

# 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.



# Преобразователь частоты

- Преобразователь частоты (частотно-регулируемый электропривод) представляет из себя статистическое 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:**

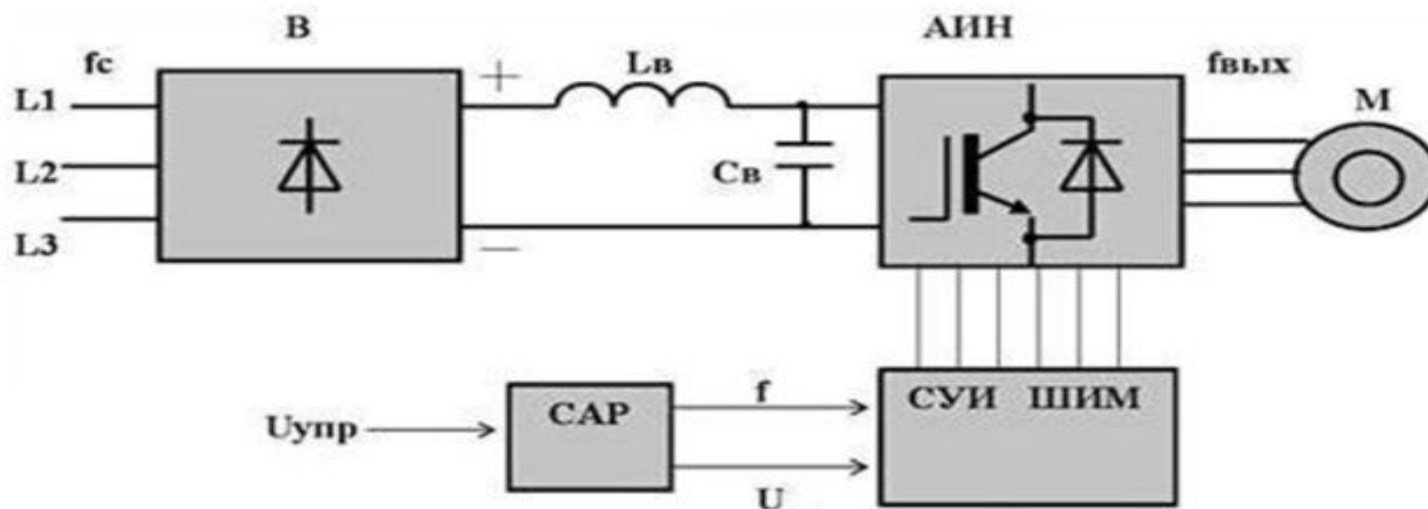
- требуемое входное и выходное напряжение и мощность
- максимальный и не зависимый от нагрузки КПД
- близкое к синусоидальному выходное напряжение
- возможность регулировать выходное напряжение и частоту в больших пределах
- требуемую степень защиты корпуса
- низкий электромагнитный и акустический шум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

## **Кроме того они должны:**

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



# Достоинства преобразователя частоты



1. Независимость выходной частоты  $f_{\text{вых}}$  (инвертор) от входной частоты  $f_c$  (сеть).

Теоретически можно обеспечить любую по величине частоту.

2. Частота ограничивается свойствами *ключей* инвертора. И по быстродействию (предельные частоты переключений).

3. Простота обеспечения регулирования напряжения (выпрямитель) и выходной частоты (инвертор), особенно при применении полностью управляемых полупроводниковых ключей в инверторе.



# 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 остановка 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.



# 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.



# Оптимизация энергопотребления в частотно-регулируемом приводе

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



# 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 10кВ, мощность несколько MW и частота до кГц.

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.





# Преобразователи частоты нужны для решения ряда проблем любого предприятия или организации:

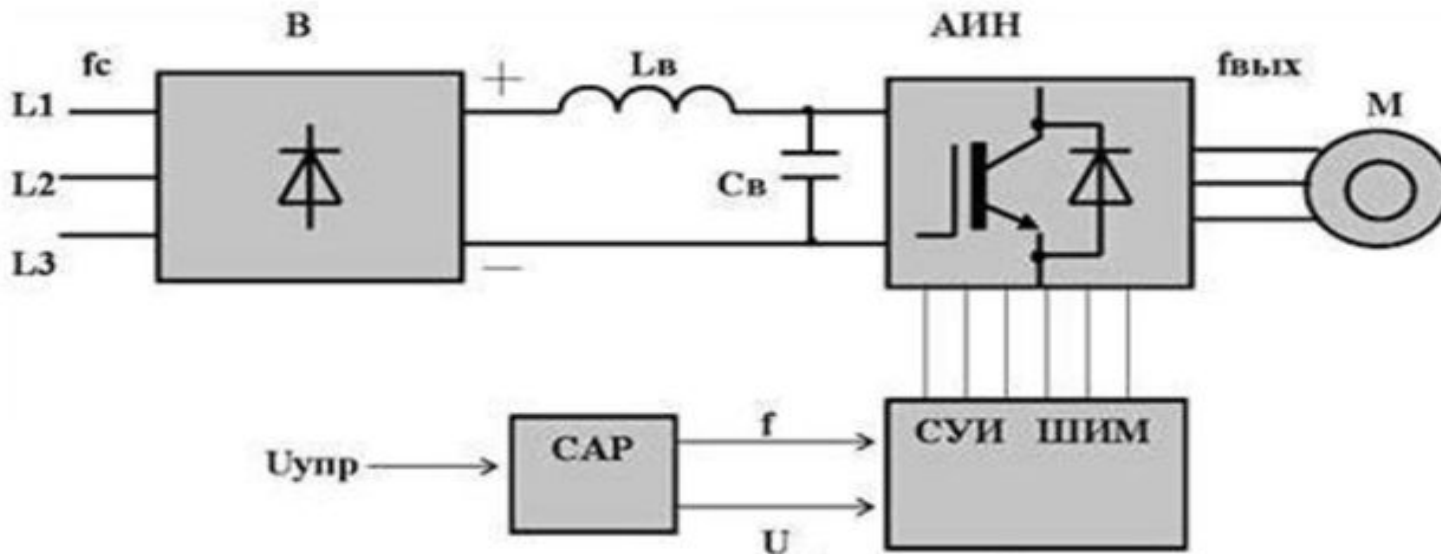
- Экономия энергоресурсов;
- Увеличение срока службы технологического оборудования;
- Снижение затрат на ремонтные и планово-предупредительные мероприятия;
- Обеспечение оперативного управления, а также достоверного контроля за выполнением технологических процессов и т.д.



