



День презентаций ПАО «Ленэнерго» Трансформаторное оборудование 35–110 кВ



ТРАНСФОРМАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 35–110 кВ

Презентации на полигоне ПАО «Ленэнерго»

Подготовил **Валерий Журавлев**, «Новости ЭлектроТехники»

Очередной День презентаций «Трансформаторное оборудование 35-110 кВ» состоялся 12 октября 2017 года на учебно-тренировочном полигоне «Ленэнерго», расположенном в пос. Терволово Гатчинского района Ленинградской области.

Во встрече приняли участие более 90 человек, представляющих исполнительный аппарат ПАО «Ленэнерго», филиалы ПАО «Ленэнерго»: «Санкт-Петербургские высоковольтные электрические сети», «Дирекция строящихся объектов», Гатчинские, Кингисеппские, Новолadoжские, Пригородные, Тихвинские электрические сети, а также ПАО «МРСК Северо-Запада», АО «ЛОЭСК», ПАО «Федеральный испытательный центр», ФГАУ ДПО «ПЭИПК», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, и 17 компаний-производителей силовых трансформаторов, РПН, трансформаторных вводов, оборудования для диагностики и мониторинга силовых трансформаторов 35-110 кВ.

Организатором мероприятия стал журнал «Новости ЭлектроТехники».

Перед началом пленарного заседания к участникам Дня презентаций обратился **заместитель генерального директора – главный инженер ПАО «Ленэнерго» Игорь Кузьмин**. Он отметил, что трансформаторное оборудование 35–110 кВ играет значимую роль в обеспечении надежности электроснабжения потребителей электроэнергии.

– Мы специально в тематике ДП объединили такие направления, как сами силовые трансформаторы, устройства регулирования напряжения под нагрузкой, трансформаторные вводы, так и диагностическое оборудование. Необходимо взаимное сотрудничество производителей трансформаторов, систем мониторинга и эксплуатирующих организаций – только тогда можно будет говорить о комплексном подходе и инновационности в электросетевом комплексе. Современные решения должны быть направлены в первую очередь на надежность, необслуживаемость, эффективность электросетевого комплекса, безопасность персонала.

Надеюсь, что сегодняшнее мероприятие поможет всем нам не просто получить информацию о новых продуктах, но и выработать пути эффективного внедрения их в эксплуатацию.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ



Андрей Мозуль, технический директор ООО «Сименс Трансформаторы» (г. Воронеж), в своем выступлении «Трансформаторы с жидким диэлектриком MDEL» остановился на преимуществах такого вида изоляционной жидкости.

Он заметил, что легковоспламеняющиеся трансформаторные масла приводят к серьезным авариям и ущербу для жизни и имущества. Помимо риска для жизни людей, компании несут огромные расходы на ремонт и ликвидацию разрушений, замену поврежденного трансформатора, убытки от простоев и пр.

Эфиры, к которым относится жидкий диэлектрик MDEL, имеют высокую степень пожарной безопасности. Температуры их вспышки и воспламенения около 300 оС, в связи с чем они имеют низкий уровень газообразования, что делает эксплуатацию трансформаторов безопасной, а также позволяет снизить затраты на противопожарную защиту.

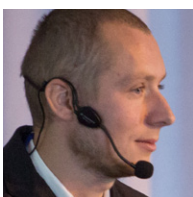
Отметил докладчик и высокую влагостойкость этой изоляционной жидкости. MDEL является одной из наиболее влагостойких жидкостей, имеющихся на рынке трансформаторов. В ней растворяется (поглощается) намного больше воды, чем в минеральном масле, при этом ее диэлектрические свойства остаются неизменными. Так, напряжение пробоя при 20 °С у минерального масла снижается с 80 кВ примерно до 25 кВ уже при 60–70 ppm воды в масле, у MDEL показатель в 80 кВ остается неизменным даже при содержании влаги 600 ppm.

MDEL – это возобновляемый экологически чистый и полностью биоразлагаемый материал. Он приоритетен для использования в крупных городах и природоохранных зонах, подземных подстанций.

