

Жиілік түрлендіргіштері. Тікелей және
жанама жиілік түрлендіргіштері

Частотный преобразователь (или преобразователь частоты) — это устройство, которое позволяет изменять частоту переменного тока, подаваемого на нагрузку. Он используется в различных приложениях для регулировки скорости вращения асинхронных и синхронных двигателей, а также для управления другими электрическими системами, где важен контроль за частотой.

Частотные преобразователи могут быть классифицированы по разным признакам, включая принцип работы и конструкцию. Одним из ключевых отличий является то, как преобразователь работает с сигналом (первичным переменным током).

Типы частотных преобразователей

1.Прямые частотные преобразователи (циклоконвертеры): Прямые преобразователи преобразуют переменный ток (АС) на входе в переменный ток с другой частотой на выходе без промежуточного этапа выпрямления в постоянный ток.

2.Принцип работы:

1. Входной переменный ток преобразуется в выходной переменный ток непосредственно.
2. Применяется управление с помощью тиристоров или других полупроводниковых приборов.
3. Эти преобразователи не используют промежуточную выпрямляющую стадию, а изменения частоты происходят непосредственно.

3.Применение:

1. Используются в крупных установках, где требуется низкочастотное преобразование, например, в металлургии (управление валками).
2. Питание для асинхронных двигателей при низких частотах.

Преимущества:

- Простой и эффективный принцип работы.
- Применяются в мощных и высокоскоростных установках.

Недостатки:

- Ограниченный диапазон частот (обычно до 50 Гц).
- Высокие гармонические искажения.
- Требуют сложных фильтров для уменьшения искажений.

Косвенные частотные преобразователи (инверторные преобразователи): Эти преобразователи сначала выпрямляют переменный ток в постоянный, а затем преобразуют постоянный ток обратно в переменный с регулируемой частотой.

Принцип работы:

1. Переменный ток на входе преобразуется в постоянный (AC $\rightarrow$ DC).
2. Постоянное напряжение сглаживается (с помощью конденсаторов или индуктивностей).
3. Затем преобразуется обратно в переменный ток с нужной частотой и амплитудой (DC $\rightarrow$ AC).

Применение:

- Часто используются в промышленных системах управления двигателями, например, в насосах, вентиляторах, кондиционерах и системах HVAC.
- Используются для питания синхронных и асинхронных двигателей.

Преимущества:

- Более широкий диапазон частот (от 0 до 400 Гц и более).
- Высокая точность контроля выходной частоты.
- Низкий уровень гармонических искажений благодаря использованию фильтров и методов ШИМ.

Недостатки:

- Более сложная конструкция.
- Стоимость оборудования выше из-за дополнительного оборудования (например, фильтры, транзисторы).

Основные функции частотного преобразователя

- 1. Регулирование скорости вращения двигателя:** Частота питающего напряжения определяет скорость вращения асинхронного двигателя. Увеличение или уменьшение частоты позволяет изменять скорость двигателя.
- 2. Контроль момента:** Частотные преобразователи позволяют обеспечивать необходимый момент вращения, даже при низкой скорости, что важно для многих технологических процессов.
- 3. Энергосбережение:** Частотные преобразователи позволяют избежать потерь энергии, которые возникают при использовании механических способов регулировки скорости, например, дросселирования.
- 4. Защита двигателя:** Устройство защищает двигатель от перегрузок, перегрева, короткого замыкания и других аварийных ситуаций.

Принцип работы частотного преобразователя

Частотный преобразователь состоит из нескольких ключевых этапов преобразования энергии:

1. Выпрямитель (AC/DC):

- Преобразует переменное напряжение сети в постоянное.
- Используются диоды или тиристоры для формирования постоянного напряжения.

2. Интермедиатная цепь (звено постоянного тока):

- Постоянное напряжение сглаживается с помощью конденсаторов или фильтров. На этом этапе устраняются колебания и пульсации.
- В этой части может применяться управление запасенной энергией, что позволяет компенсировать нестабильность питающей сети.

3. Инвертор (DC/AC):

- Преобразует постоянное напряжение обратно в переменное с требуемой частотой и амплитудой.
- В качестве силовых ключей применяются транзисторы IGBT, MOSFET или тиристоры.
- Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) используется для формирования синусоидального выходного напряжения с заданной частотой.

Типы частотных преобразователей

1. По принципу преобразования:

1. **Векторные преобразователи:** обеспечивают точный контроль момента и скорости, подходят для сложных промышленных процессов.
2. **Скалярные преобразователи:** регулируют частоту и напряжение без учета динамических параметров двигателя. Просты и дешевы.

2. По применению:

1. Преобразователи для насосов и вентиляторов (простое управление).
2. Приводы для лифтов (точность и плавность хода).
3. Приводы для конвейеров и станков (высокая точность управления).

3. По диапазону мощности:

1. Низкомощные (до 1 кВт): для бытовых нужд.
2. Средней мощности (1–500 кВт): для небольших промышленных применений.
3. Высокомощные (500+ кВт): для тяжелой промышленности, включая металлургию и энергетику.

Основные режимы работы

1. Управление частотой: Частотный преобразователь изменяет частоту выходного напряжения, что прямо пропорционально влияет на скорость вращения двигателя.

2. Регулирование напряжения: Для поддержания оптимальной работы двигателя частотный преобразователь автоматически изменяет амплитуду выходного напряжения в зависимости от частоты (V/f управление).

3. Торможение: При необходимости быстрой остановки двигателя энергия может возвращаться обратно в сеть (рекуперация) или рассеиваться через тормозной резистор.

Преимущества частотных преобразователей

- 1.Плавный пуск двигателя:** Уменьшается пусковой ток, что позволяет избежать механических нагрузок и электрических скачков.
- 2.Энергосбережение:** Особенно эффективно для насосов и вентиляторов, где требуется регулирование скорости в зависимости от нагрузки.
- 3.Универсальность:** Частотные преобразователи подходят для асинхронных, синхронных и даже постоянных двигателей.
- 4.Продление срока службы оборудования:** Плавное изменение частоты уменьшает износ механических частей.

Применение частотных преобразователей

1.Промышленность:

1. Управление конвейерами, насосами, вентиляторами, лифтами, станками.

2.Энергетика:

1. Управление насосами в гидроэлектростанциях, вентиляторами в ТЭЦ.

