

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ИЛИ УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА?

Терминология

Преобразователь частоты (ПЧ, частотный преобразователь, частотно-регулируемый привод, рис. 1) – это прибор, подключаемый к сети переменного тока с постоянными амплитудой и частотой и подающий на двигатель переменное напряжение с регулируемой амплитудой и частотой. В результате двигатель может вращаться с нужной скоростью, сохраняя номинальный момент на валу.

Устройство плавного пуска (УПП, мягкий пускатель, софт-стартер, рис. 2) – это прибор, подключаемый к сети переменного тока с постоянной амплитудой и подающий на двигатель переменный ток с регулируемой амплитудой; частота при этом не изменяется. Устройства плавного пуска проще и дешевле, поэтому если задачу можно решить с их помощью, то целесообразно использовать именно их.

Асинхронный двигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором – это самый распространенный электродвигатель, используемый в подавляющем большинстве механизмов современного производства.

Теория

Начнем с конца – с двигателя (рис. 3). Асинхронный двигатель завоевал свою популярность благодаря простоте, дешевизне, неприхотливости и надежности. Отличные качества! Но есть и обратная сторона: очень большой пусковой ток и невозможность регулирования скорости простыми средствами. Есть еще одно свойство – высокий пусковой момент; иногда он нужен, причем чем боль-

ше, тем лучше, а иногда сильно мешает, создавая ударные нагрузки на механизм при включении.

Принцип работы устройства плавного пуска заключается в ограничении напряжения сети на нагрузке при помощи специальных силовых ключей – симисторов (или встречно-параллельно включенных тиристоров) – см. рис. 4, а. В результате напряжение на двигателе и соответственно ток можно регулировать.

На рынке представлено большое количество приборов этого типа, от простейших до весьма насыщенных. Следует обратить внимание на перечисленные ниже основные свойства, чтобы не ошибиться с выбором:

Полнофазность. По построению силовой части устройства плавного пуска делятся на полнофазные (те, у которых ключи стоят во всех трех фазах) и неполнофазные (те, у которых в одной или двух фазах ключей нет). Полнофазные обеспечивают более симметричное распределение токов по фазам, неполнофазные дешевле.

Элементная база системы управления. По управлению различают аналоговые и цифровые УПП. Цифровые обычно имеют больше дополнительных функций и более развитую индикацию, но стоят дороже аналоговых коллег.

Возможность контроля тока. Простейшие УПП, не имеющие этой функции, просто увеличивают напряжение на двигателе от начального до номинального значения за заданное время. Во многих случаях этого оказывается достаточно. Но если основная причина установки УПП – необходимость ограничения тока, то без его точного регулирования не обойтись. Эта функция особенно важна тогда, когда из-за ограниченной мощности сети (маленький трансформатор, слабый генератор, тонкий кабель и т. п.) превышение предельно допустимого тока чревато аварией. Кроме того, УПП с контролем тока обычно способны реализовать его плавное нарастание в начале процесса пуска, что особенно важно при работе от генераторов, которые очень чувствительны к резким броскам нагрузки.

Необходимость шунтирования. Когда механизм успешно стартовал, устройство плавного пуска желательно вывести из силовой цепи, чтобы, с одной стороны, минимизировать потери из-за падения напряжения на силовых ключах, а с другой – дать прибору остыть для подготовки к следующему пуску. Для этого применяется шунтирующий контактор, соединяющий вход и выход УПП пофазно (см. рис. 4, б).

Управляет этим контактором обычно сам УПП. Но даже при отсутствии шунтирующей цепи и длительном протекании силового тока через симисторы их нагрев по сравнению с режимом пуска оказывается небольшим, поэтому многие УПП допускают работу и без шунтирования.

Защиты. Кроме своей основной функции – организации плавного пуска – УПП содержат в себе комплекс защит механизма и двигателя. Как правило, в этот комплекс входит электронная защита от перегрузки и неисправностей силовой цепи. В дополнительный набор могут входить защиты от превышения времени пуска, от перекоса фаз, изменения чередования фаз, слишком маленького тока (защита от кавитации в насосах), от перегрева радиаторов УПП, от снижения частоты сети и т. д. Ко многим моделям возможно подключение термистора или термореле, встроенного в двигатель.

