

**Тораева Э.Я., Хаджимаммедова Я.Н.**

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Государственный Энергетический Институт Туркменистана. Преподаватель,  
студент.*

Экономия энергии и снижение материальных затрат в производстве — одна из важнейших задач современности. Приняв все эти условия во внимание, Туркменистан принимает «Государственную программу об энергосбережении на 2018-2024 годы». В связи с Государственной программой внедряются энергосберегающие технологии, проводится ряд мероприятий по устранению энергозатрат, улучшению материально-технического состояния предприятий, так же улучшается состояние техники и повышается уровень качества производимой энергии в энергетическом секторе [1].

Энергоэффективность электротехнических комплексов и систем и показатели качества электромагнитных явлений являются основными показателями, характеризующими их работу. Для того чтобы повысить эти показатели, широко используется преобразователи переменного напряжения.

К электротехническим системам в первую очередь относятся асинхронные электрические цепи, не имеющие регулировки скорости. Асинхронные электродвигатели являются наиболее широко используемыми в рабочих механизмах и в то же время основным потребителем реактивной мощности (45-65% всей реактивной мощности предприятия) [2]. Однако, большинство механизмов могут значительно повысить производительность двигателя: за счет регулировки напряжения статора, за счет снижения потерь активной энергии до 15% и оборота реактивной энергии до 50%. В настоящее время широко используемая по фазовая регулировка напряжения не удовлетворяет качество электромагнитных явлений в электродвигателе при тиристорном преобразовании переменного напряжения и это приводит к снижению эффективности решения задач по улучшению энергетических показателей. Это связано с рядом известных проблем с электро-обеспечением [3].

Учитывая вопросы электромагнитной совместимости модификаторов, преобразователь переменного напряжения, обладающий основными достоинствами широко применяемых в современных условиях фазорегулируемых модификаторов, и при этом обладающий удовлетворительными энергетическими показателями, считается самым удобным в использовании.

Основной функцией нерегулируемой скорости в асинхронном электродвигателе преобразователей переменного напряжения является выпуск (поддержание) двигателя на привычный режим работы и поддержание его энерго-оптимального режима при переменных нагрузках. В большинстве случаев необходимость настройки первой функции связана с подключением к двигателю преобразователя переменного напряжения. В то же время вторая функция позволяет извлечь максимум из этой ситуации, и в том числе позволяет сократить срок компенсации самого преобразователя.

Привыкание к многопоточной работе позволяет снизить среднее энергопотребление. Это связано с тем, что моторы, не оснащенные кастомной пусковой установкой, редко останавливаются даже при отсутствии нагрузки. Это связано с тем, что частые прямые выходы к работе приводят к неприемлемым последствиям [4]. Регулировка напряжения статора в длительном режиме работы

двигателя с переменной нагрузкой обеспечивает работу двигателя с высокими энергетическими показателями без влияния на технологический процесс. По большинству литературных данных регулировка напряжения двигателя на большинстве движений позволяет увеличить его КПД на 5-10% и снизить потребление реактивной мощности на 20-40%.

Использование преобразователя в системах управления электродвигателем позволяет ограничивать амплитуду пускового тока и одновременно контролировать разгон двигателя. Как видно из диаграмм на рисунке 1, амплитудное значение пускового тока при неравномерном пуске двигателя менее чем в два раза превышает номинальное значение тока двигателя ( $I_{2ном} = 5,5A$ ). Экспериментально установлено, что при тех же условиях эксплуатации амплитуда тока увеличивается в восемь раз по сравнению с номинальным током при прямом включении.

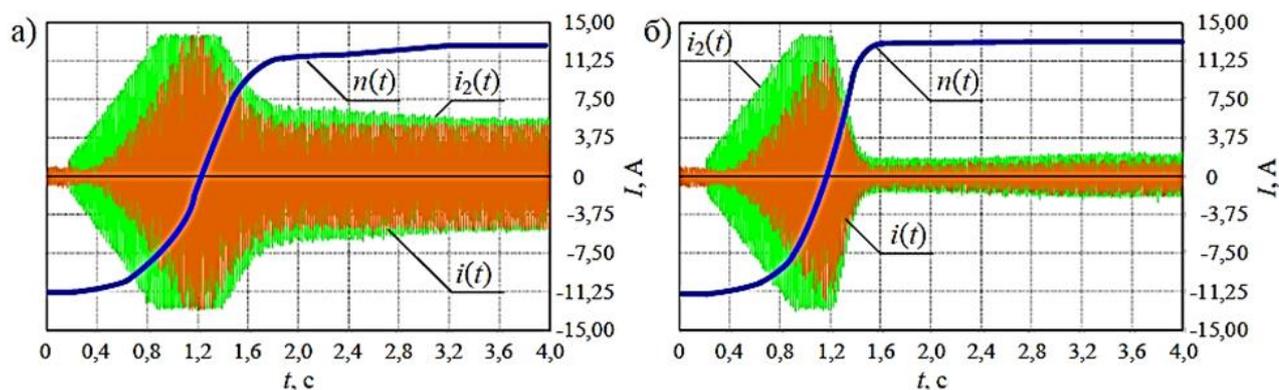


Рисунок 1 – Диаграммы запуска двигателя переменного тока и скорости:  
а) якорь цепи генератора при номинальной нагрузке; б) вид холостого генератора

