

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Чуркин Григорий Михайлович, grim_086@mail.ru
Грибанов Алексей Александрович, diread@mail.ru

Аннотация:

В статье особо выделяется важность энергосбережения для развития всего топливно-энергетического комплекса России. Характеризуется нынешнее состояние сбережения энергоресурсов, водо- и теплоснабжения в сфере ЖКХ. Обоснована неэкономичность «старых методов» регулирования водо- и теплоснабжения, показано преимущество применения современных частотных преобразователей. Проведен графический анализ изменений в лучшую сторону энергетических параметров при частотном регулировании.

Ключевые слова: система, частота, преобразователь, мощность, электродвигатель, насос, потребление, нагрузка, электроэнергия, экономия.

Системы промышленных предприятий, отдельных производств, коммерческих или жилых зданий используют различное электрооборудование, в котором установлены асинхронные двигатели (АД) работающие с постоянной скоростью вращения. При этом механическая нагрузка на валу АД может изменяться в широких пределах. Так, например, насосы в системах водоснабжения обеспечивают постоянное давление при наличии колебаний расхода воды, в результате чего периодически возможно возникновение существенных избытков давления. Все это приводит не только к аварийным режимам работы системы или непосредственно к авариям, но и к дополнительному расходу энергии.

Единственный эффективный способ повысить надёжность работы такой системы, сэкономить электроэнергию и ресурсы, это установить преобразователь частоты между сетью и АД, и регулировать скорость в зависимости от изменения параметров системы в соответствии с существующим спросом.

Частота в электрической сети переменного тока (50 Гц) напрямую связана со скоростью электродвигателя (об/мин), т.е., чем выше частота, тем больше обороты. Если от электродвигателя не требуется работать на полной скорости, частотно-регулируемый электропривод можно использовать для обеспечения достаточной нагрузки на электродвигатель за счет уменьшения частоты. В зависимости от необходимой скорости двигателя, преобразователь частоты может увеличить или уменьшить требования к скорости двигателя [1].

Сложные системы, которые создаются для решения многоцелевой задачи, как правило имеют высокую управляемость, возможность автоматизации, удалённого мониторинга, позволяют производить плавный запуск и остановку АД, оборудованы защитными устройствами и т.д. Такие системы требуют как правило достаточно мощных преобразователей частоты, но их стоимость является достаточно высокой.

Другая проблема заключается в том, что переключениями в рассматриваемых системах управляет электроника по заданным алгоритмам, изменять которые или корректировать невозможно по технологическим причинам. Соответственно, возникают дополнительные нагрузки на питающую сеть, «скачет» потребляемая мощность, что в конечном счёте может приводить к некоторой потере мощности.

У современных преобразователей частоты КПД составляет обычно в пределах 93-98%. Если учесть тот факт, что КПД увеличивается с увеличением нагрузки, то использование преобразователей частоты вполне может быть обоснованным с целью экономии электроэнергии.

При создании системы, в которой необходимо поддерживать точные выходные рабочие параметры, обычно добавляется обратная связь, т.е., идет сравнение с эталоном. Далее, в зависимости от результатов сравнения формируется сигнал, который и управляет работой инвертора. В результате рабочая частота выходного сигнала инвертора и частота вращения вала двигателя изменяются при верхнем и нижнем изменении контролируемых параметров.

В различных системах сигналы обратной связи могут быть сформированы:

- датчиками давления воды на выходе системы в водяном насосе;
- параметрами объема и давления воздуха в системе вентиляции;
- перепадами давления (вакуумом) или объемом воздуха в системах принудительного дымоудаления.

В системах, где важно точно соблюдать контролируемые параметры, если не используется частотный преобразователь, регулирование выходного значения производится, например, путем дросселирования потока жидкости, газа или использования управляемых заслонок. И в первом, и во втором случаях электродвигатель работает на полную мощность.

Чрезмерное потребление энергии из-за неэффективного использования энергии происходят в тот момент, когда контролируемые параметры достигают верхнего предела. Но, так как нагрузка на систему не постоянна, и если она будет увеличиваться, то будут происходить и соответствующие колебания давления воды (если речь идет о системе водоснабжения), превышающие номинальные значения. Это ведёт не только к чрезмерному потреблению электроэнергии, но и к более быстрому износу компонентов работающих при высоких нагрузках. На практике эта нагрузка не является постоянной, и в зависимости от типа системы среднее потребление может быть значительно ниже максимальной нагрузки.

Например, насосы на предприятии могут работать на полную мощность только несколько часов в течении одного дня, поэтому на насосных станциях часто используют несколько АД с разной производительностью. А такая система будет стоить намного дороже, чем обойдется внедрение одного преобразователя частоты.

