

Деревообрабатывающее предприятие – значит, есть дерево и есть его обработка. И значит, либо инструмент движется вдоль дерева, либо дерево – вдоль инструмента. Часто от того, как происходит это движение, зависит качество обработки. А движение зависит от двигателя. Какой двигатель сегодня самый дешевый и надежный, а потому и самый распространенный? Правильно, асинхронный. Асинхронный двигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором, если уж быть точным и оказать нашему двигателю почет и уважение. А то ведь обидится и сгорит ненароком, и будет простой оборудования и недовыпуск продукции. Капризный он парень, да и упрямый временами. Семикратный пусковой ток ему обеспечить, тепловую защиту настрой... И он согласится быстро крутиться. А если нам быстро не надо? Если нам не нужны его 2950 оборотов в минуту? Правильно, можно найти двигатель помедленнее, тогда будет 1480 или что-то вроде этого. Или 950. А если надо 2300? Или надо менять скорость, подбирая оптимальную именно для этого бревна или этой партии досок? Придется ставить редуктор или вариатор. Но редуктор переключает скорости ступенчато, да и останавливать все для этого надо, а вариатор уж больно капризен... Вот и придумали люди преобразователь частоты – прибор, способный договориться с асинхронным двигателем и в обмен на облегчение его жизни получить возможность плавного регулирования скорости и при этом еще и снизить потребление электроэнергии. Говоря сухим техническим языком, преобразователь частоты дает нам следующие основные преимущества:

- Оперативное автоматическое или ручное управление скоростью или параметром, который от этой скорости зависит;
- Экономия электроэнергии при замене других способов регулирования;
- Снижение пусковых токов до минимально необходимых для реализации пуска;
- Снижение ударных нагрузок на механизм при пуске;
- Комплексная защита двигателя и механизма.

Это далеко не полный перечень функций преобразователя частоты, но даже перечисленные свойства позволяют обеспечить на порядок лучшую управляемость оборудования и существенное увеличение срока его эксплуатации. Однако за все эти заманчивые возможности придется заплатить немаленькую сумму, и уж очень не хочется ошибиться в выборе модели, которая будет решать именно ваши проблемы. Попробуем с этим выбором сегодня разобраться. Собственно, покупка преобразователя не сложнее покупки автомобиля, т.е. скорее всего, ваш новый автомобиль будет ездить, но как быстро, комфортно и долго – это вопрос. Автору этих строк много раз приходилось помогать клиентам в выборе различных устройств, так или иначе связанных с управлением асинхронными двигателями, запускать эти приборы в эксплуатацию, а также по возможности исправлять ошибки, допущенные на этапе выбора. Данная статья обобщает некоторый опыт в этом деле и призвана помочь конечному потребителю выбрать нужное оборудование.

Итак, предположим, что двигатель у нас уже есть. При выборе преобразователя большинство пользователей опирается на мощность двигателя. Как правило, мощности двигателя и преобразователя совпадают, однако существуют двигатели (например, серия ВАСО), номинальный ток которых существенно превосходит стандартное для данной мощности значение. Не вдаваясь в подробности конструкции асинхронных машин, отметим лишь, что необходимая мощность преобразователя может оказаться существенно выше номинальной мощности двигателя, а поскольку ограничивающим фактором при работе преобразователя является его номинальный ток, то нужно выбирать модель, номинальный ток которой не ниже номинального тока вашего двигателя.

Второй вопрос – характер нагрузки. Если нагрузкой двигателя служит циркуляционный насос или вентилятор, то момент нагрузки пропорционален квадрату скорости. Такая нагрузка даже носит название "насосной" и является самым легким вариантом для двигателя. Всякую нагрузку, отличающуюся от этой, в первом приближении можно считать не зависящей от скорости. Многие производители выпускают серии преобразователей специально для насосов, и они, как правило, дешевле. Другие фирмы допускают использование стандартных моделей с насосами большей мощности, что также оказывается выгоднее.

Еще один существенный момент – перегрузки двигателя (продолжая аналогию с выбором автомобиля – вы предпочитаете спокойный или спортивный тип вождения?). У насосов и вентиляторов перегрузок практически нет, но для других механизмов этот вопрос очень важен. Перегрузочная способность различных моделей преобразователей частоты может сильно различаться. Поэтому для выбора преобразователя нужно знать характер перегрузок именно вашего механизма, в частности, каков уровень перегрузок, какова их длительность и как часто они появляются.

