

Эксплуатация и обслуживание преобразователей частоты

1. Преобразователи частоты и их использование в современных АСУ

В настоящее время электропривод является одной из основных составляющих частей любой производственной линии или технологического агрегата (насос, вентилятор, компрессор, пресс и т.д.). Современный подход к автоматизации почти полностью искоренил прямой пуск и дискретное управление скоростью вращения электродвигателей и дал дорогу массовому применению частотного регулирования, организованного с помощью преобразователей частоты (далее ПЧ). В тех задачах, где просто требуется плавный безударный пуск механизмов и вывод электродвигателей на номинальную скорость вращения, применяются тиристорные устройства плавного пуска (далее УПП). Современные преобразователи частоты, благодаря наличию большого выбора встраиваемых в них интеллектуальных опциональных модулей, могут полностью заменять контроллеры нижнего уровня, а также обеспечивать прием сигналов с помощью имеющихся входов/выходов и обмениваться данными с внешними системами по любому стандартному сетевому протоколу. Немаловажен также и экономический эффект, достигаемый от применения ПЧ для управления разными технологическими агрегатами, где регулирование скорости вращения двигателя помогает избегать дополнительных затрат энергии и напрямую влияет на увеличение рабочего ресурса механизма в целом. Являясь сложными электронными устройствами, ПЧ и УПП требуют тщательного анализа и настройки пользовательских параметров, количество которых может исчисляться десятками и сотнями в зависимости от применяемых моделей и сложности решаемых задач.

2. Организация обслуживания преобразователей

Обслуживание современных ПЧ, так же как и их настройка, требует серьезной целенаправленной подготовки технического персонала, что, с одной стороны, является занятием достаточно затратным, но, в конечном счете, позволяет организовать для производства собственную локальную техническую службу быстрого реагирования. Целесообразность содержания такой службы оправдана, если у предприятия в

эксплуатации находится несколько десятков или сотен единиц оборудования или если стоимость простоя чрезмерно высока и каждый такой час выливается в значительную потерю прибыли для предприятия. Предположим, добавочная стоимость розлива одной бутылки пива - 2 рубля, а средняя производительность линии розлива составляет 50 000 бутылок в час, в итоге каждый час простоя такой линии - 100 000 рублей потерь прибыли. Есть и другие критерии, такие как быстрое старение (порча) ингредиентов при производстве продукции, например быстрая порча теста при производстве хлеба, где максимальный простой линии составляет не более 1-2 часов и т.д.

Решение проблемы своевременного и аварийного обслуживания приводной техники может быть выполнено двумя способами. Первый способ, как уже было описано выше, это создание своей собственной сервисной службы непосредственно на производстве, а второй - это передача функций обслуживания оборудования специализированной организации, занимающейся решением таких задач на профессиональном уровне. Однако и при первом варианте, тесное взаимодействие собственной сервисной службы предприятия со сторонней специализированной сервисной организацией будет только дополнительным плюсом, так как эффективность решения задач обслуживания и скорость реакции на возникающие проблемы в этом случае резко возрастает. Например, собственная сервисная служба предприятия, в случае возникшей аварийной ситуации и при невозможности решения проблемы собственными силами, может обратиться за помощью к специализированной организации и выступить в качестве организатора процесса устранения неполадок на собственном производстве. Для начала такого взаимодействия необходимо заблаговременное подписание договора. В договоре, как правило, описываются такие важные моменты, как время прибытия специалиста после вызова, стоимость предоставляемых услуг, наличие локального склада запчастей и готового оборудования на замену у подрядчика, возможность вызова специалиста в нерабочее время и праздничные дни, рассрочка оплаты оказанных услуг, гарантии и т. д.

Для конечного пользователя на момент выбора им оборудования для своего производства или покупки готовой производственной линии наличие регионального сервисного партнера производителя будет иметь следующие преимущества.

