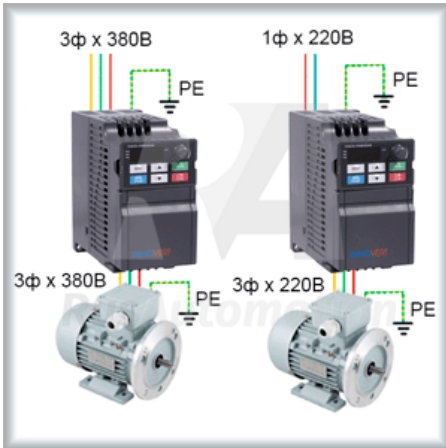


Принцип работы преобразователя частоты



Что такое частотный преобразователь

Частотный преобразователь (то же – преобразователь частоты), по сути, представляет собой источник питания промышленного оборудования с синусоидальным выходным напряжением (как правило – трехфазным), с регулируемой частотой и амплитудой. Подвод питающей энергии к преобразователю осуществляется от промышленной сети переменного тока или аккумуляторных установок. Регулирование частоты и амплитуды может осуществляться по различным законам, в зависимости от требований технологического оборудования.

Применение частотных преобразователей

В подавляющем большинстве, частотные преобразователи применяются в составе электроприводов для управления электродвигателями промышленных машин и механизмов широкого спектра мощностей. К наиболее часто встречающимся областям применения можно отнести:

- вентиляционное и насосное оборудование;
- электроприводы обрабатывающих станков различных производств (металлообработки, деревообработки, бумагоделательные и т.д.);
- электроприводы металлургического производства;
- крановое и другое подъемно-транспортное оборудование (лифты, подъемники);
- производственные транспортные системы (конвейеры, транспортеры, т.п.);
- электроприводы промышленных манипуляторов и роботов;
- приводы электрического автомобильного транспорта и др.

Все виды оборудования имеют свои особенности функционирования. Для обеспечения максимальной эффективности, снижения аварийности и эксплуатационных затрат, увеличения ресурса, электропривод оборудования должен эти особенности учитывать и формировать законы движения соответствующим образом. Эти задачи выполняются наиболее гибким звеном привода – преобразователем частоты (ПЧ), управляющим движением основного силового элемента привода – электродвигателем переменного тока. Могут применяться электродвигатели двух типов: синхронные и асинхронные. Наибольшее применение находят асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, как наиболее дешевые и простые по конструкции, обладающие максимальным ресурсом и ремонтопригодностью.



Виды частотных преобразователей

В соответствии с принципом работы ПЧ, по наиболее общей классификации принято различать два основных вида:

- электромашинные (индукционные);
- электронные (статические).

Индукционные строятся на основе электрической машины синхронного или асинхронного типа с обратным потоком энергии: машина приводится во вращение неким внешним двигателем. Изменение скорости вращения обеспечивает изменение частоты выходного напряжения. Преобразователи имеют сравнительно низкий КПД и недостаточную гибкость в управлении.

Основное применение находят электронные (статические) преобразователи частоты, использующие в качестве силовых переключателей полупроводниковые приборы – полууправляемые (тиристоры, симисторы) и полностью управляемые (транзисторы и тиристоры типа GTO). Статические ПЧ также подразделяются на два основных типа:

- с непосредственной связью с питающей сетью;
- с промежуточным звеном постоянного тока.

На Рис. 1 показана обобщенная структурная схема ПЧ с непосредственной связью с сетью и основные диаграммы, поясняющие его работу. Силовая часть преобразователя представляет собой управляемый выпрямитель, элементная база – неуправляемые п/п приборы – тиристоры. Посредством системы управления преобразователя фазные обмотки статора двигателя поочередно подключаются к различным фазам напряжения сети таким образом, что напряжение на обмотке двигателя формируется из отрезков синусоидальных кривых, усредненное значение которых представляет собой первую гармоническую составляющую фазного напряжения двигателя.

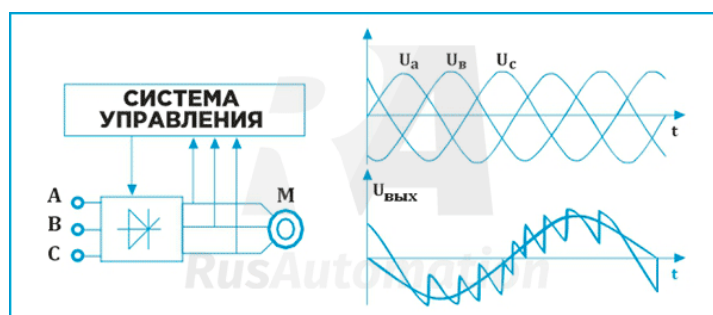


Рис. 1

Нужно отметить следующие достоинства таких устройств: минимум установленного оборудования и предельно высокую эффективность – по некоторым данным их КПД может достигать 98,5%. Кроме того, такое оборудование может работать с очень высокими напряжениями и токами и поэтому применяется в основном для высоковольтных приводов высокой мощности.