3.Транспорт:

1. Электропоезда, трамваи, метрополитен.

4.Быт:

1. Кондиционеры, отопительные системы, насосы для водоснабжения.

Недостатки

- 1.Стоимость:** Высокая цена частотных преобразователей по сравнению с механическими способами регулирования.
- 2.Сложность эксплуатации:** Требуется специальная настройка и обучение персонала.
- 3.Помехи:** Частотные преобразователи могут создавать электромагнитные помехи в сети, что требует применения фильтров.

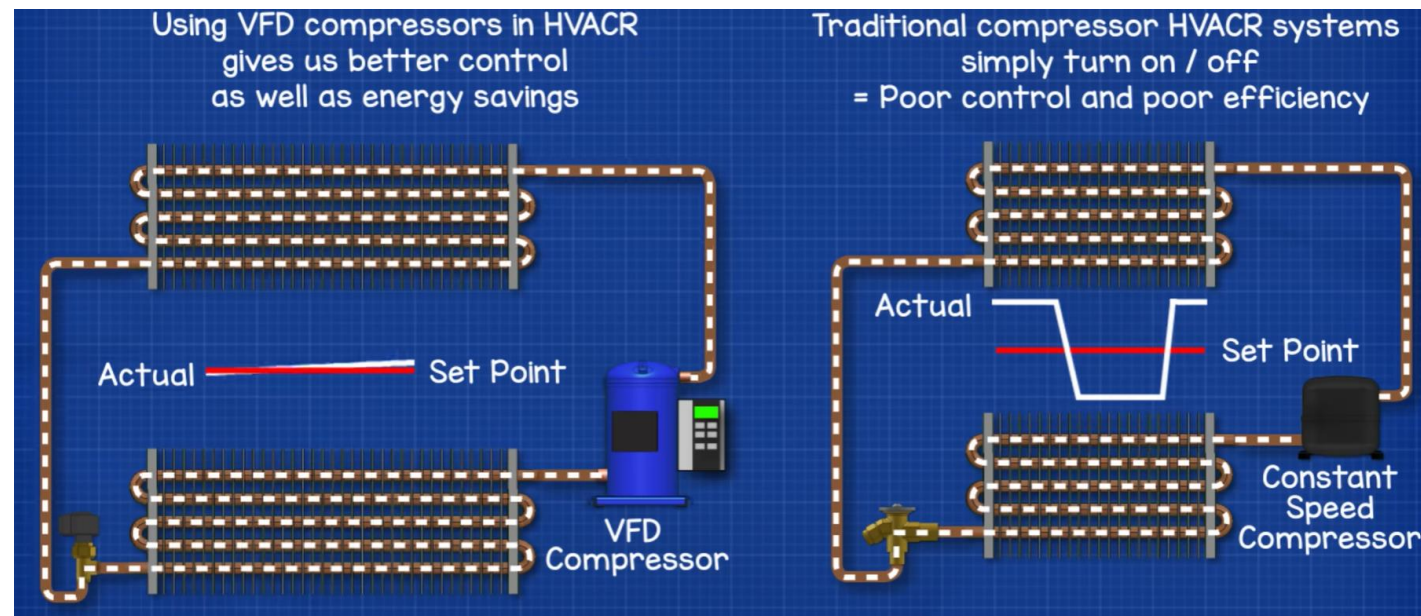
Преобразователь частоты (VFD) — это устройство, используемое для управления скоростью вращения асинхронного двигателя за счет изменения частоты подаваемого напряжения. Такие устройства также называют АС-драйвами или частотными приводами.



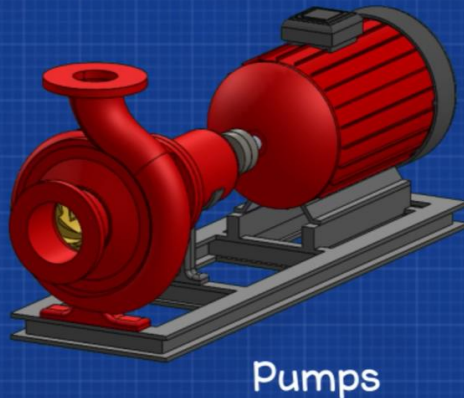
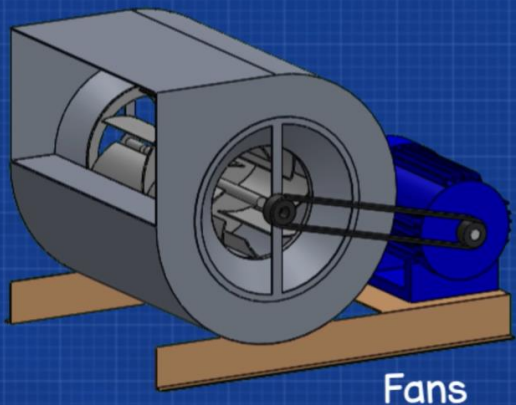
VFD широко применяются в различных отраслях промышленности, особенно в HVAC (системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Например, их используют для регулирования скорости компрессоров в холодильных системах, что позволяет точно соответствовать текущему спросу на охлаждение и существенно экономить энергию.



- Расшифровка: Variable Frequency Drive.
- Альтернативные названия: AC drives, variable speed drives.
- Основная функция: управление скоростью вращения АС-двигателя.
- Примеры применения:
 - Управление скоростью компрессора в системах охлаждения.
 - Управление насосами и вентиляторами в HVAC-системах.



We also commonly use VFD's in HVAC to control



Проблема традиционных методов

- Недостатки фиксированной скорости компрессоров:
 - Высокий пусковой ток.
 - Плохой контроль.
 - Низкая энергоэффективность.

