

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 622:621.313-83

Е.К.Ещин

ГЕНЕРАТОРНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

Обратимся к авторитету, а именно, к А.Мак-Икерну (Alex McEachern) - председателю Международной электротехнической комиссии (International Electrotechnical Commission (IEC) TC77A Working Group 9). В еще не опубликованной, но доступной для прочтения его работе [1] датированной мартом 2013 года, с названием «Об отрицательной мощности и об отрицательном коэффициенте мощности в энергетических системах переменного тока (On Negative Power and Negative Power Factor in Alternating Current Power Systems) А.Мак-Икерн отмечает «...Power Factor is univer-

sally defined as the ratio of watts to volt-amps. IEEE 1459-2010 uses this correct definition. Volt-amps is the product of r.m.s. volts and r.m.s. amps. The square term in r.m.s. ensures that r.m.s. values are always positive. **Therefore, when power is negative, Power Factor is, by definition, negative.** When power is positive, Power Factor is, by definition, positive»

А.Мак-Икерн приводит диаграмму направлений потоков мощности в четырех квадрантах (рис.1). Делает это потому, что «...Some readers, unfortunately, do not recognize the meaning of negative Power Factor» (...Некоторые читатели, к со-

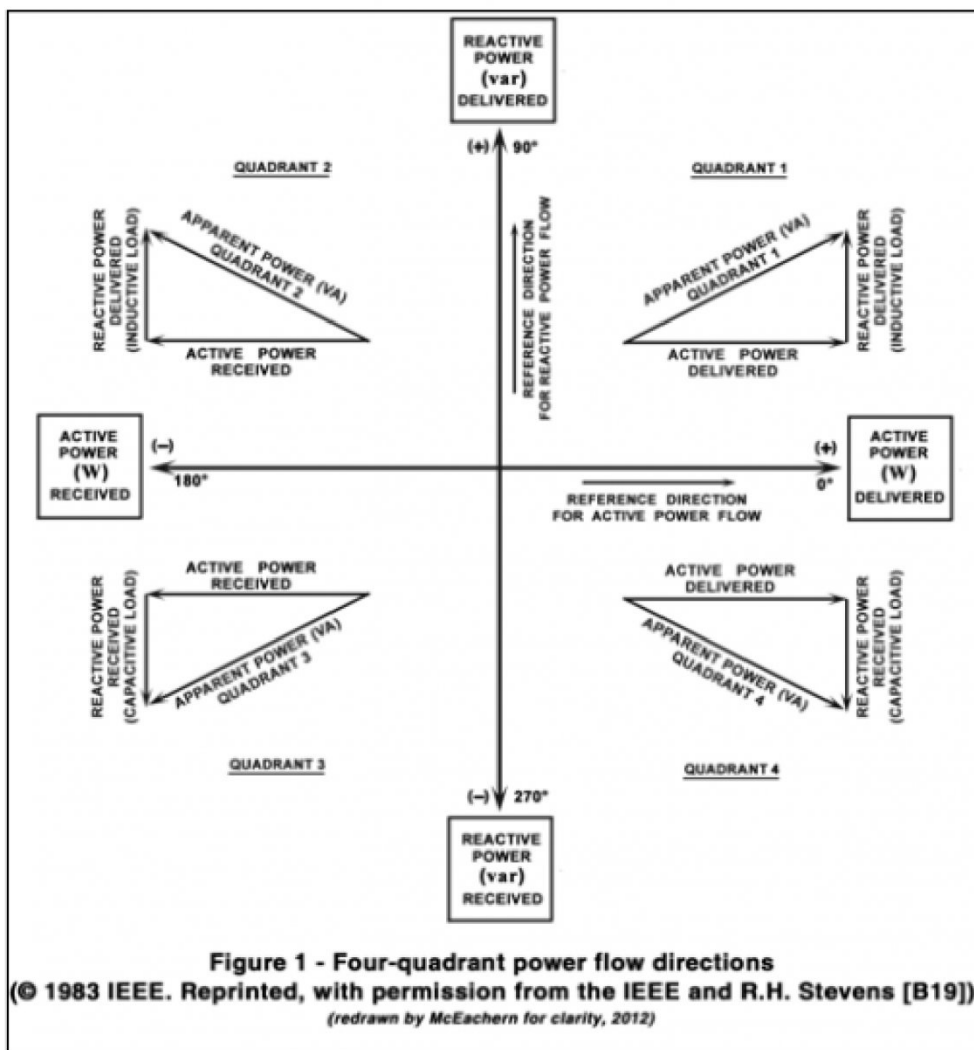


Рис. 1 Направления потоков мощности по [1]

