

ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

*Милых Владимир Иванович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Елагин Роман Артурович, Кошевой Олег Петрович,
Матвеев Павел Иванович, студенты*

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина*

Введение. У многих промышленных предприятий и других потребителей электроэнергии примерно 40-60 % ее объема приходится на трехфазные асинхронные электродвигатели (ТАД). Они являются основой промышленного электропривода. В этой связи актуальным является эффективное использование этих, да и прочих тоже, электрических машин.

Энергетическое качество ТАД характеризуют их КПД η и коэффициент мощности $\cos\varphi_s$ [1]. Для наиболее распространенных ТАД в диапазоне номинальной мощности P_N от единиц до десятков кВт номинальные значения КПД η_N и коэффициента мощности $\cos\varphi_{sN}$ находятся в диапазоне 0,7-0,9, возрастая вместе с P_N и габаритами двигателей.

В условиях эксплуатации ТАД значения КПД и коэффициента мощности зависят от уровня нагрузки на валу – отдаваемой механической приемнику мощности P_{out} , т.е. они являются функциями $\eta(P_*)$ и $\cos\varphi_s(P_*)$, где $P_* = P_{out} / P_N$ – относительное значение выходной мощности на валу.

ТАД проектируются так [2, 3], чтобы η и $\cos\varphi_s$ достигали наибольших значений в диапазоне вероятных нагрузок при $P_* = 0,75 \dots 1,0$. Поэтому работа ТАД на более низких значениях нагрузки является менее эффективной и нежелательной.

Целью работы является проведение расчетной оценки возможного ухудшения эффективности работы электроэнергетической системы в случае работы ТАД при их нагрузке, существенно меньшей, чем их номинальная мощность.

Объекты исследования. Неэффективность работы при недогрузке продемонстрируем на примере двух ТАД, спроектированных на разные уровни номинальной мощности: ТАД1 – 7,5 кВт [2] и ТАД2 – 15 кВт [3]. Оба рассчитаны на одинаковое напряжение 220/380 В. Это означает, что если в питающей сети переменного тока линейное напряжение U равно 220 В, то трехфазная обмотка статора ТАД должна быть соединена по схеме «треугольник», если 380 В – то по схеме «звезда». В обоих случаях номинальное фазное напряжение обмотки статора U_{sN} составляет 220 В.

Номинальные данные двух рассматриваемых двигателей представлены в табл.1, где кроме уже представленных обозначений даны I_{sN} – номинальный фазный ток обмотки статора (при схеме «звезда» от является одно-

временно и линейным током, потребляемым из сети); n_N – номинальная частота вращения; m_M – масса двигателя.

Таблица 1 – Паспортные данные трехфазных асинхронных двигателей

Вариант	P_N , кВт	η_N	$\cos\varphi_{sN}$	I_{sN} , А	n_N , об/мин	m_M , кг
ТАД1	7,5	0,88	0,86	14,3	1460	77
ТАД2	15	0,88	0,89	29	1460	135

На рис.1 и рис.2 изображены эксплуатационные (их называют еще рабочими) характеристики двух представленных ТАД [2, 3]. Это зависимости величин, характеризующих работу двигателя, от полезной мощности на валу (в данной случае она дана в относительных единицах – о.е.). Дополнительно к КПД и коэффициенту мощности на рисунках показана характеристика фазного тока I_s обмотки статора ТАД.

Анализ эффективности использования ТАД.

На примере двух представленных двигателей рассмотрим ситуацию нерационального использования одного из них. Предположим, что для условного механизма, приводимого в движение, требуется мощность $P_{load}=5,625$ кВт. А из имеющегося наличия для его привода установили ТАД2 с номинальной мощностью 15 кВт, который в данной случае будет работать с выходной мощностью $P_{out2}=P_{load}$ или в безразмерной форме $P_* = 0,375$ о.е. По рабочим характеристикам на рис.2 получаем КПД $\eta_2=0,888$, коэффициент мощности $\cos\varphi_{s2} = 0,775$ и ток статора $I_{s2}=12,7$ А. Мощность, потребляемая из сети, и потери мощности в двигателе ТАД2 составят

$$P_{in2} = \frac{P_{out2}}{\eta_2} = 6,334 \text{ кВт}; \quad \Delta P_2 = P_{in2} - P_{out2} = 0,709 \text{ кВт}.$$