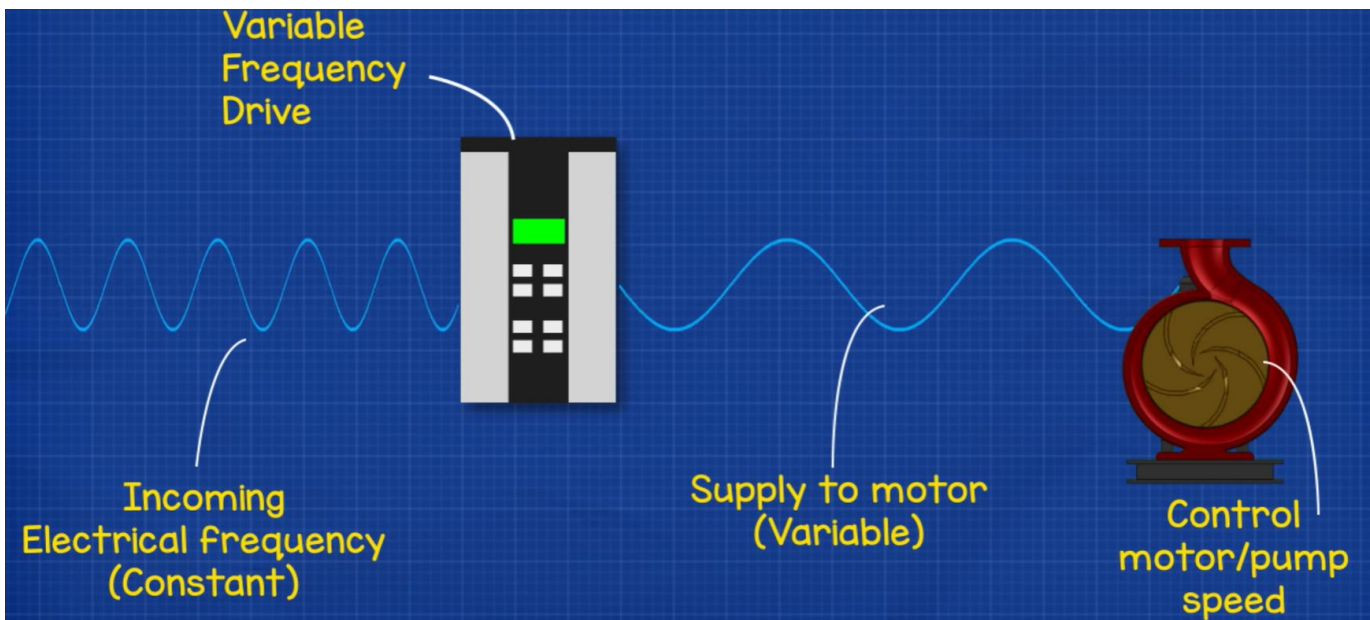
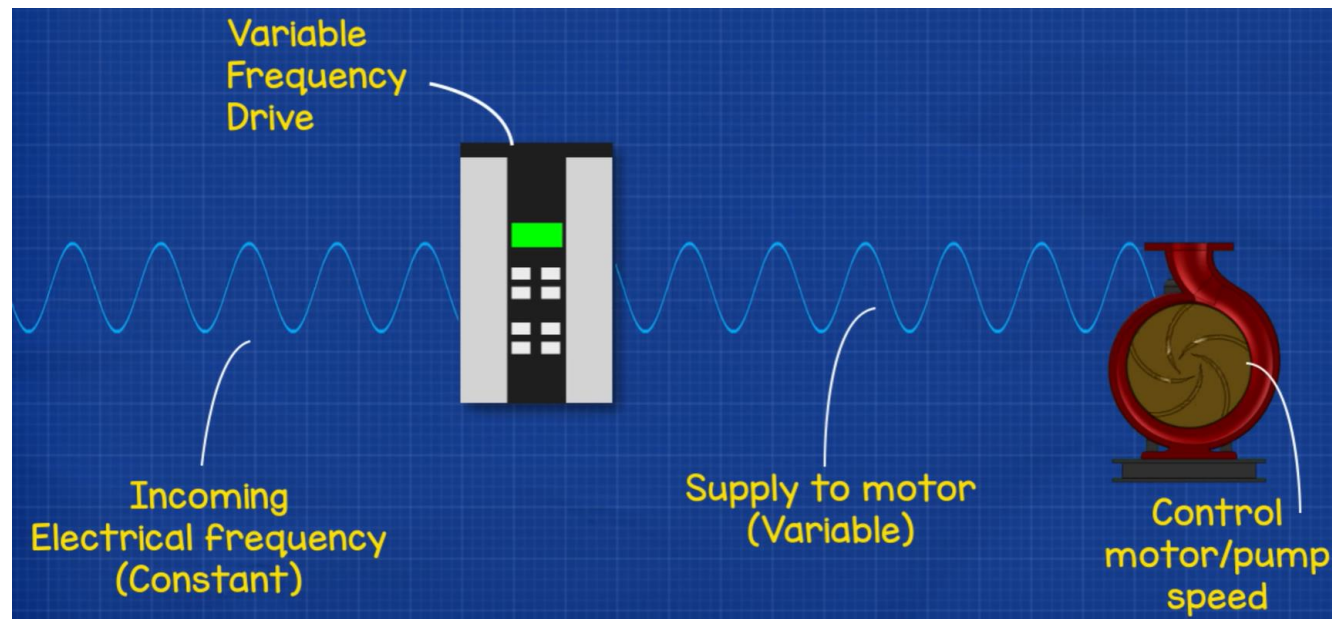
Принцип работы VFD

1. Основная идея

1. Изменение частоты электроэнергии для управления скоростью двигателя.