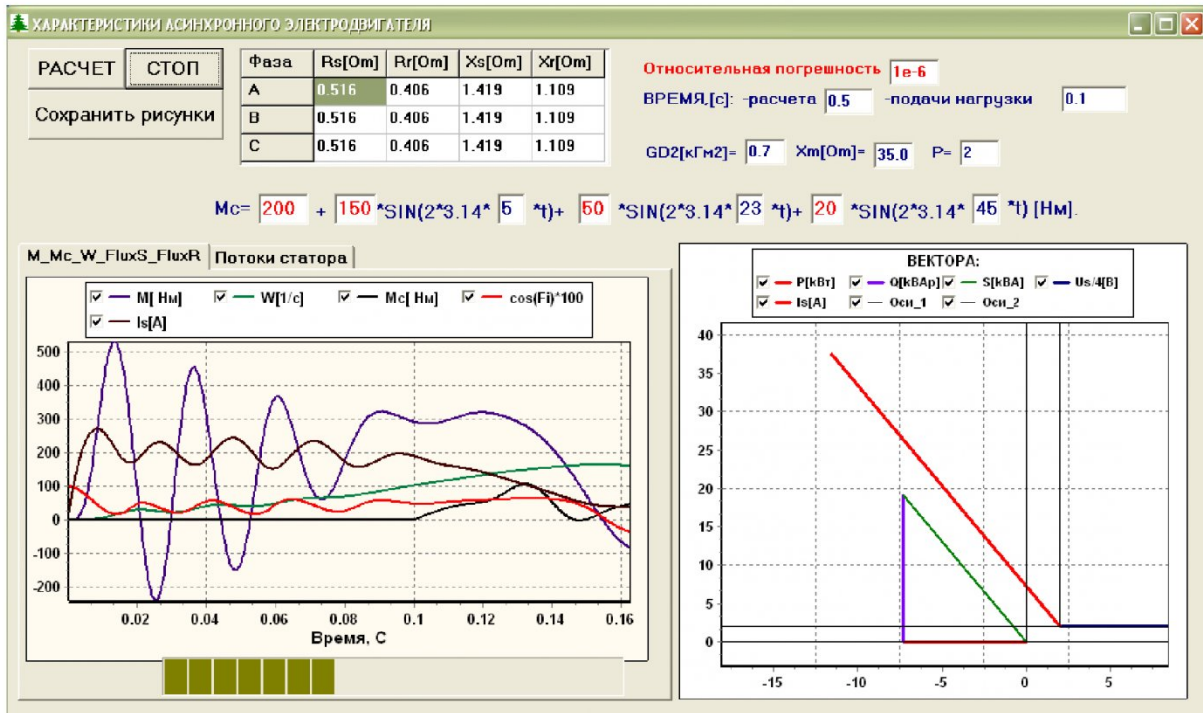


Рис. 4 Интерфейс программы для изучения возможностей возникновения отрицательных значений коэффициента мощности (power factor)

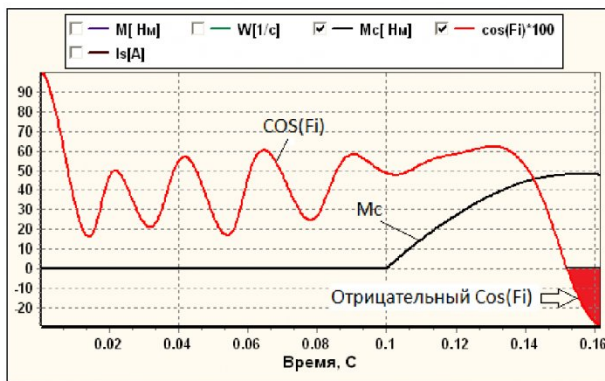


Рис. 4 Возникновение отрицательного $\cos(\varphi)$ при пуске АД с установившемся значением момента сопротивления $M_c=50$ Нм.

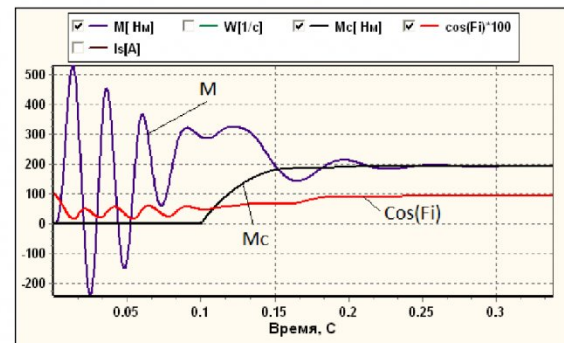


Рис. 4 Пуск АД с установившемся значением момента сопротивления $M_c=200$ Нм. Отрицательное значение $\cos(\varphi)$ не наблюдается.

