



Инженерный центр
«Автоматизация
ресурсосберегающих
технологий»
www.ic-art.ru

*Публикации специалистов
Инженерного центра «АРТ»*

Предотвращение аварийных режимов технологических установок, оснащенных системами частотного регулирования

*Сербин Юрий Владимирович, д.т.н.
Лысенко Сергей Васильевич*

Опубликовано в издании
“ТЕПЛОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”,
информационный бюллетень № 2 (47) 2007, специальный выпуск
“Системы частотного регулирования на объектах городского хозяйства и промышленности”

Офис Инженерного центра «АРТ»

195196, г. Санкт-Петербург, Таллинская ул., д. 7, литер «А»

Офисный центр «К12». Офис 2-Н

+7 (812) 445-24-22; 445-24-76; 445-23-47

e-mail: office@ic-art.ru

www.ic-art.ru



YouTube Канал «Инженерный центр «АРТ»

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМАМИ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сербин Юрий Владимирович, д. т. н., Лысенко Сергей Васильевич

Лучшей оценкой профессионализма энергетика является убежденность потребителей в том, что вода (тепло, пар, электроэнергия и др.) всегда были и всегда будут.

При этом большинство людей не знают, сколько сил тратится специалистами на обеспечение «нормальной» работы энергетических объектов и инженерных систем (ИС) и как они рискуют своим здоровьем, а иногда и жизнью, действуя в аварийных ситуациях.

Ненормальные и аварийные режимы вызываются нерасчетными нагрузками, механическими неисправностями нагнетателей, неисправностями трубопроводных систем, могут быть связаны с некачественным электроснабжением, неисправностями цепей электропитания, нарушениями в работе автоматики, «человеческим фактором», ошибками проекта и др.

Например, стабилизация температуры теплоносителя на центральном тепловом пункте (ЦТП) оказалась невозможной при нагрузках на систему ниже 10% от расчетной, поскольку диапазон регулирования установленного на объекте регулирующего клапана по паспорту составлял 50...100%. На стадии пуско-наладочных работ потребовалась замена клапана и перенастройка системы управления. Подобное – не редкость, если объект тепло- или водоснабжения запускается в работу для обеспечения технологических нагрузок строящегося жилого массива и т. п.

На отопительной котельной при длительном снижении температуры наружного воздуха до

отметки -30°C не удалось получить качественное сжигание топлива в топках котлов, поскольку система оказалась не в состоянии обеспечить требуемое для столь холодного топлива соотношение «газ–воздух».

Отсутствие возможности оперативного изменения настроек регуляторов температуры контуров отопления кварталов «подвело» и специалистов теплоснабжающей организации. При низких температурах зимой 2007 года и повышении параметров теплоносителя в подающей магистральной на выходе из котельной до 105°C регулирующие клапаны на ЦТП, присоединенных к тепловой сети, стали «раскачиваться». Это привело к тому, что в определенные моменты циркуляция теплоносителя в греющем контуре практически прекращалась и происходили аварийные остановки водогрейных котлов.

Специалисты помнят серьезную аварию системы теплоснабжения в г. Североморске в 1986 г., когда аварийный выход из строя насосов на ВНС-1 привел к остановке ТЭЦ, прекращению теплоснабжения и «размораживанию» систем отопления нескольких районов города.

Персонал может явиться причиной недопустимого снижения или превышения давления в трубопроводной системе и перегрузки ЭД нагнетателей в случае несвоевременных изменений состава работающих агрегатов. Нередки случаи, когда после исчезновения и восстановления напряжения питания оператор стремится быстрее восстановить гидравлический режим ТС, забывая выполнять пуск насосов на закрытую задвижку. Подобное может не только привести

к возникновению гидроударов, но и вывести из строя отопительные приборы у потребителя.

Сегодня задачи защиты от ненормальных и аварийных режимов работы ИС решаются с использованием богатого арсенала технических средств и организационных мероприятий. Это защитные клапаны, защитная арматура и электроконтактные устройства защиты трубопроводных сетей, устройства релейной защиты (РЗ) электродвигателей и кабельных линий, устройства защиты от перенапряжений и т. п. На каждом рабочем месте, как правило, имеется сборник инструкций для персонала, включающий инструкции по действиям в нештатных и аварийных ситуациях.