А если бы вместо ТАД2 установили двигатель ТАД1 с номинальной мощностью 7,5 кВт, то при той же полезной мощности $P_{out1}=P_{load}$ (по рис.1) он работал бы при КПД $\eta_1=0,887$, коэффициенте мощности $\cos\varphi_{s1} = 0,83$ и токе статора $I_{s1}=11,5$ А. Мощность, потребляемая из сети, и потери мощности в двигателе ТАД1 составят

$$P_{in1} = \frac{P_{out1}}{\eta_1} = 6,342 \text{ кВт}; \quad \Delta P_1 = P_{in1} - P_{out1} = 0,717 \text{ кВт}.$$

Т.е. при той же полезной мощности P_{load} входная мощность и потери мощности практически сохранились, а вот ток статора в случае ТАД1 уменьшился на 11,7% – благодаря повышенному коэффициенту мощности, ввиду их взаимосвязи на основе общеизвестной формулы [1]:

$$P_{out} = P_{in} \cdot \eta = 3 \cdot U_s \cdot I_s \cdot \cos\varphi_s \cdot \eta.$$

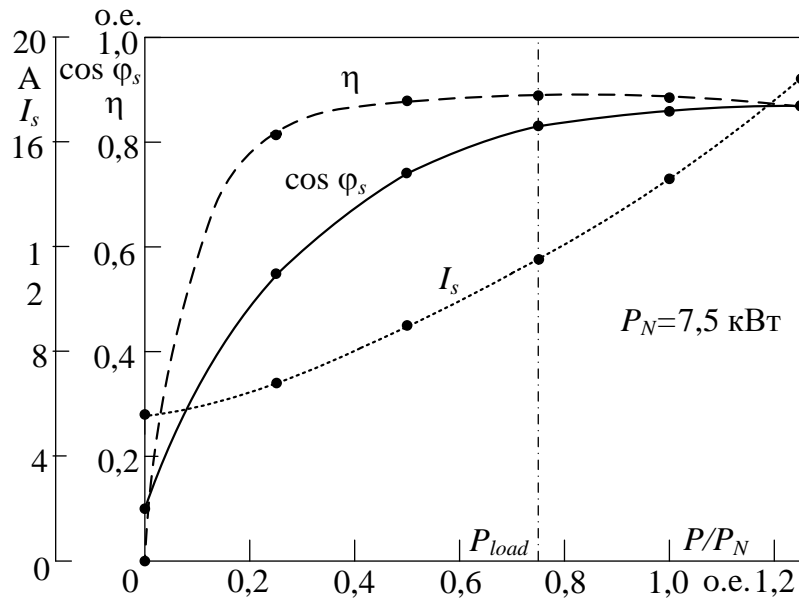


Рис.1. Эксплуатационные характеристики трехфазного асинхронного двигателя номинальной мощности 7,5 кВт

