**[Сервопривод](http://www.elpron.ru/index.php/articles/51-industrial-automation/316-servoprivod)**

Сервопривод — общее название привода, синхронного, асинхронного либо любого другого, с отрицательной обратной связью по положению, моменту и др. параметрам, 

позволяющему точно управлять параметрами движения.     
  
Состав сервопривода:   
- привод — электромотор;   
- датчик обратной связи, датчик угла поворота выходного вала редуктора (абсолютный или инкрементальный энкодер);   
- электронный блок питания и управления (он же преобразователь частоты, сервоусилитель, инвертор, servodrive).

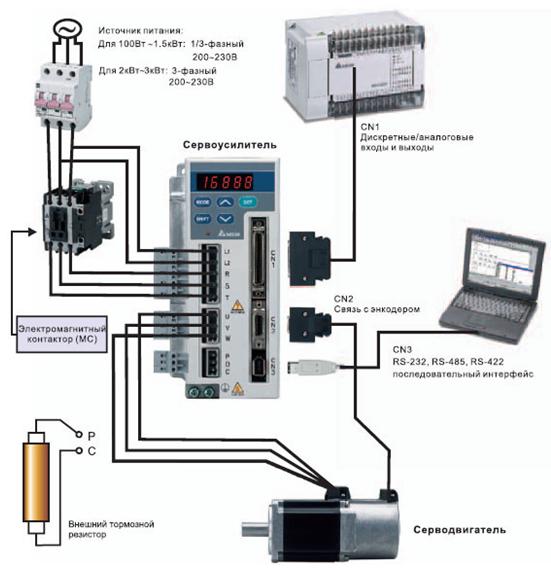
**Мощность двигателей: от 0,5 до 15 кВт.**

**Виды сервоприводов:**

1. Сервопривод вращательного движения (синхронный, асинхронный).   
Используются в промышленных роботах, приводах станков ЧПУ, полиграфических станках, упаковочных станках, приборах.  
2. Сервопривод линейного движения (плоский, круглый).   
Используются в автоматах установки электронных компонентов на печатную плату, медицине.

**Для предварительного выбора асинхронного или синхронного серводвигателя можно исходить из следующих рекомендаций:**

• если ускорение механизма больше 5 м/с2, то предпочтительнее использовать синхронные серводвигатели;  
• если коэффициент относительного момента инерции J' нагрузки / J мотора больше 10, то наиболее подходящими являются асинхронные серводвигатели.  
На рисунке 2 представлен сервоусилитель с двигателем.

  
  
  
Рис. 2. Сервоусилитель с серводвигателем

**В зависимости от задач применения и типа обратной связи сервоприводы настраиваются на управление:**

* по положению, где необходимо точное позиционирование в пространстве рабочего элемента;
* по моменту, где согласно технологическому процессу необходимо поддерживать постоянный момент;
* по скорости, где поддержание скорости первостепенная задача.

**Сравнение сервопривода с шаговым двигателем**

**Преимущества сервопривода перед шаговым двигателем:**

* не предъявляет особых требований к электродвигателю и редуктору — они могут быть практически любого нужного типа и мощности (а шаговые двигатели, как правило, маломощны и тихоходны);
* автоматически компенсирует люфты в приводе и его износ;
* гарантирует максимальную точность (по датчику) в течение всего срока эксплуатации (у шагового двигателя происходит постепенный «уход» при износе редуктора и требуется периодическая юстировка);
* большая возможная скорость перемещения элемента (у шагового двигателя меньшая максимальная скорость по сравнению с другими типами электродвигателей);
* затраты энергии пропорциональны сопротивлению элемента (на шаговый двигатель постоянно подаётся номинальное напряжение с запасом по возможной перегрузке);
* мгновенная диагностика в случае поломки (заедания) привода.

**Недостатки сервопривода в сравнении с шаговым двигателем:**

* необходимость в дополнительном элементе — датчике;
* сложнее блок управления и логика его работы (требуется обработка результатов датчика и выбор управляющего воздействия, а в основе контроллера шагового двигателя — просто счётчик);
* проблема фиксирования: обычно решается постоянным притормаживанием перемещаемого элемента либо вала электродвигателя (что ведёт к потери энергии) либо применение червячных/винтовых передач (в шаговом двигателе каждый шаг фиксируется самим двигателем);
* стоимость сервопривода выше, чем шагового двигателя.  
    