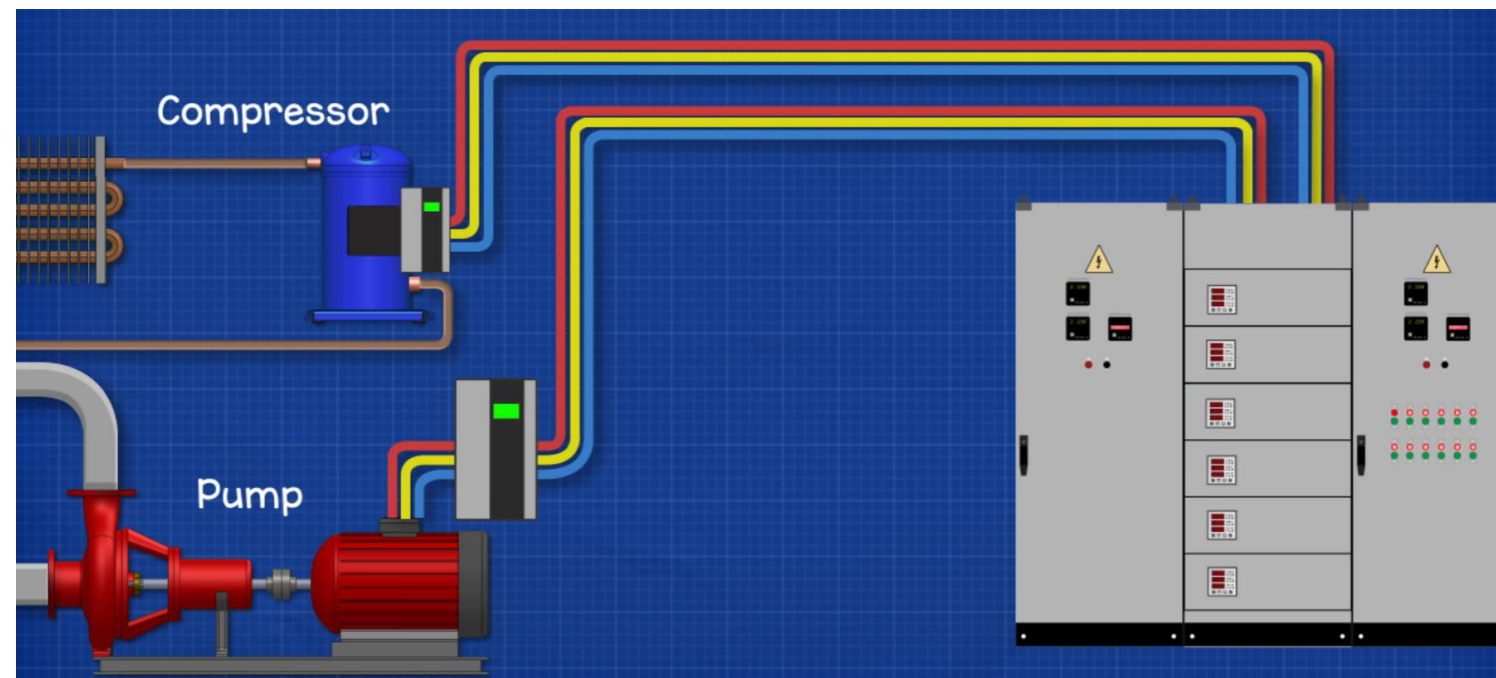
2. Основы электричества

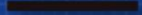
1. Разница между DC (постоянным током) и AC (переменным током).
 1. DC: односторонний поток электронов, плоская линия на осциллографе.
 2. AC: постоянное изменение направления потока, форма синусоиды.
2. Источник AC: генераторы с вращающимся магнитом.



Частота и фазы электричества

