



Преобразователи АС-АС (ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ)

Преобразователь частоты

- **Преобразователь частоты** (частотно-регулируемый электропривод) представляет из себя статическое преобразовательное устройство, предназначенное для изменения скорости вращения асинхронных электродвигателей переменного тока.
- Преобразователь частоты преобразует напряжение одной частоты на другую с управляемым напряжением и частотой. Устроенный на полупроводниках преобразователь частоты называют еще статическим преобразователь частоты, потому что первоначально преобразователи частоты были электромашинные, т.е. нестатическими. Преобразователи частоты бывают двух видов:
- преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока
- преобразователь частоты непосредственный

Характеристики

Преобразователь частоты должен иметь:

- требуемое входное и выходное напряжение и мощность
- максимальный и не зависящий от нагрузки КПД
- близкое к синусоидальному выходное напряжение
- возможность регулировать выходное напряжение и частоту в больших пределах
- требуемую степень защиты корпуса
- низкий электромагнитный и акустический шум
- большую надежность и срок работы

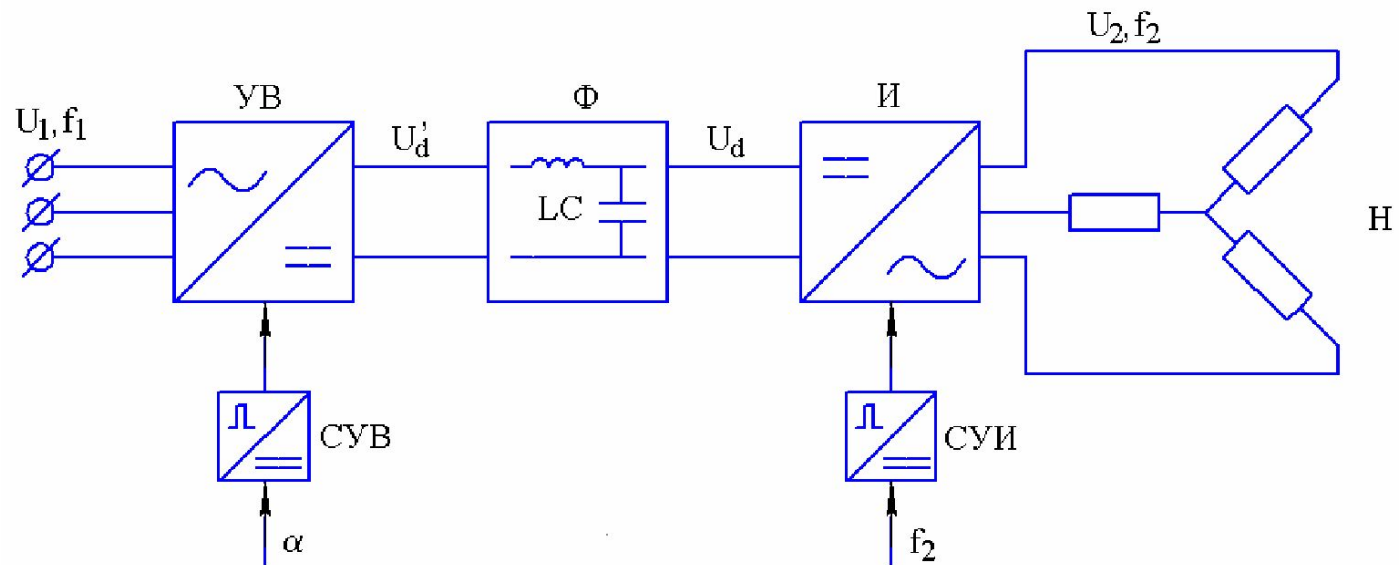
Кроме того они должны:

- работать параллельно
- работать на холостом ходу
- иметь простое использование и обслуживание