жалению, ...).

Для упрощения в [1] рассмотрен вариант синусоидального напряжения и тока в однофазной цепи.

В этой статье мы рассматриваем возможности возникновения отрицательных значений коэффициента мощности (*power factor*) при работе асинхронного электродвигателя (АД) в трехфазной сети.

Ограничимся рассмотрением режимов пуска и работы с изменяющейся реактивной нагрузкой. Заведомо генераторные режимы работы, такие как работа с активной нагрузкой, обеспечивающей рекуперацию энергии, и различного вида торможения (динамическое, противовключение) рассмат-

ривать не будем.

Для получения информации о состоянии АД воспользуемся программной оболочкой, реализующей трехфазную математическую модель АД в синхронной системе координат, рисунок 1.

Параметры АД и момента сопротивления, а также условия расчетов приведены на этом рисунке. Все они могут варьироваться, определяя конкретный АД и условия его нагружения. Результаты расчетов приведены на рис. 2÷16. Обозначения на рисунках: S – вектор полной мощности [кВА]; P – вектор активной мощности [кВт]; Q – вектор реактивной мощности [кВАр]; I_s – вектор тока статора АД [А] (зеркальное отображение III квадранта); U_s – вектор напряжения статора [В].

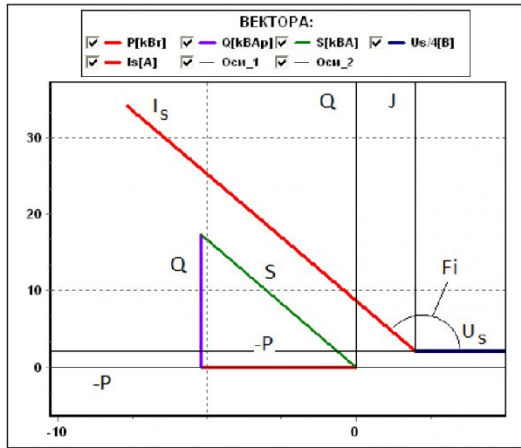


Рис. 5 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске для уровня установившегося $M_c=50$ нм. Момент времени $t=0.16$ с. $-\cos(\varphi)<0$.

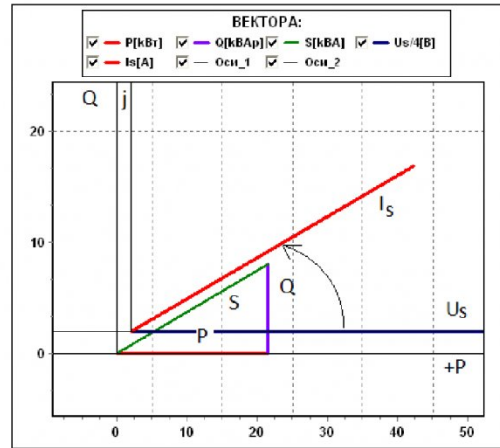


Рис. 6 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске для уровня установившегося $M_c=200$ нм. Момент времени $t>0.3$ с.

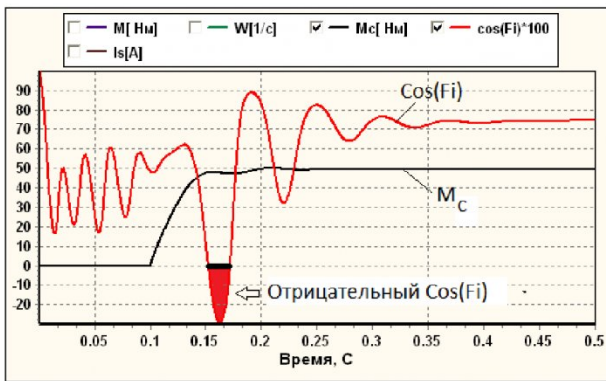


Рис. 7 Изменение величины $\cos(\varphi)$ при пуске АД до уровня установившегося $M_c=50$ нм. Для $0.16<t<0.17$ $\cos(\varphi)<0$. При $t>0.45$ установившееся значение $\cos(\varphi)\approx 0.75$

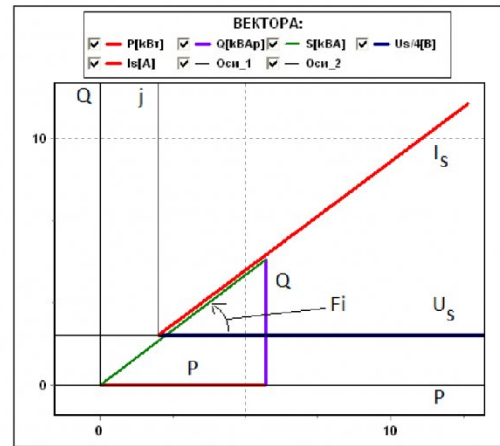


Рис. 8 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске для уровня установившегося $M_c=50$ нм. Момент времени $t>0.45$ с.