- Определение частоты (Гц) — сколько раз синусоида повторяется за секунду.
- Различия в стандартах: 50 Гц (Европа) и 60 Гц (США).
- Разница между однофазным и трехфазным током:
 - Трехфазный ток: три синусоиды с фазовым сдвигом.
 - Преимущество трех фаз: более равномерная подача мощности.

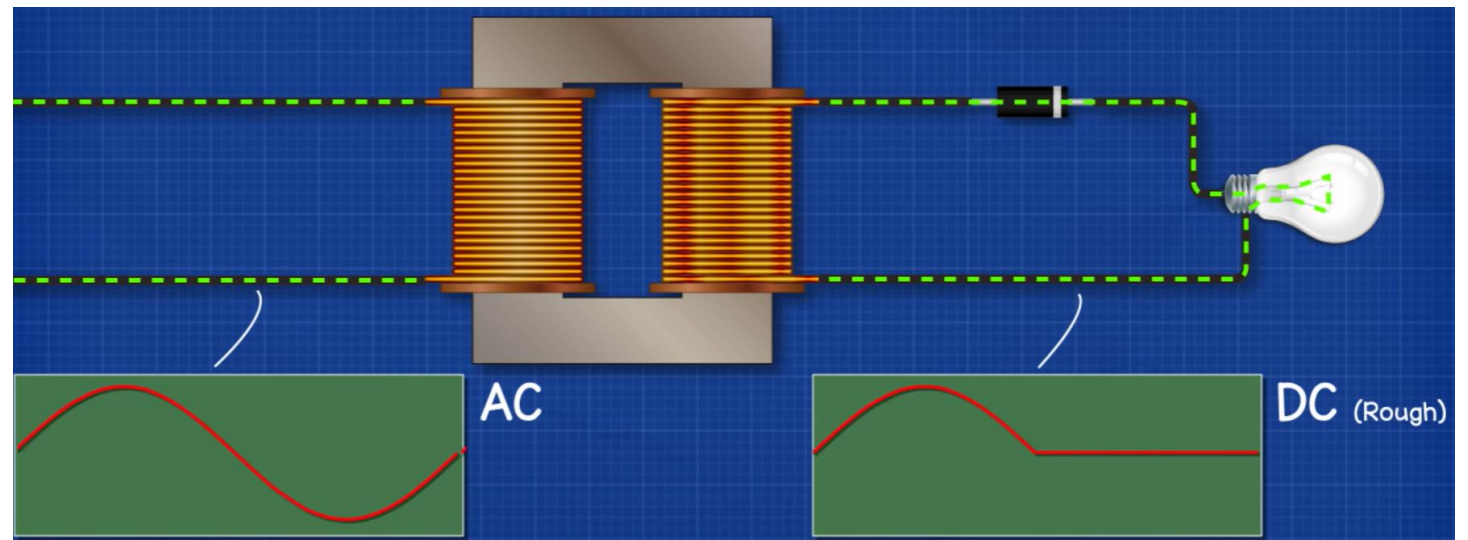
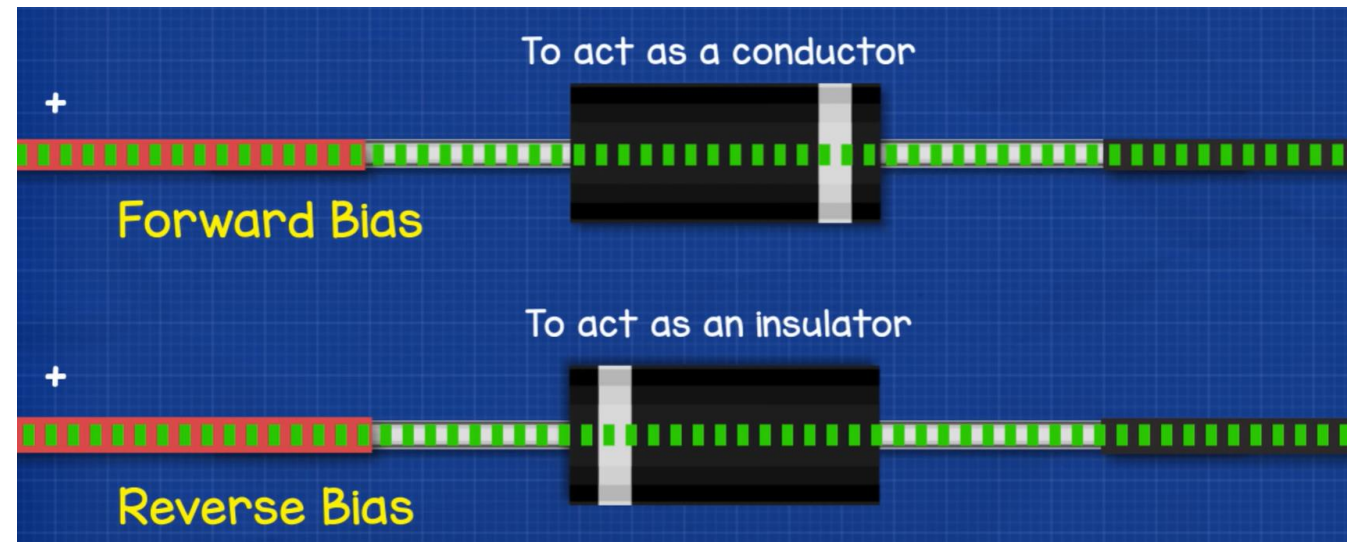
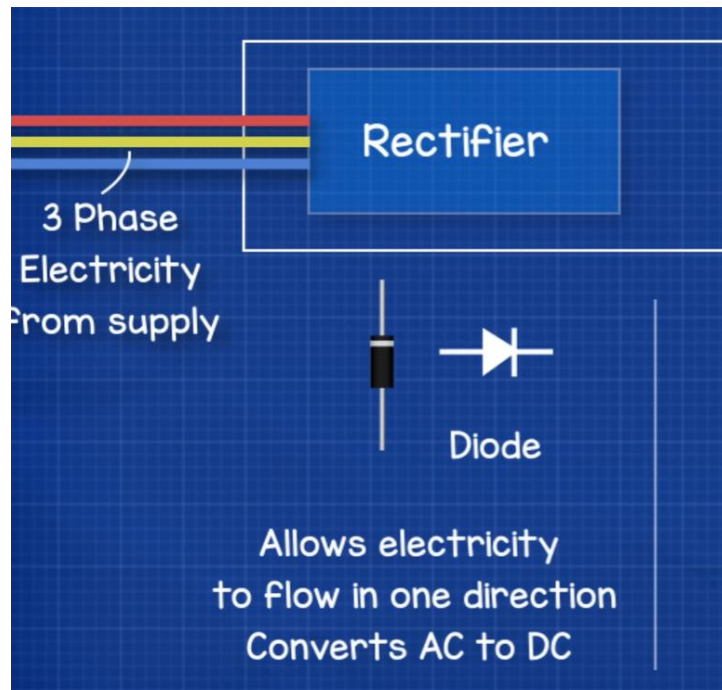


