

Промышленная автоматика для начинающих: преобразователи частоты

Здесь приведен краткий обзор
преобразователей частоты для начинающих.

Этот вводный курс предназначен для получения основных знаний о преобразователях частоты начинающими, которые с ними не знакомы.

Этот курс состоит из указанных ниже глав.
Рекомендуется начинать с главы 1.

Глава 1. Что такое преобразователи частоты?

Изучение основных сведений о преобразователях частоты, включая их назначение, практическое применение, устройство, преимущества.

Итоговый тест

Проходной балл — 60% и выше.

Переход к следующей странице		Переход к следующей странице.
Возврат к предыдущей странице		Возврат к предыдущей странице.
Переход к нужной странице		Отображение содержания курса для перехода к нужной странице.
Завершение обучения		Завершение обучения. Закрытие окон, таких как "Содержание" и окно обучения.

Меры предосторожности

Прежде чем приступить к эксплуатации оборудования, ознакомьтесь с описанными в руководствах к нему мерами предосторожности и соблюдайте соответствующую технику безопасности.

Глава 1 Что такое преобразователь частоты?

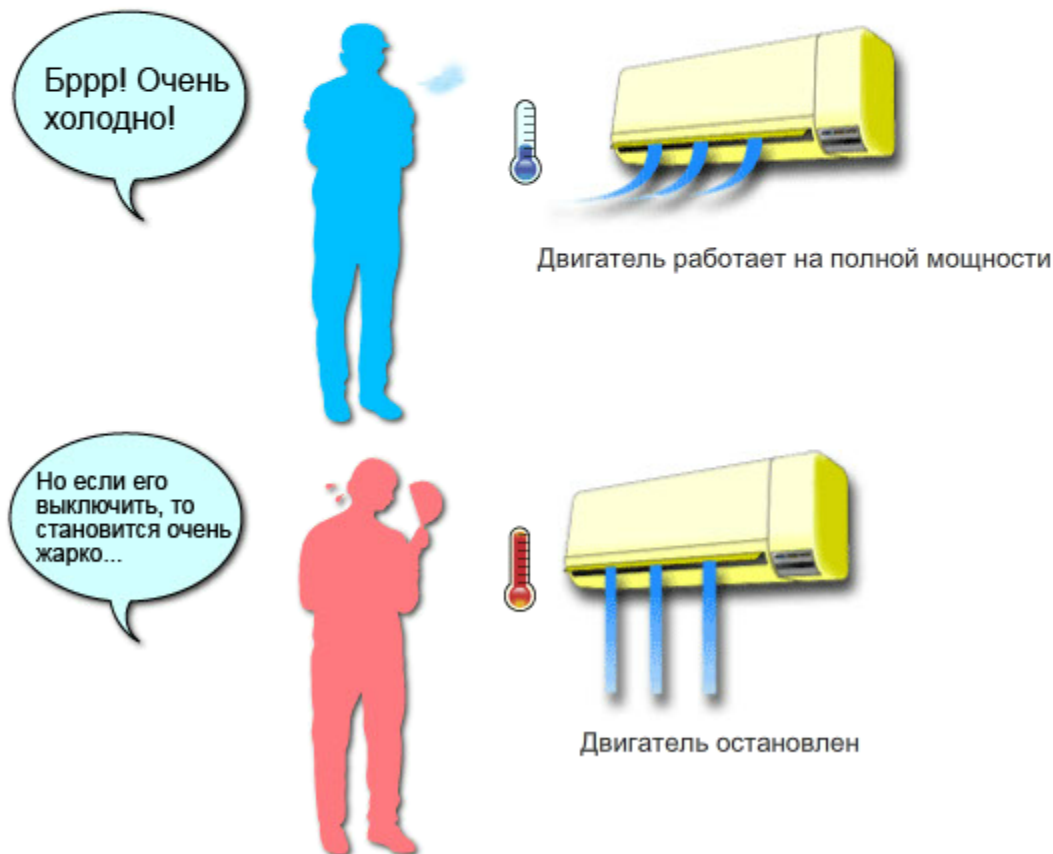


1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

В последние годы появляется все большее количество бытовой техники, в названии которой присутствует слово "инвертор". Например, большинство современных кондиционеров называются "инверторными".

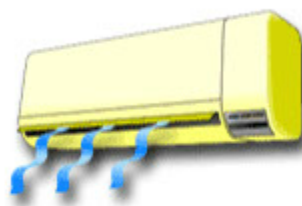
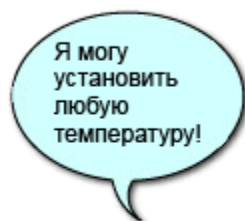
Кондиционеры воздуха регулируют температуру за счет отбора мощности от двигателя и ее использования для циркуляции хладагента.

Однако кондиционер может оказаться не очень полезным в том случае, если он может находиться лишь в двух состояниях: работать на полную мощность или быть полностью выключенным.



1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

Вы можете настроить кондиционер на поддержание заданной температуры, если у вас будет возможность плавно регулировать частоту вращения двигателя.



Если можно изменять частоту вращения двигателя

Если говорить коротко, то преобразователь частоты (инвертор), использованный в подобной ситуации — это устройство, которое позволяет по своему усмотрению непрерывно и эффективно изменять частоту вращения двигателя.

1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

В промышленности преобразователи частоты обычно используются с трехфазными двигателями (асинхронными) с короткозамкнутым ротором.

(Далее в ходе курса двигатели такого типа будут называться "3-фазными" или просто "двигателями" для упрощения.)

[Обзор преобразователей частоты]



Синхронная частота вращения (N_0)	$N_0 = (120 \times \text{Частота источника питания}) / \text{число полюсов}$
Число полюсов	Определяется конфигурацией двигателя. Напр., 4P используется для обозначения 4-полюсного двигателя.
Скольжение (S)	При номинальной работе S обычно составляет от 0,03 до 0,05. Когда двигатель остановлен, S становится равным 1.

Частота вращения двигателя обычно определяется частотой источника тока, передаваемой непосредственно на электродвигатель, и числом полюсов двигателя.

Число полюсов электродвигателя нельзя изменять бесступенчато и непрерывно.

С другой стороны, несмотря на то, что частота в электросетях компаний-поставщиков фиксирована (либо 50 Гц, либо 60 Гц — для Японии), у вас имеется возможность плавно изменять частоту вращения двигателя с помощью устройства, способного изменять частоту передаваемого на двигатель тока.

Преобразователь частоты является именно таким устройством. Его назначением является плавное изменение частоты питания.

1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

[Базовые характеристики двигателя (асинхронного, с короткозамкнутым ротором)]

Для правильного использования преобразователя частоты крайне важно знать характеристики того двигателя (асинхронного, с короткозамкнутым ротором), который вы собираетесь контролировать.

Ниже мы привели обзор базовых характеристик двигателя для того, чтобы вы лучше понимали то, как работают преобразователи частоты .

(1) Характеристики "Частота вращения — крутящий момент/ток"

Базовые параметры двигателя (асинхронного, с короткозамкнутым ротором) включают характеристики "частота вращения–выходной крутящий момент" и "частота вращения–ток".

Изменения крутящего момента двигателя и тока показаны ниже на графике с момента включения питания в следующей последовательности: запуск → разгон → достижение определенной частоты.

Наивысший ток протекает через двигатель при запуске. По мере роста частоты вращения, он падает. Крутящий момент увеличивается по мере роста частоты вращения, однако он начинает падать после того, как частота вращения превысит определенное значение. Работа с номинальной частотой вращения начинается в той точке, где крутящие моменты, создаваемые нагрузкой и двигателем, уравновешиваются.

1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

(2) Частота вращения двигателя

Частота вращения двигателя определяется не только крутящим моментом нагрузки, но и числом полюсов в двигателе, а также частотой источника переменного тока.

Все эти величины сведены в приведенное ниже уравнение.

$$\text{Частота вращения двигателя} = \frac{120 \times \text{Частота } f \text{ [Гц]}}{\text{Число полюсов}} \times (1 - S) \text{ [об/мин]}$$

→ Синхронная частота вращения
→ Скольжение

(3) Номинальный крутящий момент двигателя

Крутящий момент определяется как величина созданной силы, приводящей двигатель в движение.

Стандартной единицей измерения силы для прямолинейного движения является "Ньютон", обозначаемый символом "Н". Так как ротор двигателя вращается вокруг своей оси, то его движение не является прямолинейным. В итоге, крутящий момент измеряется в единицах "Ньютон-метр", "Н•м".

Номинальный крутящий момент двигателя может быть рассчитан с помощью приведенной ниже формулы.

$$\text{Номинальный крутящий момент, } T_m = 9550 \times \frac{\text{Номинальная выходная мощность двигателя } P \text{ [кВт]}}{\text{Номинальная частота вращения } N \text{ [об/мин]}} \text{ [Н•м]}$$

1.1 Назначение преобразователя частоты или инвертора

(4) Скольжение

При приложении нагрузки частота вращения двигателя начинает отличаться (снижается) относительно синхронной частоты вращения.

Скольжение определяет величину смещения частоты вращения двигателя от синхронной частоты.

$$\text{Скольжение } S = \frac{\text{Синхронная вращательная частота, } N_0 - \text{Частота вращения, } N}{\text{Синхронная частота вращения, } N_0} \times 100 [\%]$$

- Скольжение равно 100% при запуске (когда частота вращения ротора равна 0). (Скольжение обычно выражается как "Скольжение = 1").
Скольжение в несколько процентов частоты медленно увеличивается преобразователем частоты (что также относится к частоте при запуске).
- Когда двигатель работает с номинальным крутящим моментом, скольжение обычно составляет от 3% до 5%.
Скольжение увеличивается при повышении нагрузки (перегрузка), что вызывает увеличение тока в двигателе.
- Скольжение становится отрицательным, когда частота вращения превышает синхронную частоту ($N > N_0$).

1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Преобразователи частоты часто используются в бытовых электрических устройствах и другом оборудовании, например, в бытовых кондиционерах воздуха. В данном курсе мы преимущественно представим примеры их использования в промышленном оборудовании.

1. Управление насосом и вентилятором (объемный расход воздуха, скорость потока)
2. Управление транспортировкой (конвейер, тележка)
3. Управление обработкой рулонов
4. Управление процессом в пищевой промышленности
5. Управление станком

Знание нагрузочных характеристик исключительно важно для правильного использования преобразователя частоты. Акцент на нагрузочных характеристиках при оптимизации метода управления конкретной системой позволит вам существенно снизить расход электроэнергии, улучшить параметры процесса и получить другие дополнительные преимущества. Типичные нагрузочные характеристики показаны ниже на схеме.

