

Диагностирование высоковольтного оборудования распределительных установок 110 — 750 кВ в непрерывном режиме

*А.А. Сахно
С. П. Конограй*

В течение нескольких десятков лет бесперебойная работа электроэнергетических систем как у нас в стране, так и за рубежом обеспечивалась за счет планово-предупредительной системы обслуживания высоковольтного оборудования подстанций. Положительным фактором являлось также то, что в оборудовании отечественного производства, которое в основном применяется на подстанциях в нашей стране, заложены значительные коэффициенты запаса прочности. На данный момент в Украине, как и во всем мире, происходит постепенное старение парка электрооборудования [2]. Ежегодный рост электропотребления, снижение коэффициентов запаса прочности оборудования, в виду конкуренции на рынке производителей, а также повышение требований к надежности снабжения потребителей ставят новые задачи по повышению эксплуатационной надежности оборудования подстанций. Основной задачей как у производителей высоковольтных аппаратуры, так и у эксплуатирующих организаций становится предотвращение аварий и снижение эксплуатационных затрат, связанных с этим оборудованием. Немаловажными вопросами, также, становятся оценка возможности продолжения эксплуатации оборудования после окончания нормированного срока его службы и создание необслуживаемых подстанций. Таким образом, на первый план выдвигаются следующие задачи:

1) разработка эффективной автоматизированной системы диагностики, способной зафиксировать развивающийся дефект в аппарате на раннем этапе;

2) переход от устаревшей системы периодического обслуживания к системе обслуживания по текущему состоянию, для снижения эксплуатационных затрат;

3) создание автоматизированной системы прогнозирования отказов.

Компания ООО «Энергоавтоматизация» (г. Запорожье) имеет богатый опыт в разработке и внедрении систем непрерывного контроля и диагностики высоковольтного оборудования на классы напряжения 110 – 750 кВ под рабочим напряжением. Непрерывный контроль под рабочим напряжением имеет ряд преимуществ перед периодическим:

- с сокращением межконтрольного периода повышается вероятность своевременного выявления дефектов в оборудовании;

- контроль в эксплуатации позволяет выявить ряд дефектов, которые невозможно зарегистрировать при периодическом контроле;

- применение стационарных схем измерений и отсутствие необходимости в подготовке объекта к испытаниям, контроль без вывода оборудования из эксплуатации;

- накопление, автоматическая обработка и оценка полученных данных, выдача аварийных и предаварийных сообщений дежурному персоналу подстанции;

- учет данных о выработке ресурса оборудования, формирование отчетов и прогнозов о необходимости ремонтов и замены оборудования, возможность интеграции систем непрерывного контроля в систему стратегического планирования ремонта оборудования;

- переход от устаревших методов периодического технического обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию оборудования.

Компания ООО «Энергоавтоматизация» на данный момент разработала и успешно внедрила системы непрерывного

контроля и диагностики под рабочим напряжением основных типов оборудования.

За период с 2001 по 2011 гг. системами ООО «Энергоавтоматизация» были оборудованы более 120 единиц силового трансформаторного оборудования. Системы SAFE-T установлены на важных энергетических объектах России и Казахстана. В числе которых подстанции, обеспечивающие электроснабжение г. Москвы (4 подстанции 500кВ проекта «Московское кольцо» – 35 единиц оборудования), г. С.-Петербурга (ПС 750кВ «Ленинградская»), металлургического комбината «Миттал Стил Темиртау», Павлодарский электролизный завод (Казахстан). Осуществляется поэтапное комплексное оснащение системами всего трансформаторного оборудования Электростанции АО «ЕЭК» (Ермаковская ГРЭС). На данный момент уже введены в эксплуатацию 8 из 15 систем непрерывного контроля. Системы SAFE-T установлены на 13 трансформаторах и автотрансформаторах крупнейшей в Европе ПС 500кВ «Очаково» (г. Москва).



Рис.1

Система СНК **SAFE-T™** (трансформаторы, автотрансформаторы, реакторы), обладает следующими функциональными возможностями:

- временные превышения напряжения;
- температуры масла и обмотки;
- газо- и влагосодержание масла;
- состояние и эффективность работы системы охлаждения;
- ресурс вентиляторов и маслонасосов системы охлаждения;
- нагрузочная способность;
- расчет сопротивления короткого замыкания;
- рабочие напряжения;
- токи нагрузки;
- мощности;
- расчет показателей качества электроэнергии;
- запись осциллограмм событий;
- остаточный ресурс изоляции обмоток;
- **мониторинг устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН):**
- ток через контактор РПН;
- температура в контакторе РПН;
- мощность, потребляемая приводом РПН (осциллограмма момента на валу);
- номер положения РПН;
- коммутационный ресурс;
- длительность переключения;
- осциллограммы токов при переключении;
- износ ресурса контактов контактора;
- длительность работы на каждом ответвлении.

- вводы:

- тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции ($\text{tg}\delta_1$);
- ёмкость основной изоляции (C_1);
- изменение C_1 ;
- небаланс токов проводимости изоляции 3-х фазной группы;
- давление во вводе (для маслонаполненных);
- изменение $\text{tg}\delta_1$
- динамика изменения $\text{tg}\delta_1$;
- температурная зависимость $\text{tg}\delta_1$;
- уровень частичных разрядов;

Система СНК **SAFE-CT|B™** (трансформаторы тока, ввода трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов):

- тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции ($\text{tg}\delta_1$);
- ёмкость основной изоляции (C_1);
- изменение C_1 ;
- небаланс токов проводимости изоляции 3-х фазной группы;

- изменение $tg\delta_1$
- динамика изменения $tg\delta_1$;
- температурная зависимость $tg\delta_1$;
- уровень частичных разрядов;
- плотность элегаза (для элегазовых);
- прогноз остаточного ресурса.