  Тем не менее, асинхронный сервопривод является самым востребованным и оптимальным вариантом и присутствует практически на всех современных промышленных линиях.

[**Преобразователь частоты VFD-CP2000**](http://www.elpron.ru/index.php/articles/51-industrial-automation/315-vfd-cp2000)

Компания Delta Electronics готовит к выпуску на отечественный рынок новую серию векторных преобразователей для управления двигателями насосов и вентиляторов – СР2000 (рис. 1). Эта модель позиционируется как замена частотных преобразователей VFD-F, но при этом стоимость останется на уровне предшественников, а функциональность улучшится.

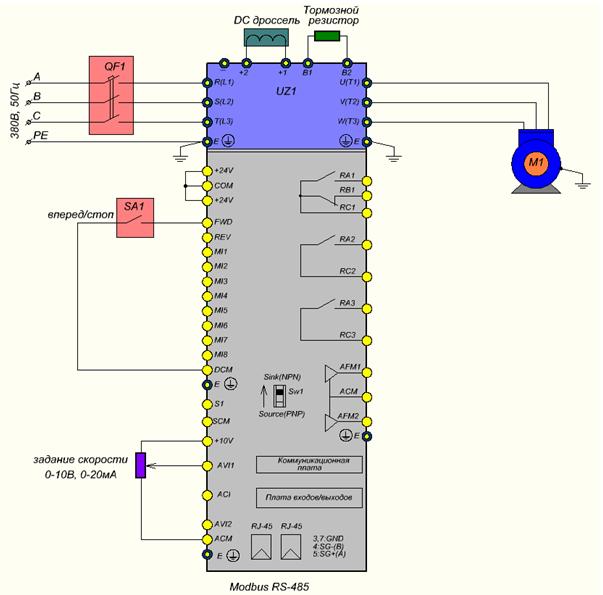


*Рис. 1. Внешний вид*

Особенности данной серии частотников следующие:

* Превосходное сочетание цена/функциональность;
* Встроенный ПИД-регулятор;
* Функция адаптации к изменениям нагрузки;
* Несколько способов управления электродвигателями – U/f, SVC как для постоянного, так и для переменного режимов нагрузки;
* Часы реального времени, календарь, счетчик электроэнергии;
* Встроенный интерфейс BACnet, MODBUS протокол и программируемый логический контроллер с объемом программы до 10000 шагов, модули расширения для DeviceNet, CANopen, PROFIBUS-DP, MODBUS TCP, EtherNet/IP;
* Новая конструкция радиатора и фланцевое крепление в шкафу;
* Меню на русском языке;
* Соответствие международным стандартам СЕ/UL/CUL;
* Цифровой пульт управления с текстовым ЖК-дисплеем;
* Функция FIRE MODE (режим аварийной работы при пожаре) с байпасом: при аварийных ситуациях работа насосов и вентиляторов осуществляется вне зависимости от сигналов аварий оборудования, обеспечивая удаление дыма и подачу воды;
* Возможность пропуска 3 частот, на которых возможен механический резонанс привода;
* Каскадное управление насосами (до 8 насосов);
* Защитное покрытие плат для тяжелых условий эксплуатации;
* Модульная конструкция.

На рис. 2 изображена схема подключения преобразователя частоты.



*Рис.2. Электрическая схема*

На схеме изображены: QF1 – автоматический выключатель, UZ1 – преобразователь частоты, SA1 – переключатель двухпозиционный, М1 – асинхронный электродвигатель.

Серия частотных электроприводов СР2000 разработана с учетом последних научных достижений в области электроники, а также включает все полезные функции предшествующих поколений преобразователей. Так что мы уверены, что данный привод займет достойное место на российском рынке приводной техники.

# Модернизация электропривода пилы для резки струн между железобетонными шпалами

В настоящее время многие промышленные производства помимо основного источника электропитания (электросети) стали применять резервные (газотурбинные генераторы, дизель-генераторы и др.). Это связано:  
1. Повышение стоимости электроэнергии, поставляемой электросбытовыми компаниями.  
2. Обеспечение бесперебойности производства.  
3. Развитие альтернативной электроэнергетики.

