

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВЕКТОРНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Цифровая пространственно-векторная модуляция при фиксированном напряжении шины постоянного тока (DC шина), питающей электропривод, позволяет синтезировать на 15% большее результирующее выходное напряжение, в сравнении с классической синусоидальной коммутацией.

Это предоставляет определенное преимущество для разработчиков, желающих увеличить скорость вращения двигателей при подключении одного и того же напряжения питания. Далее, мы в несколько шагов рассмотрим принцип работы пространственно-векторной модуляции.

Синусоидальный ток

Сервоконтроллеры бесколлекторных электродвигателей реализуют трехфазную систему синусоидальных напряжений, каждая со сдвигом на 120 электрических градусов. Синусоиды напряжения

напряжений на векторную диаграмму и отметить три временных интервала, со сдвигом на 120 градусов каждый, то мы сможем увидеть, что технология синусоидальной модуляции имеет максимальное результирующее напряжение равное половине величины напряжения питания DC шины $V_{DC}/2$.

Классический синусоидальный усилитель разработан с целью получения аналоговых сигналов от контроллера движения и питания обмоток электродвигателя синусоидальным током, производя тем самым плавную синусоидальную коммутацию.

Синусоидальная форма тока сервоконтроллеров позволяет развивать крутящий момент без пульсаций

в свою очередь производят ток в каждой из трех обмоток статора, также со сдвигом на 120 градусов. Синусоидальный ток внутри обмоток статора наводит магнитное поле, которое в свою очередь создает усилие, вращающее ротор на постоянных магнитах. Данная форма тока позволяет развивать крутящий момент без пульсаций.

Синусоидальная коммутация

Классический сервоусилитель с синусоидальной коммутацией является аналоговым ШИМ усилителем с синусоидальным трехфазным напряжением на выходе, амплитуда которого ограничена напряжением питания DC шины.

Если перенести трехфазную систему

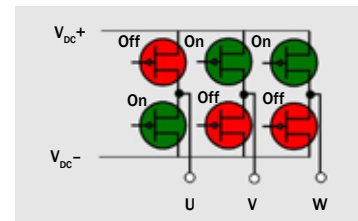
Пространственный вектор выходного напряжения

Пространственный вектор результирующего выходного напряжения является синусоидой, чей центр «плавает» в пространстве и соответственно не ограничен. Как формируется пространственный вектор? Сервоусилитель трехфазного бесколлекторного электродвигателя формирует базовые векторы напряжения, за счет последовательного перехода одного в другое восьми различных состояний силовых ключей, шесть из которых образуют активные векторы и два нулевые. Шесть активных векторов состояния изображены на диаграмме состояний. Путем последовательного включения двух смежных векторов состояния (об-



Илья Герасимов,
инженер ООО «Микропривод»

разующих сектор), а также нулевого вектора, можно сформировать положение пространственного вектора выходного напряжения в каждом из шести секторов.



Одно из шести активных состояний на выходе ШИМ усилителя

Алгоритм модуляции пространственного вектора определяет сектор для желаемого пространственного вектора выходного напряжения путем поиска угла, рассчитанного по формуле $\tan^{-1}(V_{Im}/V_{Re})$. Затем необходимый пространственный вектор разбивается на компоненты векторов состояния, которые могут быть получены на выходной ступени в течение периода переключения. Вектор выходного напряжения ограничен по величине окружности, вписанной в шестиугольник, образованный активными векторами состояний.

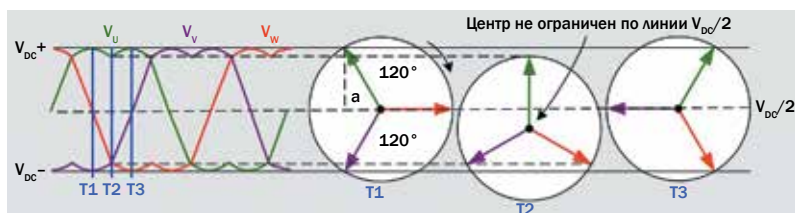


Диаграмма состояний и пределов пространственного вектора

Так, к примеру, чтобы сформировать пространственный вектор напряжения, расположенный в первом секторе, величина необходимого вектора проеци-



Форма сигналов напряжений при синусоидальной коммутации и их векторная диаграмма



Форма сигналов напряжений при пространственно-векторной модуляции и их векторная диаграмма

руется под прямым углом на активный вектор состояния 1 и активный вектор состояния 2. Во время периода переключения, алгоритм модуляции пространственного вектора определяет время, необходимое активному состоянию 1, активному состоянию 2 и нулевому состоянию, для получения величины и угла формируемого пространственного вектора.