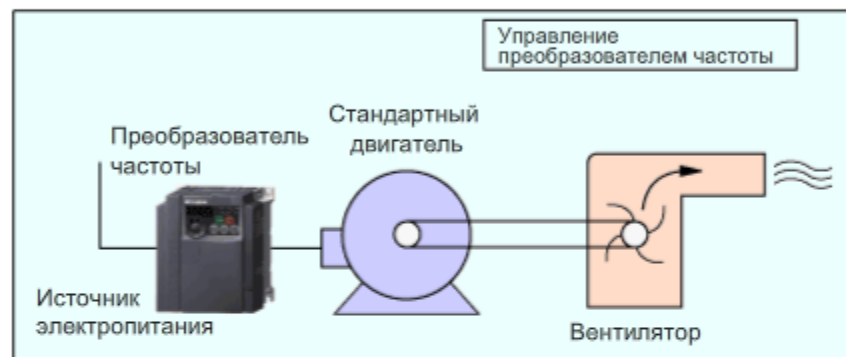
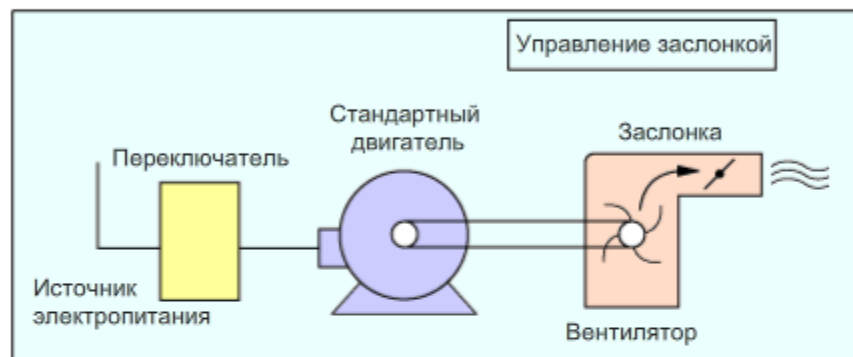
Тип	Нагрузка с уменьшением крутящего момента	Нагрузка при постоянном крутящем моменте	Нагрузка при постоянной выходной мощности
Зависимости	<p>Крутящий момент Выходная мощность</p> <p>→ Частота (обороты)</p>	<p>Крутящий момент Выходная мощность</p> <p>→ Частота (обороты)</p>	<p>Крутящий момент Выходная мощность</p> <p>→ Частота (обороты)</p>
Особенности	<p>Нагрузка требует наличия крутящего момента, который почти прямо пропорционален квадрату частоты вращения. Необходимая величина динамической энергии почти прямо пропорциональна кубу частоты вращения.</p>	<p>Нагрузка требует наличия практически постоянного крутящего момента, который не зависит от частоты вращения. Необходимая динамическая энергия уменьшается прямо пропорционально уменьшению частоты вращения. (Конвейер, шлифовальная машина и другое оборудование).</p>	<p>Нагрузка требует наличия крутящего момента, который обратно пропорционален оборотам двигателя. (Главные оси станков и другие области)</p>

1.2 Практическое применение преобразователей частоты

[Управление насосом и вентилятором (объемный расход воздуха, скорость потока)]

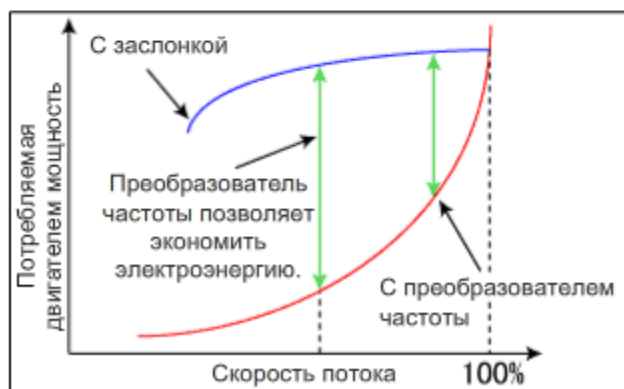
Ранее для регулировки объемного расхода воздуха и скорости потока при использовании промышленных источников энергии для работы насосов и вентиляторов использовались заслонки или клапаны.

Однако, в таких случаях было тяжело уменьшить количество используемой двигателем энергии даже при снижении объемного расхода воздуха или скорости потока.



При приводе вентилятора или насоса крутящий момент пропорционален квадрату, а количество энергии — кубу оборотов в минуту.

Управление с помощью преобразователя частоты позволяет значительно снизить потребление энергии, особенно в области низких оборотов.



Как видно из схемы, преобразователь частоты является энергосберегающим устройством при использовании вместе с вентилятором или насосом.

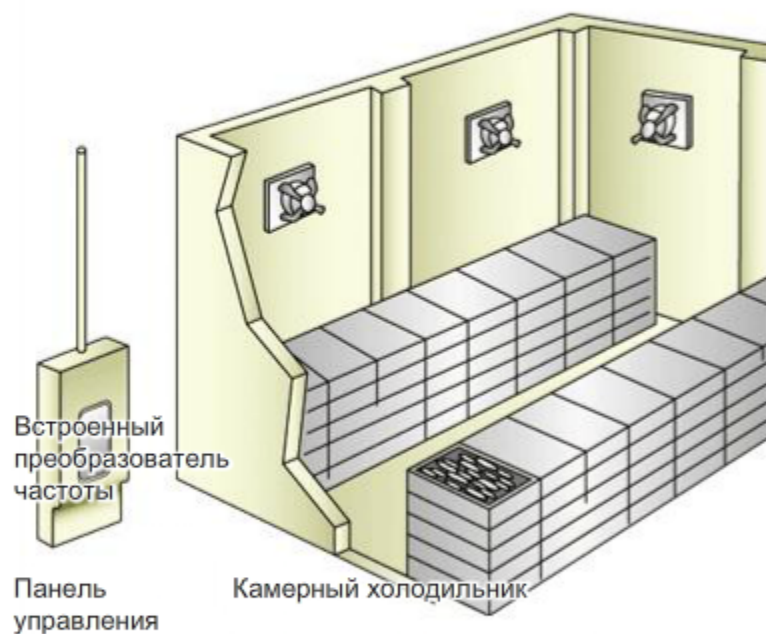
1.2 Практическое применение преобразователей частоты



Вентилятор:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Вы можете более точно контролировать температуру и экономить энергию, подключив последовательно три вентилятора к преобразователю частоты и контролируя их запуск и обороты.



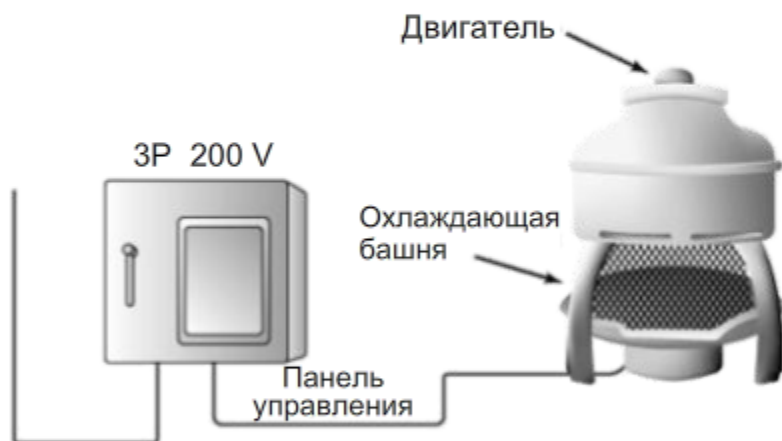
1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Охлаждающая башня:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Могут использоваться для контроля температуры с помощью датчиков температуры. Таким образом экономится электроэнергия.
- Могут быть настроены для работы в автоматическом режиме.
- Могут работать в тихом режиме путем регулировки объемного расхода воздуха (управление оборотами в ночное время).

***ВНИМАНИЕ:** Преобразователи частоты обязательно должны устанавливаться в помещении.

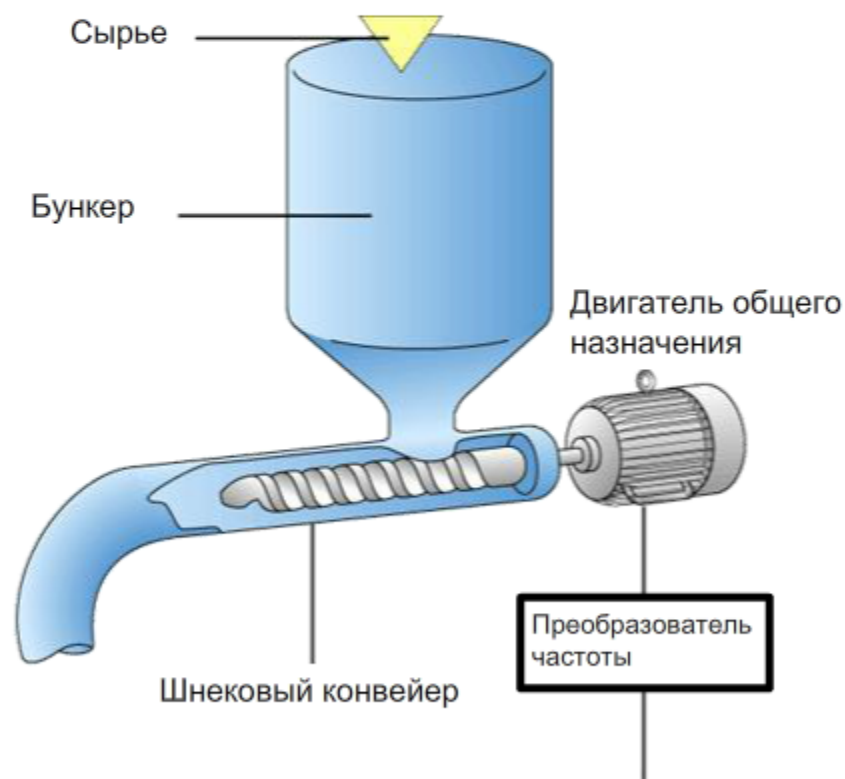


1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Шнековый конвейер:

Обоснование
использования
преобразователей
частоты

- Позволяют регулировать подачу сырья в устройство с помощью одной ручки.
- Позволяют регулировать обороты шнекового конвейера и величину подачи сырья в устройство до заданной величины.
- Могут использоваться с внешними двигателями общего назначения и другими стандартными компонентами.