Но есть существенное ограничение при внедрении таких установок – их ограниченная мощность. Этот фактор сказывается в момент запуска и работы промышленного оборудования, потребляющего большие токи при динамических процессах (пуск, торможение, резкое нарастание нагрузки), протекающих в электроприводе. Генератор не справляется с повышением нагрузки, начинается просадка напряжения, в результате сбои в работе электрооборудования. Такая ситуация произошла на предприятии по производству железобетонных шпал. Электропривод дисковой пилы мощностью 30кВт в момент пила стальных струн между железобетонными шпалами потреблял ток, в 2 раза превышающий номинальный ток электродвигателя (см. рис. 1). Помимо этого факта также происходят заклинивания пилы практически до полного останова. Перед специалистами предприятия стал вопрос о том, как можно ограничить ток при распиле заготовок. Ответ был очевиден – применение частотного преобразователя.

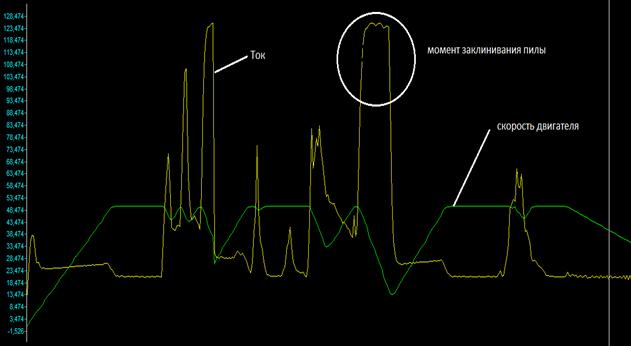


Рис.1. Процессы в электроприводе при резе.

Модернизацию электропривода пилы было поручено произвести специалистам компании «Элпрон».   
В первую очередь, нами была произведена диагностика уже установленного электрооборудования (изучение принципиальных схем и снятие показаний тока, напряжения и др.). Учитывая режим и условия работы дисковой пилы, было решено применить преобразователь частоты (ПЧ) серии С2000 фирмы Delta Electronics.  
Чтобы решить поставленную задачу, пришлось разработать следующий алгоритм управления электроприводом и электроавтоматикой дисковой пилы:  
- пуск пилы осуществляет оператор;  
- при достижении электродвигателя номинальной скорости ПЧ дает разрешение на рез (оператор может подать сигнал на опускание пилы);  
- если во время реза ток превышает допустимые значения, то частота вращения пилы снижается, снимается разрешение реза (пила перестает опускаться вниз), как только ток снова примет допустимое значение и скорость станет равной номинальной, то снова выдается разрешение и продолжается рез;  
- если скорость вращения пилы упадет меньше минимальной (установка в ПЧ) и ток будет превышать допустимое значение (ситуация заклинивания), то подается сигнал на поднятие вверх до момента, пока пила не наберет необходимые обороты и не спадет ток, далее идет снова опускание вниз и процесс реза;  
- сигнал отключения пилы подает оператор.  
Чтобы реализовать данный алгоритм, пришлось внести изменения в схему управления перемещением пилы вниз и вверх. К плюсам такого изменения можно отнести то, что контроль заклинивания пилы осуществляется не только оператором, а также системой управления.   
В результате применения ПЧ совместно с изменением алгоритма работы пилы удалось ограничить ток на уровне номинального, около 60 А (см. рис. 2).

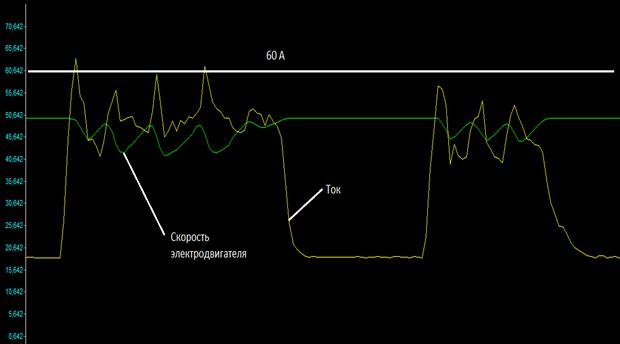


Рис. 2. Процессы в электроприводе при резе после установки ПЧ.

Благодаря применению ПЧ фирмы Delta Electronics успешно решены поставленные задачи. Теперь процесс реза пилы не приводит к просадке напряжения при работе от резервного генератора.

