

Практическое использование методов цифрового осциллографирования для систем безопасности атомных станций

В статье рассматривается многолетний опыт применения цифровых регистраторов сигналов, и систем контроля и диагностики, на ряде атомных станций РФ.

Системы контроля и диагностики (СКД) или регистраторы применяются для автоматической записи различных электрических параметров (чаще напряжения и токов), а так же автоматического анализа допустимости отклонения этих параметров за нормы заданные оператором. Развитая система различных настроек контроля отклонения электрических параметров за допустимые нормы, позволяют применять указанные регистраторы для контроля правильности работы широкого ряда видов оборудования электрических цехов (ЭЦ) и цехов тепловой автоматики и измерений (ТАИ) на электростанциях и подстанциях.

Одними из наиболее частых задач в энергетике, решаемых при помощи регистраторов, являются:

1. Проверка регламентированных параметров
2. Автоматический контроль правильности (алгоритма) работы оборудования
3. Контроль правильности включения оборудования (выхода на рабочий режим)
4. Диагностирование и поиск места возникновения неисправности

Причины широкого применения регистраторов в этих задачах очевидны:

- безопасность использования;
- возможность длительной записи;
- многоканальность;
- гибкое задание условий начала и окончания записи;
- встроенные функции математической обработки.

Рассмотрим подробнее использование регистраторов в вышеупомянутых задачах.

Проверка регламентированных параметров

Как правило, данный вид работ производится во время плановых ремонтов.

При этом регистраторы позволяют проконтролировать работу оборудования в части времен срабатывания защит и/или включения в работу резервных узлов и стоек, длительность и величину отклонений рабочих сигналов (тока, напряжения) при различных переходных процессах.

В работе используются как переносные, так и стационарные регистраторы.

Мобильность и универсальность переносного регистратора позволяет быстро развернуть и настроить систему контроля и диагностики (СКД) на любом оборудовании. Таким образом, удастся быстро и эффективно решать вышеперечисленный спектр задач. Например, по информации работников БалАЭС применение переносной СКД Крона-520 при регламентных испытаниях тиристорных преобразователей из состава агрегатов бесперебойного питания, не только «в три раза сокращает трудозатраты обслуживающего персонала на сами испытания и анализ их результатов», но и «значительно повышает точность определения результатов».

Стационарные регистраторы также имеют свое преимущество: поскольку они постоянно подключены к контрольным точкам оборудования, то не требуется время на подключение, а также открывается возможность постоянного мониторинга оборудования- не только во время ремонта, но и в рабочем режиме.

За счет этих факторов, регистраторы позволяют достичь экономии, как времени, так и материальных ресурсов.

Например, применение стационарной СКД Крона-519 при проверке системы управления и защиты реакторной установки, по отзывам специалистов ВоАЭС, «значительно сокращает время проведения регламентных испытаний, а также позволяет использовать ее в дежурном

режиме во время эксплуатации энергоблока...». Упомянутое сокращение времени работ составляет 8 часов.

Достигнуть заметного сокращения времени проверки оборудования позволяет не только простота и безопасность подключения переносных СКД, но и экономия времени на подключении и настройке – при использовании стационарного варианта. Важную роль играет многоканальность СКД, что позволяет при контрольной проверке испытывать сразу несколько устройств, их совместную работу, и работу всего оборудования в комплексе.

Автоматический контроль правильности работы (алгоритма)

Контроль правильности работы электронного оборудования проводится как перед вводом его в работу, так и во время работы (при регулярных проверках или возникновении подозрений на неисправность).

При этом могут контролироваться: временные диаграммы управляющих сигналов, их прохождение через ряд узлов и правильность обработки сигналов, совместная работа элементов оборудования, в том числе – правильность выдачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы, что особенно важно при условии их синхронной работы.

Многоканальность СКД позволяет подключиться сразу к нескольким контрольным точкам в цепочке формирования сигналов (а при необходимости – к нескольким десяткам точек), тем самым удается быстро и точно выявить неисправное звено и локализовать место неисправности.