1.2 Практическое применение преобразователей частоты

[Управление транспортировкой (конвейер, тележка)]

Устройства для транспортировки являются незаменимыми элементами в различных отраслях промышленности по мере того, как производство становится более сложным и автоматизированным.

Использование преобразователей частоты для таких устройств дает следующие преимущества:

- Делают устройства более простыми и компактными.
- Облегчают настройку скорости без применения механических систем.
- Предотвращают падение груза за счет медленного начала движения и остановки.
- Могут использоваться на некотором удалении от управляемых устройств.

Ленточный конвейер:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Могут использоваться как устройства плавного пуска и остановки конвейера, которые будут предотвращать опрокидывание и разбивание транспортируемых стеклянных бутылок или разливание их содержимого.
- Могут использоваться для повышения эксплуатационной эффективности благодаря изменению скорости в зависимости от типа стеклянных бутылок.
- Могут использоваться в различных условиях применения и адаптироваться к типу двигателя, например, водонепроницаемому, защищенному от коррозии, для работы вне помещений и т.п.

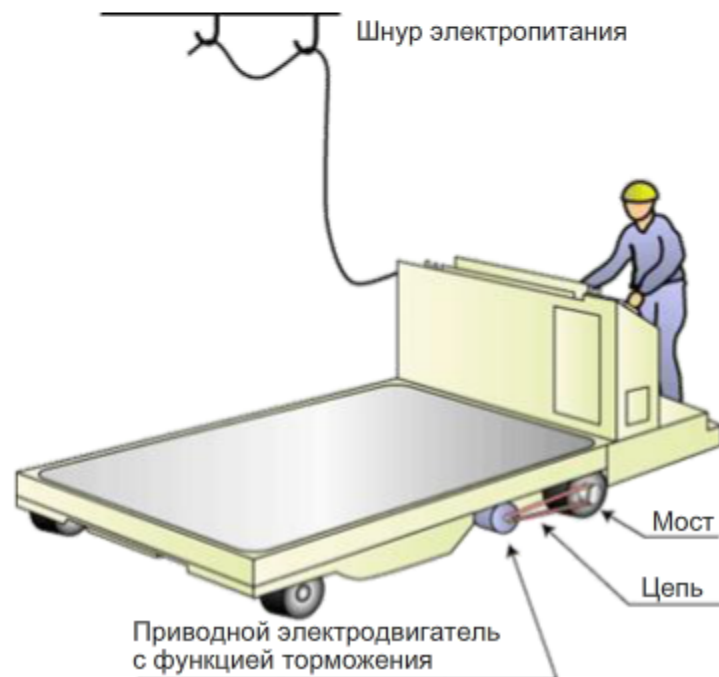


1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Привод тележки:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Могут использоваться для улучшения эксплуатационной эффективности путем регулировки скорости транспортировки до оптимальной в заданных условиях.
- Могут использоваться для увеличения или уменьшения скорости с меньшей ударной нагрузкой на механизм, а также для защиты механизма от ударов.
- При использовании преобразователей частоты с функцией торможения возможно выполнение торможения с рекуперацией энергии. Рекуперативный преобразователь частоты для питания оборудования может передавать регенерированную энергию назад в сеть питания при возникновении необходимости в более активном торможении.
- Могут использоваться в помещении, так как они не выделяют выхлопных газов.



1.2 Практическое применение преобразователей частоты

[Управление обработкой рулонов]

Под рулонами здесь понимаются продукты, которые состоят из длинных полос бумаги, пленки, резины, ткани или другого материала.

Материал сворачивается в рулон как одна длинная полоса, которая не прерывается с начала и до конца.

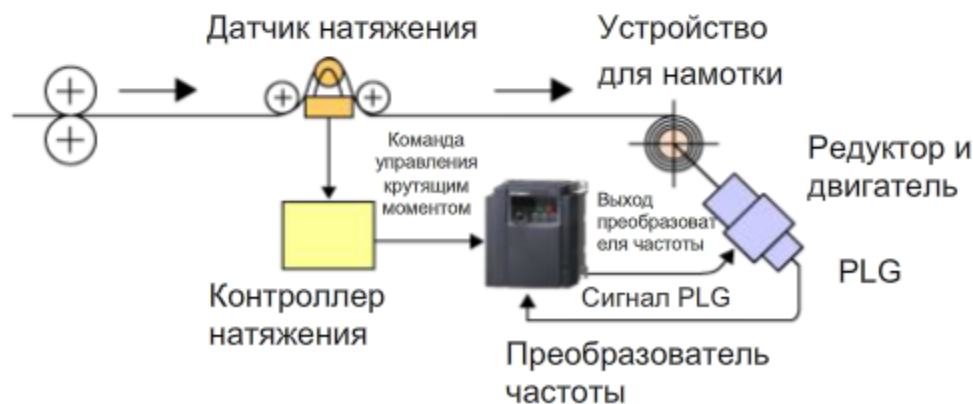
Для этой полосы необходимо поддерживать определенное натяжение по мере разворачивания или перематывания. В продукте нет разрывов с начала рулона и до его конца. Ниже приведен пример со сворачиванием рулона.

Такой тип управления используется также и в других областях, например, при сворачивании электрокабелей или оптоволокну.

Сворачивание пленочного материала:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Могут использоваться для измерения фактического натяжения листового материала и сворачивания в рулон с оптимальным натяжением.
- Могут использоваться для компенсации вариаций свойств материала вследствие температуры и влажности, а также изменении крутящих моментов внутри механизмов.
- Для управления крутящим моментом могут использоваться как векторные преобразователи напряжения, так и сервоприводы. Однако, векторные преобразователи частоты проще в использовании в тех случаях, когда отсутствуют резкие изменения скорости работы, инерция оборудования достаточно высока и механизмы должны работать постоянно.



1.2 Практическое применение преобразователей частоты

[Управление процессом в пищевой промышленности]

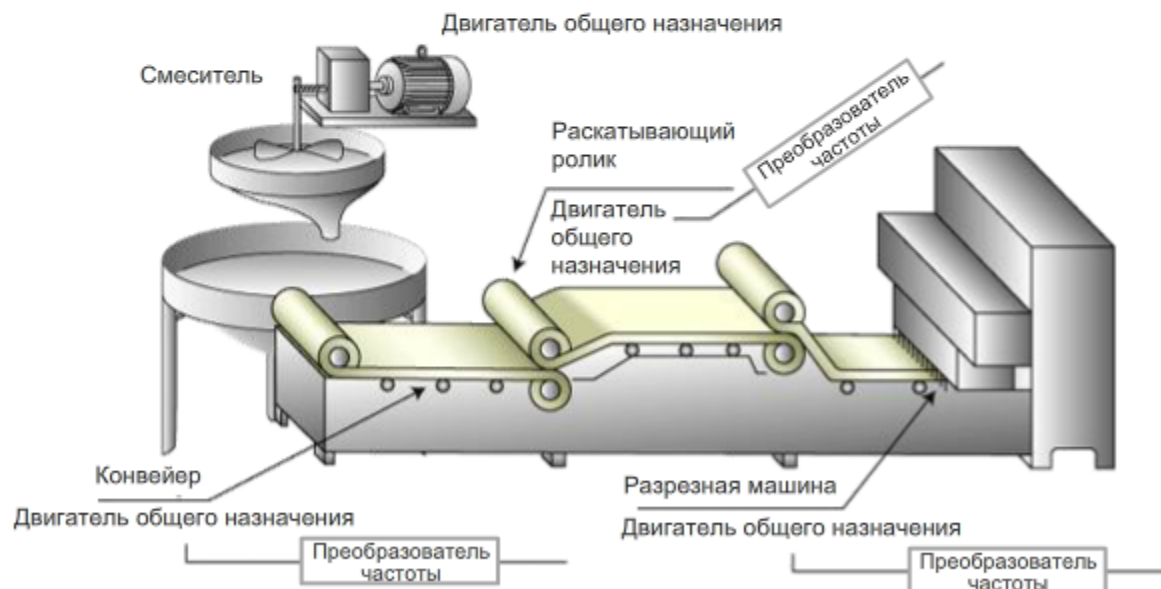
В настоящий момент существует потребность в усложнении производства пищевых продуктов, а также в повышении качества и безопасности процессов пищевой промышленности.

В этой связи использование преобразователей частоты в этой отрасли постоянно расширяется.

Машина для производства лапши:

**Обоснование
использования
преобразователей
частоты**

- Могут использоваться для точной регулировки скорости подачи на раскатывающий ролик.
- Могут использоваться для плавной регулировки толщины лапши.
- Помогают упростить управление машиной.

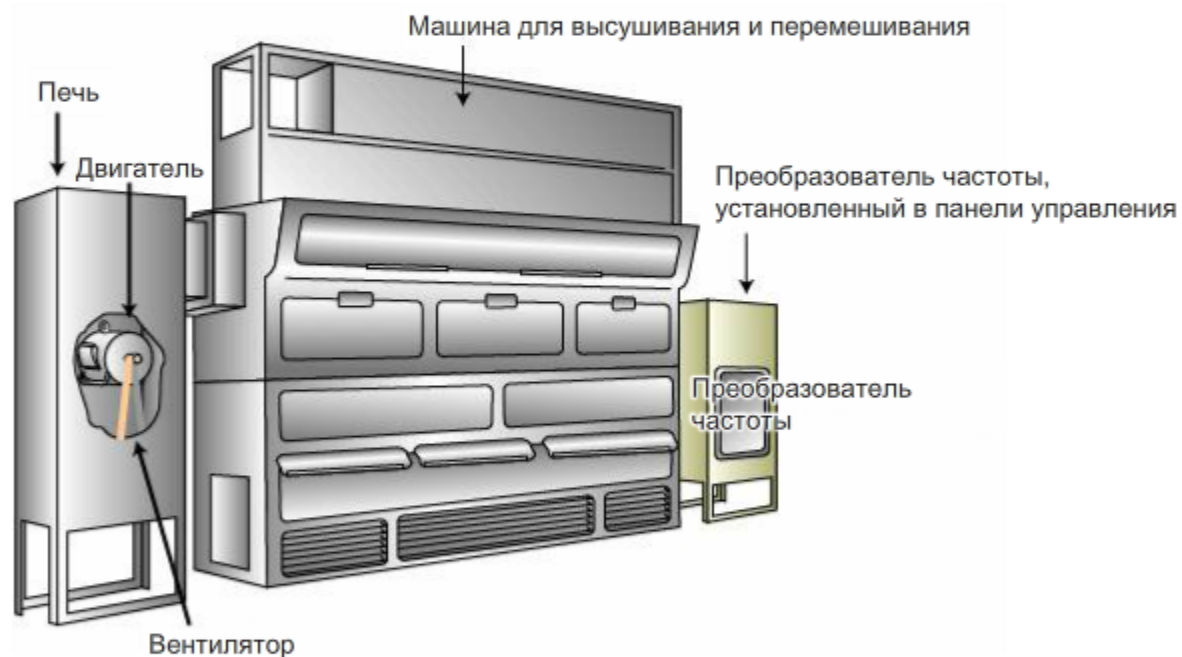


1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Машина по переработке чая:

Обоснование
использования
преобразователей
частоты

- Могут использоваться для оптимизации частоты вращения вентилятора печи в зависимости от количества загруженного в машину чая.
- Могут использоваться для улучшения качества чая.