[**Дополнительные индуктивные устройства для преобразователя частоты**](http://www.elpron.ru/index.php/articles/51-industrial-automation/290-art7)**.**

## 1. Сетевой дроссель

Трехфазный сетевой дроссель используется для ограничения скорости нарастания стартового тока в цепи и взаимного влияния коммутационных преобразователей, запитываемых от одного и того же трансформатора. Процесс коммутации в цепях с сетевыми дросселями протекает плавно, коммутационные перенапряжения подавляются. Кроме того, ограничивается нежелательное влияние гармоник на сеть, испускаемых частотным преобразователем.



Рис. 1. Сетевой дроссель

Выбор сетевого дросселя осуществляется по номинальному току преобразователя и индуктивности.

## 2. Моторный дроссель

Моторные дроссели находят широкое применение в цепях преобразователей электроприводов переменного тока. Они обеспечивают непрерывность и сглаживание пульсаций тока двигателя, ограничение тока короткого замыкания в цепи нагрузки преобразователя, а также подавление коммутационных перенапряжений и компенсация емкости питающей линии.  
Возможно исполнение дросселей с отводами, заканчивающимися клеммами под винт, кабельными клеммами либо токовыми шинами в зависимости от величины максимального тока.



Рис.2. Моторный дроссель

Выбор моторного дросселя осуществляется по выходному току преобразователя частоты и индуктивности.

## 3. Синус фильтр типа LC

Синус фильтр применяется с целью защиты изоляции электродвигателя, повышения срока службы и уменьшения уровня шума мотора, который работает от преобразователя частоты. Синус фильтр устанавливается на выходе преобразователя и изменяет форму выходного напряжения, сформированного посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) на синусоидальную, устраняя высшие гармоники. Высшие гармоники создают дополнительные потери в кабельной линии и в двигателе. Использование синус фильтра позволяет применять неэкранированные моторные кабели значительной длины.



Рис. 3. Синус-фильтр

При выборе синус фильтра необходимо проконсультироваться с представителем производителя частотных преобразователей, которые Вы хотите приобрести.

# Использование регулируемого электропривода переменного тока в компрессорном оборудовании

Компрессором называют энергетическую машину или устройство для повышения давления и перемещения газа. Обычно к компрессорам относят машины, обеспечивающие сжатие воздуха или газа до избыточного давления не ниже 0,015 МПа. Начальное давление газа может быть менее атмосферного, равным или более атмосферного.   
Компрессорная установка — совокупность компрессора, привода и вспомогательного оборудования (газоохладителя, осушителя сжатого воздуха и т. д.).  
На рис. 1 изображена компрессорная система



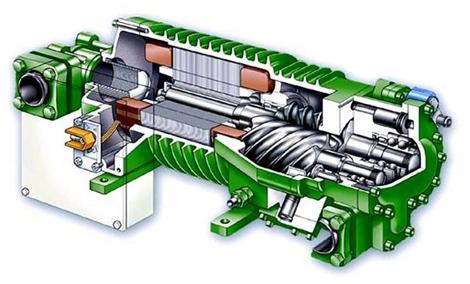
*Рис. 1. Компрессорная система*

**Компрессорные машины разделяют на три класса:**   
1. вентиляторы — компрессоры, повышение давления и отношение давлений в которых не превышают соответственно 0,01 МПа и 1,1;   
2. нагнетатели — машины с повышенным отношением давлений (до 1,3 и более) и без охлаждения среды в процессе работы;  
3. компрессоры — машины, снабженные устройством для охлаждения среды при работе (отношение давлений более 3).

**По принципу действия компрессоры бывают:**

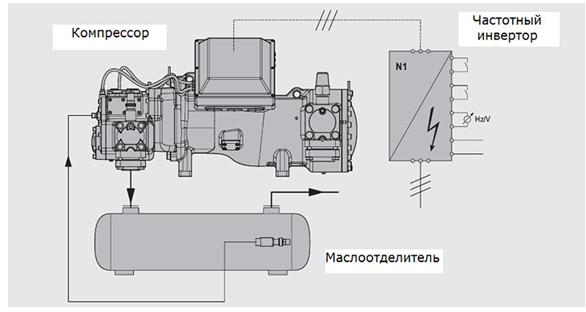
* поршневые (с возвратно-поступательным движением поршня);
* ротационные, винтовые (с вращательным движением роторов);
* спиральные (с плоскопараллельным движением спирального элемента).