- Региональный сервисный партнер окажет помощь в момент запуска оборудования, проведет ревизию запущенного оборудования на предмет правильной установки и эксплуатации, а так же обеспечит гарантийную поддержку в случае выхода оборудования из строя. Практический опыт показывает, что основная масса оборудования чаще выходит из строя в момент первого запуска или по истечении 4-5 лет эксплуатации. Другими словами, оборудование, отработавшее несколько месяцев, скорее всего, будет

бесперебойно работать в течение нескольких лет, и только процесс старения компонентов сможет нарушить стабильность его рабочего состояния. Но, в данном случае мы, конечно же, предполагаем своевременное проведение планового обслуживания оборудования.

- Региональный сервисный партнер может на профессиональном уровне провести обучение обслуживающего профессионала конечного пользователя и помочь составить регламент периодического обслуживания оборудования для обеспечения его бесперебойного функционирования.
- Последующий процесс модернизации производственной линии будет значительно облегчен. Устаревшее оборудование заменится современным с минимальными затратами и переделками системы в целом (retrofitting).
- Региональный сервисный партнер сможет обеспечить своевременную техническую поддержку, получение необходимой технической и сервисной документации, а также организацию «связи» с производителем оборудования.

3. Периодическое обслуживание преобразователей частоты

Главным фактором, определяющим срок службы ПЧ и его бесперебойную эксплуатацию, является **правильное и своевременное обслуживание**. По существующей статистике, выход электропривода из строя в подавляющем ряде случаев связан с нарушениями в его эксплуатации или обслуживании. Существует несколько важных аспектов, на которые стоит обратить внимание.

1. Рекомендуется проведение **проверки ПЧ на запыленность**, так как пыль является основной причиной выхода из строя. Пыль гигроскопична и способна накапливать влагу, которая впоследствии становится причиной замыканий внутренних электрических цепей. При попадании мельчайших частиц пыли в ПЧ, происходит их скопление в областях с наибольшей напряжённостью электромагнитного поля, а при малейшем повышении влажности окружающей среды, между силовыми контактами с высокими потенциалами загорается электрическая дуга, разрушающая всё на своём пути. Особое внимание на эту рекомендацию должны обратить сотрудники тех производств, где пыль и грязь являются токопроводящими. Пыль снижает способность внутренних частей к эффективному охлаждению и способствует возникновению локальных перегревов элементов, что так же является причиной выхода ПЧ из строя. Пыль отрицательно влияет на работу вентиляторов охлаждения. Накапливаясь на лопастях, она увеличивает их вес и сопротивление воздушному потоку при вращении и, как следствие, обеспечивает возникновение перегрузки на валах вентиляторов, что значительно снижает их рабочий ресурс. Частота проверки ПЧ на запыленность напрямую зависит от местоположения

оборудования. Если ПЧ установлены в шкафах управления обеспечивающих надежную защиту от пыли, то производители рекомендуют проверять запылённость минимум один раз в год. На производствах с гигроскопичной пылью эти сроки рекомендуется снизить до одного раза в квартал. При обнаружении запылённости отдельных частей, их необходимо продуть сжатым воздухом, причём при каждом обслуживании нужно продувать не только внутренние части, но обязательно произвести очистку каналов охлаждения. Чем лучше воздух циркулирует через радиатор, тем дольше срок службы силовых полупроводниковых элементов (IGBT транзисторов, диодных мостов и тиристоров).