Так как сигналы управления зачастую имеют длительность и период порядка микросекунд, то в поиске неисправности выручает гибкая многовариантная система задания условий, позволяющая автоматически «вылавливать» неправильную передачу или обработку сигналов узлами оборудования, а также запрещенные или «аварийные» совпадения из множества комбинаций сигналов. Порой, чтобы зафиксировать неисправность в работе, СКД находятся в «следающем» режиме по несколько дней.

Ставшие уже обычными, функции записи пред- и послеаварийного состояния сигналов, позволяют четко и наглядно проследить развитие записанной аварийной ситуации.

Хорошим правилом становится подключение СКД, не занятых в текущей работе, к нормально работающему оборудованию (порой на несколько месяцев), с тем, чтобы иметь возможность наблюдать состояние сигналов в контрольных точках, а в случае внезапной аварии получить дополнительную информацию для анализа.

Контроль правильности включения (выхода на рабочий режим)

Одним из частых моментов возникновения отказов в оборудовании является его запуск (постановка под рабочее напряжение, включение в работу и т.п.).

Для проверки правильности включения в работу электрооборудования, полезно иметь запись заведомо правильного включения. К сожалению, такие записи делаются редко, так как действует психологический "тормоз" – "зачем это делать, если всё нормально работает?".

Однако, так называемые «эталонные» записи успешного включения в работу исправного оборудования очень желательны.

Например, полученный сеанс записи пуска электродвигателя главного циркулирующего насоса (ГЦН) энергоблока АЭС принимается за основу для сравнения его с результатами других пусков электродвигателей ГЦН. При этом можно диагностировать правильность работы выключателя бкВ и электродвигателя ГЦН, исправность кабелей и гермопроходок, а так же трансформаторов собственных нужд энергоблока (рабочих и/или резервных) как источников питания соответствующих секций бкВ нормальной эксплуатации (от которых запитаны ГЦНы).

На практике возникают отказы и повреждения даже при пуске проверенного и испытанного электрооборудования.

Например, известно, что при включении в работу мощного силового электрооборудования (например, электродвигателей или трансформаторов) возникают броски пусковых или ударных токов, которые во много раз превышают номинальные.

Их протекание приводит к дополнительным большим температурным и динамическим воздействиям (усилиям) на все токоведущие части включаемого присоединения, в том числе трансформаторы питания, шины, выключатели, кабели, гермопроходки, выводы и обмотки самого оборудования.

Эти воздействия могут являться причинами снижения изоляции в момент прохождения пусковых токов и срабатывания защит или выхода элементов оборудования из строя. К сожалению, предугадать такое развитие ситуации зачастую невозможно даже путем предварительных высоковольтных испытаний, ведь они проводятся в статическом состоянии присоединения (без токов). Однако, запись пусковых напряжений при помощи СКД Крона-520 позволяет быстро определить не только факт действительного замыкания на землю в момент пуска ГЦН, но и фазу, на которой происходит это замыкание.

Кроме того, в момент пуска или подключения, из-за бросков тока, происходит кратковременное снижение напряжения в линии присоединения, которое может повлиять или помешать работе другого силового оборудования, подключенного к тому же распределительному устройству. Запись соответствующих токов и напряжений при помощи регистратора позволяет надежно установить факт и степень влияния, и при необходимости изменить способы подключения или принять другие меры.

Диагностирование неисправности

В сложном оборудовании, в условиях, требующих скорейшего обнаружения и устранения неисправности (ведь каждый час или день простоя цеха или предприятия в целом оборачивается огромными убытками), часто используется метод замены.