Общая КПД системы «Преобразователь-Двигатель» выглядит:

$$\eta_{\text{сис}} = \eta_h * \eta_{\text{пр}} * \beta$$

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{P_{\text{дв}} + P_{\text{пот}}}}$$

Где:  $\eta_{\text{дв}}$  – КПД двигателя при отсутствии регулятора напряжения;

$\eta_{\text{пр}}$  – КПД преобразователя;

$\Delta P_1$  – снижение потерь мощности в двигателе за счёт регулировки напряжения;

$\Delta P_2$  – повышение потери мощности при питании от преобразователя переменного напряжения с питанием;

$P_{\text{дв}}$  – полезная мощность по оси;

$P_{\text{пот}}$  – потеря мощности в двигателе при отсутствии регулятора напряжения.

Если делать вывод о требованиях к КПД преобразователя и энергоэффективности всей системы, то нельзя упускать из виду, что эффект энергосбережения достигается только в случае  $\eta_{\text{пр}}\beta > 1$  за счёт регулирования напряжения. Поэтому абсолютная величина КПД не имеет существенного значения, а скорее потери мощности из-за потери питания от источника несинусоидального напряжения и дополнительные потери мощности из-за уменьшения потерь мощности в двигателе получаются путем регулировки напряжения. Однако если обратиться к приведенным в литературе численным значениям снижения потерь мощности в двигателе, то КПД преобразователя переменного напряжения должен превышать 95% при номинальной нагрузке, что возможно при современном уровне развития техники.

Устройства, генерирующие переменное напряжение, имеют множество различных характеристик, таких как структура силовой цепи, тип и количество вентилях, наличие (отсутствие) трансформатора и режим его работы, диапазон регулирования также характеризуются. Они также имеют определенное сходство. Их группы разработаны для систематического рассмотрения основных свойств, характеристик и рабочих характеристик различных схем преобразования переменного напряжения (рис. 2). Основным признаком этих групп является способ регулировки выходного напряжения.

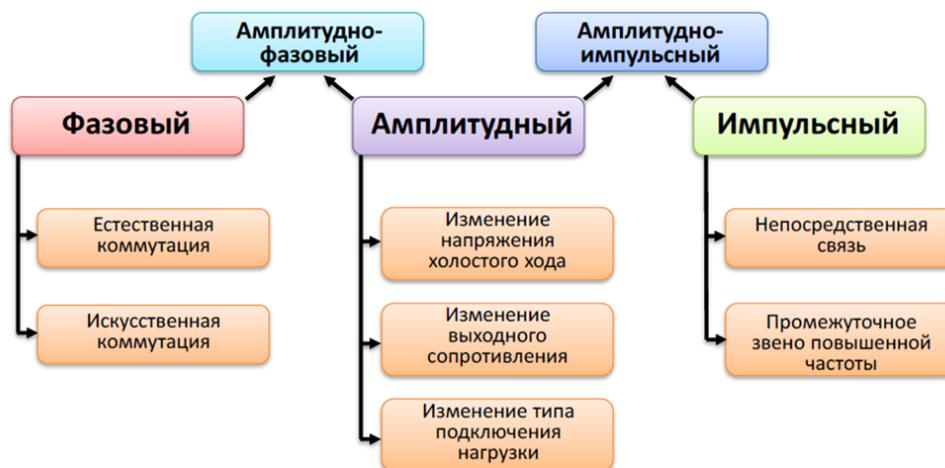


Рисунок 2 – Подразделения преобразователя переменного напряжения на группы

К основным методам регулирования переменного напряжения относятся фазовый, амплитудный и импульсный методы. Показаны основные методы настройки в сочетании амплитудно-фазовой и амплитудно-импульсной связи. Теоретически можно использовать и импульсно-фазовый или амплитудно-импульсно-фазовый методы, но такие комбинации применяются редко, и если в этом будет необходимость импульсной или соответственно амплитудно-импульсной схеме регулировки, в зависимости от преобразователя переменного напряжения, можно претворить в жизнь.

Каждый из этих методов был проанализирован с использованием компьютерного программного обеспечения. Графики, полученные при сравнении фазоуправляемого преобразователя переменного напряжения с импульсным преобразователем напряжения, представлены на рисунке 3.