Однако следует помнить, что УПП не может защитить ни себя, ни сеть от короткого замыкания в цепи нагрузки. Конечно, сеть будет защищена вводным автоматом, но УПП при коротком замыкании неизбежно выйдет из строя. Некоторым утешением может служить только то, что короткое замыкание при правильном монтаже не возникает мгновенно, и в процессе снижения сопротивления нагрузки УПП обязательно отключится, только не стоит вновь включать его, не установив причину отключения.

Торможение. Довольно много моделей способны подать на обмотку двигателя постоянный ток, что приводит к интенсивному



Рис. 1. Преобразователи частоты



Рис. 2. Устройства плавного пуска



Рис. 3. Двигатель

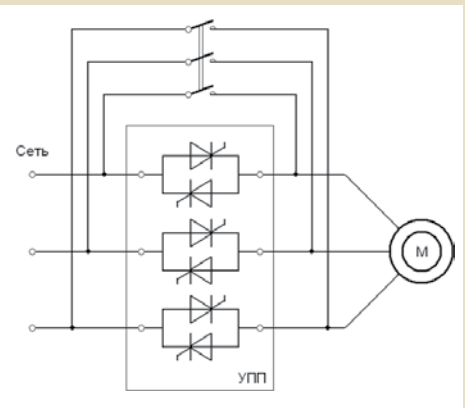
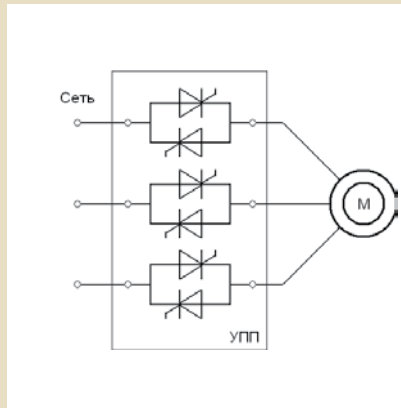


Рис. 4: а – схема устройства плавного пуска, б – шунтирующий контактор

торможению привода. Эта функция обычно нужна в системах с активной нагрузкой – подъемниках, наклонных транспортерах, т. е. системах, которые могут двигаться сами собой при отсутствии тормоза. Иногда эта функция нужна для предпусковой остановки вентилятора, вращающегося в обратную сторону из-за тяги или действия другого вентилятора.

Толчковый пуск. Используется в механизмах, имеющих высокий момент трогания. Заключается функция в том, что в самом начале пуска на двигатель кратковременно (доли секунды) подается полное напряжение сети, и происходит срыв механизма с места, после чего дальнейший разгон происходит в обычном режиме.

Несколько сложнее устроены преобразователи частоты. Взгляните на рис. 5: переменное напряжение сети выпрямляется, сглаживается конденсаторами, а затем из полученного постоянного напряжения выходной генератор формирует напряжение необходимой частоты и амплитуды. По такой силовой схеме собрано подавляющее большинство представленных на рынке преобразователей частоты.

Опять-таки посмотрим, на что стоит обращать внимание при выборе модели:

Метод управления. Большинство преобразователей используют один из вариантов векторного управления двигателем, и при выборе конкретного алгоритма лучше посо-

ветоваться со специалистом по электроприводу или производителем; при необходимости эти преобразователи могут работать и в более простом скалярном режиме. Этот режим вполне достаточен для несложных приводов – насосов, вентиляторов, конвейеров, транспортеров и т. п., а его преимуществом является возможность управлять более мощными двигателями при использовании тех же силовых элементов.

Мощностной ряд. Чем шире, тем лучше. Ведь если необходимо управлять механизмами разной мощности, то лучше иметь однотипные схемы подключения, универсальные запасные части и опциональные компоненты, да и персоналу будет легче обслуживать однотипные приборы.

Входное напряжение. Чем шире диапазон, тем лучше. Особенно актуально для России, где напряжение питания может быть очень нестабильным.

Диапазон регулирования частоты. Верхний предел важен при использовании двигателей с высокими номинальными частотами – 200...1000 Гц, а нижний предел определяет диапазон регулирования скорости. Например, если механизм должен работать на скоростях от 300 до 3000 об/мин (диапазон обычно называется по отношению минимальной скорости к максимальной, в данном случае – 1:10), то преобразователь должен иметь возможность регулирования частоты от 5 до 50 Гц.

Управление. Возможные варианты: через клеммы управления, со встроенного или выносного пульта, от компьютера или контроллера. Часто допустимо комбинированное управление.

Конечно, это далеко не все функции, которые могут быть заложены в устройства плавного пуска и преобразователи частоты, поэтому стоит тщательно изучать возможности предлагаемого оборудования.