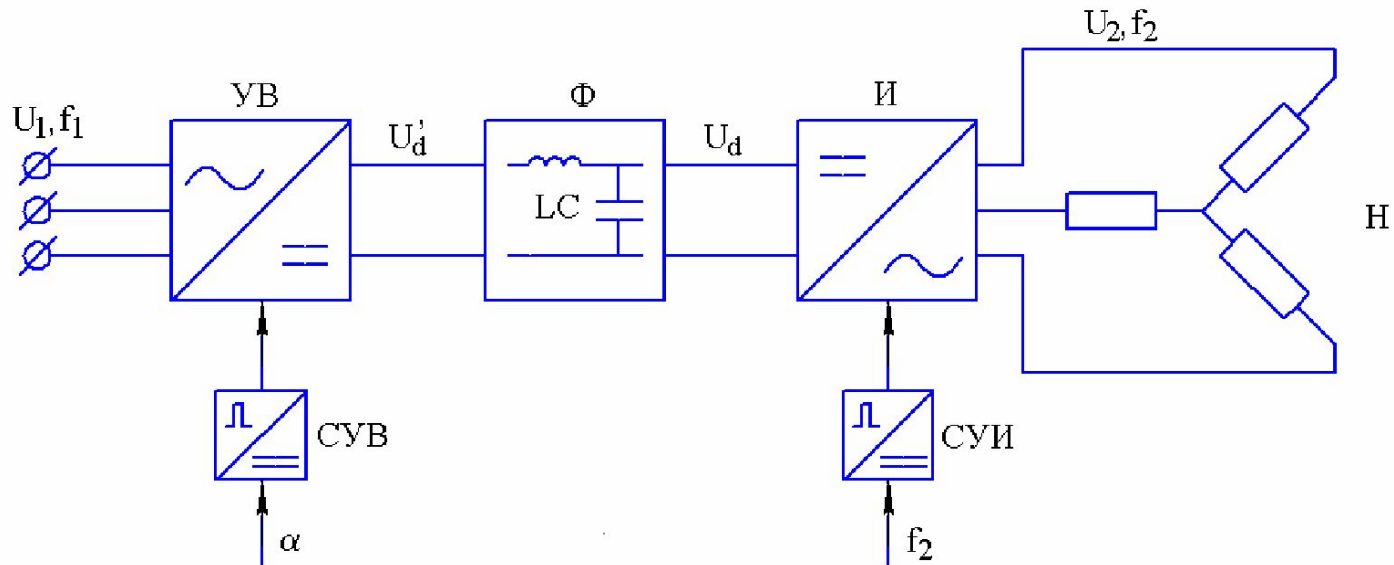
Преобразователи частоты с промежуточным звеном

Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока имеют на стороне питающей сети выпрямитель, на выход которого включается автономный инвертер.

Между выпрямителем и инвертером находится так называемое промежуточное звено постоянного тока, которое сглаживает ток и напряжение и накапливает энергию.



Достоинства преобразователя частоты



1. Независимость выходной частоты f_2 (инвертер) от входной частоты f_1 (сеть). Теоретически можно обеспечить любую по величине частоту.
2. Частота ограничивается свойствами **ключей** инвертера **И** по быстродействию (предельные частоты переключений).
3. Простота обеспечения регулирования напряжения (выпрямитель) и выходной частоты (инвертер), особенно при применении полностью управляемых полупроводниковых ключей в инвертере.

