

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

С.Н. Крупин, О.В. Крюков, И.Е. Рубцова (ОАО «Гипрогазцентр»)

Рассмотрены особенности проектирования систем противоаварийной защиты компрессорных станций магистральных газопроводов как объектов повышенной опасности.

Ключевые слова: автоматизированные системы, противоаварийная защита, электроснабжение, компрессорная станция, релейная защита и автоматика.

Согласно международным и отраслевым стандартам, для взрывоопасных ТП должны предусматриваться системы противоаварийной автоматической защиты (СПАЗ), предупреждающие возникновение аварийной ситуации при отклонении от предусмотренных регламентом предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе. СПАЗ, как правило, включаются в общую систему управления ТП, при этом нарушение работы общей системы управления (реализующей основные алгоритмы работы оборудования) не должно влиять на работу СПАЗ.

Для компрессорных станций (КС) проектируются комплексные решения по автоматизации объектов [1,2]: СПАЗ газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и СПАЗ компрессорного цеха (КЦ). СПАЗ используют специализированные контроллеры, периферию и ПО, отвечающие требованиям по безопасности DIN V 19250, IEC 61508, EN 954-1.

В настоящее время основной акцент научных работ в области СПАЗ сместился в сторону поиска оптимальных алгоритмов управления и их адаптации к реальным режимам работы КС [1].

Виды защит, используемых в системах релейной защиты и автоматики (РЗА) сети электроснабжения КС

— *Максимальная токовая защита (МТЗ) на базе ANSI 50/51.* Практический опыт применения цифровых реле в сетях 10 кВ ОАО "Газпром" показывает, что при согласовании с обратнoзависимыми времятоковыми характеристиками с основными типами электромеханических реле и плавкими предохранителями наиболее подходящие параметры для обеспечения селективности имеет стандартная обратнoзависимая характеристика типа SIT. При отсутствии на КС потребителей 10 кВ, имеющих в качестве РЗА устройства с зависимой времятоковой характеристикой, имеет смысл применять для максимальных токовых присоединений ЗРУ-10 кВ независимую выдержку времени DT.

— *Токовая отсечка (ТО) на базе ANSI 50/51.* На КС с электроприводным газоперекачивающим агрегатом (ЭГПА) ТО выполняется в терминалах Seram 1000+, устанавливаемых на присоединениях отходящих линий к трансформаторам, тиристорным пусковым устройствам, секциям собственных нужд, трансформаторам заземления нейтрали (ТЗН), ВЛ-10 кВ

и в ячейках питания синхронных двигателей (СД) в качестве резервной защиты.

— *Защита от потери питания (ANSI 81L, 32P).*

— *Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) на базе ANSI 50N/51N, 67N/67NC.* Замыкания на землю являются одним из наиболее частых видов повреждений в сетях 6 (10) кВ. Для нагрузки СД режим ОЗЗ является аварийным и должен сопровождаться немедленным отключением присоединений СД для исключения перехода ОЗЗ в многофазное короткое замыкание (КЗ), представляющее опасность для статора двигателя. В схеме РУ-10 кВ КС с ЭГПА предусматривается частичное заземление нейтрали сети, выполненное с использованием низкоомных резисторов. С учетом выбранных параметров низкоомного резистора ток ОЗЗ составляет порядка 40 А и обеспечивает высокую чувствительность РЗА при замыканиях на выводах электродвигателей и защиту большей части обмотки статора.

— *Защита минимального напряжения (ANSI 27).* Так как в большинстве случаев токовые отсечки СД ЭГПА оказываются либо нечувствительными, либо находятся на пределе чувствительности, в качестве основной защиты СД применяется продольная дифференциальная защита (ANSI M87). Время срабатывания защиты определяется рассчитанным значением дифференциального тока. Во избежание запаздывания срабатывания защиты при значительном асимметричном повреждении используется независимая от уставки характеристика защиты. Также дифференциальная защита двигателя имеет функции торможения при пуске СД и внешних коротких замыканиях, блокировки при насыщении и обрыве фазы трансформаторов тока. Роль уставки играет всего лишь один параметр (ток I_s), используемый в цифровом реле для определения всех необходимых характеристик срабатывания, что существенно облегчает расчет уставок защиты по сравнению с использованием электромеханических реле (например, РНТ-565 или ДЗТ-11).

— *Защита от несимметрии (ANSI 46).* Несимметрия токов статора приводит к дополнительному нагреванию ротора и механической вибрации машины. Она сопровождается появлением в обмотке статора токов обратной последовательности. Вследствие этого на СД применяется токовая релейная защита от внешних несимметричных КЗ и несимметричных режимов, вызванных другими причинами. Она реагирует на повышение составляющей тока обратной

последовательности в токе статора и действует на отключение ЭГПА.