1.2 Практическое применение преобразователей частоты

[Управление станком]

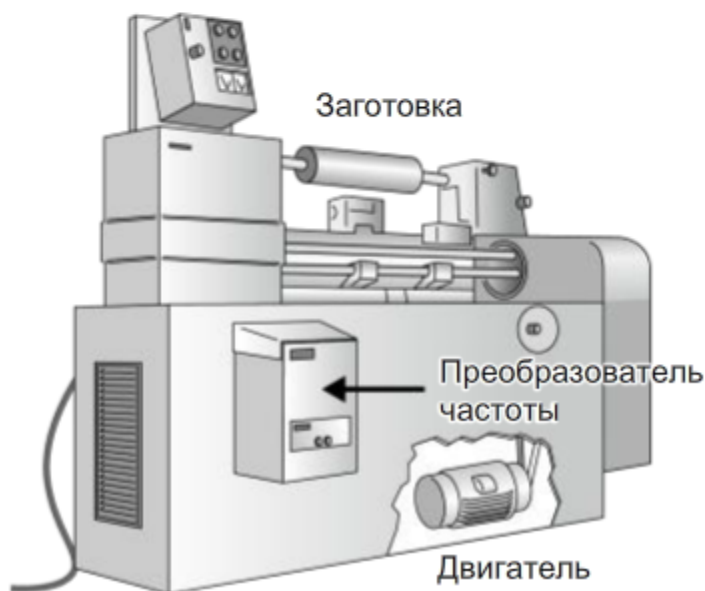
Преобразователи частоты часто используются на главных осях станков (фиксированная ось вокруг которой вращается заготовка или инструмент).

В частности, при необходимости точной механообработки может использоваться комбинация векторного преобразователя частоты и датчика положения (импульсного шифратора), которые будут останавливать главный вал в заданном положении (функция ориентации) и поддерживать постоянные обороты двигателя даже при изменении нагрузки, благодаря обратной связи от датчика.

Привод по главной оси станка:

Обоснование использования преобразователей частоты

- Ранее частота вращения по главной оси управлялась путем изменения оборотов шкива в ответ на различные размеры заготовок. При использовании преобразователя частоты механизм изменения оборотов можно упростить, что сделает механизм более компактным.
- Можно улучшить точность обработки заготовки благодаря точной регулировке оборотов главного вала.

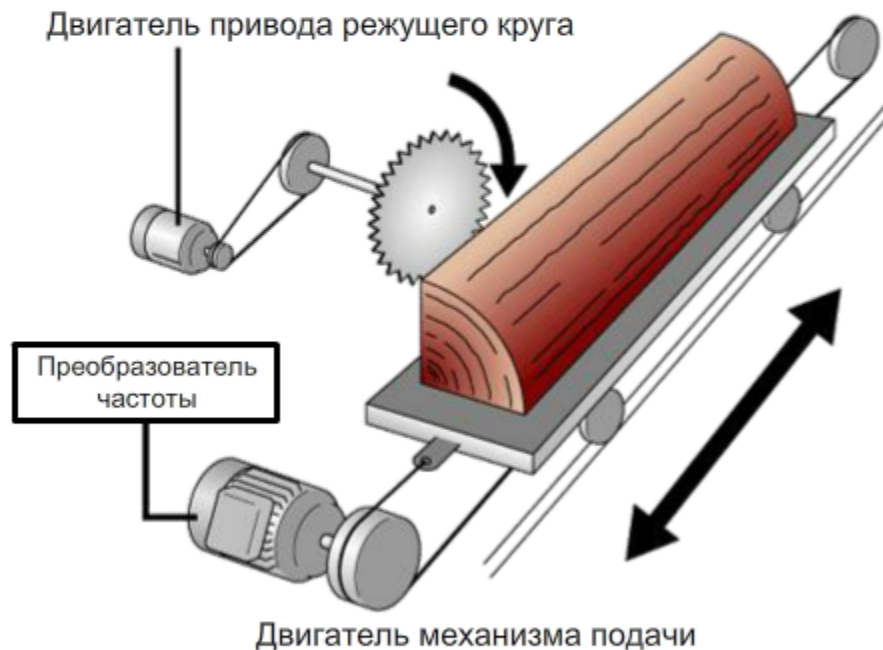


1.2 Практическое применение преобразователей частоты

Деревообрабатывающий станок:

Обоснование использования преобразователей частоты

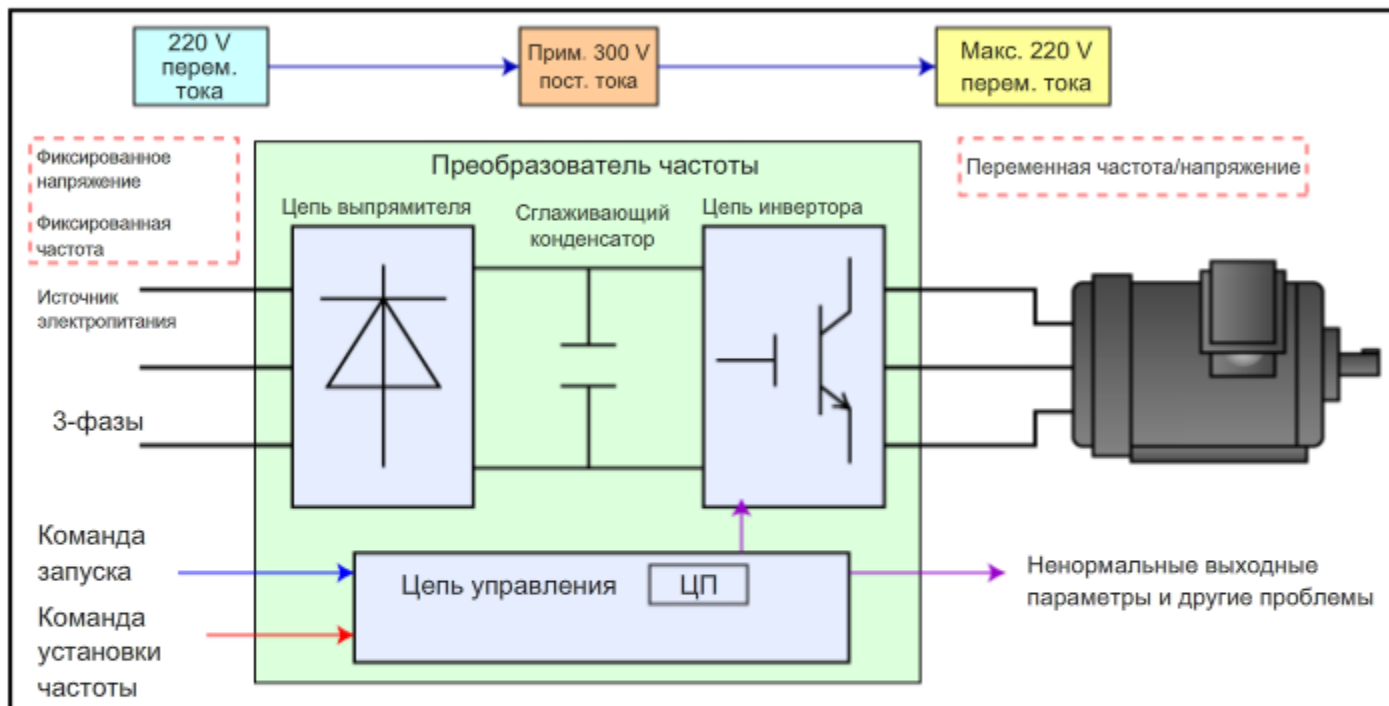
- Помогают улучшить эффективность резания древесины.
- Позволяют устанавливать оптимальную скорость каретки в соответствии с качеством древесины.
- Могут использоваться для повышения эксплуатационной эффективности и остановки каретки в заданном положении.
- Защищают режущий круг во время плавного пуска.



1.3 Устройство преобразователя частоты

Ниже показана схема преобразователя частоты, который позволяет плавно изменять фиксированную частоту сети электропитания.

По желанию я могу преобразовывать переменный ток в постоянный, за тем — назад в переменный!



[Обзор устройства преобразователя частоты]

Цепь выпрямителя	Преобразовывает переменный ток в постоянный. В ней используется полупроводниковый элемент — диод.
Сглаживающий конденсатор	Сглаживает пики постоянного тока, создаваемого цепью выпрямителя.
Цепь инвертора	Используется для создания напряжения переменного тока из постоянного. Это устройство, называемое "инвертором" имеет противоположное выпрямителю назначение. Используется для питания двигателя созданным переменным напряжением/частотой. Используются полупроводниковые переключающие элементы (БТИЗ или аналогичные компоненты), которые могут включаться и выключаться.
Цепь управления	Управляет контуром инвертора.

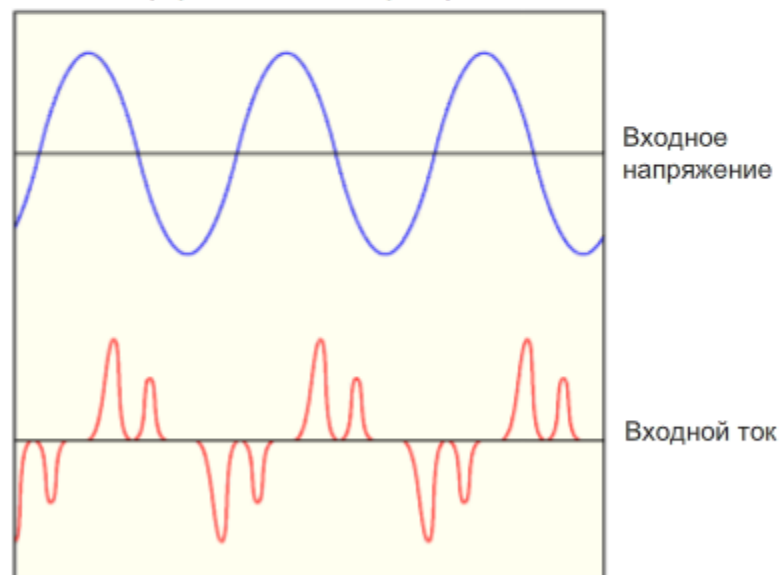
[Характеристики формы колебаний]

Какие будут различия между входными и выходными колебаниями при использовании преобразователя частоты?