В таких комплексах, как вентиляционные и насосные системы, где необходимо контролировать давление и расход газов и жидкостей, потребляемая мощность имеет трехмерную зависимость от числа оборотов электропривода.

В качестве примера можно привести два способа построения системы водоснабжения. Первый способ - подключение насоса непосредственно к сети, а

второй - через преобразователь частоты. В первом случае регулировка давления в системе осуществляется соответствующей регулировкой давления на выходе, посредством заслонки изменяющей диаметр выпускной трубы, т.е., с помощью дросселя. В любом случае двигатель будет продолжать работать с нормальной скоростью, а давление после насоса может быть значительно выше расчетного давления в системе. Тем не менее, потребляемая мощность двигателя может быть несколько снижена, но в блоке управления это происходит почти линейно, и коэффициент снижения мощности будет незначителен.

Если скорость привода регулируется преобразователем частоты с обратной связью по давлению на выходе насоса, а потребляемая мощность пропорциональна частоте вращения ротора АД, то при снижении частоты на 20% потребляемая мощность может уменьшиться вдвое. Потребление мощности при различных способах регулирования частоты вращения насосов в графическом виде представлено на рисунке 1.

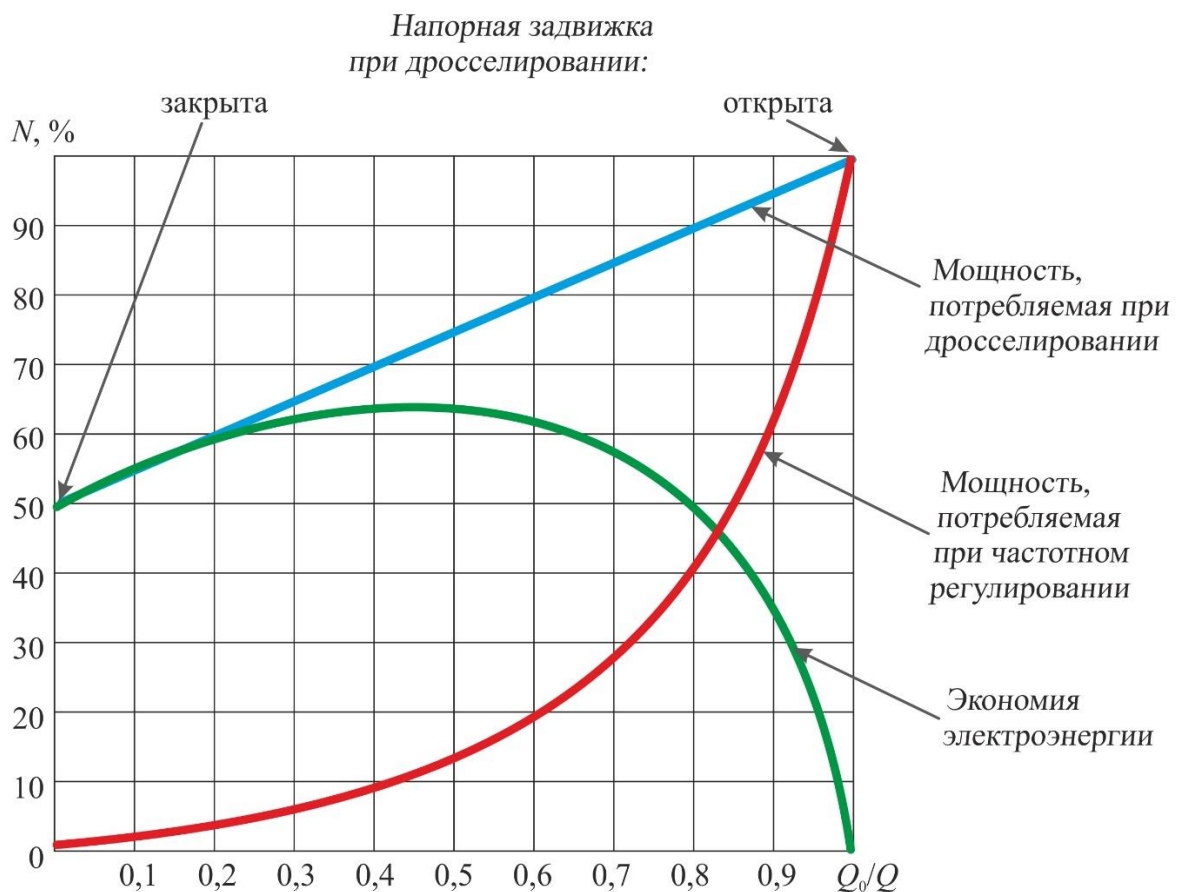


Рисунок 1 - Потребление мощности при различных способах регулирования частоты вращения насосов

Для более точной оценки экономического эффекта от внедрения частотного преобразователя, при наличии данных о режимах работы рассматриваемой системы, можно по следующей формуле:

$$P_{\text{др}} = \frac{P_{\text{ном}}}{2} * \left(1 + \frac{Q_{\text{др}}}{Q_{\text{ном}}}\right)$$

где $P_{\text{др}}$ и $P_{\text{ном}}$ - потребляемая мощность при дросселировании в оптимальной рабочей точке, $Q_{\text{др}}$ и $Q_{\text{ном}}$ расход при дросселировании в оптимальной рабочей точке.