						
Phase 1						
Phase 2						
Phase 3						
Phase 1						
Phase 2						
Phase 3						
			   Old Colours			

Структура VFD

Входная часть: Преобразователь (Rectifier)

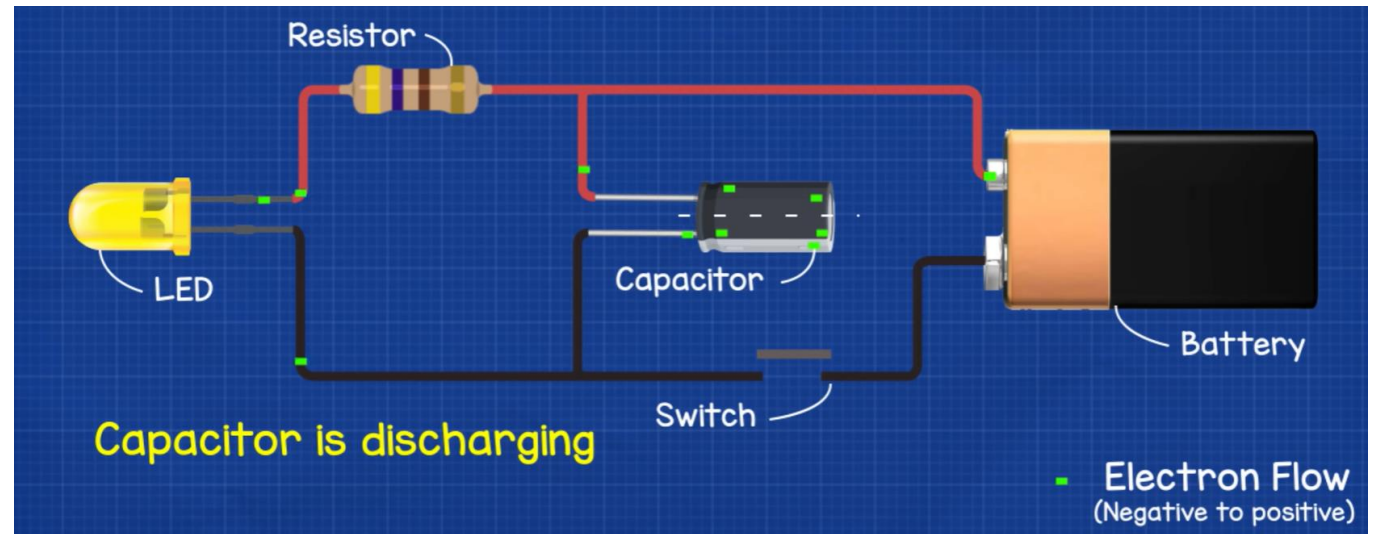
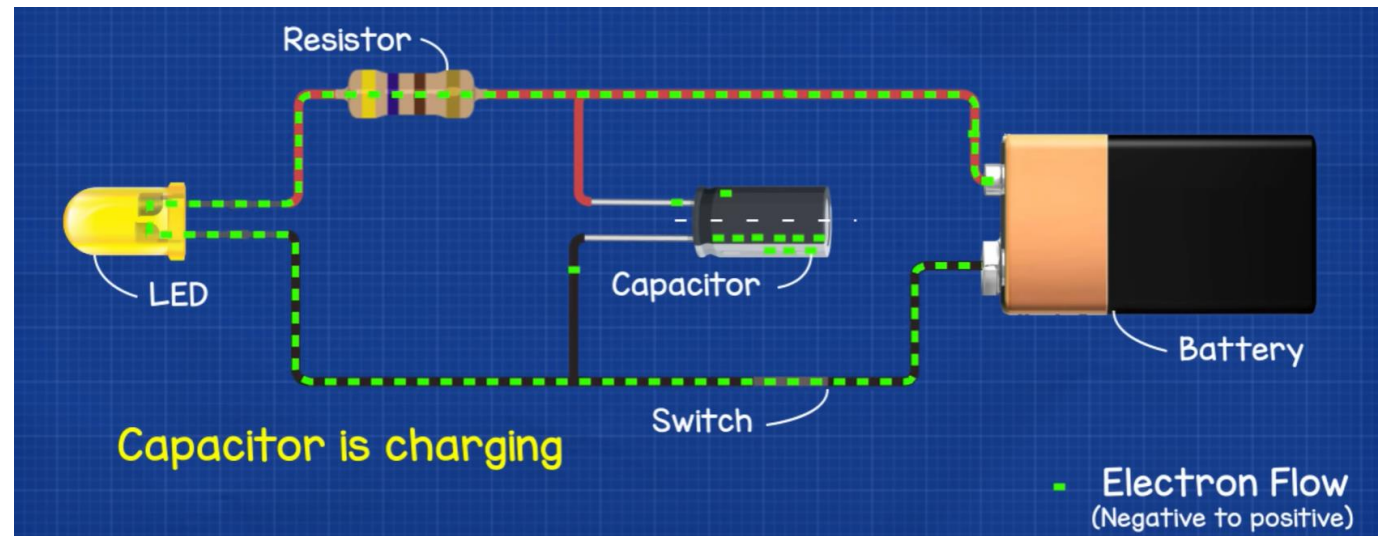
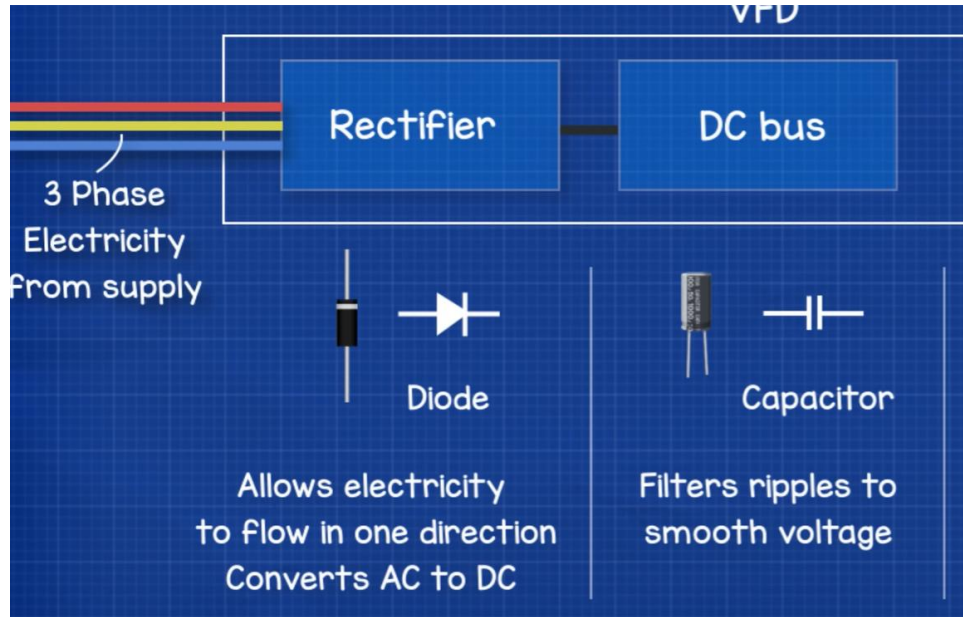
1. Используются диоды для преобразования AC в DC.
2. Объяснение потока тока через диоды.
3. Результат: "грубый" постоянный ток с пульсациями.



Структура VFD

DC-шина (DC Bus)