Преобразователь с промежуточным звеном постоянного тока

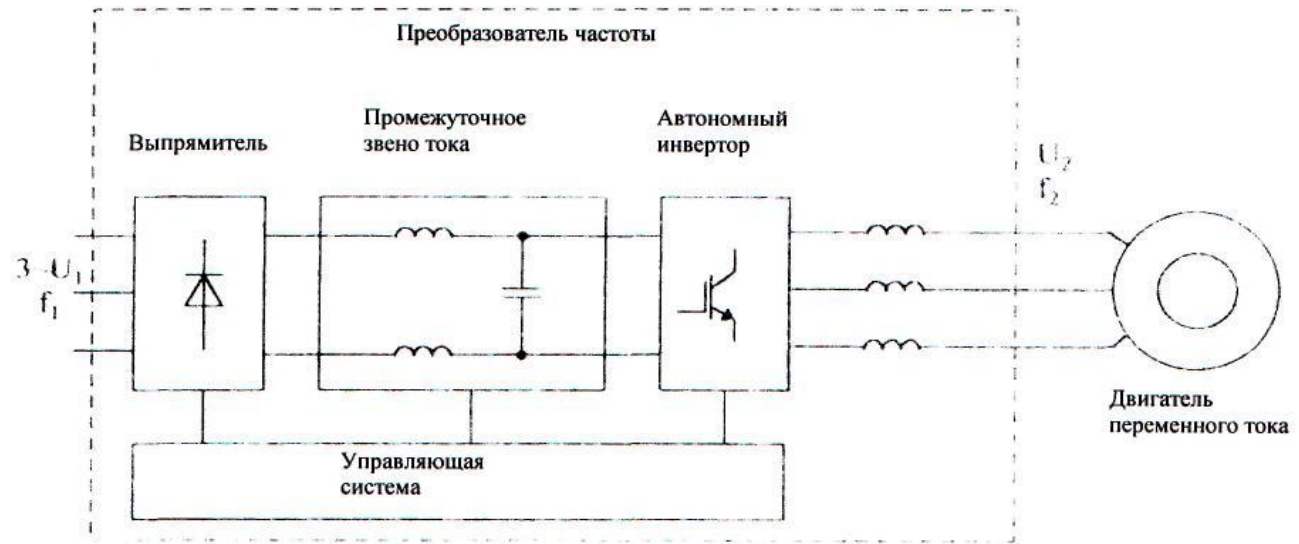
Итак Принцип работы

Преобразователь частоты состоит из выпрямителя, фильтра сглаживания и автономного инвертера.

Переменное напряжение выпрямляется и преобразуется в переменное напряжение с изменяемой амплитудой и частотой.

Изменением напряжения и частоты можно управлять скоростью вращения трехфазных электродвигателей в больших пределах, начиная с нуля до многократной номинальной скорости.

Упрощенная схема



Промежуточные звенья постоянного тока используют несколько видов.

В звене постоянного тока обычно устанавливается фильтр того или иного типа, содержащий индуктивность L или емкость C .

Если инвертер является инвертером тока, то в качестве фильтра используется дроссель L (реактор), сглаживающий входной ток.

Если же инвертер является инвертером напряжения, то в фильтре используются емкость C , индуктивность L , а в некоторых случаях – только емкость C , сглаживающая пульсации напряжения на выходе выпрямителя.

Роль емкости состоит также в обмене реактивной энергией с индуктивностью нагрузки на коммутационных интервалах инвертера.

Общие положения

Схема преобразователя частоты состоит из силовой и управляющей частей.

Силовая часть преобразователей обычно выполнена на тиристорах или транзисторах, которые работают в режиме электронных ключей.

Управляющая часть выполняется на цифровых микропроцессорах и обеспечивает управление силовыми электронными ключами, а также решение большого количества вспомогательных задач (контроль, диагностика, защита).

В качестве электронных ключей в инвертерах применяются запираемые тиристоры GTO и их усовершенствованные модификации GCT, IGCT, SGCT, и биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT.

Общие положения

Достоинства

Главным достоинством тиристорных преобразователей частоты является способность работать с большими токами и напряжениями, выдерживая при этом продолжительную нагрузку и импульсные воздействия.

Они имеют более высокий КПД (до 98%) по отношению к преобразователям на IGBT транзисторах (95 – 98%).

Преобразователи частоты на тиристорах в настоящее время занимают доминирующее положение в высоковольтном приводе в диапазоне мощностей от сотен киловатт и до десятков мегаватт с выходным напряжением 3 - 10 кВ и выше.

Недостатки

Их вес на один кВт выходной мощности самый большой в классе высоковольтных преобразователей.

Тиристор является полупроводящим прибором: для его включения достаточно подать короткий импульс на управляющий вывод, но для выключения необходимо либо приложить к нему обратное напряжение, либо снизить коммутируемый ток до нуля. Для этого в тиристорном преобразователе частоты **требуется дополнительная система управления.**

ВЫВОД

У преобразователей АС/АС с **dc связью** очень широкое использование. Минимальная мощность таких преобразователей измеряется ваттами, а максимум может приблизиться к мегаваттам.