Основной существенный недостаток – неширокий диапазон регулирования частоты. Теоретически он не может превысить величины частоты питающей сети. В силу технических ограничений реально он составляет около 0...30 Гц.



По мере бурного развития силовых полностью управляемых п/п приборов – запираемых тиристоров типа GTO и интегральных транзисторных модулей типа IGBT, все более широкое применение получают ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока. Обобщенная структурная схема такого устройства и диаграммы его работы представлены на Рис. 2.

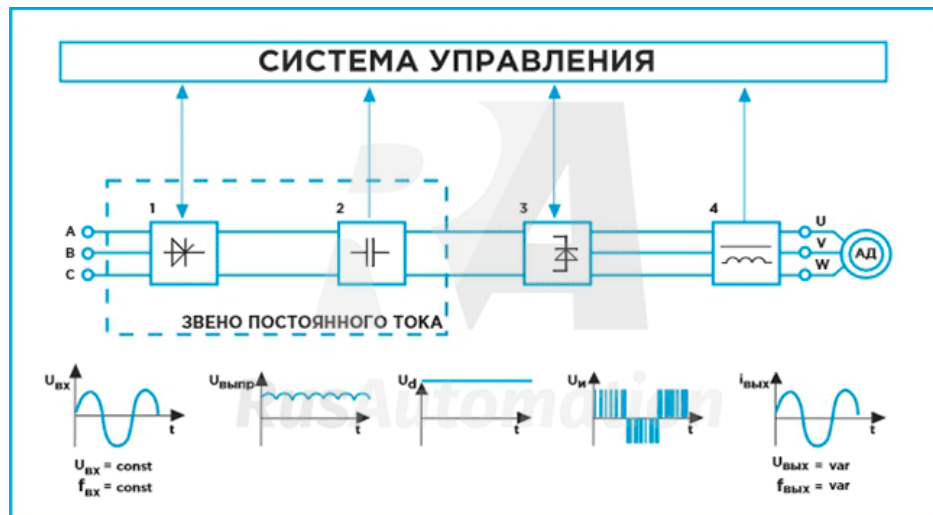


Рис. 2

Здесь использовано двойное преобразование параметров электроэнергии: на первом этапе переменное напряжение питающей сети $U_{вх}$ выпрямляется и фильтруется до получения постоянного напряжения U_d . Эта операция выполняется в звене постоянного тока (блок 1 – выпрямитель и блок 2 – фильтр). На втором этапе автономный инвертор (блок 3) превращает постоянное напряжение в серию импульсов переменной полярности $U_{и}$, которые после фильтра (блок 4) превращаются в синусоидальное напряжение и ток $U_{вых}$, $i_{вых}$ с регулируемой амплитудой и частотой $f_{вых}$. Такая схема нашла очень широкое применение в современных частотно-регулируемых электроприводах.

Способы управления асинхронным двигателем при частотном регулировании

Работа асинхронного двигателя переменного тока основана на следующем. К трехфазной обмотке статора двигателя, уложенной в пазах статора определенным образом, подводится трехфазное переменное напряжение. В этом случае, во внутреннем пространстве статора возникает «бегущее» магнитное поле, вектор магнитного потока которого вращается в поперечной плоскости двигателя, совершая количество полных оборотов, определяемое частотой подводимого напряжения. Вращающийся магнитный поток пересекает витки обмотки ротора, индуцируя в них электрический ток и механические усилия (силы Лоренца), стремящиеся повернуть ротор и создавая механический вращающий момент. Вращаясь, ротор отстает от вращения магнитного поля на незначительную величину, принятую в относительных единицах называть «скольжением», однако, в основном, скорость его вращения определяется частотой питающей сети.