Вместе с тем, большинство систем защиты осуществляют воздействие либо на быстродействующие отсечные клапаны, либо на устройства отключения электродвигателей нагнетателей, либо на закрытие отсечных задвижек. Работа таких систем приводит обычно к значительным изменениям параметров функционирования ИС или к полному их отключению.

Иногда часть функций защиты оборудования передается оперативному персоналу, который в определенных ситуациях не в состоянии своевременно локализовать аварию.

Традиционные алгоритмы защиты предполагают использование «жесткой» логики, в то время как система управления должна проходить определенный путь развития вместе с ИС, и алгоритм ее функционирования должен корректироваться в зависимости от изменения совокупности факторов существования системы.

Системы частотного регулирования (СЧР) являются инструментом, повышающим надежность и безопасность функционирования энергетического оборудования, высвобождающим драгоценное время операторов при необходимости вмешательства в работу технологической установки и позволяющим спокойно проанализировать развитие событий после восстановления нормальных параметров и считывания архивов.

В состав СЧР, как правило, входят:

- преобразователи частоты (ПЧ);
- коммутационные сборки для подключения оборудования СЧР к питающей сети и электродвигателей нагнетателей к выходу оборудования преобразовательного звена и к питающей сети;
- пульты и щиты с дополнительными программируемыми средствами автоматизации и отображения информации о работе ИС;

– датчики технологических параметров.

Используемые в составе СЧР традиционные элементы: коммутационно-защитная аппаратура, оборудование релейной защиты, датчики и т. п. выполняют стандартные функции. В то же время, проектирование этого оборудования в составе нестандартных изделий, сборка и тестирование в заводских условиях, проверка функционирования при пуско-наладке позволяют добиться повышения надежности функционирования ИС в целом.

Применение в составе СЧР преобразователей частоты и внешних программируемых средств автоматизации дает возможность реализовать гибкие алгоритмы функционирования и существенно снизить вероятность возникновения нештатных и аварийных режимов работы ИС с тяжелыми последствиями.

В то же время перечень доступных для реализации средствами СЧР функций напрямую зависит от состояния так называемого «полевого уровня» (наличия и состояния электроприводов всасывающих и напорных задвижек НА, байпасных задвижек котлов и других технологических аппаратов, регулирующих клапанов, входных направляющих аппаратов, датчиков технологических параметров с соответствующими преобразователями). Немаловажную роль играет развитость средств визуализации и интерфейсных возможностей постов и пультов управления ИС.

В общем случае в состав функций СЧР, способствующих предотвращению ненормальных и аварийных режимов, входят:

- автоматическое включение резервного НА;
- автоматическое включение резервного ПЧ;
- автоматическое включение резервного ввода питания СЧР;
- автоматическое повторное включение (АПВ) НА;
- автоматическое повторное включение ПЧ;
- защита от обрыва или короткого замыкания датчика технологического параметра;
- автоматическое изменение уставки поддерживаемого технологического параметра;
- защита электродвигателей средствами ПЧ и коммутационной аппаратуры прямого пуска;
- контроль параметров оборудования СЧР;
- сигнализация и визуализация состояния и параметров оборудования СЧР;
- архивация событий и параметров работы оборудования СЧР;
- связь с существующей системой управления, АСУ верхнего уровня, с дежурным оператором и др.

Программные блоки, реализующие эти функции, имеют цифровые настройки, позволяют корректировать алгоритм и динамику действий

при изменении величин входных воздействий на ИС. Так, алгоритмы изменения величины задания скорости НА при запуске крупной насосно-перекачивающей станции на магистральном трубопроводе из состояния байпасирования и при перепуске насосов при АВР существенно различаются. Это связано с разной емкостью гидравлической системы НПС при байпасировании и при работе на систему теплоснабжения потребителя.

Большинство функций СЧР, за исключением некоторых функций защиты, являются отключаемыми. Например, невозможно отключить защиту ПЧ по перегреву IGBT модулей. В то же время, можно при настройке СЧР отключить функцию АПВ насосных агрегатов.

Некоторые функции являются настраиваемыми по виду действия. Защита от обрыва датчика ТП может приводить к срабатыванию сигнализации, переводу агрегатов на установленную при пуско-наладке неизменную скорость, фиксированию средней скорости за последние 10 секунд работы, и др.

Требуемое действие согласовывается разработчиками СЧР и специалистами эксплуатирующей организации при выполнении пуско-наладочных работ.