Но насколько он оптимален? Ведь при этом обслуживающим персоналом должен быть проведен тщательный и всесторонний анализ вероятных причин отказа, на основании которого, составляется список потенциально неисправных элементов оборудования, подлежащих замене на заведомо исправные, и выполняется замена. Как отмечают специалисты, этот путь имеет существенные недостатки: анализ отнимает много времени, а также основан на догадках (хотя и имеющих под собой логические рассуждения, но полностью зависящих от квалификации ремонтника). Кроме того, замена всех потенциально неисправных элементов оборачивается избыточным вмешательством в оборудование и его работу. Добавим сюда, как следствие, большое время, отводимое на замену.

Использование СКД Крона-520 позволяет локализовать неисправность и заменить лишь тот элемент, который действительно неисправен.

На практике это дает снижение времени и затрат на ремонт. Скажем, известен случай, когда причиной ложных срабатываний защиты сложного оборудования явилась «холодная» пайка на одной из клемм реле. Понятно, что устранение этой неисправности прошло несоизмеримо быстрее и дешевле, чем замена части узлов этого оборудования.

Контроль дрейфа параметров

Еще одним перспективным направлением применения регистраторов, к сожалению еще не столь широко применяемым в практике, является периодический мониторинг параметров электрооборудования (величины, длительности и формы сигналов) для оценки их изменения с течением времени.

Выше в данном отчете, уже упоминались «эталонные» записи пуска оборудования, но речь шла лишь о правильности включения оборудования в работу.

А если смотреть шире, то на основании анализа регулярных записей управляющих или рабочих сигналов каждой единицы оборудования можно не только прогнозировать отказы, но и оценивать степень износа оборудования, что позволяет не только сократить время на его проверку и диагностирование, но и продлить ресурс использования оборудования.

Следует отметить, что оценка дрейфа сигналов может производиться как пользователем (скажем, визуально), так и программным обеспечением (в автоматическом режиме). Это открывает широкие возможности.

Представим себе, что стационарная СКД настроена на отслеживание параметров по двум границам: «предупредительной» и «критической». Обнаружив постепенный выход параметра сигнала за «предупредительную» зону, СКД подает сигнал обслуживающему персоналу, который может заблаговременно оценить ситуацию и принять предупредительные меры.

Безопасность использования

Несмотря на то, что некоторые положительные качества регистраторов были уже упомянуты при рассмотрении их применения, на одном из них стоит остановиться отдельно.

Безопасность использования – это, безусловно, один из главных факторов, который принимается во внимание при работе. И в данном контексте приоритетное значение имеет безопасность подключения регистратора к контрольным точкам оборудования, которая складывается из двух составляющих:

- безопасность для пользователя;
- безопасность для оборудования (в том числе – отсутствие влияния на работающее оборудование при подключении СКД к его контрольным точкам!).

Одно из неоспоримых достоинств Кроны-520 - выносные преобразователи (адаптеры). Они обеспечивают нормирование и преобразование сигнала, практически около точки подключения, и передачу на расстояние до 10 метров.

Кроме гальванической развязки, которую имеют многие устройства, и большого входного сопротивления, адаптеры Кроны-520 обладают еще одним огромным достоинством - они практически не имеют входной ёмкости, если не считать тех нескольких пФ от 20 см проводов (от контрольной точки до входа адаптера). Насколько это важно – говорят специалисты:

«Это играет большое значение даже для низкочастотных систем! Разряженная ёмкость в несколько сотен (и даже иногда тысяч) пикофарад, которой обладает, скажем, сетевой кабель длиной в несколько метров, подключаемая к чувствительным цепям систем управления находящимся под напряжением, может привести к отключению устройства; а если это система возбуждения генератора на 500 МВт или устройство бесперебойного питания аварийных систем...сто раз подумаешь.

Кроме того, под ногами не валяются высоковольтные провода, это тоже снимает часть вопросов по организации рабочего места...»"

Авторы статьи:

Балабан Р.В. – инженер участка «Системы управления защитой», ВоАЭС

Ботев О.В. – инженер электроцеха, КуАЭС

Милайкин С.И. – учебный центр, БалаЭС

Ханбеков В.Г. – начальник лаборатории №15, НПК Крона