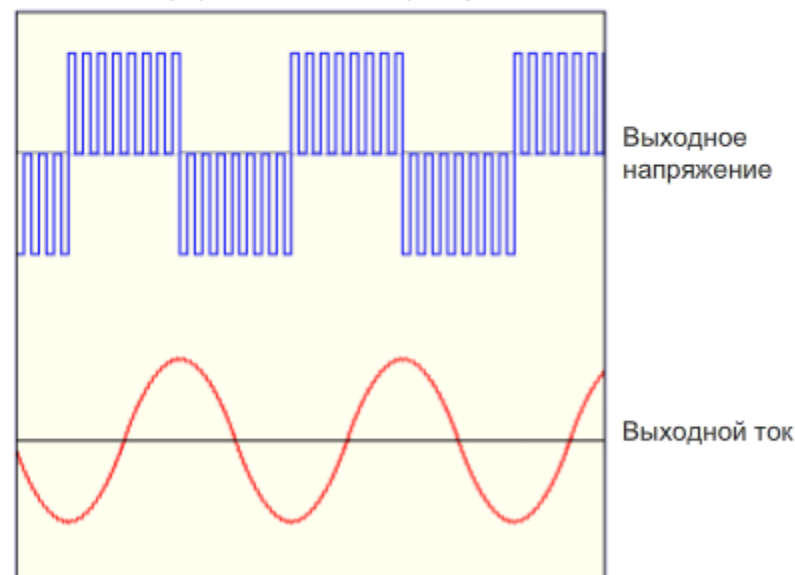
- Входной ток ... Форма кривой тока выглядит как "заячьи уши" [включает высокочастотные компоненты]
- Выходное напряжение ... Форма кривой похожа на набор полос (прямоугольников) [Включает высокочастотные компоненты и пики напряжения]

Такая форма кривой напряжения возникает вследствие операций переключения полупроводниковых элементов в инверторе.

Входная форма колебаний преобразователя частоты



Выходная форма колебаний преобразователя частоты



[Принципы работы блока выпрямителя]

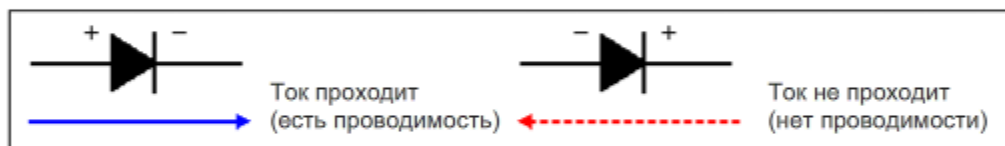
(а) Принципы работы блока выпрямителя

<Как создается напряжение постоянного тока из напряжения переменного тока (коммерческой) сети электропитания>

Давайте рассмотрим этот принцип на простом примере однофазного переменного тока. Для упрощения давайте будем использовать в этом примере нагрузку в виде резистора.

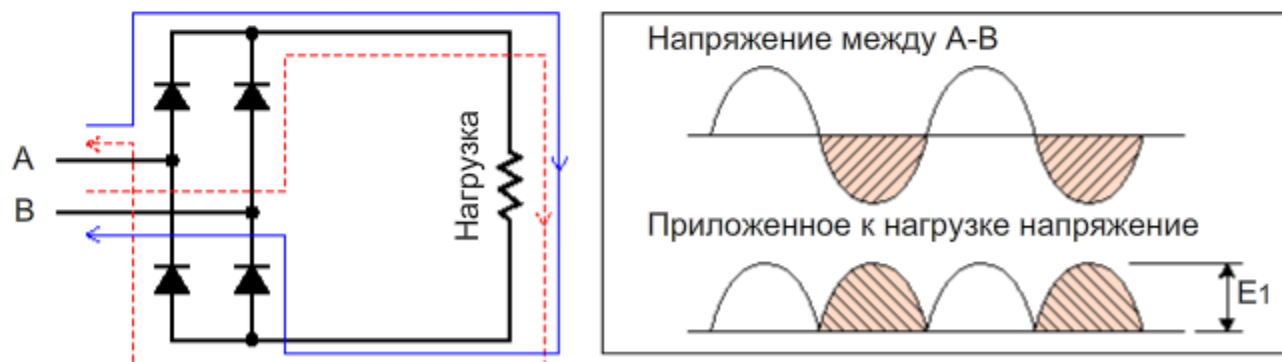
Используемый элемент — это диод.

Диод позволяет току проходить только в одном направлении в соответствии с приложенным к нему напряжением.



Благодаря этому свойству, при приложении напряжения между точками А и В в цепи выпрямителя, напряжение прикладывается к нагрузке в одном и том же направлении.

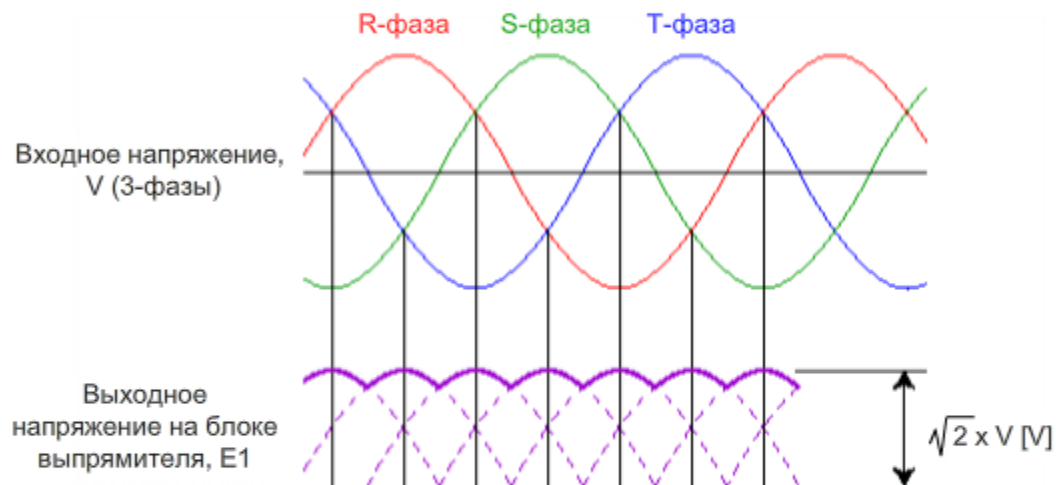
Другими словами, переменное напряжение преобразовывается (выпрямляется) в постоянное напряжение.



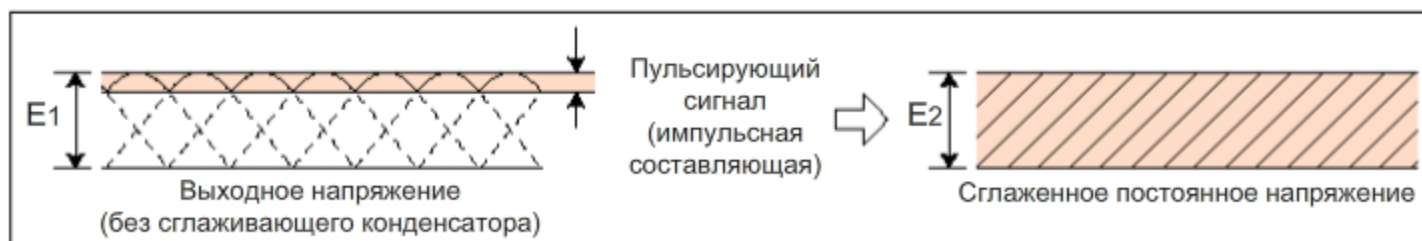
[Принципы работы блока выпрямителя]

(b) Принципы работы блока выпрямителя

Для выпрямления 3-фазного поступающего от источника питания переменного тока используется комбинация из шести диодов, которая создает выходное напряжение, показанное ниже на схеме.



(c) Принципы работы сглаживающего контура



[Принципы работы блока выпрямителя]

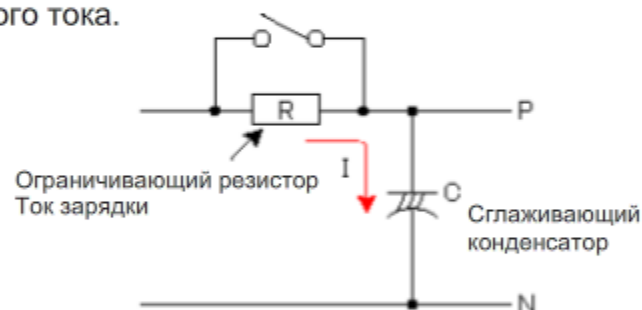
(d) Цепь ограничения бросков пускового тока

При объяснении принципа работы выпрямителя использовалась нагрузка в виде резистора. Однако в реальных установках в качестве нагрузки используется сглаживающий конденсатор.

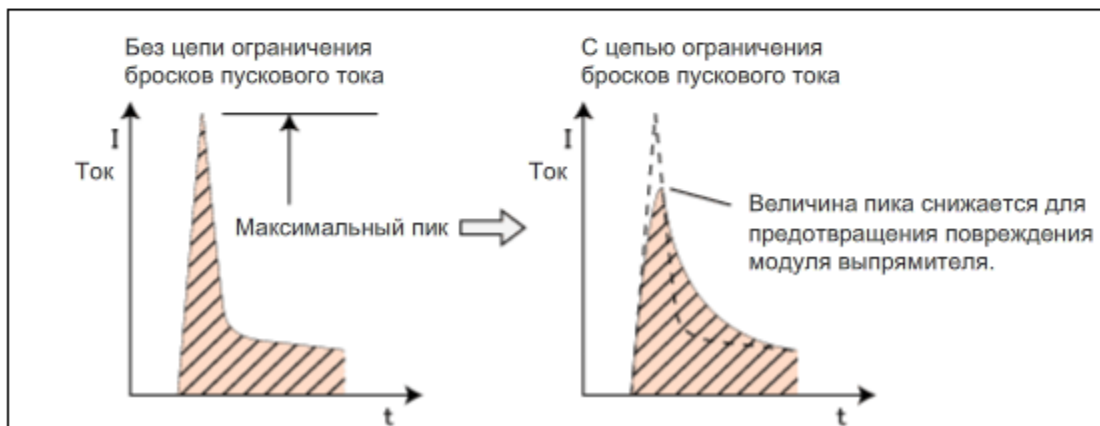
Сразу же после приложения напряжения, конденсатор начинает заряжаться, и через цепь начинает проходить большой пусковой ток.