Лучшие модели могут передать энергию в любом направлении, в зависимости от последовательности переключения.

Однако, у этих схем есть типичные недостатки. Высокий уровень искажения напряжения затрагивает работу другого оборудования, связанного с системой электропитания

Применение

Используют преобразователи частоты для насосов, электротранспорта, станков, компрессоров, конвейеров, кранов, текстильных и бумажных машин, приводов на асинхронных и синхронных машинах для получения регулируемой скорости вращения.

Выходное напряжение преобразователей частоты достигает 10кV, мощность несколько MW и частота до кHz.

Используя преобразователи частоты, можно заменить машины постоянного тока на более надежные асинхронные и синхронные машины.

Несмотря на немалую стоимость современных ПЧ, средняя окупаемость вложенных средств за счёт экономии ресурсов составляет 0.5-1.5 года.

Результаты применения преобразователей частоты I

В жилищно-коммунальном хозяйстве

Преимущества регулируемого электропривода в насосных системах в сравнении с нерегулируемым электроприводом насоса.

Снижение энергопотребления до 60%

Снижение расхода воды на 25%

Устранение гидроударов, разрушающих систему водоснабжения

Срок окупаемости нового оборудования 5-6 месяцев.

Это определило повсеместное внедрение в промышленно развитых странах регулируемого привода насосных агрегатов.

Применение преобразователей частоты и программируемых контроллеров в технологических процессах

Применение средств автоматизации позволяет значительно увеличить точность выполнения технологического процесса.

При этом:

Снижается время плавки и расход электродов (в дуговых сталеплавильных печах)

Снижается расход электроэнергии

Повышается средний коэффициент мощности

Повышается качество металла

*

Результаты применения преобразователей частоты II

Модернизация подъемно-транспортных механизмов

Применение частотно-регулируемых приводов в подъемно-транспортных механизмах позволяет:

Повысить энергетические характеристики электроприводов по сравнению с параметрическими преобразователями и реостатным регулированием

Существенно повысить скорость и качество регулирования скорости

Добиться плавности пуска и торможения

Повысить комфортность управления и сохранность груза

Избежать резких толчков, что позволит значительно продлить срок службы всех механических элементов крана

В лифтовых применениях

В лифтовых применениях переход к частотно-регулируемому электроприводу позволяет значительно (на 50-60%) снизить расход электроэнергии, увеличить надежность работы схемы благодаря ограничению ударных моментов в переходных режимах, обеспечить эргономические требования по ограничению рывков и ускорений, применять более дешевые односкоростные асинхронные двигатели.

Применение частотно-регулируемого привода значительно снижает элементную базу системы управления, тем самым, повысив ее надежность и расширить возможности системы управления до границ, определенных требованиями технологических процессов с участием грузоподъемных механизмов.

Результаты применения преобразователей частоты III

Применение электропривода для решения задач поддержания уровня в резервуарах

В системах поддержания заданного уровня жидкости в резервуаре при использовании нерегулируемого электропривода задача обычно решается при работе двигателя в так называемом "старт-стопном режиме", когда происходит периодическое включение (отключение) двигателя при достижении минимальных (максимальных) значений уровня жидкости.

Использование частотно-регулируемых асинхронных электроприводов позволяет поддерживать практически постоянный уровень жидкости независимо от ее расхода (притока), исключить удары в системе, связанные с частыми пусками двигателя, и снизить расход электроэнергии.

В мировой практике регулируемый электропривод признан одной из наиболее эффективных энерго-ресурсо-сберегающих, экологически чистых технологий.

Устройства плавного регулирования частоты вращения двигателей в насосных агрегатах (Устройства плавного пуска)

Применение устройств плавного регулирования частоты вращения двигателей в насосных агрегатах, помимо экономии электроэнергии, дает ряд дополнительных преимуществ, а именно:

- плавный пуск и останов двигателя исключает вредное воздействие переходных процессов (типа гидравлический удар) в напорных трубопроводах и технологическом оборудовании;
- пуск двигателя осуществляется при токах, ограниченных на уровне номинального значения, что повышает долговечность двигателя, снижает требования к мощности питающей сети и мощности коммутирующей аппаратуры;
- возможна модернизация действующих технологических агрегатов без замены насосного оборудования и практически без перерывов в его работе.