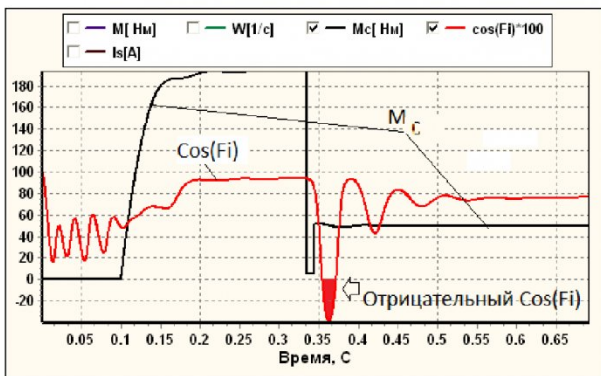


Рис. 9 Изменение величины $\cos(\varphi)$ при пуске АД до уровня установившегося $M_c=200$ нм и дальнейшим снижением момента сопротивления до 50 Нм. Для $0.35<t<0.38$ $\cos(\varphi)<0$. При $t>0.65$ установившееся значение $\cos(\varphi)\approx 0.75$.

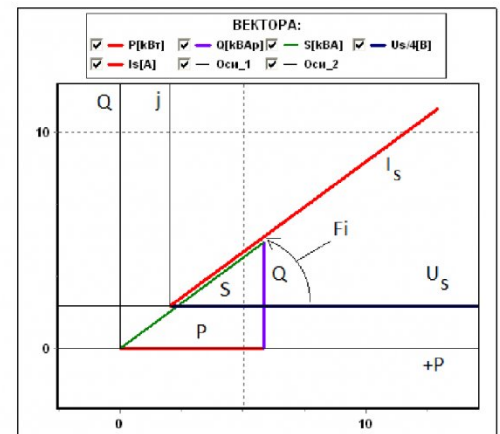


Рис. 10 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске для уровня установившегося $M_c=50$ нм. Момент времени $t>0.65$ с.

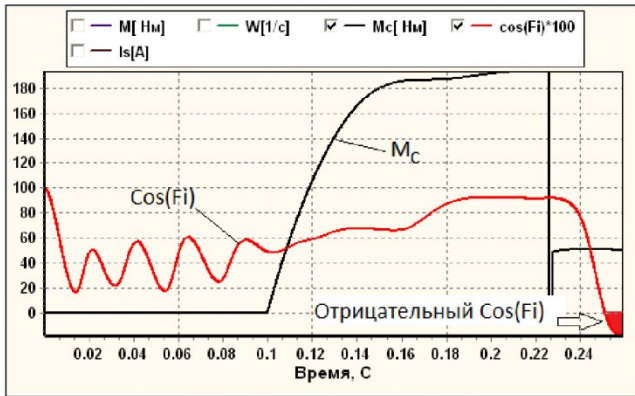


Рис. 11 Изменение величины $\cos(\varphi)$ при пуске АД до уровня установившегося $M_c=200$ нм и дальнейшим снижением момента сопротивления до 50 Нм. При $t>0.25$ $\cos(\varphi)<0$.

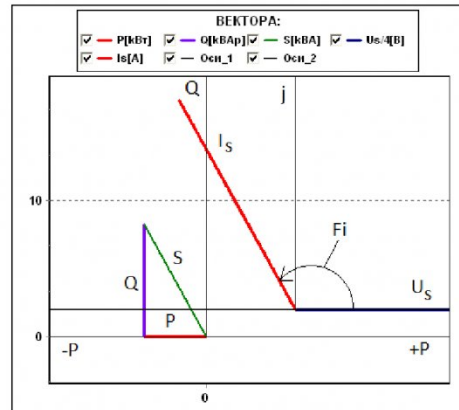


Рис. 12 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске до уровня установившегося $M_c=200$ нм и дальнейшим снижением момента сопротивления до 50 Нм.. Момент времени $t=0.25$ с.