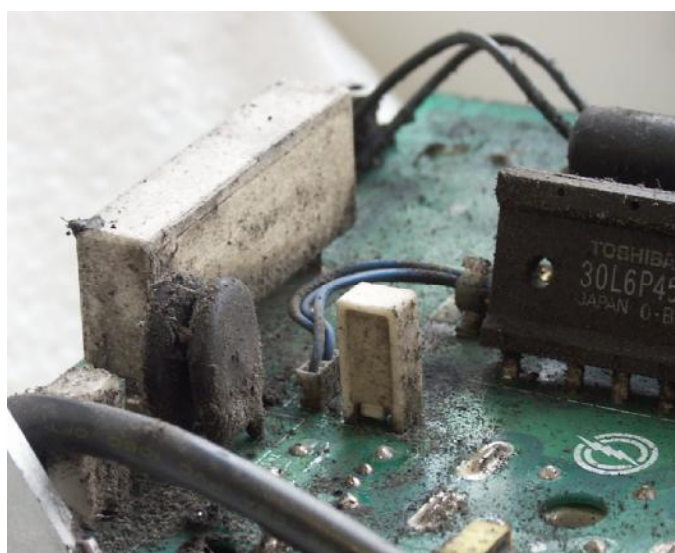


Рис.1. Загрязнение на внутренних платах преобразователей частоты

2. Немаловажной задачей является периодическая **проверка работоспособности вентиляторов**. В основном, производители ПЧ рекомендуют производить проверку не реже, чем раз в полгода, а превентивную замену производить один раз в три года. Опыт показывает, что этот срок является оптимальным, так как за меньшее время проблемы возникают только с бракованными вентиляторами, но после 3-х лет эксплуатации количество выходов из строя резко возрастает. Особенно актуален вопрос пристального контроля вентиляторов для исполнения ПЧ со степенью защиты IP54, установленных непосредственно на производственном оборудовании в помещении с наличием в воздухе частиц вязких веществ, таких как пивная пыль, которая образуется в процессе варки пива, различные гели, нефтепродукты и т.п. При их попадании в вентиляторы очистка довольно трудоемка, а обрастание вентиляторов вязкой массой происходит достаточно быстро. В ряде случаев вентиляторы проще заменить новыми. Кроме вышесказанного необходимо периодически осуществлять визуальный контроль работы вентиляторов, на предмет их устойчивого вращения и плавности хода.

3. Под воздействием частого заряда и разряда, а также под воздействием повышенной температуры со временем происходит **старение электролитических конденсаторов ПЧ**, что характеризуется уменьшением их номинальной емкости или возникновением внутренних пробоев между полюсами. Как это происходит?

Старение электролитических конденсаторов обусловлено различными химическими (например, естественной деградацией алюминия) и физическими (например, диффузией паров электролита через элементы уплотнения) причинами. В случае превышения допустимой температуры, интенсивность старения резко возрастает, поскольку электролит за счет выделения растворенного газа используемого при гидролизе, выдавливается из пространства между скрученными электродами. В результате увеличивается ESR (эквивалентное внутреннее сопротивление), что стимулирует еще больший нагрев конденсаторов. Последствия этого процесса отрицательно влияют на стабильность работы ПЧ, особенно в задачах связанных с высокой динамикой. Прежде всего, при нагрузке резко падает уровень напряжения на шине постоянного тока и, как следствие, повышается ток на выходе инвертора, а при падении напряжения до минимального порога срабатывания защиты, ПЧ вовсе останавливается с сообщением об ошибке UV «низкое напряжение шины постоянного тока». При интенсивном торможении электродвигателя с нагрузкой на валу, электродвигатель переходит в «генераторный режим» и уровень напряжения на выходе ПЧ резко возрастает. В данном случае при эксплуатации ПЧ со сниженной емкостью конденсаторов шины постоянного тока их будет недостаточно для компенсации возросшего напряжения и ПЧ остановится по ошибке OV «напряжение на шине постоянного тока выше максимально допустимого». Результатом такой ситуации может быть вздутие или разрушение конденсаторов. Схематично такие процессы представлены на рисунке 2.