— *Защита от пуска перегретого двигателя (ANSI 49RMS).* Команда на отключение выключателя присоединения выдается, когда температура ЭГПА, рассчитанная по уравнению тепловой модели электродвигателя, превысит уставку. Указанное уравнение учитывает различие кривых нагрева и охлаждения синхронной машины, температуру окружающей среды и предшествующее состояние электродвигателя.

— *Защита от потери синхронизма (ANSI 78PS).*

— *Продольная дифференциальная защита трансформатора.*

Основные защиты пусковых секций РУ-10 кВ выполняются с использованием тиристорного пускового устройства ТПУЦ-10-50. Система защиты, реализованная на базе ТПУЦ, обеспечивает режим отключения пусковых секций шин при срабатывании защит от:

- перенапряжений относительно "земли" на входе/выходе ТПУЦ;
- перенапряжений на шинах постоянного тока выпрямителя или инвертора;
- неравенства токов на входе/выходе ТПУЦ — дифференциальная токовая защита;
- недопустимо длительной перегрузки по току — интегральная токовая защита;
- минимального напряжения;
- максимального напряжения по входу/выходу ТПУЦ;
- максимального тока по входу/выходу ТПУЦ;
- максимальной защиты по частоте.

Алгоритм работы автоматического ввода резерва (АВР) в РУ-10 кВ предусматривает защиты: от потери питания секции, по снижению напряжения и при появлении напряжения обратной последовательности, при снижении частоты, с ожиданием снижения напряжения на потерявшей питание секции, с контролем наличия напряжения нормальной частоты и отсутствия напряжения обратной последовательности другой секции.

В качестве защиты основных секций сборных шин ЗРУ-10 (6) кВ электроприводных КС применяется дифференциальная защита шин (ДЗШ). Она действует на отключение ввода, секционного выключателя, синхронных двигателей и их систем автоматического гашения поля. Применение ДЗШ позволяет с помощью использования тормозной характеристики наилучшим образом отстроиться от токов небаланса при внешних КЗ и облегчить расчет уставок ДЗШ.

Для защиты подсекций сборных шин 10 кВ, подключенных к основным секциям шин через реактор, на которых нет синхронных электродвигателей, выполняется логическая защита шин с действием на отключение выключателя линии, отходящей на секцию собственных нужд. Принцип действия данной защиты основан на блокировании мгновенной ступени МТЗ выключателей реакторов при пуске токовых защит присоединений, отходящих от подсекций. Это позво-

Необходимость исключает выбор, но лучший выбор тот, который вызван необходимостью.

К. Кушнер

ляет добиться, с одной стороны, селективного отключения при КЗ на отходящей линии, с другой — мгновенного отключения КЗ на сборных шинах подсекций.

Применение программно-технических средств ЗАО "Шнейдер Электрик" при построении СПАЗ КС

Одним из основных преимуществ устройств РЗиА на микропроцессорной базе является простота их включения в АСУ электроснабжением (АСУ ЭС), являющейся составной частью АСУТП на КС с ЭГПА. АСУ ЭС предназначена для автоматического управления объектами системы электроснабжения, контроля за системой пуска СД и технического учета электроэнергии на собственные нужды КЦ. ОАО «Гипрогазцентр» при создании АСУ ЭС использует систему диспетчерского управления и контроля ЕМCS, разработанную ЗАО "Шнейдер Электрик" [2].

Целью создания АСУ ЭС является:

- обеспечение штатного запуска ЭГПА;
- контроль состояния вводов для обеспечения безударного перехода с одного ввода на другой;
- оптимальное управление распределением и потреблением электроэнергии с решением задач повышения надежности электроснабжения;
- повышение экономической эффективности использования электроэнергии;
- повышение надежности и эффективности работы энергетического оборудования и скорости реализации оперативных решений за счет повышения качества и оперативности управленческой деятельности;
- улучшение условий труда эксплуатационного персонала;
- своевременное предоставление оперативному персоналу достоверной информации о ходе ТП, состоянии оборудования и средств управления;
- обеспечение персонала ретроспективной технологической информацией для анализа, оптимизации и планирования работы оборудования и его ремонта;
- увеличение степени автоматизации электрооборудования за счет реализации более сложных и оптимальных стратегий и алгоритмов управления, повышения живучести и надежности при отказах элементов;
- повышение долговечности, степени эксплуатационной надежности оборудования;
- сокращение ущерба от ошибок персонала;
- достижение оптимальных экономических показателей оборудования;
- снижение затрат на диагностику и ремонт оборудования;
- применение современной цифровой техники на всех уровнях управления;

- возможность информационного взаимодействия АСУ ЭС с АСУТП КЦ и передачи данных на центральный диспетчерский пункт.