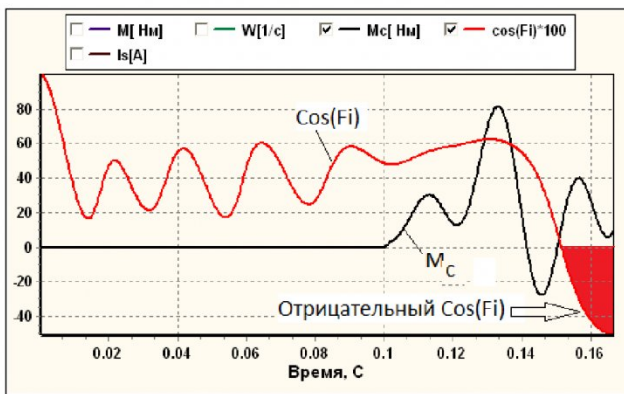


Рис. 13 Изменение величины $\cos(\varphi)$ при пуске АД с изменяющейся нагрузкой. При $t>0.15$ $\cos(\varphi)<0$.

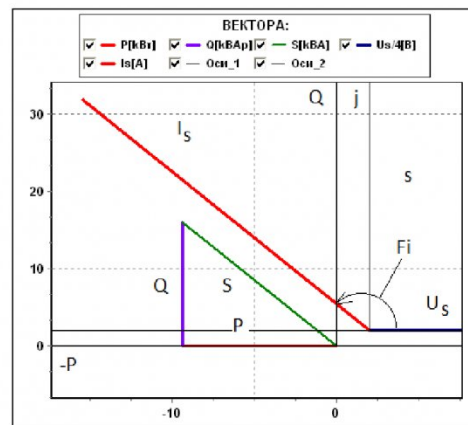


Рис. 14 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске с изменяющейся нагрузкой. Момент времени $t=0.15$ с.

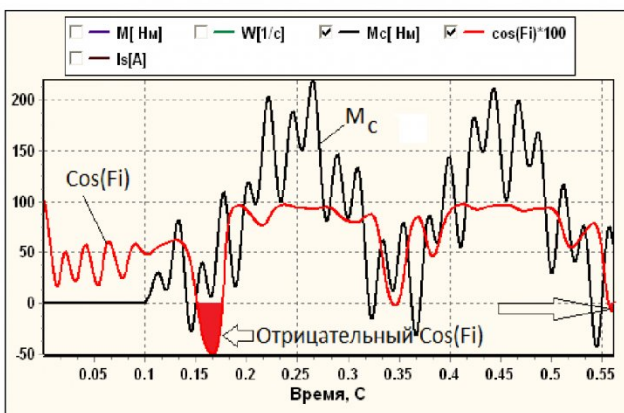


Рис. 15 Изменение величины $\cos(\varphi)$ при пуске АД с изменяющейся нагрузкой. При $0.15 < t < 0.175$ и при $t > 0.56$ $\cos(\varphi) < 0$.

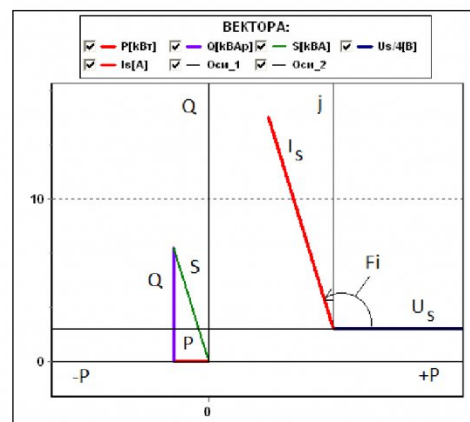


Рис. 16 Треугольник мощностей и взаимное расположение векторов напряжения и тока статора АД при пуске с изменяющейся нагрузкой. Момент времени $t=0.56$ с.

Таким образом, практические условия эксплуатации асинхронных электродвигателей могут сопровождаться в динамических режимах работы возникновением отрицательных значений коэффициентов мощности.

Дополнительно можно отметить низкое зна-

чение коэффициента мощности ($\text{Cos}(\varphi)$) во время пуска, что характерно для асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором (см., например, [2, стр.46], где отмечено, что допускается работа АД в кратковременном режиме с частотой 120 вкл/час и $\text{Cos}(\varphi)=0.35\pm 0.05$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alex McEachern*. On Negative Power and Negative Power Factor in Alternating Current Power Systems. Some corrections to IEEE Standard 1459-2010. <http://powerstandards.com/Shymanski/draft.pdf> [Дата обращения 10.06.2013]

2. *Антипов В.Т.* Комбайн проходческий КСП-32. Руководство по эксплуатации КСП-32.00.00.000 РЭ1. Ясиноватский маш.завод, 1999. -120 с.

□ Авторы статьи:

Ещин

Евгений Константинович,
докт.техн.наук, профессор кафедры прикладных информационных технологий КузГТУ,
email: eke@kuzstu.ru