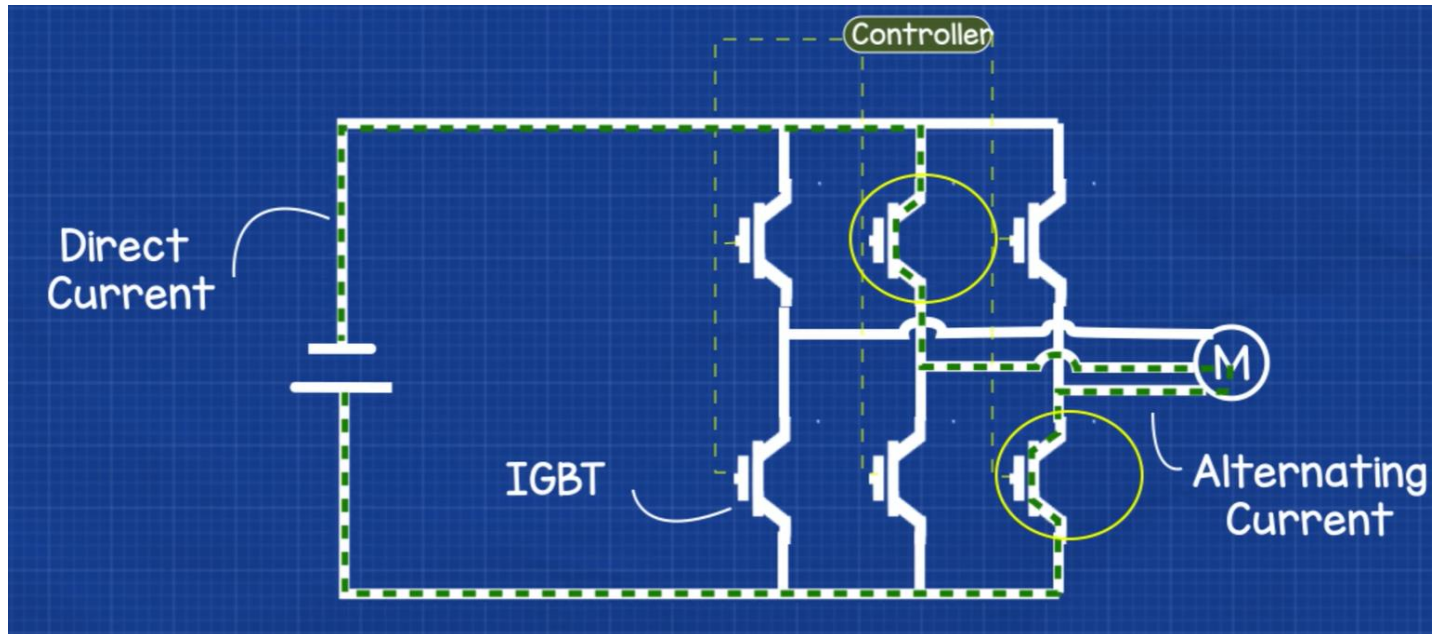
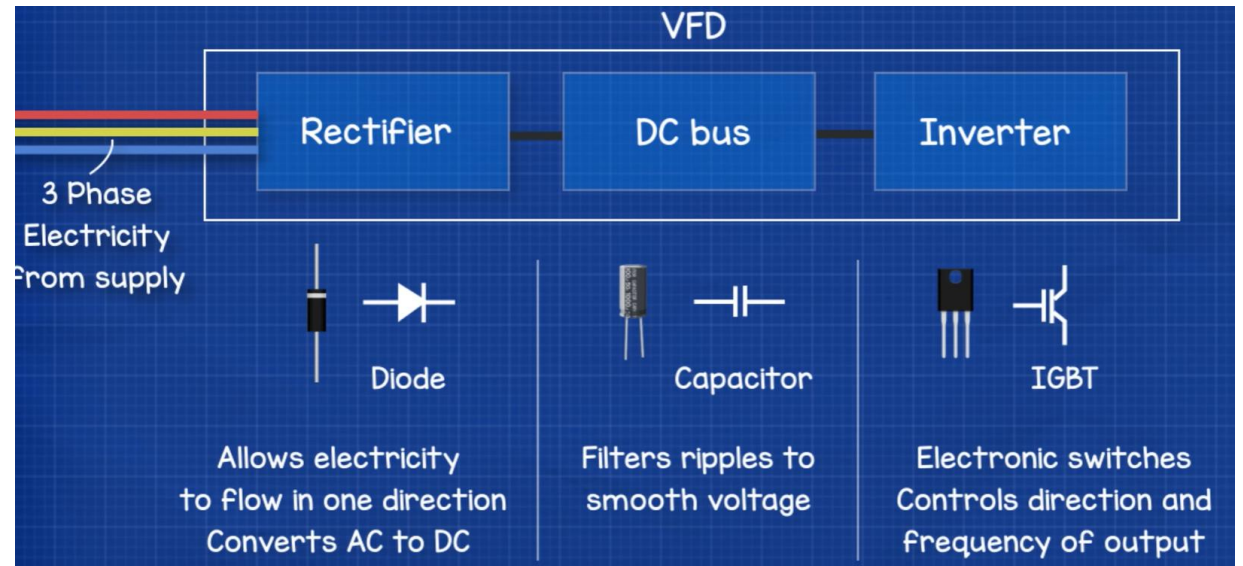
1. Используются конденсаторы или индуктивности для сглаживания пульсаций.
2. Итог: чистый, стабильный DC-ток.