Для правильной организации управления асинхронным двигателем необходимо учитывать свойства нагрузки – зависимость момента сопротивления, создаваемого приводимым в движение механизмом, от скорости вращения. При любых изменениях момента нагрузки двигатель должен быть в состоянии его преодолеть. В противном случае, двигатель останавливается и попадает в режим короткого замыкания. На Рис. 3 (б, в, г) показаны несколько практических случаев изменения моментов нагрузки при изменении скорости движения и соответственного необходимого изменения частоты и амплитуды питающего напряжения двигателя. При изменениях частоты и амплитуды питающего напряжения по указанному на каждом из рисунков закону происходит необходимая соответствующая деформация внешней характеристики двигателя – зависимости скорости вращения от момента на валу $M = M(\omega)$.

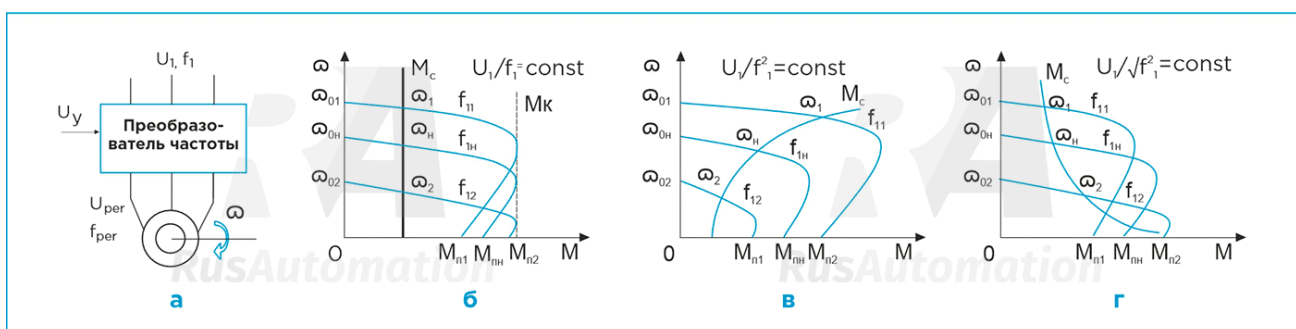


Рис. 3

Здесь:

- M_c – момент нагрузки.
- U_1, f_1 – амплитуда и частота питающего напряжения.
- $\omega_1, \omega_{1H}, \omega_2$ – скорость вращения двигателя.
- f_{11}, f_{1H}, f_{12} – частота питания двигателя.
- M_k – критический (максимальный) момент двигателя.
- $M_{п1}, M_{пH}, M_{п2}$ – пусковой момент двигателя.

Как видно из графических иллюстраций, при правильном частотном управлении двигателем необходимо соблюдать определенные соотношения амплитуды и частоты питающего напряжения. Того же результата можно добиться, контролируя непосредственно положение и величину вектора магнитного потока статора двигателя. В первом случае способ управления принято называть «скалярным», во втором случае – «векторным» управлением. При всех способах управления преобразователь, питающий асинхронный двигатель, должен обеспечивать возможности регулирования частоты и амплитуды трехфазного выходного напряжения.



Принцип работы частотного преобразователя

В самом общем виде принципиальная схема, иллюстрирующая устройство ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока, выглядит следующим образом.

Принцип включения транзисторных ключей

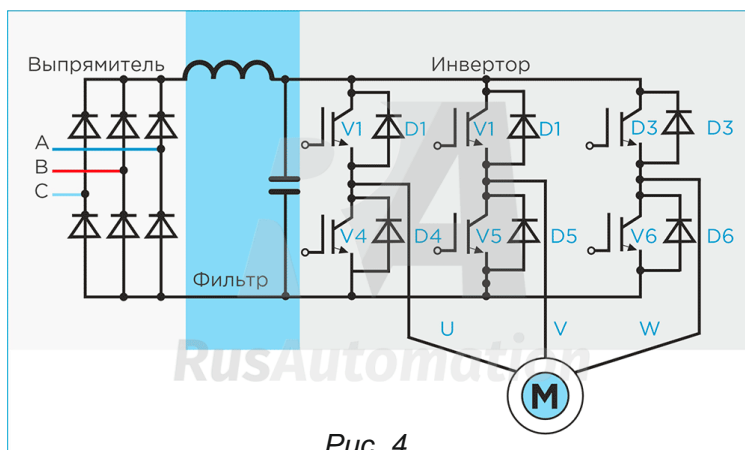


Рис. 4

Трехфазное напряжение питающей сети подается на вход мостовой схемы выпрямителя и, после отфильтровывания пульсаций, в виде постоянного напряжения поступает на вход инвертора, выполненного по мостовой схеме из шести силовых биполярных транзисторов MOSFET с изолированным затвором (или модулей IGBT), каждый из которых включен по встречно-параллельной схеме с защитным диодом. Диоды исключают повреждение каждого из ключей обратным приложенным напряжением.