Для предотвращения повреждения диодов выпрямителя таким большим пусковым током, в цепь последовательно установлен резистор, который ограничивает пусковой ток в течение короткого промежутка времени после включения.

После выполнения своей задачи контакты резистора замыкаются, что исключает его из электрической цепи. Такая цепь называется цепью ограничения бросков пускового тока.



При использовании цепи ограничения бросков пускового тока, пик тока уменьшается, что защищает модуль выпрямителя от повреждения.

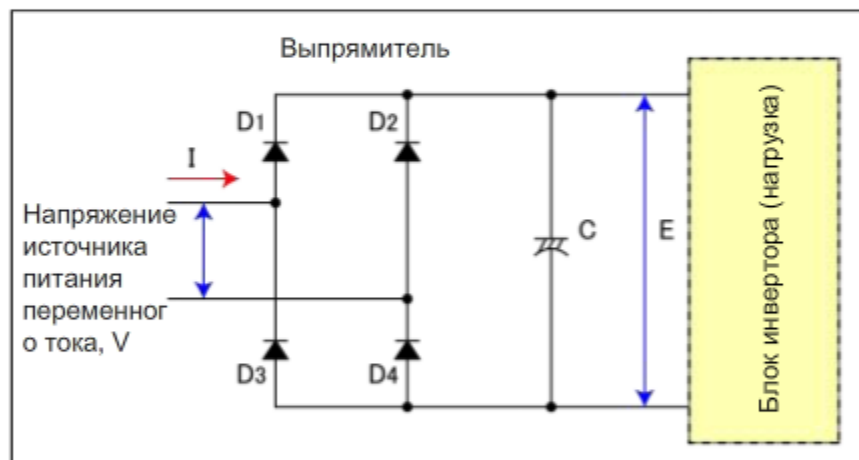
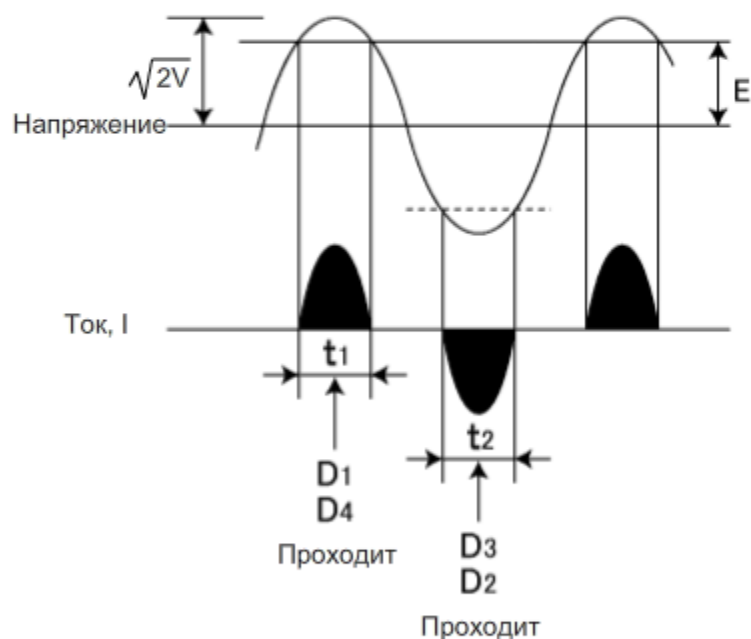


[Принципы работы блока выпрямителя]

(е) Форма входных колебаний при емкостной нагрузке

При объяснении принципа работы выпрямителя использовалась нагрузка в виде резистора. Однако в реальных установках в качестве нагрузки используется сглаживающий конденсатор.

Переменный входной ток в этом случае возникает только, если переменное напряжение превышает постоянное. В этом случае форма сигнала искажается, как показано на схеме. Она перестает быть синусоидальной.



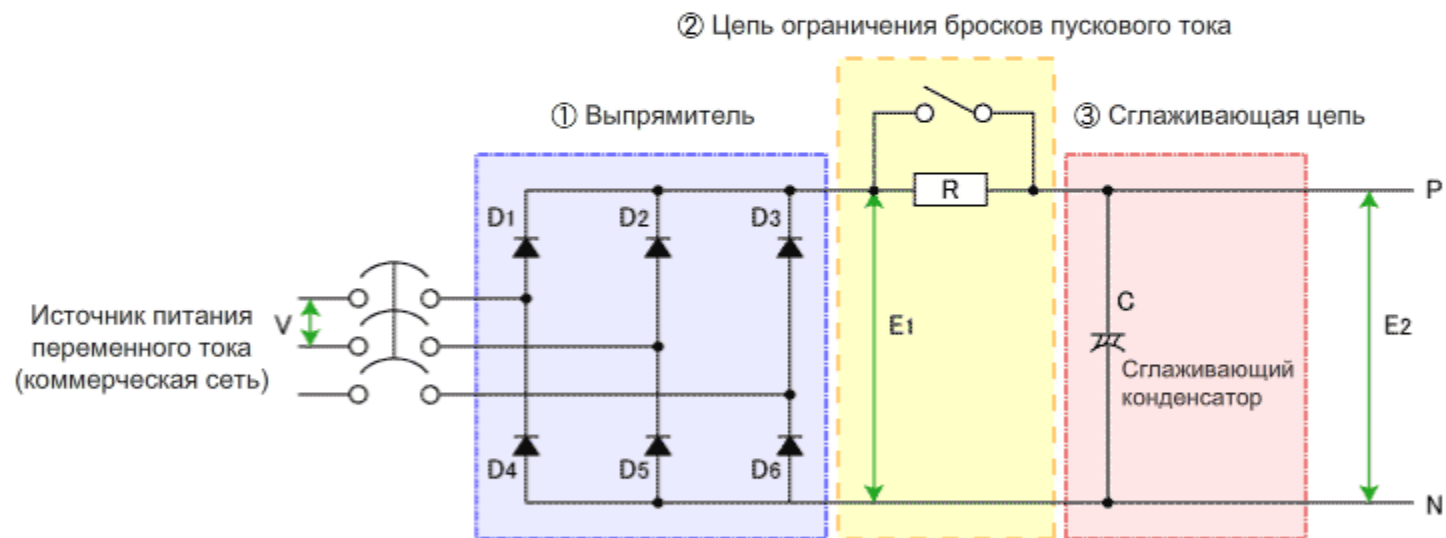
[Принципы работы блока выпрямителя]

<Резюме>

Принципы выпрямления

Как описано выше, блок выпрямителя включает следующие компоненты:

1. Выпрямитель
2. Цепь ограничения бросков пускового тока
3. Сглаживающая цепь



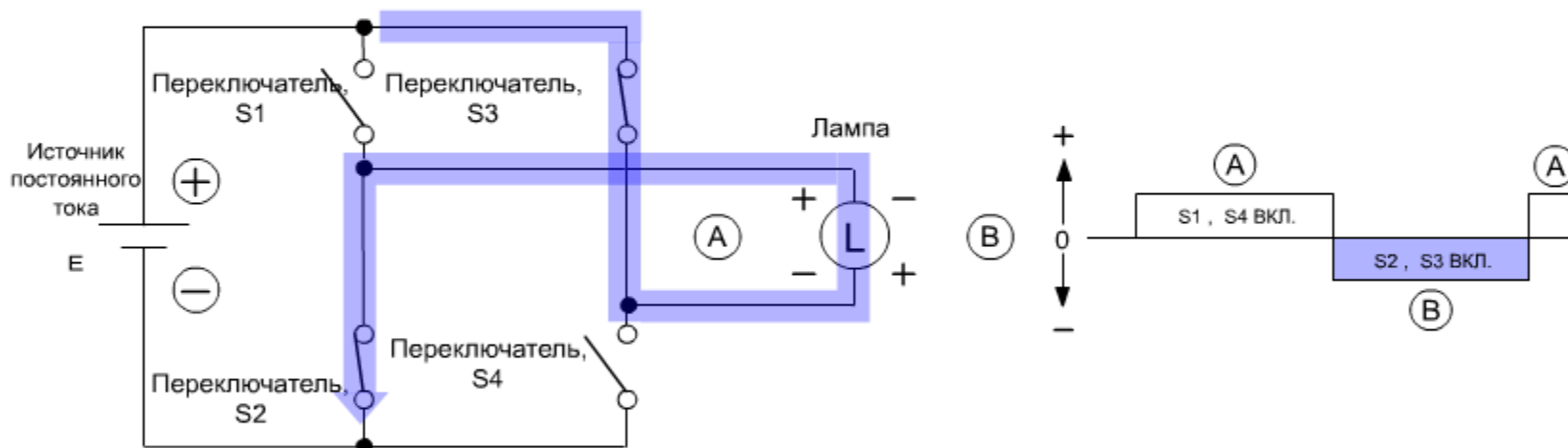
[Принципы работы блока инвертора]

(а) Как получить переменное напряжение из постоянного?

Давайте рассмотрим этот принцип на простом примере однофазного переменного тока.

Давайте опишем, как работает это устройство, используя в качестве нагрузки не двигатель, а лампу.

Четыре переключателя, от S1 по S4, подсоединены к источнику постоянного тока попарно: S1 и S4, S2 и S3. По мере переключения пар переключателей через лампу начинает проходить ток, как показано ниже на схеме.



Форма тока

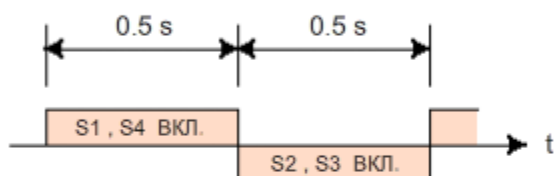
- Когда включаются переключатели S1 и S4, ток проходит через лампу в направлении А.
- Когда включаются переключатели S2 и S3, ток проходит через лампу в направлении В.

Если работа этих переключателей будет повторяться через определенный период, то попеременное изменение направления тока создаст переменный ток.

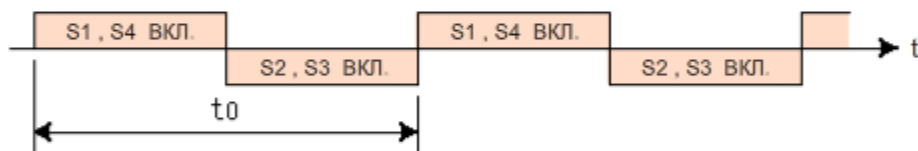
[Принципы работы блока инвертора]

(b) Как можно изменить частоту?