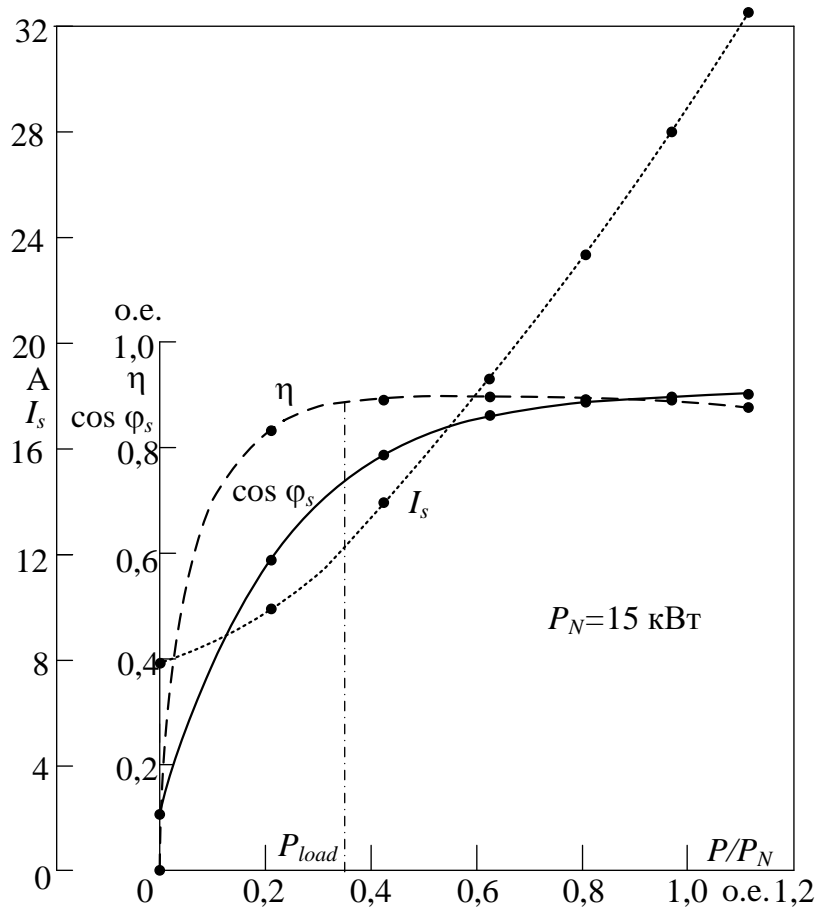


Рис. 2. Эксплуатационные характеристики трехфазного асинхронного двигателя номинальной мощности 15 кВт

Увеличенный ток в случае ТАД2 дополнительно загрузит питающие линии электропередачи, трансформаторы и генератор на электростанции, что приведет к дополнительным потерям мощности в них (пропорциональны току в квадрате), либо, при сохранении значения потерь мощности, к увеличению сечений проводов в них и соответствующим капитальным затратам. К этому следует добавить, что ТАД2, по сравнению с ТАД1 (табл.1), имеет большую массу, а, значит, габариты и стоимость.

Еще больше проигрывает двигатель с большей номинальной мощностью при малых нагрузках. Так, если мощность нагрузки на валу P_{load} составляет 2,25 кВт, то ее относительная величина P_* для ТАД1 составит 0,3, а для ТАД2 – 0,15. Расчеты, проведенные аналогично вышеизложенному, дали результаты, которые представлены в табл.2.

Таблица 2 – Рабочие параметры ТАД при относительно малой нагрузке

Вариант	P_*	P_{out} , кВт	η	$\cos\varphi_s$	I_s , А	P_{in} , кВт	ΔP , кВт
ТАД1	0,3	2,25	0,845	0,592	7,16	2,66	0,41
ТАД2	0,15	2,25	0,774	0,491	9,14	2,91	0,66

Очевидно, что при одной и той же нагрузке на валу ТАД2 по сравнению с ТАД1 имеет фазный ток статора I_s на 28% больше, а также потери мощности ΔP больше на 61%. Т.е. работа двигателя с большей номинальной мощностью с точки зрения электроэнергетической системы является менее эффективной.

Вывод.

Таким образом, рассмотренный пример показывает, что использование асинхронных двигателей на уровне мощности, существенно меньшей номинальной, является экономически невыгодным.

Список литературы

1. Міліх В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. За ред. В.І. Міліх. – К.: «Каравела», 2007. – 688 с.
2. Гольдберг О.Д., Гурин Я.С., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин. – М.: Высш. шк., 1984. – 431 с.
3. Копылов И.П., Горяинов Ф.А., Клоков Б.К. и др. Проектирование электрических машин. / Под ред. И.П. Копылова – М.: Энергия, 1980. – 496 с.

Адрес для пересылки бумажного сборника материалов:
Украина, 61103, г. Харьков, ул. Деревянка, д. 20А, кв.16.
Милых Владимиру Ивановичу

Адрес для пересылки в электронном варианте:

e-mail: mvikemkpi@gmail.com