Система СНК **SAFE-SA™** (нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН):

- ток комплексной проводимости;
- спектральный состав тока комплексной проводимости;
- степень загрязненности поверхности;
- количество и характеристики токов срабатывания;
- количество и характеристики перенапряжений.

Новой разработкой компании ООО «Энергоавтоматизация» является привод устройства РПН типа ПЭА-1, заменяющий стандартный привод выполненный на асинхронном двигателе, автоматический регулятор напряжения и устройство непрерывного контроля (рис.2).



Рис.2

Основные достоинства нового привода:

- вал вентильного двигателя непосредственно (без редуктора) соединен с валом РПН;

- из конструкции моторного привода исключено около 90% всех механических и электромеханических узлов;
- высокая точность позиционирования вала РПН (до 0,0002 рад);
- система отслеживания позиции вала;
- возможность ограничения максимального момента;
- выполнение всех требований ДСТУ 3461-96 (ГОСТ 24126-97) и ГОСТ 8008-75;
- встроенный автоматический регулятор напряжения с возможностью применения интеллектуальных алгоритмов регулирования;
- встроенная система самодиагностики привода;
- встроенная система мониторинга устройства РПН;
- простота групповой работы;
- возможность быстрой перенастройки привода под широкий диапазон типов переключающих устройств.

В качестве приборов для контроля влаги — и газосодержания масла в системах применяются приборы серии Calisto (рис.3), компании Morgan Schaffer inc. Компания ООО «Энергоавтоматизация» является официальным представителем компании Morgan Schaffer (Канада) на территории стран СНГ.



Рис.3

Приборы обеспечивают обнаружение и контроль повреждений на ранней стадии благодаря точным показаниям водорода, не подверженным влиянию прочих газов.

Прибор устанавливает соотношение поведения влаги и нагрузки при длительном контроле трендовых значений. В приборе контролируется как температура циркулирующего масла, так и температура корпуса (нагрев и охлаждение), что обеспечивает совершенный длительный стабильный сигнал и точность измерений при любом состоянии среды. Прибор имеет собственную систему циркуляции масла. Calisto выдерживает вакуум, поэтому при фильтрации масла трансформатора или вакуумной осушке его не обязательно изолировать или снимать с трансформатора. Прибор можно установить в любом месте «на» или «рядом» с трансформатором. Calisto является единственным интеллектуальным электронным прибором, в котором используется высокоточный датчик теплопроводности, работающий по принципу газового хроматографа для измерения растворенного водорода в масле, это позволяет получить лабораторную точность на полевом приборе и обеспечивается неограниченный срок службы датчика. Компания Morgan Schaffer обладает уникальным подходом к мониторингу растворенной воды, то есть датчик автоматически пересчитывает результат измерений, сделанных датчиком при температуре поверхности контактного взаимодействия в эквивалентное значение в % относительного насыщения при температуре 25°C.

В качестве подсистемы контроля частичных разрядов в системах используются приборы MPD600 компании Omicron (Австрия). Данные приборы имеют аппаратные и программные решения для минимизации эксплуатационных влияний на результаты диагностики, что позволяет их применять в условиях высоковольтных подстанций, для контроля разрядной активности в оборудовании под рабочим напряжением.

Все системы и приборы производства ООО «Энергоавтоматизация» могут поставляться как отдельно, так и в составе единого комплекса мониторинга оборудования. Перечень необходимых функций каждой подсистемы согласовывается с Заказчиком на этапе создания технического задания. Все системы комплектуются пол-

ным набором необходимых датчиков и программного обеспечения, разработки ООО «Энергоавтоматизация», предоставляющего пользователю информацию в виде мнемосхем текущего состояния оборудования; исторических и динамических трендов параметров оборудования; предупреждающих, аварийных сигналов, служебной и диагностической информации. Функциональные возможности любой системы подбираются в зависимости от требований эксплуатирующих организаций, поэтому все системы имеют гибкую конфигурацию и могут контролировать практически любое количество оборудования.

Системы могут осуществлять: регистрацию информации о нормальных, предаварийных и аварийных событиях; хранение архивов всех параметров в контроллере на твердотельной энергонезависимой памяти за период 30 лет; самодиагностику состояния системы; предоставление всех данных (текущих и исторических) как локальным пользователям на подстанции, так и удаленным пользователям. Что позволяет проводить прогнозирование состояния оборудования, планировать ремонты и замены, а также перейти от устаревшей системы периодического обслуживания, к обслуживанию по техническому состоянию оборудования.

Литература

1. Бударгин О.М. Потребности ОАО «ФСК ЕЭС» в электротехническом оборудовании на десятилетнюю перспективу для обеспечения надежной эксплуатации, технического перевооружения и развития ЕНЭС/ Бударгин О.М.// МА «ТРАВЭК»: IV междунар. науч.-техн. конф. «Силовые трансформаторы и системы диагностики», 22 – 23 июня 2010 г. : докл. — 1, — 2010. — 14 с.
2. Комплексный подход к диагностике высоковольтного оборудования подстанций 220 — 1150 кВ под рабочим напряжением в режиме эксплуатации / А. Н. Рассальский, А. А. Сахно, С. П. Конограй, А. А. Гук // Електротехніка і електромеханіка. — 2010. — № 4. — С. 23—25.