Наибольшее распространение получили винтовые компрессоры. Винтовой компрессор - ротационный компрессор, в котором сжатие среды достигается с помощью двух сцепленных между собой роторов с винтовыми зубьями. Компрессор винтовой - один из наиболее эффективных способов получения сжатого воздуха на производстве. Также он обеспечивает надёжность и высокие рабочие характеристики компрессорного оборудования при низких эксплуатационных расходах.  
На рис. 2 изображен винтовой компрессор.



*Рис.2. Винтовой компрессор*

Компрессор состоит из корпуса (цилиндра), ведущего и ведомого роторов с зубчато-винтовыми лопастями. В винтовом компрессоре винтовая пара засасывает воздух, вращаясь в масляном слое, что обеспечивает низкий коэффициент трения, дополнительное масляное уплотнение, гарантирующее герметичность системы, а также эффективный теплоотвод от рабочей зоны.  
Винтовые воздушные компрессоры с постоянной производительностью предназначены для непрерывной работы при максимальной загрузке. На предприятиях потребность в сжатом воздухе может значительно меняться. Таким образом, воздушные компрессора с постоянной производительностью работают в режиме загрузка-разгрузка достаточно много времени, что приводит к излишнему потреблению электроэнергии.   
Винтовые компрессоры с преобразователем частоты позволяют сократить потребление электроэнергии. Большинство производственных процессов в различные часы и дни недели могут существенно изменять свои потребности в сжатом воздухе. Компрессоры с постоянной производительностью не могут точно реагировать на колебания в потреблении сжатого воздуха.  
На рис. 3 показана система с преобразователем частоты.

  
  
*Рис.3. Компрессор с частотным преобразователем*

Частотный преобразователь в винтовых компрессорах изменяет скорость вращения двигателя, чтобы четко следовать за потребностью в сжатом воздухе, таким образом экономя энергию и сокращая срок окупаемости компрессора до одного - двух лет, в зависимости от тарифов на электроэнергию и потребления воздуха. Сокращение потребления энергии приводит к экономии средств, вложенных в компрессорное оборудование.  
Использование устройств плавного пуска в компрессорах продлевает срок службы двигателя, винтовой пары и избавляет от скачков напряжения в заводской сети при запуске компрессора. Кроме того, система плавного пуска позволяет запускаться двигателю неограниченное количество раз (в сутки) и в эти периоды времени дополнительно сберегается электроэнергия.

**Основные преимущества использования регулируемого электропривода переменного тока:**

* Экономия энергии;
* Эффективная производительность даже при больших колебаниях потребления;
* Постоянное давление (возможность регулировки от 6 до 13 бар);
* Широкий рабочий диапазон;
* Плавный пуск;
* Неограниченное количество пусков (в сутки);
* Предотвращение скачков напряжения.

# Применение частотно-регулируемого электропривода для автоматизации насосных станций

**Насосная станция** - это электрогидравлический технический комплекс сооружений и оборудования, в котором осуществляется преобразование электрической энергии в механическую энергию потока жидкости и управление этим процессом преобразования.  
  
Насосные станции находят широкое применение в жилищно-коммунальном хозяйстве и промышленности. Они характеризуются большим разнообразием функций, схем соединения насосов при совместной работе, регулируемых параметров и другими показателями.  
  
**Основным назначением насосных станций является обеспечение:**

* эксплуатации при непрерывно изменяющихся объемах, режимах потребления жидкости и изменяющемся составе потребителей;
* требуемого графика подачи жидкости для нормальных и аварийных условий;
* требуемой надежности, то есть степени бесперебойной работы;
* удобства эксплуатации в результате применения автоматики.

Одним из основных элементов насосных станций стал в настоящее время частотно-регулируемый электропривод. Он позволяет плавно регулировать частоту вращения электродвигателя насоса и поддерживать давление в гидросистеме при разных расходах перекачиваемой жидкости. При малых расходах жидкости двигатель насоса вращается с малой скоростью, необходимой только для поддержания номинального давления. При увеличении расхода жидкости преобразователь увеличивает частоту вращения, повышая производительность насоса при сохранении заданного давления.  
  