Частота будет изменяться по мере изменения промежутка времени между переключениями S1 — S4. Например, если мы попеременно включаем S1 и S4 на 0,5 с, а затем — S2 и S3 на 0,5 с, то мы создаем переменный ток, который изменяет направление один раз в секунду, что эквивалентно частоте в 1 Гц.



В общем случае, частота определяется как $f = 1/t_0$ (Гц), где t_0 — это время цикла в секундах.



Другими словами, частота будет изменяться вместе с изменением времени t_0 .

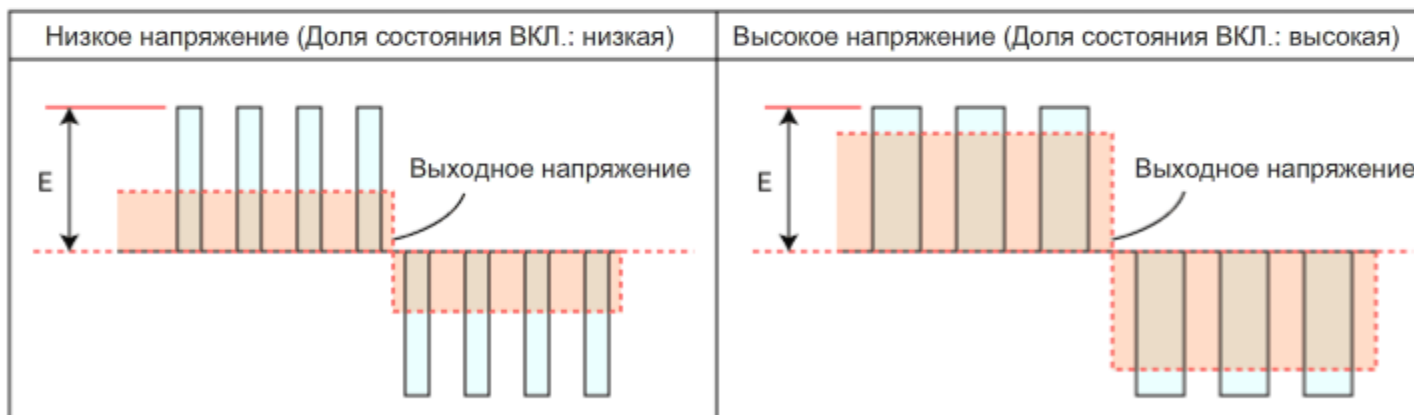
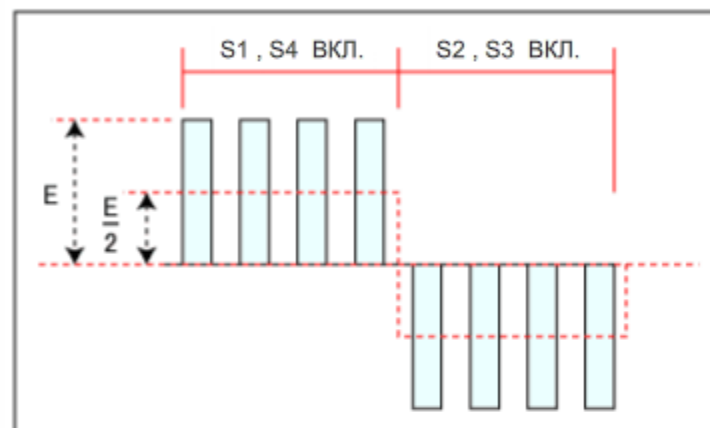
[Принципы работы блока инвертора]

(с) Как можно изменить напряжение?

Напряжение (среднее) можно изменить путем изменения временного соотношения включения/выключения переключателей, которое, в свою очередь, можно поменять путем изменения времени цикла — t_0 за счет сокращения времени переключения напряжения. Частота таких коротких импульсов называется несущей.

Например, если уменьшить наполовину время включения переключателей S1 и S4, то (среднее) выходное напряжение переменного тока будет равно $E/2$, т.е. половине напряжения постоянного тока, E .

Для снижения (среднего) напряжения необходимо снизить соотношение времени включения, а для повышения (среднего) напряжения — повысить.

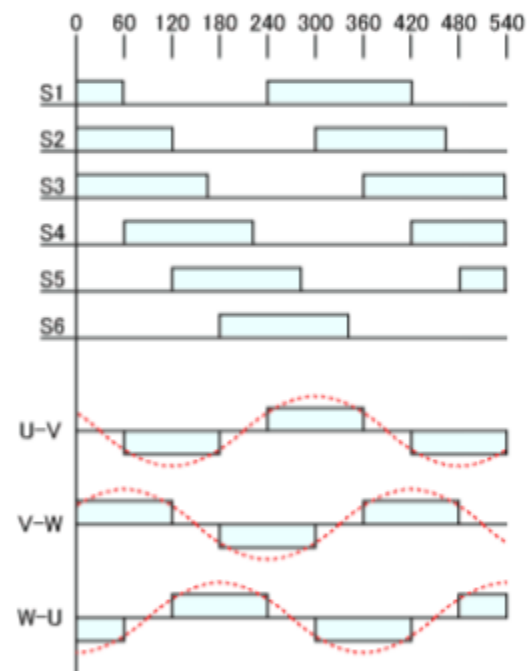
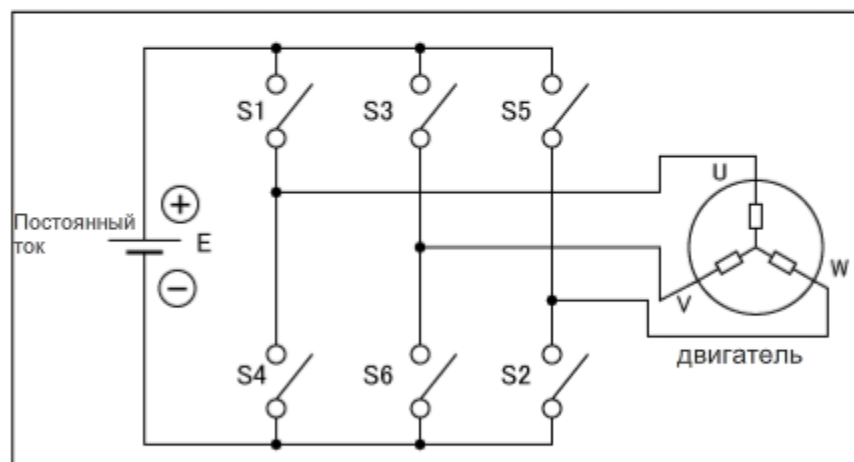


Ширина импульса и соотношение включения/выключения изменяются с целью контроля напряжения. Такой метод управления называется широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В настоящее время он наиболее часто используется в инверторах и других электронных компонентах.

[Принципы работы блока инвертора]

(d) А как быть с 3-фазным напряжением переменного тока?

На схеме внизу показана базовое устройство блока 3-фазного инвертора и 3-фазного напряжения переменного тока. Если вы измените порядок включения/выключения шести переключателей, то последовательность для U-V, V-W и W-U изменится. Это может использоваться для изменения направления вращения двигателя.



Обратите внимание, что переключающие напряжение полупроводниковые элементы, которые обсуждались выше, позволяют выполнять это переключение с исключительно высокой скоростью.

В 80-х годах двадцатого века единственным доступным преобразователем частоты общего назначения был преобразователь с контролем типа V/F (напряжение/частота). Однако, в 90-х годах прошлого века был представлен метод контроля без датчиков (оборотов), назначением которого было повышение крутящего момента в нижнем диапазоне контроля V/F.

Характеристики инверторов значительно повысились вследствие нововведений в оборудовании и технологиях контроля, включая использование полупроводников.

Векторное управление с генератором PLG начало применяться для асинхронных двигателей начиная с 90-х годов в тех областях применения, где требовалась высокая точность управления оборотами.

Ниже в таблице приводится список обычных методов управления преобразователями частоты, большинство из которых включает контроль оборотов.

В общих чертах помните, что по мере продвижения вправо по таблице, технические характеристики и точность будут расти с одновременным падением гибкости и экономической эффективности.

Для управления без датчиков, методы и названия могут различаться между производителями. Приведенный в таблице метод является собственной разработкой Mitsubishi Electric.

Метод управления	Управление характеристикой напряжение-частота (V/F)	Управление без датчиков		Векторное управление с PLG
		Управление с ориентацией по полю	Реальное бездатчиковое векторное управление	
Диапазон контроля оборотов	1 : 10 (от 6 Гц до 60 Гц: линии электропитания)	1 : 120 (от 0,5 Гц до 60 Гц: линии электропитания)	1 : 200 (от 0,3 Гц до 60 Гц: линии электропитания)	1 : 1500 (1 об./мин/1500 об./мин: линии электропитания с рекуперацией)
Реакция	от 10 до 20 (рад/с)	от 20 до 30 (рад/с)	120 (рад/с)	300 (рад/с)
Управление скоростью	(ДА)	(ДА)	(ДА)	(ДА)
Управление крутящим моментом	(НЕТ)	(НЕТ)	(ДА)	(ДА)
Управление положением	(НЕТ)	(НЕТ)	(НЕТ)	(ДА)
Краткое описание	Наиболее распространенный метод управления преобразователем частоты. Напряжение и частота поддерживаются на постоянном уровне.	Для устранения проблем с провалом крутящего момента на низких оборотах при управлении по типу V/F, используется метод управления, который корректирует выходное напряжение с помощью векторных расчетов для тока двигателя.	В стандартных двигателях без PLG управление осуществляется путем расчета и оценки оборотов двигателя на основании параметров двигателя и характеристики напряжения/ток.	В этом методе ток двигателя разделяется на ориентированные по полю компоненты и компоненты, создающие крутящий момент. Каждый из них контролируется независимо друг от друга. Это позволяет с высокой точностью и быстрой реакцией контролировать крутящий момент и положение.
Общее назначение	Данный метод является очень гибким при использовании со стандартными двигателями, которые имеют небольшое количество элементов управления.	Данный метод требует знания параметров двигателя, однако структура цепей остается сравнительно простой из-за небольшого количества элементов управления.	Данный метод требует знания параметров двигателя, а также настройки коэффициента усиления в системе управления.	Данный метод требует наличия двигателя с PLG, а также настройки коэффициента усиления в системе управления.
Доступные для использования двигатели	Стандартный двигатель (без PLG)	Стандартный двигатель (без PLG)	Стандартный двигатель (без PLG)	Стандартный двигатель (с PLG) Специальный двигатель с векторным управлением

Вы завершили все уроки курса "Оборудование промышленной автоматизации: преобразователи частоты. Курс для начинающих" и готовы пройти итоговый тест. Если вам непонятны какие-либо из охваченных тем, просмотрите их повторно.

