент мощности  $K_M$  и  $\cos \varphi_{\Sigma}$  АД.

#### Список использованной литературы

1. Асинхронный электропривод с тиристорными коммутаторами /Петров Л.П., Ладензон В.А., Обуховский М.П., Подзолов Р.Г. – М.: Энергия, 1970. – 128 с
2. Халамиренко И.В. Сравнение критериев оптимизации энергетической эффективности асинхронных электроприводов / Энергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 25-27 квітня 2017 р. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 64–65.

#### References

1. Asynchronous electric drive with thyristor switches /Petrov LP, Ladenzon VA, Obukhovskiy MP, Podzolov RG - Moscow: Energia, 1970. – 128 p
2. Khalamirenko I. V. Comparison of the criteria for optimizing the energy efficiency of asynchronous electric drives/ Energy management: the state and prospects of development. Collection of cemetery works of the IV International scientific-technical and teaching-methodical conference in Kyiv, April 25-27, 2017 – Kyiv, KPI them. Igor Sikorsky, 2017. – P. 64–65.