Задачи, проблемы и решения

Слишком быстрый пуск, приводящий к различным неприятностям – гидравлическим ударам, рывкам в механизме, ударному выбору люфтов, обрыву транспортерных лент и т. д. Проблема достаточно просто решается установкой простейшего УПП – достаточно задать желаемое время разгона или определить его экспериментально.

Слишком велик ток, потребляемый от сети в процессе пуска. Характерные признаки: при пуске отключаются автоматы на входе системы, в процессе пуска гаснут лампочки и отключаются некоторые реле и контакторы, останавливается питающий генератор. Скорее всего, УПП тут действительно поправит дело, причем желательно использовать прибор с контролем тока. По мере снижения уровня ограничения тока что-то произойдет раньше – либо сеть уже сможет обеспечить пуск, либо двигатель не сможет запустить механизм. В первом случае можно считать, что желаемый результат достигнут, во втором необходимо применить преобразователь частоты. Однако следует помнить, что при помощи УПП пусковой ток удастся снизить в лучшем случае до 200–250% от номинального тока двигателя. Если этого недостаточно, то эксперименты с устройством плавного пуска можно не проводить – бесполезно.

Двигатель не может запустить механизм при прямом пуске – не крутится вообще или «зависает» на определенной скорости и остается на ней до срабатывания защиты. Увы, УПП ему не поможет – двигателю не хватает момента на валу. Возможно, с задачей спра-

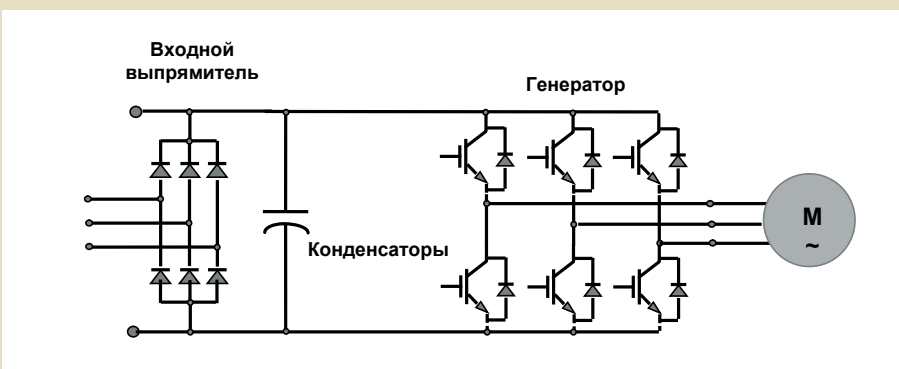


Рис. 5. Схема преобразователя частоты

Проблемы охлаждения двигателя при работе от преобразователя частоты

По способу охлаждения двигателя переменного тока делятся на две большие группы – двигатели с независимым охлаждением и двигатели с вентилятором на нерабочем конце вала. Первые обычно имеют специальный вентилятор с отдельным питанием, а иногда жидкостное или конвекционное охлаждение. Эти двигатели хорошо подходят для использования с преобразователями частоты. К сожалению, наибольшее распространение получили именно двигатели второй группы – с вентилятором на валу. Однако и эти двигатели можно использовать с преобразователями частоты в следующих случаях:

1) Нагрузка имеет так называемую насосную характеристику, т. е. момент пропорционален примерно кубу скорости. Точно такую же характеристику имеет и производительность вентилятора на валу двигателя, поэтому эффективность точно следует за нагрузкой двигателя, не допуская перегрева. Примеры подобных механизмов – циркуляционные насосы и все вентиляторы.

2) Пониженная скорость нужна периодически и кратковременно – например, на время пуска механизма или на кратковременном участке технологического процесса. В этом случае двигатель не успевает разогреться до критической температуры. При использовании современных преобразователей риск перегрева невелик – преобразователь может оценивать степень нагрева двигателя даже при отсутствии на нем датчика температуры и своевременно остановит привод при перегреве.

3) Двигатель имеет завышенную мощность; в этом случае он имеет также запас по нагреву. Такая ситуация характерна для старых приводов с тяжелым пуском – мощность двигателя завышали для увеличения пускового момента.

4) На предприятии есть местный Кулибин, способный просто установить независимый вентилятор для охлаждения ведущего двигателя. Несмотря на кажущуюся допотопность такого решения, автору этих строк приходится видеть такие конструкции довольно часто.

вится преобразователь частоты, но этот случай требует исследования.