Теперь решим, в каком диапазоне мы будем регулировать скорость. Если скорость не будет падать ниже 10 % от номинальной, то подойдет практически любой преобразователь, но если нужно снижать скорость и далее, обеспечивая при этом номинальный момент на валу – нужно получить от производителя подтверждение способности преобразователя обеспечить работу двигателя на частотах, близких к нулю. Кроме того, с диапазоном регулирования скорости связан еще один вопрос, который требует решения – охлаждение двигателя. Дело в том, что обычно асинхронный двигатель охлаждается вентилятором, закрепленным на его валу, поэтому при снижении скорости эффективность охлаждения резко падает. Если двигатель будет долго работать на низких частотах, то нужно обеспечить независимое охлаждение – другими словами, установить вентилятор с независимым питанием. Точный рецепт, когда такой вентилятор нужен, а когда нет, без специальных расчетов дать невозможно, все зависит от времени работы на пониженной скорости, величины этой скорости и величины нагрузки. При нагрузке с "насосной" характеристикой вентилятор, как правило, не нужен, а на двигатель конвейер-

ра или пилы проще сначала не устанавливать его, а при работе просто измерять температуру двигателя. Грубо говоря, если руку на двигателе удержать не удастся – вентилятор нужно ставить. Кстати, проблема охлаждения – это проблема пользователя, а не производителя, поэтому продавец может вам ничего и не сказать. Однако в серьезных компаниях об этой проблеме предупреждают.

Третий вопрос, который мы должны рассмотреть – торможение. При снижении скорости кинетическую энергию двигателя и механизма нужно куда-то деть. Преобразователи, способные вернуть эту энергию в сеть, обычно существенно дороже, и без особой необходимости их приобретение вряд ли оправдано. Если использовать торможение выбегом, аналогичное обычному отключению двигателя от сети, то энергия перейдет в трение, но останов может быть достаточно долгим. Преобразователь может остановить двигатель быстрее, активно выделяя тепло через свои радиаторы охлаждения и двигатель (торможение двигателем – знакомо?). Если и этого недостаточно, то понадобится специальный узел торможения, состоящий из тормозного модуля (иногда называемого тормозным ключом, или "чоппером") и внешнего тормозного резистора для рассеяния тепла. Тормозной модуль может быть встроен в преобразователь как стандартный элемент, и тогда за него не нужно будет платить отдельно, может встраиваться при заказе за дополнительные деньги, или докупаться и подключаться позже при необходимости. Последний вариант предпочтительнее, если неизвестно, понадобится ли этот модуль вообще. В отличие от тормозного модуля, тормозной резистор – это унифицированное изделие, и купить его можно как у поставщика преобразователя, так и у сторонних производителей. Если покупать в той же фирме, что и преобразователь, то можно быть уверенным, что резистор будет выбран правильно. А если покупать у третьих фирм, то можно найти более дешевый вариант. С точки зрения автора, при покупке двух-трех преобразователей экономия не оправдывает затрат времени на поиск и риска неправильного выбора, а вот при закупке больших количеств стоит потратить немного времени на расчеты и поиск, чтобы получить существенное суммарное снижение цены.

Ответив на эти вопросы, мы практически определили требования к силовой части преобразователя (тип кузова, мощность двигателя, количество дверей и ведущих мостов выбраны. Теперь займемся коробкой передач).

Сначала решим, как мы будем управлять скоростью двигателя. Самый простой вариант аналогичен регулированию громкости радиоприемника: крутим ручку потенциометра в одну сторону – скорость растет, в другую – уменьшается. Иногда этот потенциометр даже присутствует на преобразователе. Другой вариант – две кнопки: одна для увеличения скорости, другая для ее снижения. Этот тип управления получил название "автоматического потенциометра", он удобнее тем, что невозможно случайно резко изменить скорость привода, кроме того, кнопки в условиях производства обычно намного надежнее переменного резистора. Схема "автоматического потенциометра" реализуется практически на любом преобразователе.

Если электроприводом будет управлять контроллер или другое внешнее устройство, необходимо обратить внимание на то, согласуются ли управляющие сигналы контроллера и преобразователя. В современной технике этих сигналов осталось фактически только два – 0-10 В и 4-20 мА. Если сигнал в вашей системе отличается от указанных вариантов, то нужно уточнить у продавца, может ли предлагаемый вам преобразователь с ним работать.

Иногда удобно в разных режимах поддерживать разные, но заранее известные значения скорости, выбирая требуемое значение из памяти преобразователя (своего рода круиз-контроль). В этом случае нужные скорости определяются и записываются в память на этапе настройки, а в процессе работы оператор лишь выбирает нужное значение внешним переключателем.

Наиболее "умный" вариант управления – заставить преобразователь самостоятельно изменять скорость, поддерживая на заданном уровне определенный параметр (давление на выходе насоса, загрузку механизма и т.п.). В этом случае потребуются наличие в преобразователе так называемого ПИД-регулятора и возможности подключения датчика обратной связи, измеряющего текущее значение контролируемого параметра. Как правило, современные преобразователи позволяют реализовать все эти режимы, нужно только точно представлять себе нужный вариант и узнать у продавца возможность его реализации.