Оптимизация энергопотребления в частотно-регулируемом приводе

Частотно-регулируемый электропривод имеет **встроенные функции оптимизации энергопотребления.**

Суть заключается в более гибком управлении напряжением двигателя при изменении нагрузки, что позволяет в некоторых режимах дополнительно сэкономить до 30% потребляемой электроэнергии за счет снижения потерь в двигателе.

Режим энергосбережения особенно актуален для механизмов, которые часть времени работают с пониженной нагрузкой. Примером могут служить конвейеры, насосы, вентиляторы и т.п.

Учитывая тот факт, что во многих случаях асинхронные двигатели выбираются с существенным запасом по мощности и, следовательно, часто работают с неполной нагрузкой, можно ожидать высокой эффективности широкого использования энергосберегающих преобразователей частоты.

Управление выходным напряжением и частотой

Если асинхронный двигатель не питается от преобразователя частоты, то надо обеспечить, чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре двигателя осталась неизменной независимо от частоты. Также надо следить, чтобы ток статора не превышал номинального. Такое управление называют управление с постоянным магнитным потоком.

Преобразователь частоты преобразует входное напряжение *220В/380В частотой 50Гц*, в выходное импульсное напряжение посредством ШИМ, которое формирует в обмотках двигателя синусоидальный ток частотой от *0Гц до 400Гц или даже до 1600Гц*.

Таким образом, плавно увеличивая частоту и амплитуду напряжения, подаваемого на обмотки асинхронного электродвигателя, можно обеспечить плавное регулирование скорости вращения вала электродвигателя.

Экономия электроэнергии при использовании регулируемого электропривода для насосов в среднем составляет 50-75 % от мощности, потребляемой насосами при дроссельном регулировании. Это определило повсеместное внедрение в промышленно развитых странах регулируемого привода.