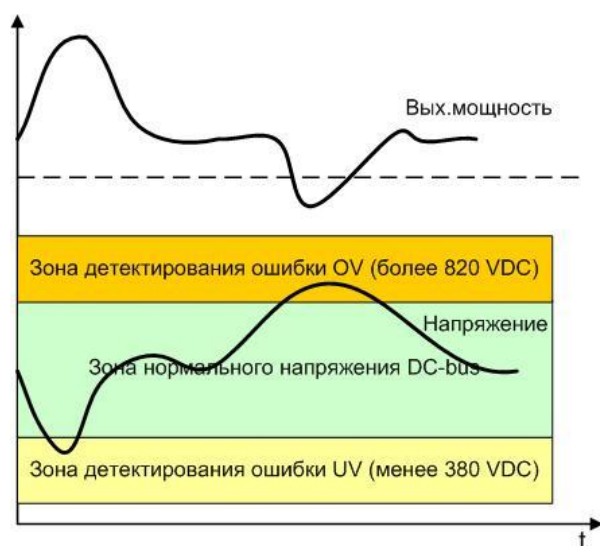


Рис.2. Колебания выходной мощности и напряжения на шине постоянного тока преобразователя частоты со сниженной емкостью электролитических конденсаторов:

При пониженной ёмкости конденсаторов различных плат, начинают возникать сбои в системе управления ПЧ, иногда это приводит к выходу из строя импульсных источников питания или других цепей управления. Основной рекомендацией является периодическая замена конденсаторов. Но вот определить точные сроки замены довольно проблематично. Ёмкость конденсаторов и её изменение зависит от температуры окружающей среды. В зависимости от производителя и модели в ПЧ могут быть использованы конденсаторы на максимальную температуру +85 или +105°C с дополнительной системой принудительного охлаждения или без нее. В среднем замену конденсаторов необходимо производить один раз в 4-5 лет при нормальных условиях эксплуатации. Рис.3 отражает зависимость срока службы электролитических конденсаторов от окружающей ПЧ температуры.

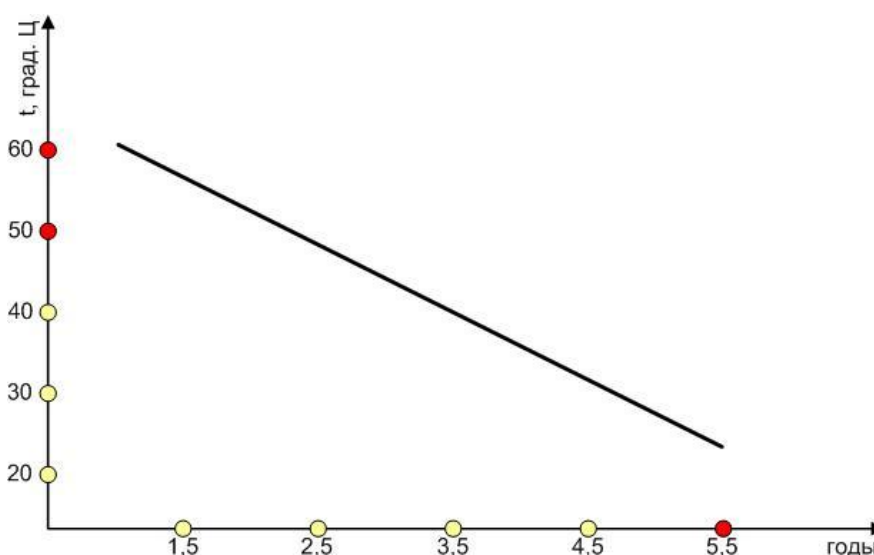


Рис. 3. Зависимость срока службы электролитических конденсаторов от внешней температуры

В некоторых современных ПЧ, разработанных для работы в неблагоприятных средах, применяются только пленочные конденсаторы, которые менее подвержены влиянию температур и старению. Это позволяет существенно расширить рабочий температурный диапазон применения ПЧ с отрицательных до высоких положительных температур.

4. Не лишним будет **проведение периодической проверки падения напряжения на контакторах и реле цепей питания ПЧ, а также на силовых полупроводниковых предохранителях защиты.** При появлении паразитных сопротивлений между контактами релейной аппаратуры, рекомендуется ее заменить.

5. Периодически нужно проверять затяжку силовых винтов, болтов и гаек ответственных соединений ПЧ. Как правило, проверку делают один раз в год, хотя для оборудования, где присутствует сильная вибрация, периодичность проверки следует увеличить. Ослабление затяжки крепежа в точках силовых соединений приводит к

возникновению ошибок потери фаз и заканчивается пробоем силовых полупроводниковых элементов (диодов, IGBT транзисторов) или прогоранием металла шин в точках контакта (рис.4).