Структура VFD

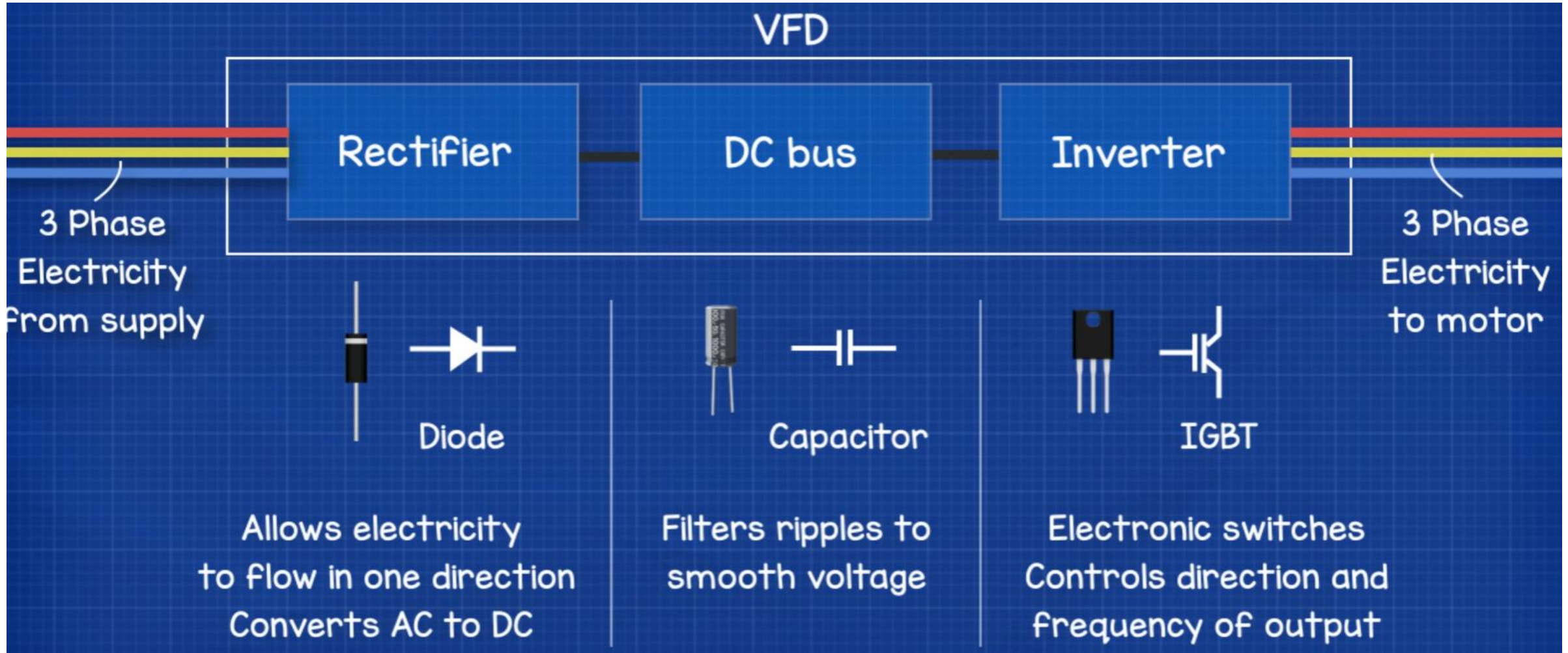
Инвертор

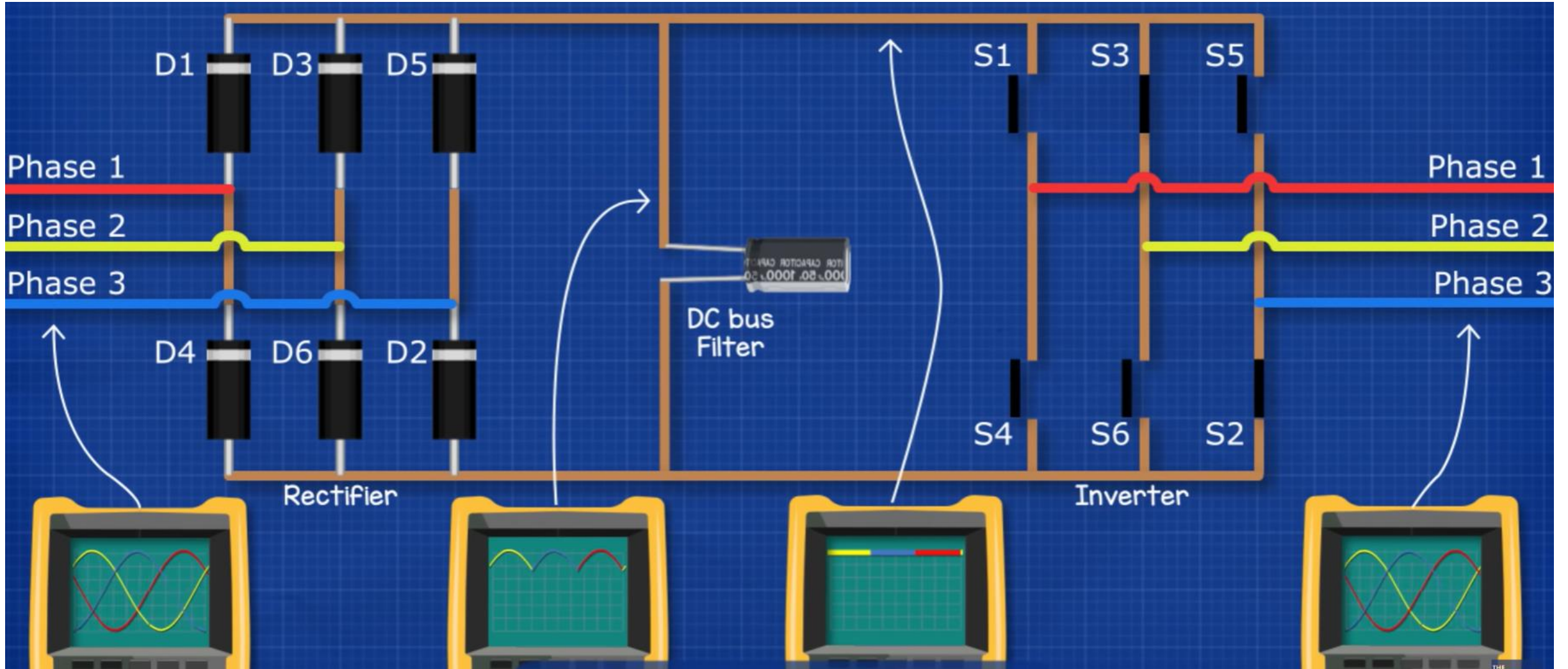
1. Используются IGBT (инверторные транзисторы) для преобразования DC обратно в AC.
2. Пример работы с переключателями для создания переменного тока.



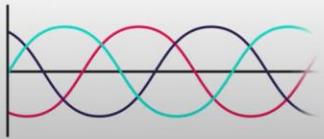
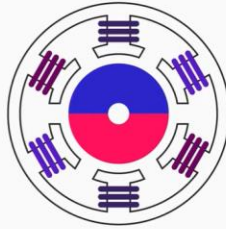
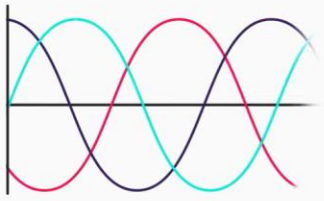
Реализация переменной частоты

- Описание процесса работы инвертора:
 - Открытие и закрытие пар переключателей для создания синусоиды.
 - Управление частотой выходного сигнала для регулирования скорости двигателя.



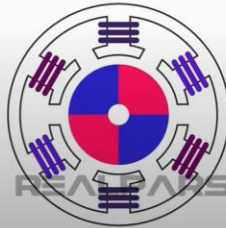


Rotational speed of AC motor

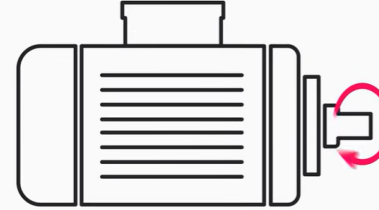


Induction

Alternating Current



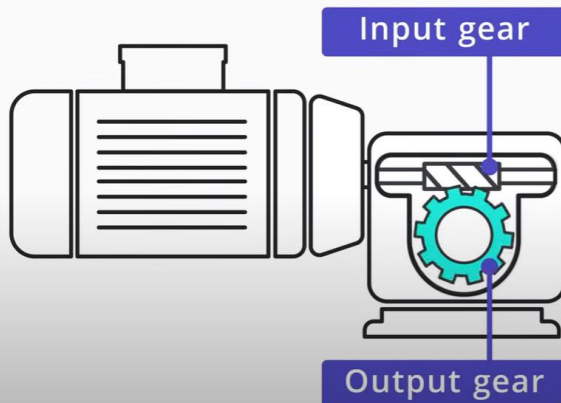
Frequency = 60 Hz



$$\text{Speed (rpm)} = 120 \times \frac{\text{Freq (Hz)}}{P}$$

Speed reduction

Mechanical speed reducer



Torque

Speed

REAL

Speed reduction

Adding more sets of poles

