

Векторные частотные преобразователи. Для чего они нужны и чем отличаются от обычных.

Нас часто спрашивают, что вот, мол, в инструкции на импортный частотник встречается фраза «space vector modulation». Значит он векторный, то есть лучше простого? Нет. Эта фраза означает лишь способ формирования синусоидального тока в обмотках двигателя, так называемая пространственно векторная модуляция, если перевести на русский. Таких способов существует довольно много разных, у каждого свои достоинства и недостатки, но к алгоритмам управления двигателем и тяговым характеристикам, получаемым в результате, они не имеют никакого отношения. Этой путаницей в понятиях зачастую пользуются недобросовестные продавцы, выдавая обычные частотники за векторные. В наших преобразователях тоже применяется такая модуляция (SVPWM), она обеспечивает достаточно точное формирование синусоидального тока, полное использование напряжения сети, сравнительно низкий уровень помех и акустического шума. Но они не являются векторными в классическом понимании, хотя версия ПО 5-00 уже приближена к векторным по некоторым характеристикам.

Что же тогда такое настоящий векторный частотник, какие преимущества он дает? Чтобы это понять, давайте вспомним для начала, как работает трехфазный электродвигатель. Посмотрим рис.1 .

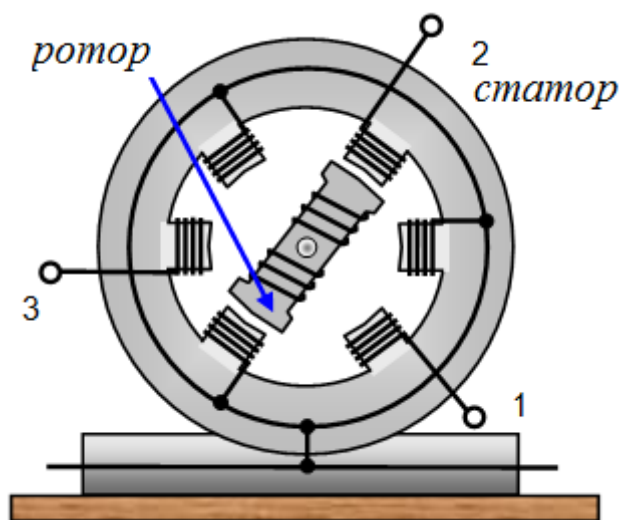


Рис.1

Три пары обмоток расположены на статоре по кругу, каждая подключена к своей фазе сети. За счет того, что напряжения в фазах сдвинуты во времени, когда ток в одной паре катушек снижается, в следующей возрастает, и общее поле плавно перетекает на нее. Таким образом, при одновременной работе всех трех пар катушек внутри мотора образуется вращающееся по кругу магнитное поле. Если мы поместим туда магнит на валу или катушку с током, он развернется вдоль поля и будет вращаться вместе с ним, как стрелка компаса. Так устроен обычный синхронный электродвигатель. Как же получить из него максимально возможный вращающий момент? Давайте представим себе, что время вдруг остановилось в тот момент, когда ток в обмотке 2 максимален, и ротор расположился как раз напротив нее, как показано на рисунке. Это устойчивое положение, любой магнит всегда стремится развернуться вдоль линий поля. Но вот мы приложили к валу какой-то момент нагрузки, то есть определенное механическое усилие. Ротор начнет поворачиваться под действием этой силы, а магнитное поле будет этому противодействовать. Мы как бы пытаемся разорвать два слипшихся магнита, растягиваем невидимую «магнитную пружину». Чем больше мы отклоняем ротор от устойчивого положения, тем тяжелее нам это сделать, тем сильнее он противодействует, стремится вернуться обратно в устойчивое положение. Но усилие может возрастать только до определенного предела. При слишком большом отклонении ротора он расположится уже напротив соседней катушки 3, ток в которой в данный момент мал и поле слабое. То есть усилие на роторе зависит от угла его поворота относительно поля, и имеет максимум, когда ротор находится в определенном промежуточном положении между соседними полюсами. То же самое происходит и при непрерывном вращении двигателя. Когда нагрузки на валу нет, ротор расположен вдоль поля и вращается вместе с ним. А под нагрузкой ротор отстает от поля на угол тем больший, чем больше величина нагрузки. Если же нагрузка слишком велика, ротор отстанет настолько, что попадет в зону ослабленного поля и уже не сможет поддерживать вращение, двигатель перестанет тянуть и резко остановится, произойдет так называемое «опрокидывание двигателя», аварийный отказ.