Рис.4. Повреждение силового соединения в результате плохого контакта

4. Методика диагностики неисправностей преобразователей частоты

Проверка и плановое обслуживание помогут предотвратить многие проблемы, но, к сожалению, так или иначе ПЧ выходят из строя, и этого нельзя избежать полностью. На сегодняшний день ни один производитель не обеспечивает достаточно эффективную защиту ПЧ от выхода из строя в результате перегрузок. Да, защита от коротких замыканий на выходе, несомненно, присутствует у любого современного ПЧ, но предотвратить выход из строя силовой части в случае, если замыкание случится в момент управления нагрузкой на номинальной мощности, защита не сможет. Связано это с тем, что само управление защитой реализовано в контроллере ПЧ и пока сигнал о перегрузке на выходе ПЧ будет им обработан и будет дана команда на закрытие выходных транзисторов, некоторые из них уже успеют пострадать и в режиме пробоя обеспечат замыкание полюсов шины постоянного тока друг на друга. Далее дуга, сделав свое дело, окончательно повредит все доступные элементы схемы.

Что же делать когда преобразователь перестал работать? Прежде всего, не надо сразу же пытаться включить его снова. Как правило, повторный запуск неисправного ПЧ влечет к еще большим повреждениям. Состояние ПЧ должно быть тщательно проанализировано посредством проведения диагностики. Если на дисплее отображается какой-нибудь аварийный код, то следует проанализировать, что он означает, в дальнейшем эта информация позволит быстрее выявить возникшую проблему. Если на дисплее ПЧ ничего не отображается или его просто нет, то следует проверить наличие опорного

напряжения 24В на соответствующих клеммах платы управления, воспользовавшись схемой подключения в документации на ПЧ. В случае отсутствия напряжения на клеммах платы управления следует обратиться в сервисный центр.

Обычно выполняется ещё и проверка силовой части. **ВНИМАНИЕ!** Перед осуществлением данной процедуры следует дождаться, пока разрядятся конденсаторы шины постоянного тока (см. инструкцию по эксплуатации ПЧ). Время, необходимое на их разряд составляет 10–15 мин. Ознакомьтесь со структурной схемой ПЧ, представленной в инструкции по эксплуатации.

Для проверки силовых цепей необходимо установить мультиметр в режим прозвонки диодов. Соедините «-» мультиметра и клемму «+» частотного преобразователя, затем поочерёдно установите «+» мультиметра на клеммы L1, L2, L3, U, V, W. В данном случае P-N переход диодов будет открыт и показания мультиметра будут 0,3...0,6 В. Теперь соедините «+» мультиметра и «+» преобразователя, а «-» мультиметра поочередно соедините с клеммами L1, L2, L3, U, V, W. В данном случае переходы диодов закрыты и мультиметр показывает обрыв. Аналогично проверьте второе плечо инвертора и выпрямителя (сначала «+», а потом «-» мультиметра на клемму «-» преобразователя частоты). Результаты проверки сравните с результатами в таблице.

Регламент проверки силовых цепей преобразователей частоты

Проверяемый элемент	«+» мультиметра	«-» мультиметра	Показания мультиметра
Входной мост	Клеммы L1, L2, L3	Клемма «+» ПЧ	P–N-переход открыт
	Клемма «+» ПЧ	Клеммы L1, L2, L3	∞ (обрыв)
	Клеммы L1, L2, L3	Клемма «-» ПЧ	∞ (обрыв)
	Клемма «-» ПЧ	Клеммы L1, L2, L3	P–N-переход открыт
IGBT-транзисторы	Клеммы U, V, W	Клемма «+» ПЧ	P–N-переход открыт
	Клемма «+» ПЧ	Клеммы U, V, W	∞ (обрыв)
	Клеммы U, V, W	Клемма «-» ПЧ	∞ (обрыв)
	Клемма «-» ПЧ	Клеммы U, V, W	P–N-переход открыт

Результаты могут отличаться лишь в том случае, когда используется управляемый или полууправляемый входной мост. При проверке управляемого моста (рис. 5в) все комбинации измерений будут показывать ∞(обрыв). Если же проверяется полууправляемый мост (рис. 5б), то ∞ (обрыв) будет только в том плече, где установлены тиристоры, обычно это положительное плечо.