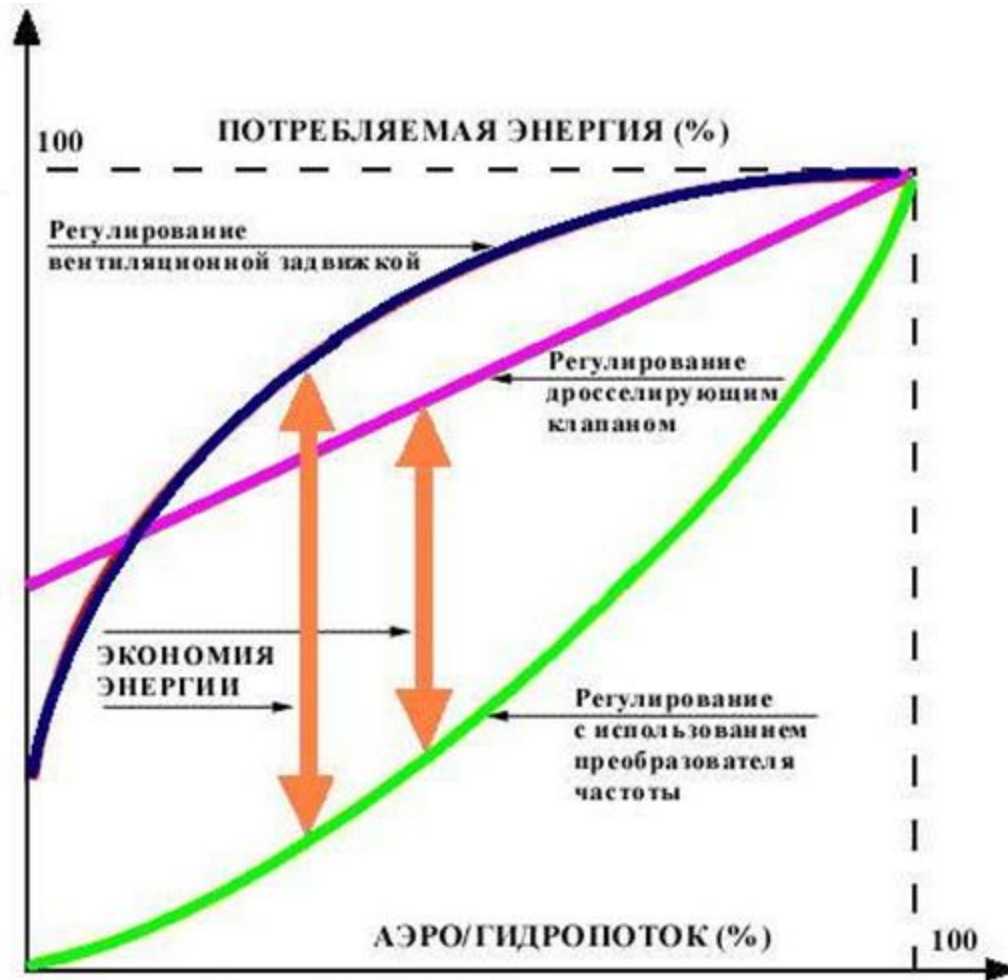
Основные преимущества

Основным преимуществом применения частотно-регулируемого управления электродвигателями насосов и вентиляторов является снижение затрат на электроэнергию, за счет более эффективного управления электроприводом при различных нагрузках. Даже небольшое снижение скорости вращения электропривода (на 10%) дает значительную экономию в потребляемой электрической мощности (до 30%).

Плавный пуск, останов двигателя, ограничение тока в обмотках двигателя обеспечивают увеличение срока службы не только электропривода, но и технологического оборудования в целом.

Встроенный ПИД- регулятор позволяет строить замкнутые системы управления с возможностью точного автоматического поддержания заданных технологических параметров. В случае насоса и вентилятора такими параметрами могут быть давление, температура, расход, влажность. При этом такая система эффективней и экономичней, чем система с поддержанием параметра с помощью регулирующего клапана или заслонки.

Примерная схема экономического эффекта от использования ПЧ



Частотный преобразователь ACS350 - ABB

Приводы ACS350 (0,37.22 кВт, 0,5.30 л.с.)



Преобразователи частоты **SINAMICS G** мощностью от 75 до 560 кВт



Отличительные особенности:

- Интегрированные функции
- Комплексная интеграция в инжиниринг
- Высокий уровень гибкости и возможность использования различных комбинаций компонентов
- Широкий спектр предлагаемых продуктов и услуг

Перспективы ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Для управления асинхронными электродвигателями с 2006 г. происходит постепенный переход к следующему поколению приводов высокого напряжения - Sinamics GM150.

Приводы Sinamics GM150 объединяют в себе преимущества своих предшественников с обновленной конструкцией, а также новую управляющую платформу приводов Sinamics от компании Siemens.

"Для пользователей марка Sinamics означает унифицированные принципы построения частотно-регулируемых приводов в диапазоне напряжений от 230 до 7200 В и мощностей от 0,12 кВт до 30 МВт".

MICROMASTER 4



Начиная с MICROMASTER 410 для стандартных решений до приводов с высокими динамическими показателями MICROMASTER 440 с бездатчиковым векторным управлением в диапазоне мощностей до 250 кВт.

Привода с высокими динамическими показателями - **MICROMASTER 430** - от 7.5 до 250 кВт

Для насосов и вентиляторов - **MICROMASTER 420** - от 0.12 до 11 кВт

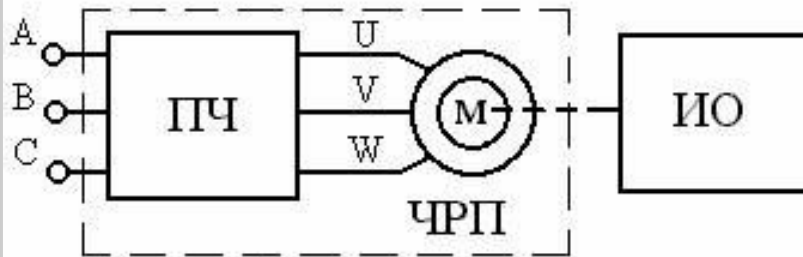
Универсальный преобразователь для любой задачи - **MICROMASTER 411** - от 0.37 до 3 кВт

Преобразователь частоты для задач с децентрализованной периферией - **MICROMASTER 410** - от 0.12 до 0.75 кВт

Частотно-регулируемый привод

Современный частотно-регулируемый электропривод состоит из асинхронного или синхронного электрического двигателя и преобразователя частоты.