На рис. 1 показана функциональная схема регулирования асинхронного двигателя насоса с использованием преобразователя частоты VFD-F фирмы Delta Electronics.

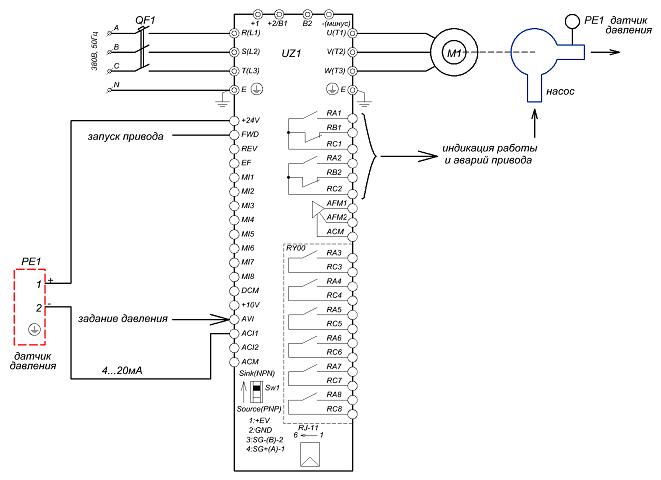


Рис. 1. Схема управления насосом

На входы преобразователя подаются сигнал задания давления и сигнал с датчика давления, являющегося сигналом обратной связи. Отклонение между реальным и заданным значениями давления преобразуется с помощью ПИД-регулятора в сигнал задания частоты вращения двигателя. Под воздействием сигнала задания преобразователь стремится привести разность между заданным и реальным значением к нулю. Таким образом поддерживается заданное давление вне зависимости от расхода.

Благодаря тому, что современный частотный преобразователь имеет функции ПИД-регулятора, программируемого логического контроллера, для решения задачи управления насосом необходим только датчик давления. Остальные средства автоматики служат для сбора информации и в качестве человеко-машинного интерфейса.

Литература.

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов.

# ****Современные электроприводы переменного тока****

Электропривод в своем историческом развитии прошел путь от простого источника механической энергии для одной или группы машин до «интеллектуального устройства», которое осуществляет приведение в движение органов машин и механизмов и управление этим движением.

Современный регулируемый электропривод переменного тока представляет собой электромеханическую систему, включающую полупроводниковый преобразователь, электродвигатель, передаточный механизм (редуктор) и систему управления. На рис. 1 представлена структурная схема регулируемого электропривода.

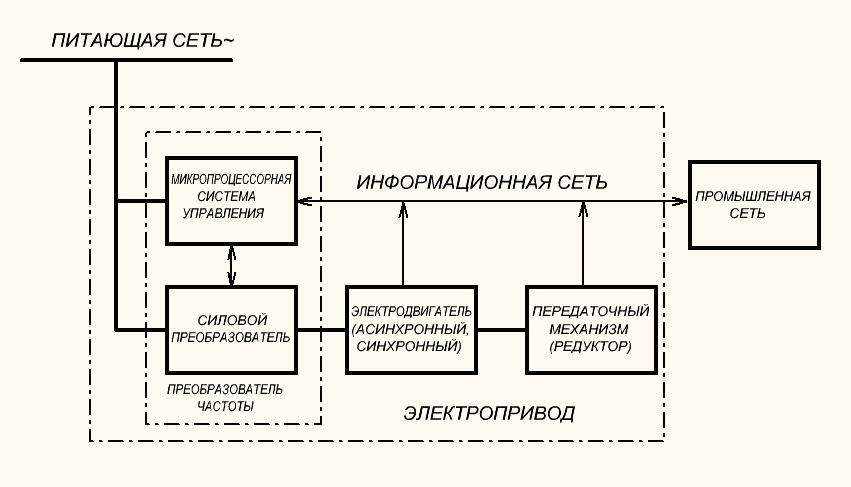


Рис.1. Электропривод переменного тока

Управляющее устройство на основании информации, получаемой с датчиков и питающей сети, вырабатывает командные сигналы, обеспечивающие движение механической части исполнительного механизма с заданным скоростью и ускорением. Устройство управления электропривода в настоящее время должно иметь доступ к промышленной сети для дистанционного управления и передачи информации.