Модуляции пространственного вектора

Современный сервоусилитель является собой цифровой ШИМ усилитель с синусоидальным трехфазным напряжением на выходе, каждая со сдвигом на 120 градусов и ограниченным напряжением питания DC шины.

Однако, если мы перенесем трехфазное напряжение на векторную диаграмму, то, учитывая обычную тригонометрию треугольника «а» (углы 30°, 60°, 90°; стороны 1, 2, √3), мы сможем увидеть, что технология модуляции пространственного вектора имеет максимальное результирующее напряжение равное $V_{DC}/\sqrt{3}$. Поскольку вектора вращаются, их центр не ограничен. Когда два вектора находятся в максимальной амплитуде, третий находится в нуле, когда все три вектора находятся в одинаковой амплитуде, ни один из них не находится в максимуме.

Цифровые ШИМ сервоусилители от компании Copley Controls используют технологию пространственно-векторной модуляции. Данная технология позволяет получить точный контроль момента, задействовать лишь три ключа каждую шестую часть периода, вместо шести при использовании классической синусоидальной коммутации и как было рассмотрено выше, увеличить на 15% величину результирующего выходного напряжения DC шины, подключенной к электроприводу, исходя из соотношения $V_{DC}/\sqrt{3} / V_{DC}/2$.



Помимо стандартных сервоусилителей, компания Copley Controls предлагает контроллеры для работы в самых экстремальных условиях серии Ruggedized

(R-series). Данная серия контроллеров отличается повышенной прочностью, способна выдержать перепады температур, высокий уровень влажности, вибрации и удары. Благодаря этим преимуществам, серия контроллеров Ruggedized находит широкое применение в военной, морской, авиационной и нефтеперерабатывающей отраслях.



Усиленные контроллеры серии Ruggedized работают как в режиме «stand alone», так и в сетевых режимах, поддерживают различные форматы ко-

Условия окружающей среды, допустимые при использовании сервоконтроллеров Copley Controls серии R:

Температура окружающей среды	При простое При работе	-50°C...+85°C -40°C...+70°C
Термальный шок	При простое	-40°C...+70°C в течение 1 мин.
Относительная влажность	При простое При работе	95% неконденсирующейся при 60 °C 95% неконденсирующейся при 60 °C
Вибрации	При простое	от 5 до 500 Гц, до 3,85g (среднеквадр.)
Допустимая высота над уровнем моря	При простое При работе	от -400 м до 12000 м от -400 м до 5000 м
Перегрузки	При простое При работе	75g пиковое ускорение 40g пиковое ускорение

манд, включая «шаг-направление», индексадор, «точка-точка». Сервоконтроллеры позволяют реализовать следящую систему по скорости, моменту, позиции, кроме того они поддерживают различные типы датчиков обратной связи: цифровые датчики Холла, инкрементальные энкодеры, аналоговые sin/cos энкодеры, ре-

зольверы. Данная линейка контроллеров совместима с интерфейсами CANopen, RS-232, RS-422 и RS-485. Питание от однофазной либо трехфазной сети переменного тока, с напряжением от 100 до 240 В AC, с максимальной выходной мощностью до 3 кВт, также доступны сервоконтроллеры с питанием от источника постоянного тока.

**Илья Герасимов,
инженер ООО «Микропривод»**



Более подробную техническую информацию о решениях в области микроприводной техники вы можете получить, связавшись со специалистами компании по телефону (495) 221-40-52 либо по электронной почте info@microprivod.ru, а также на официальном сайте ООО «Микропривод»: www.microprivod.ru

Компания «Микропривод» ориентирована на поставку компонентов электроприводов для промышленной автоматизации и других областей применения, а также создание на их базе законченных решений, их наладке, программировании, введении в эксплуатацию и последующем обслуживании.

Благодаря сложившимся многолетним связям и возможностью заказывать компоненты электроприводов у ведущих Европейских производителей, таких как FAULHABER Group, Dunkermotoren, Copley Controls и Doga, компания Микропривод имеет возможность обеспечивать как оптовые поставки компонентов микроприводов, так и единичные специализированные заказы под конкретные требова-

ния Заказчика. Наши специалисты находятся в непосредственном контакте с производителем, благодаря чему всегда готовы помочь Вам, оперативно дать исчерпывающие ответы на все Ваши вопросы, посоветовать наиболее оптимальное решение.