Другими словами, если двигатель мощностью 10 кВт работает на номинальном значении, потребляемая мощность снижается на 20%, а количество оборотов автоматически уменьшается, фактическая потребляемая мощность двигателя составит всего половину, т.е. 5 кВт. Это целесообразно для внедрения в системах, работающих с частым использованием режима «пуск-стоп» или «пуск-стоп-реверс». Если уменьшить частоту вращения двигателя вдвое, двигатель будет потреблять около 1,3 киловатт, что означает, что эффективность насоса увеличивается в 8 раз [2].

Например, если насосная станция подает воду в городскую сеть, выбор мощности насоса должен гарантировать, что даже если все пользователи используют воду, давление может достичь требуемого уровня. Однако потребление не является постоянным, есть только два пика утром и вечером, и время в течение этих периодов относительно короткое. В остальное время дня потребление снижается на 30-50%, в то время как ночью потребление может упасть до 2-5% от своего пика.

Использование преобразователей частоты снижает энергопотребление насосной установки, что позволяет сэкономить 60% по сравнению с энергопотреблением того же двигателя, непосредственно подключенного к источнику питания.

Конечно, экономический эффект от преобразователей частоты в этих и подобных устройствах зависит от режима работы и характера контролируемых параметров. Но независимо от того, какова цель такой системы, экономия энергии при использовании частотного преобразователя может составить от 30% до 60%.

Здесь следует отметить, что при расчете экономической эффективности модернизации всей системы путем установки преобразователей частоты, следует учитывать и эффект от экономии по оплате за электроэнергию.

При модернизации различных систем с установкой частотного преобразователя, когда потребление будет существенно снижено, окупаемость составит примерно 2-3 года. Кроме того, это не только обеспечит потребителям лучший сервис, но и сведет к минимуму нагрузку на оборудование и компоненты, а также сократит количество ремонтов.

Экономия электроэнергии при использовании преобразователей частоты также может быть достигнута и за счет использования рекуперативного торможения, когда электродвигатель работает в генераторном режиме.

В таблице 1 представлена зависимость энергопотребления от способа регулирования производительности насосной станции. Расчёты производились для цены на электроэнергию по 5 руб. за кВт·час, 730 часов в месяц и $\cos \varphi$ для электродвигателей $>0,9$.

Таблица 1 - Зависимость энергопотребления от способа регулирования производительности насосной станции

Способ регулирования	Потребляемая мощность, кВт	Потребление электроэнергии, кВт·час	Цена электроэнергии, тыс. руб. в месяц
Рециркуляция	288	210240	1051
Дросселирование	196	143080	715
Преобразователь частоты	66	48180	241

Внедрение частотных преобразователей в систему электропривода может принести заметный экономический эффект не только от экономии энергии, но и от автоматизации управления и увеличения срока службы системы в целом. Главное, на стадии выработки решения грамотно рассчитать ожидаемый результат, выбрав оптимальное техническое решение. Бездумное внедрение ПЧ может наоборот привести либо к увеличению сроков окупаемости, либо даже к убыточности решения.

Список используемой литературы

1. Тыскинеева, И. Е. Установка частотно-регулируемого привода для повышения надежности и экономичности работы багерной насосной / И. Е. Тыскинеева, А. В. Тыхеев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2023. – Т. 8, № 1(31). – С. 112-118. – DOI 10.25744/genb.2023.46.55.013. – [EDN WIMCIP](#).
2. Экономия электроэнергии при использовании частотных преобразователей. URL: <https://ies-drives.ru/news/4548/> (дата обращения: 23.01.2024).
3. Частотный преобразователь экономия электроэнергии. Пример расчета. URL: <https://gekoms.org/2020/09/13/chastotnyj-preobrazovatel-raschet-jekonomicheskogo-jeffekta/> (дата обращения: 23.01.2024).

Информация об авторах

Грибанов А. А. – к.т.н., доцент, Чуркин Г. М. – студент группы 8Э(з)-11, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Ссылка для цитирования

Чуркин, Г. М. Экономия электроэнергии при использовании частотных преобразователей / Г. М. Чуркин, А. А. Грибанов // Энерджинет. 2024. № 1. URL: <http://nopak.ru/241-503> (дата обращения: 23.01.2024).