Силовой преобразователь состоит из диодного выпрямителя, звена постоянного тока и автономного инвертора напряжения на IGBT-транзисторах. Он осуществляет преобразование электрической энергии с одними значениями параметров (напряжение, частота) в электрическую энергию с другими значениями параметров.

Электродвигатель предназначен для преобразования электрической энергии в механическую или механической в электрическую. Основу регулируемых электроприводов переменного тока составляют асинхронные двигатели.

В качестве передаточного устройства могут выступать редукторы, клиноременные или цепные передачи, электромагнитные муфты и др.

Сочетание в одном устройстве силовой и информационной функций обеспечило электроприводу широкое распространение почти во всех областях человеческой деятельности.

Компания «Элпрон» занимается внедрением, модернизацией, сервисом современных систем регулируемого электропривода переменного тока на протяжении десяти лет. Опыт внедрения и эксплуатации показывает, что электропривод переменного тока составляет значительную часть электрооборудования любого промышленного предприятия.

Мы будем рады вам помочь и ответить на любые вопросы, связанные с регулируемым электроприводом переменного тока.

Наш почтовый адрес [mail@elpron.ru](mailto:mail@elpron.ru)

Список литературы:

1.     Фираго Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока

2.     Онищенко Г.Б. Электрический привод

# Как правильно выбрать преобразователь частоты

Очень важно сделать правильный выбор преобразователя. От него будет зависеть эффективность и ресурс работы преобразователя частоты и всего электропривода в целом. Так если мощность преобразователя будет слишком завышена, он не сможет в должной мере обеспечить защиту двигателя. С другой стороны, если мощность преобразователя мала, он не сможет обеспечить высоко-динамичный режим работы и из-за перегрузок может выйти из строя.

Правильная эксплуатация так же сильно влияет на срок службы преобразователя. При выборе преобразователя частоты надо руководствоваться не только мощность подключаемого двигателя, а также диапазоном рабочих скоростей двигателя, диапазоном рабочих моментов вращения, характером нагрузки и циклограммой работы. В таблице перечислены факторы, которые надо рассмотреть при выборе двигателя.



# Общие сведения о преобразователях частоты переменного тока для управления асинхронными двигателями

В настоящее время основу регулируемых электроприводов переменного тока общепромышленного применения составляют асинхронные двигатели (АД). Эти двигатели технически более просты и надежны в эксплуатации. Для регулирования скорости, момента, положения двигателя в основном используются **преобразователи частоты**. Поэтому неслучайно **частотные преобразователи** («частотники» в простоте) получили такое широкое распространение в промышленности.  
Преобразователь частоты – это устройство для изменения частоты электрического напряжения (тока). Тем самым регулируется частота вращения, момент асинхронного двигателя.  
Частотный преобразователь состоит из диодного неуправляемого выпрямителя, преобразующего переменный ток в постоянный, инвертора на IGBT-транзисторах (управление обычно с ШИМ), преобразующего постоянный ток в переменный и системы управления, ядром которой является высокопроизводительный микропроцессор.  
Преобразователь частоты также может иметь встроенный ПЛК, цифровые и аналоговые входы и выходы, осуществлять ПИД регулирование. Для того, чтобы не переплачивать за дополнительные функции, с частотным преобразователем поставляется серия съемных плат для определенного применения.  
Компания Дельта Электроникс является производителем одних из лучших в мире и хорошо зарекомендовавших себя в России преобразователей частоты, представила на отечественном рынке новую серию частотных преобразователей VFD-C.  
Серия преобразователей частоты VFD-C использует FOC-векторное управление в качестве базовой технологии управления асинхронным двигателем, за счет чего достигаются беспрецедентно высокие характеристики привода, такие как пусковой момент, точность поддержания скорости и момента в широком диапазоне регулирования.  
Большой эксплуатационный ресурс в совокупности с контролем времени наработки наиболее важных компонентов обеспечивают длительную и надежную эксплуатацию преобразователя частоты.  
**Основные характеристики частотного преобразователя:**