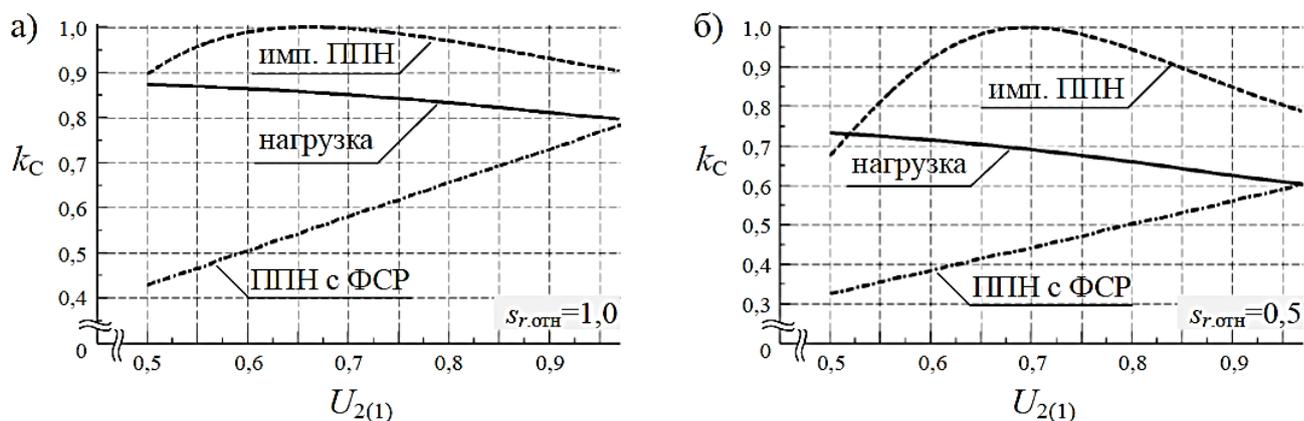


Рисунок 3 – Графики коэффициента смещения первой гармоники преобразователей и входных токов нагрузки, в зависимости от амплитуды напряжения первой гармоники при различных размерах нагрузки.

В импульсного преобразователя переменного напряжения коэффициент сдвига входного тока превышает коэффициент мощности нагрузки во всем диапазоне регулировки рабочего напряжения, что является важным преимуществом по сравнению с тиристорными аналоговыми преобразователями. Даже в точках, близких к холостому ходу двигателя, входной коэффициент преобразователя переменного напряжения может достигать  $k_c = 1$ .

Силовая схема импульсного преобразователя переменного напряжения способна выполнять заданную функцию при улучшении качества индикаторов электромагнитных событий. Временные диаграммы токов и напряжений, а также энергетические параметры преобразователя переменного напряжения, показатели качества использования элементов преобразователя согласуются с результатами аналитического моделирования, но напряжение питания зависит от несимметричной трёхфазовой системы. В особых случаях в результате ненулевого напряжения в общей точке нагрузки увеличивается амплитуда напряжения в оборудовании силовой схемы, особенно в оборудовании параллельных выключателей, что следует принимать учитывать при проектировании и постановке на производство. К ключевому оборудованию рекомендуется применять надбавку напряжения не менее 30%. Средняя арифметическая погрешность расчета энергетических показателей, характеризующих баланс мощности преобразователя переменного напряжения, находится в пределах 0,8-15,4% по сравнению с аналитическим и компьютерным моделированием. В привычном пусковом режиме преобразователь позволяет ограничивать амплитуду входного тока и одновременно управлять дроссельной скоростью двигателя.

Благодаря регулировке преобразователя напряжения, не только позволяет увеличить коэффициент мощности управляемого двигателя, но и отношение входного тока к мощности, что является основной важной особенностью по сравнению с фазорегулирующей структурой, отношение входного напряжения к мощности. Коэффициент изменения входного также превышает 0,99, а это означает, что часть составляющей изменения пренебрежимо мала при полной мощности.

Результаты исследований позволяют повысить энергоэффективность асинхронных электродвигателей, работающих при переменных нагрузках и без необходимости регулировки скорости до новых высот развития.

Разработанное устройство может быть использовано не только в электрических цепях, но и во многих устройствах, требующих улучшенных характеристик электромагнитного поля, что требует регулировки изменяющегося напряжения. Разработанные модели, методы и программное обеспечение ЭВМ позволяют проектировать преобразователь в соответствии с требованиями различных систем.

*Список использованных источников:*

1. Государственная программа энергосбережения на 2018-2024 годы. Ашхабад, 2018.
2. Горлова Т.В. Электропривод, его состояние и перспективы / Т.В. Горлова, В.П. Обрусник // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – Томск: Изд. ТУСУР, 2015. – № 1 (35).
3. Асинхронный электропривод с тиристорными коммутаторами / Л.П. Петров, В.А. Ладензон, М.П. Обуховский, Р.Г. Подзолов. – М.: Энергия, 1970.
4. Цытович Л.И. Тиристорный преобразователь с интегрирующим фазосдвигающим устройством для мягкого пуска асинхронных электродвигателей / Л.И. Цытович, С.И. Шкаликов, М.М. Дудкин // Проблемы энергетики. – 2005. – № 7-8