Структура комплекса технических средств АСУ ЭС КЦ, реализованная на основе системы EMCS, поддерживает следующие основные принципы современной концепции построения СПАЗ:

- централизованный иерархический контроль и управление объектами автоматизации;
- открытая архитектура информационного взаимодействия компонентов системы;
- распределенная структура сбора и обработки информации;
- оптимизация распределения функций сбора информации, контроля и управления на основе применения объектно-ориентированного подхода;
- простота обслуживания и высокая степень готовности программно-технических средств (ПТС);
- короткое время ремонта;
- самодиагностика компонентов ПТС.

Учет потребленной электроэнергии осуществляется микропроцессорными многотарифными счетчиками электрической энергии. Опрос счетчиков осуществляется по последовательному интерфейсу RS-485 в соответствии с протоколом МЭК1107.

Подсистема контроля показателей качества электроэнергии представлена сервером АСУ ЭС, АРМом энергетика, прибором для измерения показателей качества электроэнергии. Назначением подсистемы является контроль показателей качества электроэнергии на вводах ЗРУ-10 кВ на соответствие требованиям ГОСТ 13109-97, их архивация и долговременное хранение. Информация с приборов контроля качества электроэнергии передается на АРМ энергетика. При этом на АРМ энергетика дополнительно устанавливается специализированное ПО.

Видеограммы системы в части электроснабжения представляют собой укрупненные однолинейные электрические схемы, на которых отображаются положения контролируемых автоматических выключателей, состояние объектов управления и аналоговые параметры. Подобъекты обведены пунктиром и сопровождаются надписью. В случае аварийной ситуации под надписью появляется текстовая информация о том, какая неисправность имеет место, а параллельно в протоколе событий появляется соответствующее

сообщение. Надпись становится красной мигающей, после квитации мигание снимается.

Информация предоставляется оператору по принципу от общего к частному. На каждой видеограмме, отображающей электрооборудование, представлен основной объем информации, позволяющий оценить ситуацию в целом. Более детальная информация о состоянии отображаемого оборудования может отображаться в дополнительном объектовом окне, вызываемом пользователем по требованию.

Выбор состава ПТС производится с учетом информационной мощности объекта автоматизации (по числу входных/выходных сигналов), состава функций, выполняемых системой, характера ТП, надежности системы в целом.

Таким образом, внедрение АСУ ЭС позволяет повысить надежность работы силового оборудования путем непрерывного контроля, быстрой локализации повреждений и восстановления нормального электроснабжения или включения резерва. Их эффективность определяется обеспечением бесперебойного электроснабжения, снижением затрат на устранение повреждений, исключением ручного труда персонала и рутинного контроля за работой оборудования и основными показателями производственного процесса.

Эксплуатационные расходы при внедрении СПАЗ сокращаются вследствие повышения оперативности управления, высвобождения обслуживающего персонала и сокращения простоев при аварийных ситуациях. Кроме того, определяющую часть экономического эффекта составляет ускорение локализации поврежденных участков и восстановление в кратчайшие сроки номинальной работы оборудования. При эффективном использовании АСУ ЭС и правильно организованном ТОиР аппаратуры затраты времени на все виды работ по ТО составляют 2...4% от продолжительности ее эксплуатации.

Список литературы

1. Пужайло А.Ф., Спиридович Е.А., Воронков В.И. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций. Под ред. О.В. Крюкова. Н. Новгород, Вектор ТиС, т. 1. 2010.
2. Соловьев А.Л. Методические указания по выбору характеристик и уставок защиты электрооборудования с использованием микропроцессорных терминалов серии Серам. Ч. 1, 2. Минпромэнерго РФ, СПб, 2006.

Крупин Сергей Николаевич — ведущий инженер ОЭС, **Крюков Олег Викторович** — канд. техн. наук, главный специалист, **Рубцова Ирина Енальевна** — главный специалист ОЭС ОАО «Гипрогазцентр».
Контактные телефоны: (831) 428-25-84, 437-36-93.

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

- в России — в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- в странах СНГ и дальнего зарубежья — через редакцию (www.avtprom.ru).

Все желающие, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или оформив анкету на сайте www.avtprom.ru.
В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.