* Режимы управления скоростью, моментом, положением
* Модульный дизайн с большим количеством плат расширения
* Встроенный ПЛК с LD-программированием и часы реального времени
* Модели с двумя наборами номинальных данных (для нормального/тяжелого рабочего цикла)
* Управление/ограничение момента в 4-х квадрантах
* Управление стандартными асинхронными двигателями и синхронными сервомоторами в разомкнутом и в замкнутом контуре скорости
* Стартовый момент: до 150% на 0.5Гц (без обратной связи); до 150% на 0Гц (с энкодером)
* Стабильное управления скоростью на низких частотах, до 200% момента на нулевой скорости в режиме FOC+PG(энкодер)
* Помимо традиционного ПИ-регулятора в контуре скорости, в преобразователях частоты VFD-C используется PDFF-управление, которое устраняет перерегулирование и улучшает отклик системы
* Функция безопасной остановки двигателя в соответствие со стандартами EN954-1, EN60204-1 и IEC61508 для предотвращения травмирования персонала от случайного запуска частотного преобразователя
* Функция синхронизации угловых положений вала нескольких частотных электроприводов
* Встроенные CANOpen и Modbus, опциональные PROFIBUS-DP, DeviceNet, MODBUS TCP и Ethernet/IP интерфейсы
* Встроенный тормозной ключ (в моделях до 30кВт включительно)
* Встроенный дроссель постоянного тока (в моделях частотных преобразователей от 37кВт)
* Встроенный RFI-фильтр
* Съемный цифровой пульт управления с текстовым ЖК-дисплеем
* Платы расширения входов/выходов и для подключения энкодера
* Быстросъемный вентилятор

**Выпускаются преобразователи частоты на следующий диапазон мощностей:**  
3Ф/230В 0,75 – 90кВт  
3Ф/460В 0,75 – 355кВт

# Справочная информация про устройства плавного пуска

**Устройство плавного пуска** (**УПП, софт-стартер, плавный пускатель, мягкий пускатель**) — это электротехническое устройство, используемое для плавного пуска асинхронных двигателей и позволяющее во время запуска удерживать параметры двигателя (ток, напряжение) в безопасных контролируемых пределах.

**Применение устройства плавного пуска** обеспечивает ограничение скорости нарастания и значения пускового тока путем плавного нарастания напряжения на обмотках статора от нуля до номинального значения в течение заданного времени. Это позволяет снизить вероятность перегрева двигателя, устраняет рывки в механических приводах, что, в конечном итоге, повышает срок службы и электродвигателя и его привода.

Пусковой момент за доли секунды часто достигает 150-200%, что может привести к выходу из строя кинематической цепи привода. При этом стартовый ток может быть в 6-8 раз больше номинального, порождая проблемы со стабильностью питания. Устройства плавного пуска позволяют избежать этих проблем, делая разгон и торможение двигателя более медленными. Это позволяет снизить пусковые токи и избежать рывков в механической части привода или гидравлических ударов в трубах и задвижках в момент пуска и остановки двигателей.  
Устройства плавного пуска могут быть как механическими, так и электрическими, либо сочетать то и другое.

**Механические устройства плавного пуска** непосредственно противодействуют резкому нарастанию оборотов двигателя, ограничивая момент. УПП могут представлять собой тормозные колодки, жидкостные муфты, магнитные блокираторы, противовесы с дробью и прочее.

**Электрические устройства плавного пуска** позволяют постепенно повышать ток или напряжение от начального пониженного уровня (опорного напряжения) до максимального, чтобы плавно запустить и разогнать электродвигатель до его номинальных оборотов. Такие устройства плавного пуска используют амплитудные методы управления и поэтому справляются с запуском оборудования в холостом или слабо нагруженном режиме. **В более современном софт-стартере используется фазовый метод управления** и потому устройство плавного пуска способно запустить электропривод, характеризующийся тяжелым пусковым режимом. Обычно такое устройство плавного пуска представляет собой электронный регулятор напряжения, выполненный на тиристорах. Регулирование напряжения осуществляется системой импульсно-фазового управления посредством изменения угла открытия тиристоров. Чем больше угол открытия тиристора – тем больше будет значение напряжения, прикладываемого к двигателю.

## Одной из самых современных серий устройств плавного пуска является EMX3 фирмы Аucom.

**Устройства плавного пуска EMX3** являются электронными и базируются на новейших технологиях, а также обеспечивают полное управление режимами пуска, останова и защиты трехфазных асинхронных двигателей в широком диапазоне мощностей с различными типами нагрузки. Софт-стартеры фирмы Аucom обладают дружественным интерфейсом пользователя и развитой системой диагностики, что делает управление двигателя очень простым и, в то же время, очень эффективным!