Основными внешними проявлениями нештатной или аварийной ситуации являются выход величины поддерживаемого ТП за допустимые пределы. Возможные причины, приводящие к нарушениям режимов функционирования ИС, и предполагаемые автоматические действия СЧР в различных ситуациях приведены в таблице 1.

Нередко стандартные по существу функции (такие как АВР, АПВ, защита электродвигателей и пр.) требуется выполнять с учётом специфики технологических объектов и используемого технологического оборудования.

Так, например, на многих объектах РУП «Витебскэнерго» АПВ насосов принято выполнять лишь в случаях, когда снижение параметров напряжения питающей сети произошло на период, не превышающий 4...5 секунд (уставка времени релейной защиты). При более длительных «провалах» напряжения АПВ запрещается и запуск насосных агрегатов происходит в ручном режиме после выяснения причин отключения. Такой алгоритм позволяет предотвратить развитие серьезных аварий. Иногда после прекращения циркуляции через водогрейные котлы или сетевые подогреватели и при отсутствии должной их защиты, последние выходят из строя, и при попытке восстановить циркуляцию теплоносителя выливается в помещение энергообъекта или на

рельеф. Стандартные настройки ПЧ не позволяют выполнить это требование, но оно реализуется системой частотного регулирования.

АВР для насосов с одинаковыми характеристиками, когда каждый из них получает питание от индивидуального ПЧ, реализуется элементарно. Однако эта тривиальная задача таковой не покажется, если один ПЧ работает, например, на группу из трех разных насосных агрегатов подпитки тепловой сети с электродвигателями:

- НА 1 – 55 кВт, синхронная скорость 3000 об/мин;
- НА 2 – 75 кВт, синхронная скорость 1500 об/мин;
- НА 3 – 90 кВт, синхронная скорость 1000 об/мин.

Системы частотного регулирования решают и более сложные задачи, в том числе для НА с высоковольтными электродвигателями.

Так, день 31 декабря 2005 года хорошо запомнился дежурным сменам предприятия «Тепловые сети» города П. Несколько раз по одному или по двум вводам ряда энергетических объектов одновременно произошли существенные «просадки» напряжения питания, которые приводили к остановке части оборудования или котельной в целом. При этом СЧР подпиточных и сетевых насосов на большинстве котельных предприятия с честью справились со своей главной задачей – не допустили развития аварийной ситуации. Каждый раз после восстановления напряжения питания автоматически, с заданной при пуско-наладке динамикой, восстанавливался гидравлический режим и циркуляция в ТС. Персоналу в это время было чем заниматься. Необходимо было выполнять требуемые действия с котлами и другим оборудованием котельной. Со слов начальника одной из котельных, «... в былые времена (до запуска СЧР) подобная ситуация привела бы к выходу из строя котлов, сетевых подогревателей или магистральных тепловых сетей. СЧР «экономили» для предприятия за один день несколько миллионов рублей».

В январе текущего года при устойчивом снижении температуры наружного воздуха до отметки -30°C руководство того же предприятия приняло решение об увеличении температуры теплоносителя, подаваемого в ТС, до 105°C . Буквально через 30...40 минут после повышения температуры теплоносителя одна из котельных была остановлена защитой по снижению расхода теплоносителя через котлы.

Приборы зафиксировали одинаковое давление в прямой и обратной магистралях тепловой сети, равное уставке давления, обеспечиваемого СЧР сетевых насосов. Подпиточные насосные агрегаты были остановлены системой частотного регулирования, а сетевые насосы

вращались на минимальной скорости, практически не обеспечивая циркуляции.

Одной из причин возникновения такого странного режима стало одновременное закрытие регулирующих клапанов на всех ЦТП, подключенных к тепловой сети котельной, что привело к эффекту «закрытой задвижки» на магистральном трубопроводе на выходе котельной. Регуляторы на ЦТП не были настроены на такие «непривычные» параметры теплоносителя (открытого водоразбора на ГВС и утечек из тепловой сети практически не было).

Котельная остановилась, и это плохо. В то же время, СЧР не позволили развиваться аварии. Если бы регулирование давления в прямой магистрали выполнялось вручную операторами, то при давлении в обратной магистрали, равном давлению в прямой, и работе сетевого насоса на номинальной частоте вращения неминуемо произошло бы повышение давления у потребителей с тяжелыми последствиями.