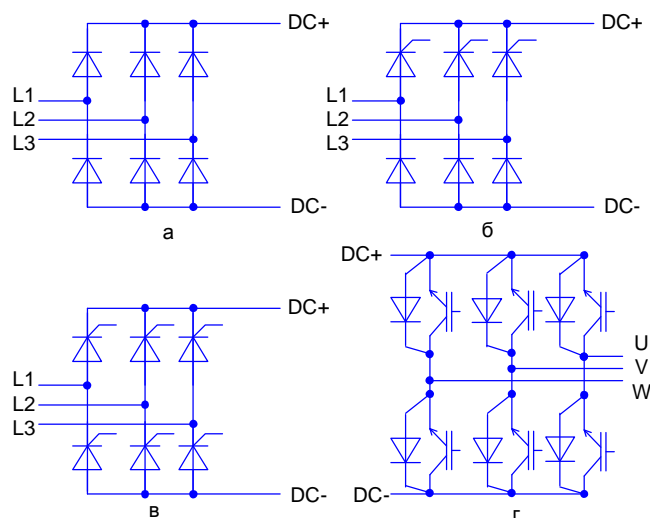


Рис.5. Типы мостов (а – неуправляемый, б – полупроводимый, в – управляемый, г- инвертор)

Если показания мультиметра не соответствуют приведенным в таблице, то это говорит о том, что имеются повреждения силовой части, поэтому следует обратиться в службу сервиса для обеспечения дальнейшей диагностики и ремонта ПЧ.

Методики, перечисленные выше, не дают однозначного заключения об исправности ПЧ, они лишь позволяют примерно определить неисправность на начальном уровне. Для точного определения причины выхода из строя и характера повреждений требуется проведение множества тестов с помощью специализированного оборудования. Такое оборудование должно быть в наличии в официальных региональных сервисных центрах.

Определить внутренние неисправности плат ПЧ значительно сложнее и внешне эти неисправности могут не проявляться. Для этого в специальных условиях проводят тестирование плат и элементов ПЧ по отдельности. Самой сложной диагностикой является поиск плавающей неисправности, когда неисправность возникает периодически при определенных условиях или просто хаотично. Если источник возникновения неисправности определить не удастся, то производится превентивная замена плат и других компонентов.

Заключение

Подводя итоги, хотелось бы отметить основные тенденции развития приводной техники с точки зрения сервиса. В настоящее время каждый производитель стремится минимизировать габариты приводов, а потому расположение компонентов и плат становится более плотным. Это негативно сказывается на возможностях сервисного обслуживания и, как следствие, приводит к более частым отказам оборудования в результате его неправильной эксплуатации. Кроме того, при возникновении каких-либо

повреждений силовой части, управляющая часть также частично разрушается, поэтому ремонт ПЧ мощностью до 4,0-7,5 кВт практически нецелесообразен. Основная проблема возникает в том случае, если необходимо переписать параметры из повреждённого прибора, т. к. это практически невозможно.

Преобразователи частоты большей мощности создаются по тем же принципам, что и раньше, поскольку довольно трудно добиться существенного уменьшения их размера. Изменению подлежат принципы построения систем защиты и управления, а также обновляется элементная база. Современные контроллеры плат управления ПЧ, позволяют реализовывать более точное регулирование. Преобразователи мощностью свыше 100 кВт всё чаще строятся по модульному принципу, что значительно упрощает обслуживание и снижает стоимость системы в целом, благодаря возможности питания нескольких инверторов от одного выпрямителя.