Кроме функций управления, на преобразователь обычно возлагаются функции защиты двигателя (ремни безопасности, воздушные подушки). Практически все преобразователи имеют целый набор функций ограничения тока – при пуске, при продолжительной работе, при останове и даже при коротком замыкании. Это спасает двигатель от выхода из строя при неполадках механизма, заклинивании ротора или недопустимом износе подшипников. Дополнительно многие преобразователи имеют в своей программе управления тепловую модель двигателя и способны по результатам ее работы защитить двигатель от перегрева. Другими словами, преобразователь "знает", какова температура двигателя, и не позволит ему перегреться. Если же в двигатель вмонтирован датчик температуры, то желательно иметь в преобразователе частоты соответствующий вход для дополнительной защиты двигателя по показаниям этого датчика.

Взглянем теперь на пульт управления. Обычно он состоит из дисплея и клавиатуры (руля там нет...). В простейшем случае на дисплей выводятся только цифры, показывающие номер параметра и его значение. Если пульт управления нужен только на этапе пуско-наладочных работ, то этого достаточно, хотя работать с таким дисплеем довольно неудобно. Большинство современных преобразователей имеют алфавитно-цифровой дисплей, состоящий из нескольких строк. Это позволяет лучше ориентироваться в меню преобразователя, а при некотором навыке – обходиться без шпаргалки в виде руководства по эксплуатации. Особенно это важно, если в случае аварии необходимо быстро принимать меры: в этой ситуации важно знать причину аварии, а времени на "расшифровку" показаний нет. Некоторые преобразователи имеют графический дисплей, на который можно выводить не только значения параметров, но и график их изменений. Большинство приборов зарубежного про-

изводства не имеют возможности отображения русского языка, однако, как показывает практика, это неудобство быстро становится преимуществом: лексикон сообщений не очень большой, и запомнить его несложно, особенно вспомнив школьный курс иностранного языка, а вот от чрезмерного любопытства персонала это защищает. Кстати, о защите от несанкционированного вмешательства в работу преобразователя (вспомните ключи от двери и зажигания). Большинство приборов имеет парольную защиту, иногда отдельную для управления и изменения параметров. Кроме того, у некоторых преобразователей пульт управления после настройки можно просто снять и унести. Если же предполагается использовать пульт для оперативного управления и отображения текущей информации, то стоит выяснить у продавца, можно ли вынести пульт управления на переднюю панель шкафа или в другое удобное место.

В процессе работы нам понадобятся и средства сигнализации (что-то вроде лампочек "низкий уровень масла", "открытая дверь" на приборной панели автомобиля и нудного писка при движении задним ходом). У всех преобразователей есть несколько дискретных выходов, обычно это реле или выходы с открытым коллектором, которые могут сообщить вам о самых разных событиях внутри привода: об аварии, о достижении заданной скорости, о готовности преобразователя к работе и т.д. Часто каждый из этих выходов снабжен таймером, задерживающим момент включения или выключения соответствующего реле, что также можно использовать при построении системы управления. У многих преобразователей есть еще и аналоговые выходы, к которым можно подключить обычные амперметры или вольтметры, чтобы они показывали скорость, ток, напряжение, момент нагрузки и т.д. Эти же выходы могут использоваться для передачи значений параметров на внешний контроллер или другое управляющее или регистрирующее устройство.

Теперь подумаем, где и как мы будем устанавливать преобразователь (это уже похоже на поиск гаража) Если в электрошкаф, то кроме размеров нас будет интересовать наличие свободного пространства вокруг прибора и объем необходимого для охлаждения воздуха. Кроме того, нужно подумать, как будет отводиться выделяемое преобразователем тепло, потери которого могут составлять до 5% от мощности преобразователя. Если же предполагается установить преобразователь отдельно (на полу или на стене), то надо уточнить степень его защиты. Исполнение IP00 приемлемо только для установки в шкафу или специальном помещении, поскольку нет защиты от поражения электрическим током. Исполнение IP20 допускает установку в помещениях общего доступа, а при установке в помещениях с высокой влажностью или большим количеством пыли в воздухе необходимо использовать исполнение IP54 или другое в соответствии с требованиями стандартов. И еще один важный аспект, связанный с местом установки прибора: если выходной кабель между преобразователем и двигателем превышает определенную длину, то необходимо устанавливать специальный дрессель. Эта длина различна для разных кабелей, разных токов и разных преобразователей, поэтому назовите продавцу расстояние от места предполагаемой установки преобразователя до двигателя, и он скажет вам, понадобится ли выходной дрессель в вашем случае.