В этом итоговом тесте всего 10 вопросов (21 ответ).

Проходить итоговый тест можно столько раз, сколько потребуется.

Набор баллов

Выбрав ответ, обязательно нажмите на кнопку **Засчитать**. В противном случае баллы не будут засчитаны. (Расценивается, как отсутствие ответа на вопрос.)

Итоговое количество баллов

На странице итогов отображаются количество правильных ответов, количество вопросов, процент правильных ответов и результат теста: пройден/не пройден.

Правильных ответов:	10
Всего вопросов:	10
Процент:	100%

Для прохождения теста необходимо не менее **60%** правильных ответов.

Продолжить

Просмотреть

- Нажмите на кнопку **Продолжить**, чтобы завершить тест.
- Нажмите на кнопку **Просмотреть**, чтобы просмотреть тест. (Проверка правильных ответов)
- Нажмите на кнопку **Повторить**, чтобы пройти тест повторно.

Что такое преобразователь частоты?

Выберите правильное утверждение из приведенных ниже описаний.

- Преобразователь частоты — это устройство, которое может использоваться для непрерывного и эффективного изменения по своему усмотрению выходного крутящего момента двигателя.
- Преобразователь частоты — это устройство, которое может использоваться для непрерывного и эффективного изменения по своему усмотрению частоты вращения двигателя.
- Преобразователь частоты — это устройство, которое может использоваться для запуска и прекращения вращения двигателя.

Засчитать

Назад

Двигатели, используемые с промышленными преобразователями частоты

Выберите тип двигателя, который используется с промышленными преобразователями частоты.

- Двигатель постоянного тока
- Однофазный асинхронный двигатель
- 3-фазный (асинхронный) двигатель с короткозамкнутым ротором
- Синхронный серводвигатель

Засчитать

Назад

Частота вращения 3-фазного двигателя

Заполните пропуски, выделенные скобками в приведенных ниже описаниях того, как преобразователи частоты используются для управления частотой вращения двигателя.

Частота вращения 3-фазного двигателя прямо пропорциональна и обратно пропорциональна у двигателя.

Для регулировки частоты вращения двигателя из двух данных свойств преобразователь частоты произвольно изменяет .

Создаваемый двигателем крутящий момент

Заполните пропуски в формулах для расчета величины крутящего момента, создаваемого двигателем, соответствующими терминами.

Номинальный крутящий момент, $T_m = 9550 \times$

/ (Н•м)

Практическое применение преобразователей частоты

Выберите правильное утверждение или утверждения из описаний того, как выполняется управление объемным расходом воздуха или скоростью потока (может быть более одного правильного утверждения).

- Для уменьшения объемного расхода воздуха частота вращения двигателя должна быть увеличена.
- Для уменьшения объемного расхода воздуха частота вращения двигателя должна быть уменьшена.
- Энергия экономится при малом объемном расходе воздуха.
- Объемный расход воздуха не оказывает эффект на использование энергии.

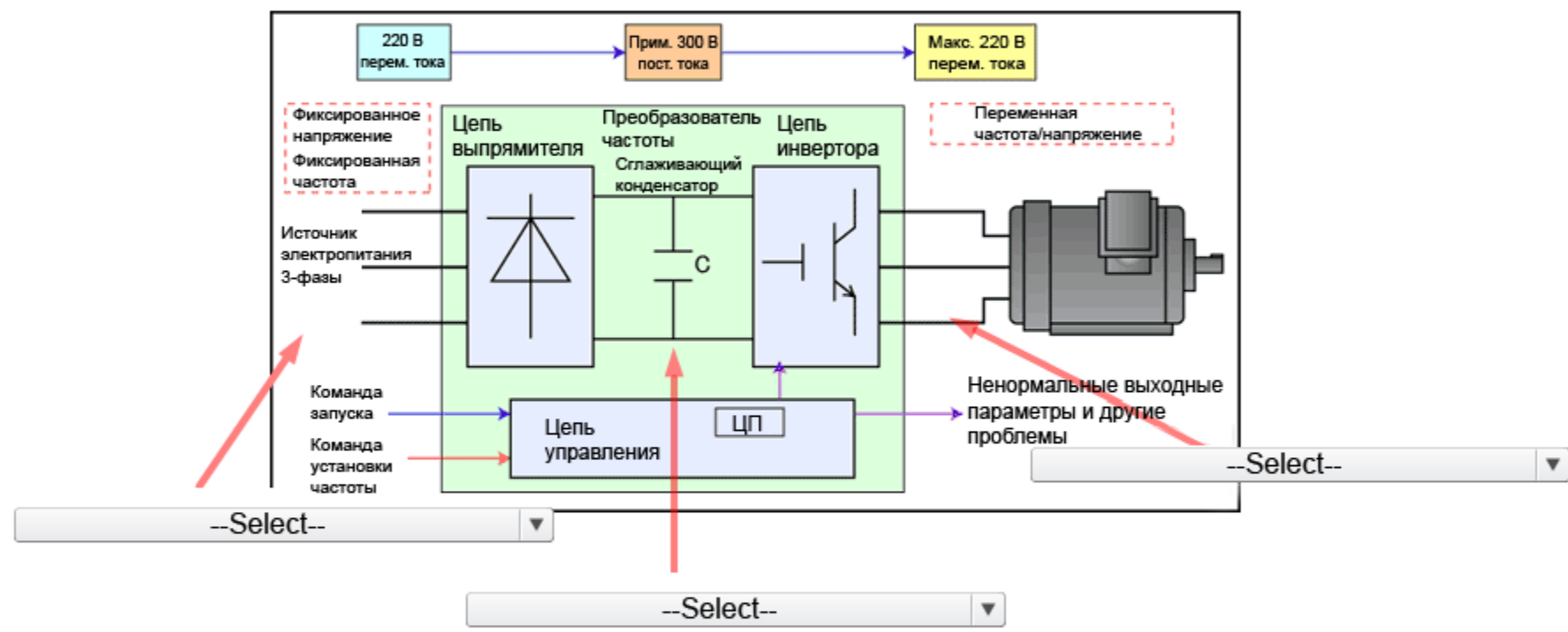
Test

Итоговый тест 6



Внутреннее устройство преобразователя частоты

Заполните пропуски в описании внутреннего устройства преобразователя частоты соответствующими терминами.



Засчитать

Назад

Test

Итоговый тест 7



Цепь внутри преобразователя напряжения, которая превращает переменный ток в постоянный.

Выберите среди описаний цепь, которая используется для преобразования напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока.

--Select--

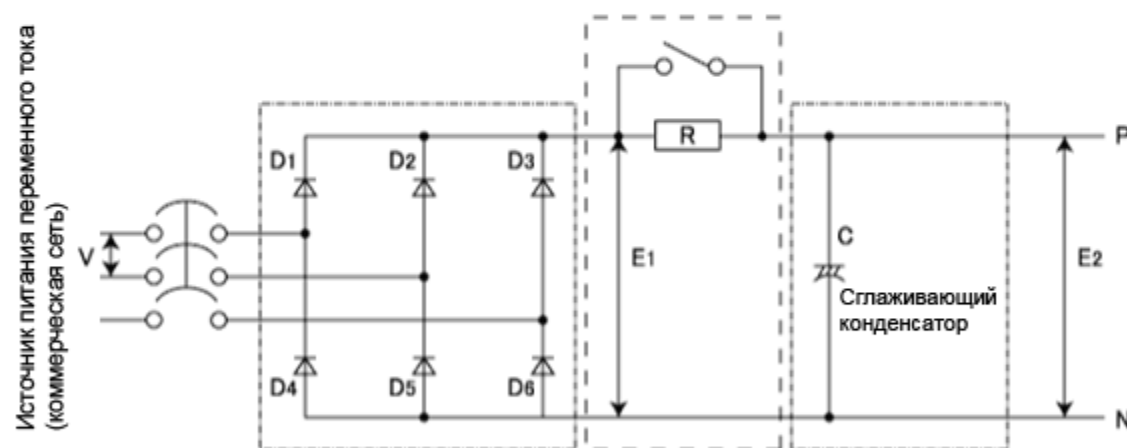
Напряжение источника переменного тока выпрямляется и превращается в напряжение постоянного тока.

--Select--

Удаляются импульсные составляющие из выпрямленного напряжения постоянного тока.

--Select--

Предотвращает прохождение высокого пускового тока через цепь при включении источника питания.



Засчитать

Назад

Цепь внутри преобразователя напряжения, которая превращает постоянный ток в переменный.

Выберите правильное утверждение о преобразовании постоянного тока в переменный.

- Напряжение постоянного тока включается и выключается с помощью контактов реле.
- Напряжение постоянного тока включается и выключается с помощью полупроводниковых компонентов (транзисторов и т.п.).
- Напряжение постоянного тока включается и выключается с помощью сглаживающих конденсаторов.

Засчитать

Назад

Метод, который используется для изменения частоты переменного тока.

Заполните пропуски подходящими терминами в описании того, как создается переменный ток с переменной частотой.

Частота изменяется путем изменения включения/выключения переключателей.

Выходное напряжение изменяется путем изменения включения/выключения переключателей.

Преимущества использования преобразователей напряжения

Выберите элементы, которые описывают преимущества использования преобразователей частоты в составе оборудования.

--Select--

Преобразователи частоты могут использоваться для снижения энергопотребления путем регулировки объемного расхода воздуха и скорости потока.

--Select--

Использование преобразователей частоты делает ненужными такие части механизмов, как ременные вариаторы скорости.

--Select--

Преобразователи частоты могут использоваться для ослабления ударных нагрузок на механизмы во время их запуска или остановки.

--Select--

Преобразователи частоты могут использоваться с уже установленными на оборудовании двигателями.

Засчитать

Назад

Вы закончили прохождение итогового теста. Ниже указаны результаты теста.
Для завершения итогового теста перейдите к следующей странице.

Правильных ответов: 10

Всего вопросов: 10

Процент: 100%

Продолжить

Просмотреть

Поздравляем. Вы прошли тест.

Вы завершили курс **Промышленная автоматика для начинающих: преобразователи частоты.**

Благодарим вас за прохождение этого курса.

Надеемся, что вам понравились уроки и полученная при прохождении курса информация пригодится вам при настройке соответствующих систем.

Вы можете повторно просматривать этот курс столько, сколько потребуется.

Просмотреть

Закреть