Двигатель уверенно разгоняет механизм, но не успевает дойти до номинальной скорости – срабатывает автомат на входе. Такое часто бывает на тяжелых вентиляторах с достаточно высокой частотой вращения. Устройство плавного пуска здесь, скорее всего, поможет, но риск неудачи сохраняется. Чем ближе механизм к номинальной скорости в момент срабатывания защиты, тем больше вероятность успеха. Применение преобразователя частоты гарантированно решает проблему.

Необходимо регулировать скорость механизма вниз от номинальной при сохранении или снижении момента нагрузки. Решить задачу поможет только преобразователь частоты (механические решения в данной статье не рассматриваются), причем есть один существенный подвод-

ный камень – охлаждение двигателя (см. врезку).

Необходимо регулировать скорость механизма вверх от номинальной. Преобразователь частоты может помочь и здесь, но с большим количеством оговорок. Во-первых, при увеличении скорости момент нагрузки должен падать, причем так, чтобы произведение скорости на момент нагрузки не превышало номинальную мощность двигателя. Во-вторых, на скоростях выше номинальной возникает вопрос механической прочности двигателя. Лучше всего связаться с производителем и выяснить возможность работы двигателя на высоких скоростях, но если это по каким-то причинам сделать затруднительно, следует хотя бы учитывать, что на заводе двигателя обычно тестируются на скорости, превышающей номинальную на 30%. Наиболее частое использование повышенных скоростей – перемещение механиз-

ма без нагрузки, если таковое предусмотрено в технологическом цикле. В-третьих, двигатель или механизм могут иметь точки механического резонанса на повышенных скоростях, и эту проблему обойти простыми средствами не удастся.

Понятно, что задач для каждого привода может быть поставлено несколько. Соответственно и прибор нужно выбирать такой, который решит их все. Имейте также в виду, что преобразователь может выполнить все задачи, которые под силу устройству плавного пуска, поэтому не надо ставить на один привод два прибора.

Выбор

Кроме выполняемой задачи, для выбора конкретной модели УПП или ПЧ необходимо иметь следующие данные: номинальную мощность и номинальный ток двигателя, напряжение сети, напряжение питания двигателя, тип механизма (насос, конвейер, мельница, пресс...). Для выбора устройства плавного пуска также важно знать количество пусков в час, предполагаемый пусковой ток, длительность пуска и останова. При определении модели преобразователя частоты нужно знать необходимый диапазон регулирования скорости, номинальную скорость и тип охлаждения двигателя. Конечно, это далеко не все, но остальное у вас спросит менеджер поставщика – для каждой задачи свои исходные данные.

Ограниченный размер статьи не позволил нам здесь коснуться многих вопросов: надежности, выбора производителя и поставщика, сервиса, цены и многих других тем, однако автор надеется, что, прочитав эту статью, вы уже не будете чувствовать себя совсем уж беспомощными в выборе нужной вам техники. Удачи вам!

Р.М. Хусаинов,

к. т. н., технический директор,
ЗАО «Сантерно», Россия

ОПЫТ В ОБЛАСТИ ПРИВОДНЫХ СИСТЕМ

Уже долгое время концерн HELMKE широко известен в области электрических приводов. Начало делу положил инженер Иоганн Хелмке в 1922 году.

Постоянно растущий опыт позволил фирме HELMKE стать надежным партнером в мировой тяжелой индустрии.

Приводы HELMKE используются по всему миру при производстве цемента и стали, бумаги и сахара, в нефтехимической отрасли, а также в энергетическом и водном хозяйстве. Марка HELMKE гарантирует высокую надежность и безупречное сервисное обслуживание.

Новые электродвигатели для приводов тяжелой промышленности с сервисом, доступным во всем мире благодаря круглосуточной программе поставок, составляют на сегодняшний день основу деятельности концерна HELMKE.

Концерн HELMKE предлагает Вам:

- оборудование высокого напряжения, включая преобразователи частоты и устройства плавного пуска;
- оборудование низкого напряжения, включая преобразователи частоты тока;
- оборудование постоянного тока, включая выпрямители тока;

- трансформаторы;
- генераторы;
- сервис запасных частей круглосуточной программы поставок.

Из нашей уникальной программы Вашему вниманию предлагаются приводы собственных производственных серий, дополненные продукцией крупнейших европейских концернов с двигателями мощностью до 12 000 кВт.

Обширные знания об электрических машинах, многолетний опыт работы компании Helmke, современные технологии производства и внедренная система обеспечения качества в процессе конструирования