Основные параметры мы оговорили. Однако у современных преобразователей частоты есть ряд дополнительных функций, которые могут быть вам полезны. Перечислим наиболее часто встречающиеся по мере их важности (с точки зрения автора):

Работа при нестабильном питании. Очень актуальный параметр для России (дороги наши помните?). Какой диапазон питающего напряжения допустим? Как ведет себя преобразователь при изменении напряжения питания? В хороших моделях допустимо напряжение сети от 380 до 460 В с колебаниями +/- 10%. А вот при просадках питания или полном его отключении на короткое (и не очень) время поведение преобразователей очень различно. Возможно сохранение работоспособности с пропорциональным просадке снижением скорости, автоматический перезапуск при восстановлении питания, определение скорости двигателя при повторном запуске (чтобы не начинать разгон с нуля), и даже функция контролируемого плавного останова двигателя при полном (!) отсутствии питания. Все эти функции имеют большое количество программируемых параметров, позволяющих задать именно тот алгоритм работы, который приведет к наименьшим потерям при неполадках в сети.

Средства последовательной связи. Все чаще требуется либо сразу включить электропривод в систему автоматизированного управления, либо предусмотреть такую возможность на будущее. Для этой цели служит порт последовательной связи, обычно стандарта RS485. Стандарт и протокол обмена необходимо уточнить при покупке, равно как и возможность приобретения блока последовательной связи или замены его на блок другого стандарта в дальнейшем. Эти согласования лучше отдать на откуп тем специалистам, которые занимаются автоматизацией технологических процессов. Но даже если централизованной системы управления на вашем предприятии нет, через такой порт можно связать преобразователь с компьютером, что существенно упростит наладку. Сейчас есть производители, оборудование которых при таком подключении позволяет обеспечить дистанционную настройку, управление и контроль через Интернет из любой точки планеты, будь то соседний кабинет или сервисная служба производителя.

Возможность запрета работы на определенных частотах. Эта функция актуальна, если при некоторых скоростях наблюдаются резонансные явления в механизме – другими словами, если при этом установка начинает ходить ходуном и грозит вот-вот развалиться. Правда, пока у вас нет преобразователя, невозможно и выяснить, будут ли такие проблемы, а когда он появится – поздно будет что-либо менять. Поэтому лучше, чтобы возможность блокировки работы на определенных частотах была.

Автоматическая процедура согласования с двигателем. В простейших преобразователях никакого согласования нет: преобразователь выдает на выходе напряжение определенной частоты и амплитуды, а параметры обмоток двигателя его не очень-то интересуют. Более современные модели требуют ввода ряда дополнитель-

ных параметров, которые нужно искать в справочниках. Преобразователи последних поколений либо используют так называемый идентификационный пуск, при котором преобразователь сам измеряет все параметры, либо проводят измерения непосредственно во время работы. В последнем случае это происходит незаметно для пользователя. На данную функцию стоит обращать внимание только в том случае, если ваш привод является очень сложным и ответственным.

Принцип управления. Можно выделить три типа управления – управление U/F (регулирование отношения напряжения к частоте), векторное управление полем и прямое управление моментом (указано в порядке возрастания "умности" и цены). Четкую границу провести между ними сейчас трудно, часто производитель использует в своем преобразователе элементы управления различных типов. В подавляющем большинстве применений достаточно первых двух типов управления, но при очень рваной нагрузке и больших перегрузках может появиться необходимость прямого управления моментом. Если в вашем штате нет инженера по электроприводу, то в решении данного вопроса лучше проконсультироваться с продавцом.

Возможность использования нескольких наборов параметров. Такая функция позволяет настроить преобразователь на два или более режима работы и переключаться между ними при помощи тумблера или другого внешнего сигнала. Это может помочь, если вы планируете использовать прибор с различными двигателями, при разных нагрузках, в разных условиях и т.д.

Здесь не перечислено и половины возможных дополнительных функций. Если у вас есть какие-то экзотические пожелания (просмотр телепрограмм во время работы, подогрев чайника на тормозном резисторе и т.п.), не стесняйтесь спрашивать – вдруг у кого-то эти функции предусмотрены!

Несмотря на несколько шуточный тон этой статьи, к вопросу выбора преобразователя частоты стоит относиться очень серьезно. Не стоит завышать свои требования, но и отказываться от нужных функций не нужно. Помните, что за все возможности нужно будет заплатить. Мы намеренно не коснулись здесь вопросов надежности оборудования, поскольку этот вопрос обычно каждый решает для себя сам. Заканчивая аналогию с автомобилями, можно сказать, что "Тойота" надежнее "Опеля", а "Фольксваген" надежнее "Жигулей", но кто-то может с нами не согласиться, а кто-то – обвинить в рекламе определенных марок. В следующих статьях – если таковые появятся – мы рассчитываем рассмотреть наиболее частые заблуждения, связанные с преобразователями частоты, поговорим о выборе фирмы-поставщика, а также о других аспектах приобретения и применения промышленной электроники в электроприводах. Как говорят на телевидении – оставайтесь с нами!