Таким образом, для получения максимального момента двигателя необходимо удерживать угол между полем статора и полем ротора на определенной оптимальной величине в любых условиях. Это и есть основная задача, решаемая с помощью векторного управления.

Если эта задача решена правильно, двигатель развивает максимальный момент при данном токе потребления, имеет высокие динамические характеристики, обладает отличной управляемостью по моменту, скорости и даже углу поворота (вспомните модные нынче гироскутеры и другие подобные игрушки). То же самое можно сказать не только про описанный выше синхронный двигатель, который я привел для простоты понимания, а и про асинхронный, который гораздо шире применяется в промышленности. Отличие только в том, что в асинхронном двигателе вместо настоящего магнита на роторе применяется «виртуальный магнит», образованный за счет протекания индуцированного тока в проводниках «беличьей клетки», что делает двигатель проще и дешевле.

Как же решают эту задачу удержания угла? Самый простой и очевидный способ – оснастить двигатель каким-либо датчиком текущего положения ротора (энкодером, резольвером, сельсином, вращающимся трансформатором, датчиками Холла и т.п.). На основании информации с датчика процессор в частотном преобразователе может точно вычислить, какие токи нужно подавать в обмотки, чтобы получить правильный угол. Такие системы обеспечивают наибольшую точность и динамику управления и применяются в особо ответственных случаях, например для управления подачей инструмента в быстродействующих станках с ЧПУ, наведении телескопов, орудийных стволов и локаторов, вышеупомянутых гироскутерах. Однако двигатель с датчиками намного сложнее и дороже обычного, требует дополнительной сигнальной электропроводки, что делает систему менее надежной в целом. Поэтому с самого начала появления частотных преобразователей в 70х годах прошлого века инженеры всего мира ломают головы над тем, как обеспечить такое же качество регулирования на обычном двигателе, не имеющем датчиков. Было предложено множество косвенных алгоритмов определения положения. Большинство из них использует в качестве исходных данных **мгновенные** напряжения и токи фаз двигателя, которые можно измерить непосредственно внутри преобразователя, не устанавливая никаких датчиков на сам двигатель. **В этом еще одно важное отличие векторного частотника от обычного, его процессор оперирует с мгновенными величинами, которые могут поступать и обрабатываться с частотой значительно выше текущей частоты питания двигателя.** Обычный же частотник управляет двигателем на основе **средних** данных (частота, ток, напряжение, иногда обороты), и если исходные данные успевают значительно измениться в течение периода текущей частоты, на которой работает двигатель, возникает большая ошибка регулирования. Если, например, обычный преобразователь, не использующий специальные алгоритмы улучшенного скалярного управления, крутит двигатель с частотой 50Гц, и мы задали ему режим стабилизации оборотов, он будет в состоянии хорошо отрабатывать изменения нагрузки, происходящие примерно за 20 миллисекунд, а на 5ггерцах уже за 0.2 секунды, что может оказаться неприемлемым. Скорость реакции векторного преобразователя ограничена в основном электромагнитными постоянными обмоток самого двигателя и теоретически может составлять единицы миллисекунд даже на низких оборотах.