Особенностью функционирования системы циркуляции теплоносителя ТС Могилевской ТЭЦ-1 является использование для стабилизации давления в обратной магистрали ТС регулирующего клапана с низким быстродействием и недостаточной точностью настройки уставки поддерживаемого параметра. Тепловые сети г. Могилева в достаточной степени изношены, подвержены возникновению утечек в процессе эксплуатации и, как правило, не выдерживают резких изменений давления. В подобной ситуации нередки случаи, когда по причине возникновения значительной утечки теплоносителя, клапан подпитки не обеспечивает стабилизации давления в обратной магистрали ТС и «проваливает» давление. По первоначальному алгоритму предполагалось, что СЧР сетевых насосов будет стабилизировать давление в прямой магистрали ТС во всех режимах эксплуатации. При более детальном анализе способов выполнения функций СЧР были высказаны предложения о нецелесообразности стабилизации давления на выходе ТЭЦ при наличии порывов в тепловой сети, так как это приводит к потере теплоносителя и увеличивает вероятность возникновения размывов и вызванных этим несчастных случаев среди населения города. Результатом взаимных консультаций специалистов разработчиков СЧР СН и Могилевской ТЭЦ-1 стала разработка двух основных алгоритмов:

– перевод СЧР из режима стабилизации давления в прямой магистрали ТС в режим стабилизации перепада напоров между прямой и обратной магистралями тепловой сети в случаях утечек и снижения давления в обратной магистрали;

– перевод СЧР в режим непосредственного регулирования скорости СН при возникновении аварийных ситуаций.

Реализация перечисленных функций уже неоднократно помогла оперативному персоналу ТЭЦ-1 избежать серьезных неприятностей при авариях на ТС.

Помимо автоматических действий, выполняемых по предотвращению аварий, СЧР обеспечивает информирование оперативного персонала о необходимости вмешательства человека в управление ИС.

Так, СЧР с высоковольтными электродвигателями имеют в своем составе как минимум один силовой трансформатор. При перегреве трансформатора СЧР формирует сигнал предупреждения оператору и по согласованному при пуско-наладке алгоритму ограничивает технологическую нагрузку.

СЧР канализационных насосных станций работают в обычных условиях, поддерживая уровень в приемном резервуаре. Уровень контролируется аналоговым датчиком, обеспечивающим обратную связь ПИ-регулятору системы.

При отказе основного датчика СЧР формирует сигнал предупреждения дежурному (по телефону, по радиоканалу или СМС-сообщением) и переключается на резервную систему электродных датчиков. Далее система находится в режиме «ограниченного функционирования» до прибытия персонала и устранения неисправности.

СЧР повысительных насосных станций контролируют напор во всасывающей патрубке насоса. При снижении входного давления посылается СМС-сообщение на пульт диспетчера района. Это позволяет своевременно восстановить гидравлический режим и предотвратить аварийное отключение НА автоматикой СЧР.

Типовой функцией СЧР является контроль сопротивления изоляции электродвигателя перед подачей на него напряжения. При снижении сопротивления формируется предупреждение оператору и запуск блокируется. Это позволяет оценить ситуацию и принять решение о пуске агрегата или выводе его в ремонт.

Наконец, аварийная ситуация счастливо предотвращена или успешно ликвидирована.

На этом этапе СЧР оказывается полезной для анализа работы оборудования и персонала и формирования выводов и рекомендаций.

Преобразователи частоты имеют возможность фиксировать не только сами аварийные сообщения, но и параметры электропривода в момент возникновения аварии. Даже если персонал случайно или преднамеренно уда-

лил сообщения с операторской панели ПЧ, эти сообщения считываются при подключении компьютера.

При наличии в составе СЧР контроллеров и операторских панелей на них записывается информация, недоступная встроенному контроллеру преобразователя частоты.

Специалистами Инженерного центра «АРТ» разработан переносной комплект для мониторинга СЧР на базе промышленного компьютера, который подключается к компонентам СЧР по интерфейсам. Записанные на жесткий диск

данные отображаются в среде InTouch или передаются на удаленный компьютер по стандартным каналам связи. Собранная с помощью СЧР объективная информация часто является поводом для корректировки алгоритмов функционирования системы в нештатных и аварийных режимах.

Модификация программного обеспечения СЧР позволяет «обучать» систему по мере накопления опыта и делать ее реальным помощником человека, сохраняя здоровье и жизни людей.