ПЧ - преобразователь частоты

ИО - исполнительный орган

ЧРП - частотно регулируемый электропривод

Электрический двигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию и приводит в движение исполнительный орган технологического механизма.

Преобразователь частоты управляет электрическим двигателем . На выходе преобразователя формируется электрическое напряжение с переменными амплитудой и частотой.

Название «частотно регулируемый электропривод» обусловлено тем, что **регулирование скорости вращения двигателя осуществляется изменением частоты напряжения питания, подаваемого на двигатель от преобразователя частоты.**

Асинхронный электрический двигатель

В асинхронном электрическом двигателе частота вращения ротора $n_{2в}$ установившемся режиме отличается от частоты вращения n_1 на величину скольжения s .

Частота вращения магнитного поля n_1 зависит от частоты напряжения питания.

При питании обмотки статора электрического двигателя трехфазным напряжением с частотой f создается вращающееся магнитное поле. Скорость вращения этого поля определяется по известной формуле

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p},$$

где p – число пар полюсов статора.

Переход от скорости вращения поля ω_1 , измеряемой в радианах, к частоте вращения n_1 , выраженной в оборотах в минуту, осуществляется по следующей формуле

$$n_1 = \frac{60}{2\pi} \omega_1,$$

где 60 – коэффициент пересчета размерности.

Подставив в это уравнение скорость вращения поля, ω_1 получим, что

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

Таким образом, частота вращения ротора синхронного и асинхронного двигателей зависит от частоты напряжения питания.

На этой зависимости и основан метод частотного регулирования.

Изменяя с помощью преобразователя частоту f на входе двигателя, возможно регулировать частоту вращения ротора.

Скалярное и векторное частотное управление.

В наиболее распространенном частотно-регулируемом приводе на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применяются **скалярное и векторное частотное управление**.

При скалярном управлении по определенному закону изменяют амплитуду и частоту приложенного к двигателю напряжения.

Изменение частоты питающего напряжения приводит к отклонению от расчетных значений максимального и пускового моментов двигателя, КПД, коэффициента мощности.

Поэтому для поддержания требуемых рабочих характеристик двигателя необходимо с изменением частоты одновременно соответственно изменять и амплитуду напряжения.

Скалярное управление

При скалярном управлении чаще всего поддерживается постоянным отношение максимального момента двигателя к моменту сопротивления на валу.

При изменении частоты амплитуда напряжения изменяется таким образом, что отношение максимального момента двигателя к текущему моменту нагрузки остается неизменным. Это отношение называется **перегрузочная способность двигателя**.

При постоянстве перегрузочной способности номинальные коэффициент мощности и КПД двигателя на всем диапазоне регулирования частоты вращения практически не изменяются.

Скалярное управление

Максимальный момент, развиваемый двигателем, определяется следующей зависимостью

$$M_{max} = k \frac{U^2}{f^2},$$

где k - постоянный коэффициент.

Поэтому зависимость напряжения питания от частоты определяется характером нагрузки на валу электрического двигателя.

Для постоянного момента нагрузки поддерживается отношение $U/f = \text{const}$, и обеспечивается постоянство максимального момента двигателя.

На малых частотах, начиная с некоторого значения частоты, максимальный момент двигателя начинает падать. Для компенсации этого и для увеличения пускового момента используется повышение уровня напряжения питания.

Важным достоинством скалярного метода является возможность одновременного управления группой электродвигателей.

Скалярное управление достаточно для большинства практических случаев применения частотно регулируемого электропривода с диапазоном регулирования частоты вращения двигателя до 1:40.



Спасибо за внимание!