В качестве силовых ключей могут использоваться также запираемые тиристоры GTO. В данной схеме двигатель включен по схеме «звезда» в диагонали инверторного моста. Диаграммы работы инвертора представлены ниже.

Межфазные напряжения на обмотки двигателя подаются в виде последовательностей однополярных импульсов, следующих с переменной полярностью одна за другой.

Частота выходного напряжения инвертора определяется частотой следования последовательностей.

Для выделения синусоидальной составляющей выходного напряжения может применяться индуктивный фильтр (обычно в виде дросселя), однако в большинстве случаев индуктивность обмоток самого асинхронного двигателя достаточно велика и способствует выделению основной гармоники выходного тока, как показано на диаграмме. Регулирование амплитуды напряжения или тока выхода проще всего осуществляется методом ШИМ-модуляции последовательности однополярных импульсов, изменяя продолжительность включенного и выключенного состояния силовых ключей инвертора. Этот метод позволяет максимально исключить потери и повысить КПД преобразователя.

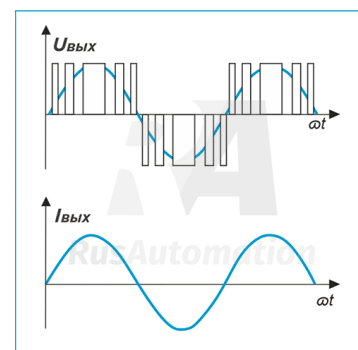


Рис. 5



Для осуществления интенсивного торможения двигателя в схему ПЧ вводится цепь разряда энергии, состоящая из силового транзистора и мощного резистора, включаемых параллельно конденсатору фильтра. Цепь разряда позволяет погасить механическую инерцию двигателя и сопряженного механизма, превратив ее в тепловую, а также предотвратить зарядку конденсатора до повышенных напряжений.

Использование структуры ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока и ШИМ-регулированием амплитуды и частоты выходного напряжения делает такие устройства практически универсальными, реализующими любой из способов управления асинхронным двигателем: скалярный или векторный. Реализация системы управления на цифровой основе с использованием средств микропрограммирования позволяет создать универсальные электроприводы, пригодные для любых практических случаев и позволяющие пользователю задавать любые нужные ему режимы в пределах физических ограничений. В схему управления включают:

- встроенный программируемый логический контроллер;
- модули ввода/вывода с расширенными возможностями интерфейса;
- карты памяти;
- специализированное программное обеспечение;
- информационный LED-дисплей для отображения настроек и параметров работы.

Кроме того, реальные комплектные ПЧ могут содержать: устройства охлаждения, тормозные прерыватели, встроенные ЭМС-фильтры.

Схемы подключения частотных преобразователей

Промышленные частотные преобразователи предназначены для работы как с трехфазными, так и однофазными сетями переменного тока. В отдельных случаях возможно использование постоянного питающего напряжения. Во всех случаях на выходе ПЧ трехфазное переменное напряжение: в случае питающей трехфазной сети – выходная система напряжений такая же; в случае питания от однофазной сети – на выходе трехфазное напряжение 220 В. Подключение двигателя иллюстрируется на Рис. 6.

При выходном напряжении 3×380В обмотки асинхронного двигателя подключаются по схеме «звезда».

При напряжении 3×220В обмотки асинхронного двигателя подключаются по схеме «треугольник».

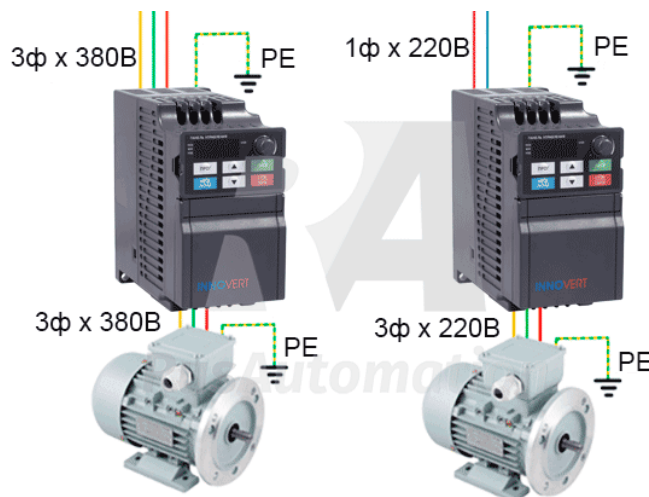


Рис. 6

