

ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Бриц А.В.,

научный руководитель канд. техн.наук Соломенцев В.М.
Сибирский федеральный университет

Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить электропривод постоянного тока. Системы регулирования скорости двигателя постоянного тока достаточно просты, но слабым местом такого электропривода является электродвигатель. Он дорог и ненадежен. При работе происходит искрение щеток, под воздействием электроэрозии изнашивается коллектор. Такой электродвигатель не может использоваться в запыленной и взрывоопасной среде.

Асинхронные электродвигатели превосходят двигатели постоянного тока по многим параметрам: они просты по устройству и надежны, так как не имеют подвижных контактов. Они имеют меньшие по сравнению с двигателями постоянного тока размеры, массу и стоимость при той же мощности. Асинхронные двигатели просты в изготовлении и эксплуатации.

Основной недостаток асинхронных электродвигателей – сложность регулирования их скорости традиционными методами (изменением питающего напряжения, введением дополнительных сопротивлений в цепь обмоток).

Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой, хотя теория частотного регулирования была разработана еще в тридцатых годах. Развитие частотно-регулируемого электропривода сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Появление силовых схем с IGBT-транзисторами, разработка высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило различным фирмам Европы, США и Японии создать современные преобразователи частоты доступной стоимости.

Известно, что регулирование частоты вращения исполнительных механизмов можно осуществлять при помощи различных устройств: механических вариаторов, гидравлических муфт, дополнительно вводимыми в статор или ротор резисторами, электромеханическими преобразователями частоты, статическими преобразователями частоты.

Применение первых четырех устройств не обеспечивает высокого качества регулирования скорости, неэкономично, требует больших затрат при монтаже и эксплуатации.

Статические преобразователи частоты являются наиболее совершенными устройствами управления асинхронным приводом в настоящее время.

Принцип частотного метода регулирования скорости асинхронного двигателя заключается в том, что, изменяя частоту f_1 питающего напряжения, можно в соответствии с выражением

$$\omega_0 = \frac{2\pi \times f_1}{p}$$

неизменном числе пар полюсов p изменять угловую скорость магнитного поля статора.

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жесткостью.

Регулирование скорости при этом не сопровождается увеличением скольжения асинхронного двигателя, поэтому потери мощности при регулировании невелики.

Для получения высоких энергетических показателей асинхронного двигателя – коэффициентов мощности, полезного действия, перегрузочной способности – необходимо одновременно с частотой изменять и подводимое напряжение.

Закон изменения напряжения зависит от характера момента нагрузки M_c . При постоянном моменте нагрузки $M_c = \text{const}$ напряжение на статоре должно регулироваться пропорционально частоте:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

Для вентиляторного характера момента нагрузки это состояние имеет вид:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$$

При моменте нагрузки, обратно пропорциональном скорости:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}$$

Таким образом, для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения вала асинхронного электродвигателя, преобразователь частоты должен обеспечивать одновременное регулирование частоты и напряжения на статоре асинхронного двигателя.

Преимущества использования регулируемого электропривода в технологических процессах

Применение регулируемого электропривода обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Если это транспортер или конвейер, то можно регулировать скорость его движения. Если это насос или вентилятор – можно поддерживать давление или регулировать производительность. Если это станок, то можно плавно регулировать скорость подачи или главного движения.

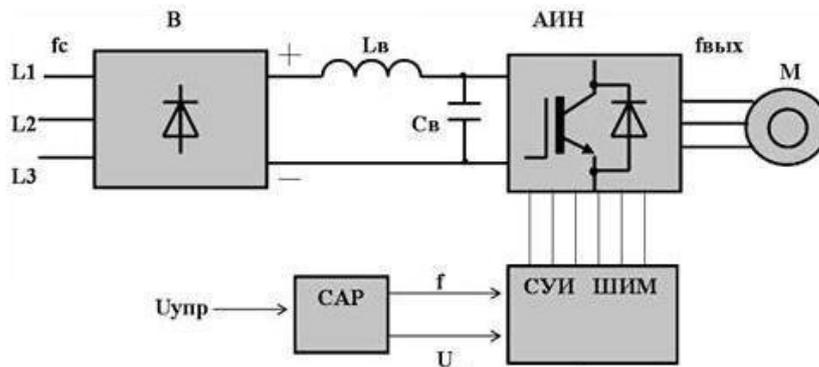
Особый экономический эффект от использования преобразователей частоты дает применение частотного регулирования на объектах, обеспечивающих транспортировку жидкостей. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателя, приводящего в движение, например, рабочее колесо насосного агрегата или вентилятора.

Принцип работы преобразователя частоты

Преобразователь частоты состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя В, автономного инвертора, системы управления ШИМ, системы автоматического регулирования, дросселя L_v и конденсатора фильтра C_v (рис.2). Регулирование выходной частоты $f_{вых}$ и напряжения $U_{вых}$ осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления.