Но на практике не все так радужно. Информация о текущем положении и скорости вращения ротора содержится в токах фаз только потому, что поле ротора пересекает проводники статора и создает в них некоторую ЭДС, которая накладывается на другие токи и напряжения, присутствующие в статоре. Когда ротор вращается медленно, эта наводимая ЭДС очень мала по сравнению с мощными помехами от основного тока фаз, и ее сложно выделить. К тому же, для того, чтобы бездатчиковое управление хотя бы просто адекватно работало, контроллер в частотнике должен заранее знать физические параметры двигателя с довольно высокой точностью, чтобы правильно производить вычисления на ходу. Для этого придумали всевозможные процедуры автокалибровки, автоопределения параметров двигателя, выполняемые в процессе наладки, но они далеко не всегда дают точный результат, а также не учитывают изменение параметров от нагрева при работе под нагрузкой. Именно эта неточность исходных данных и не позволяет всегда хорошо работать такой, казалось бы, замечательной математической модели, заложенной в мозги векторного частотника. И если нужна гарантированно высокая точность и скорость реакции, все равно приходится ставить датчик. А с датчиком и простой дешевый скалярный частотник очень часто может обеспечить сравнимые результаты по качеству, особенно если в нем предусмотрены специальные алгоритмы токоограничения и компенсации скольжения.

Попробуем подытожить вышесказанное.

1. Если устраивает точность поддержания заданной скорости вращения 5...10% при изменении момента нагрузки 0...150% от номинала, и диапазон устойчивого регулирования скорости вниз примерно до 10% номинальной под нагрузкой, можно использовать практически любой скалярный частотник без всяких датчиков и обратных связей. Этого вполне достаточно для главных приводов станков, насосов, вентиляторов, компрессоров и многих других применений. Если требуется повышенный момент на низких оборотах, необходимо использовать специальную коррекцию зависимости U/F на низких частотах, которая предусмотрена в большинстве частотников.
2. Если необходимо повысить точность поддержания установленной скорости до 1..2% и расширить диапазон стабильного регулирования скорости вниз до примерно до 2% номинальной, можно

использовать функцию компенсации скольжения в скалярном частотнике. Для правильной работы этого алгоритма потребуется определить реальные параметры двигателя на этапе настройки (вручную или автоматически). Также можно использовать векторный частотник в бездатчиковом режиме, он может иметь некоторое преимущество в быстродействии, но более сложен в настройке.

3. При более высоких требованиях к точности и диапазону без датчика не обойтись. С любым частотником, хоть векторным, хоть скалярным. На скоростях выше примерно 2% от номинальной и не очень высоких требованиях к быстродействию (десятки-сотни миллисекунд) во многих случаях можно обойтись скалярным частотником, настроив ПИД регулятор (встроенный в частотник или внешний) на поддержание заданного параметра. Векторный частотник сможет устойчиво работать практически от нулевой скорости, а также будет иметь более быструю реакцию на отклонения целевого параметра, но только при условии, что реальные параметры электродвигателя введены в него правильно при настройке.
4. Если требуются очень резкие изменения скорости (скажем, разгон с нуля до номинала быстрее, чем за 0.1 секунды), предпочтителен векторный частотник, потому что он сможет более точно удерживать предельно допустимый ток во время разгона. Можно использовать обычный с режиме токоограничения, но работать будет хуже, возможно превышение тока и срабатывание защиты. В любом случае для достижения подобной динамики под нагрузкой мощность частотника должна в 2 и более раза превышать мощность используемого электродвигателя, независимо от того, скалярный или векторный.
5. Если требуется удерживать некоторый заранее установленный момент в широком диапазоне скоростей (например, в узле намотки какого-либо материала (проволоки, ленты, пленки и т.п.), обычно применяют векторный частотник. Но некоторые скалярники тоже имеют такой режим и работают вполне неплохо. При малых мощностях (до 0,5...0.75кВт) можно работать на скольжении, настроив частотник на питание двигателя пониженным напряжением.

В общем, можно заметить, что задач, где векторный частотник незаменим, не так уж много. 90% практических задач вполне по силам обычному скалярному частотнику, особенно если он имеет компенсацию скольжения и настраиваемое токоограничение при перегрузках. В бездатчиковом режиме векторный частотник почти не имеет преимуществ перед хорошим скалярным, а в настройке более сложен. Все указанные выше цифры по диапазону нормальной работы носят ориентировочный характер и сильно зависят от конкретного двигателя и нагрузки. Получить консультацию о применении и настройке наших частотников для работы в каких-то особых, нестандартных условия можно у наших инженеров. Контакты приведены на сайте.