# Преобразователи частоты с промежуточным звеном

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

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



# Принцип действия преобразователей с промежуточным звеном постоянного тока

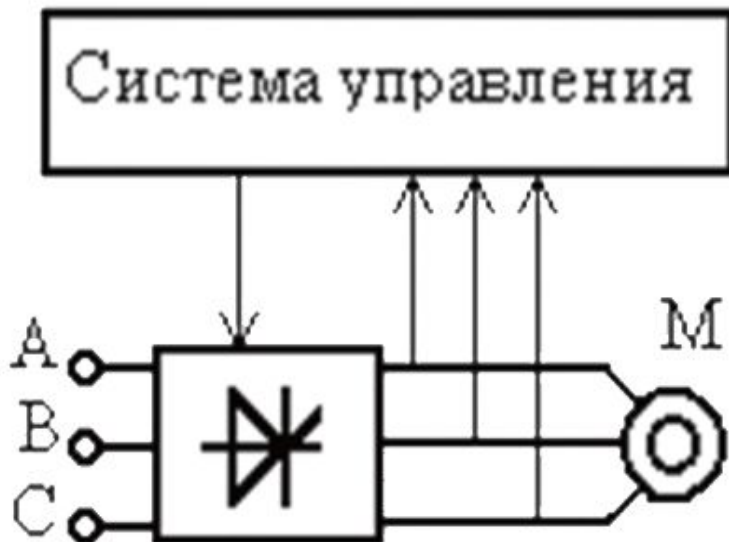
**Преобразователь частоты состоит из выпрямителя, фильтра сглаживания и автономного инвертера.**

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.



# Принципы устройства частотного преобразователя



Исторически первыми появились преобразователи с непосредственной связью, в которых силовая часть представляет собой управляемый выпрямитель и выполнена на незапираемых тиристорах.

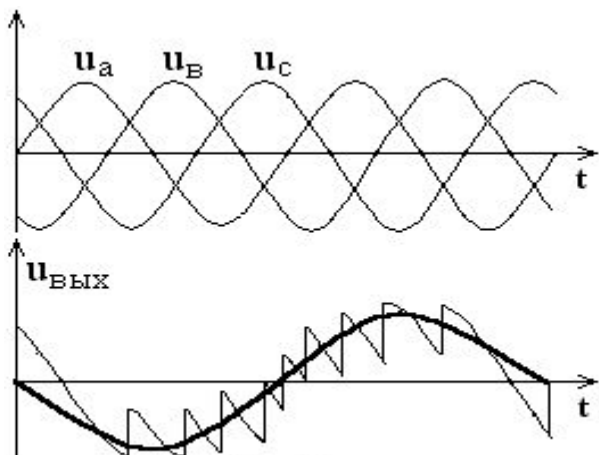
Система управления поочередно отпирает группы тиристоров и подключает статорные обмотки двигателя к питающей сети.



# Недостатки преобразователей с непосредственной связью

Частота выходного напряжения не может быть равна или выше частоты питающей сети. Она находится в диапазоне от 0 до 30 Гц.

Как следствие малый диапазон управления частоты вращения двигателя (не более 1 : 10). Это ограничение не позволяет применять такие преобразователи в современных частотно регулируемых приводах с широким диапазоном регулирования технологических параметров. Использование не запираемых тиристоров требует относительно сложных систем управления, которые увеличивают стоимость преобразователя.



«Резаная» синусоида на выходе преобразователя вызывает:

1. дополнительные потери в электрическом двигателе,
2. перегрев электрической машины,
3. снижение момента,
4. очень сильные помехи в питающей сети.

Применение компенсирующих устройств приводит к повышению стоимости, массы, габаритов, понижению к.п.д. системы в целом.

# Достоинства преобразователей с непосредственной связью

Наряду с перечисленными недостатками преобразователей с непосредственной связью, они имеют определенные достоинства. К ним относятся:

1. практически самый высокий КПД относительно других преобразователей (98,5% и выше),
2. способность работать с большими напряжениями и токами, что делает возможным их использование в мощных высоковольтных приводах,
3. относительная дешевизна, несмотря на увеличение абсолютной стоимости за счет схем управления и дополнительного оборудования.

Подобные схемы преобразователей используются в старых приводах и новые конструкции их практически не разрабатываются.



**Спасибо за внимание!**



## Источники

1. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 425 с.

2. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. 2-е изд., стереотипное. — М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 632 с.: ил