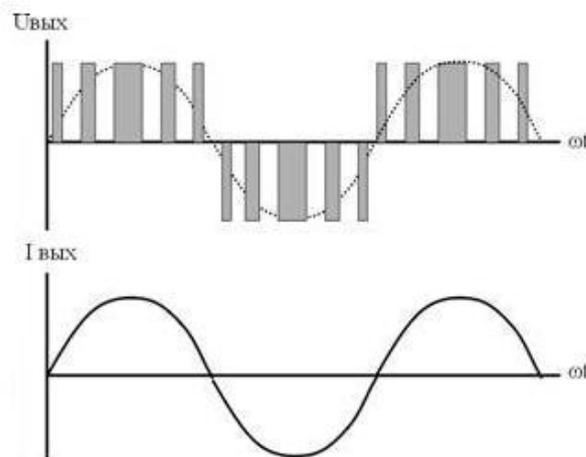
Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя.

Длительность этих состояний внутри периода ШИМ модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2...15 кГц) тактовых частотах ШИМ, в обмотках электродвигателя, вследствие их фильтрующих свойств, текут синусоидальные токи.



Таким образом, форма кривой выходного напряжения представляет собой высокочастотную двухполярную последовательность прямоугольных импульсов (рис. 3). Частота импульсов определяется частотой ШИМ, длительность (ширина) импульсов в течение периода выходной частоты АИН промодулирована по синусоидальному закону. Форма кривой выходного тока (тока в обмотках асинхронного электродвигателя) практически синусоидальна. Регулирование выходного напряжения инвертора можно осуществить двумя способами: амплитудным (АР) за счет изменения входного напряжения $U_{в}$ и широтно-импульсным (ШИМ) за счет изменения программы переключения вентилях V1-V6 при $U_{в} = \text{const}$.

Второй способ получил распространение в современных преобразователях частоты благодаря развитию современной элементной базы (микропроцессоры, IGBT-транзисторы). При широтно-импульсной модуляции форма токов в обмотках статора асинхронного двигателя получается близкой к синусоидальной благодаря фильтрующим свойствам самих обмоток.



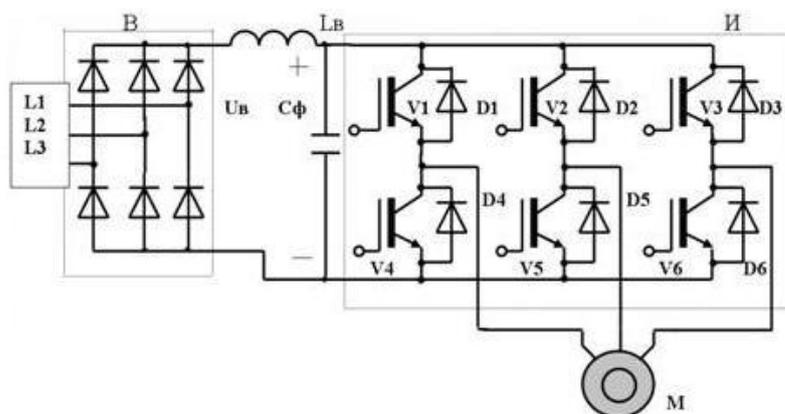
Такое управление позволяет получить высокий КПД преобразователя и эквивалентно аналоговому управлению с помощью частоты и амплитуды напряжения.

Современные инверторы выполняются на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов – запираемых GTO – тиристоров, либо биполярных IGBT-транзисторов с изолированным затвором. На рис представлена 3-х фазная мостовая схема автономного инвертора на IGBT-транзисторах.

Она состоит из входного емкостного фильтра $C_{ф}$ и шести IGBT-транзисторов V1-V6 включенными встречно-параллельно диодами обратного тока D1-D6.

За счет поочередного переключения вентилях V1-V6 по алгоритму, заданному системой управления, постоянное входной напряжение $U_{в}$ преобразуется в переменное прямоугольно-импульсное выходное напряжение. Через управляемые ключи V1-V6

протекает активная составляющая тока асинхронного электродвигателя, через диоды D1-D6 – реактивная составляющая тока.



И – трехфазный мостовой инвертор;
В – трехфазный мостовой выпрямитель;
Сф – конденсатор фильтра;

Используемая литература:

1. Лазарев Г.Б. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных систем // Новости электротехники. 2005. № 2 (32). С. 30-36. URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/10.php>
2. Шкердин Д.Г. Преобразователи частоты в энергосберегающем приводе насосов // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №7. С. 29-32.
3. Мухамадеев А.Р. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока // Энергетика Татарстана. 2010. № 17. С. 44-53.
4. Гринштейн Б.И., Колоколкин А.М., Тарасов А.Н. Опыт разработки и внедрения тиристорных преобразователей частоты для пуска и регулирования частоты вращения мощных синхронных машин // Электрические станции. 2005. № 8. С. 45-53.