Замедленное старение изоляции за счет снижения влажности изоляции и риска образования пузырьков продлевают срок службы трансформатора, что влечет за собой снижение расходов на эксплуатацию, и соответственно экономии на страховых отчислениях.

Первые трансформаторы напряжением 400 кВ с натуральным эфиром в мире построены на SIEMENS Нюрнберге в 2013 году.

В России в 2015 году четыре трансформатора SIEMENS, изготовленных в Воронеже, с жидким диэлектриком MDEL были установлены на подстанции «Берсенеvская» в Москве. В 2016 году 26 трансформаторов подобного типа были установлены на станции подготовки газа в Ямало-Ненецком автономном округе.



Виктор Рыженков, инженер-конструктор ООО «Электрофизика» (г. Санкт-Петербург), в докладе «Трансформаторы 35 кВ с воздушно-барьерной изоляцией производства «Электрофизика»

отметил, что компания разрабатывает и производит сухие трансформаторы с напряжением ВН 35 кВ включительно, способные лидировать в конкурентной борьбе с подобными трансформаторами как отечественных, так и зарубежных производителей.

Сухие трансформаторы с открытыми обмотками, производимые компанией, обеспечивают повышенную пожаробезопасность (категория Д) и экологичность за счёт отсутствия горючих материалов.

Изготовление обмоток трансформаторов с повышенным классом нагревостойкости изоляции Н (180 °С) сильно снижает вероятность задымления, генерацию токсичных веществ и исключает возгорание и пожары.

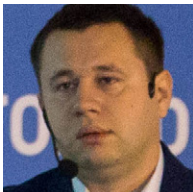
Перегрузочная способность трансформаторов с применением высокотемпературных материалов, таких как арамидная бумага «НОМЕХ», достигает 20% от номинала неограниченно длительное время при температуре окружающей среды 20 °С, что позволяет обеспечить в эксплуатации работу в «часы пик» без включения дополнительных мощностей. При увеличении нагрузки до 140% трансформатор способен работать без дополнительной вентиляции более 1 часа.

Пропитка катушек современными смолами по технологии вакуум-давление даёт прочное изоляционное покрытие толщиной всего 0,2 мм, которое гарантирует надёжный уровень изоляции и защиты от воздействия окружающей среды, в то же время его толщина не препятствует эффективному охлаждению обмоток. Отсутствие возможности появления частичных разрядов в изоляции ВВ обмотки повышает долговечность и надёжность трансформаторов.

Конструкция трансформаторов обеспечивает устойчивую работу на номинальной мощности при резких перепадах температуры окружающей среды в диапазоне от -60°С до +45°С.

Автоматизированная линия поперечной резки рулонной стали под сборку step-lap при сборке магнитопровода обеспечивает производство трансформаторов мощностью до 17 МВА с уменьшенными на 10–15% потерями холостого хода и низким уровнем шумов.

Были отмечены и такие преимущества сухих трансформаторов с открытыми обмотками, как низкие эксплуатационные затраты на обслуживание, минимальные капитальные затраты на строительство за счёт меньших массогабаритных размеров и высокой пожаробезопасности.



Михаил Умнов, менеджер по продажам партнерам ЗАО «ГК «Электрощит» – ТМ Самара» (г. Самара), в выступлении «Энергоэффективность в трансформаторном оборудовании, новинки от компании «Электрощит Самара» предложил тему энергоэффективности сетевого комплекса, и в частности энергоэффективные трансформаторы.

Он отметил, что от 30 до 50% всех потерь электроэнергии в распределителях ложатся на распределительные трансформаторы 6(10) кВ. На сегодняшний день существуют нормативные документы по энергосбережению в стране. Это Постановления Правительства № 600 и № 1006, в которых указан уровень потерь для трансформаторов. В апреле 2017 года введен в действие стандарт ПАО «Россети» СТО 34.01-3.2-011-2017 с требованиями по уровню потерь в трансформаторах (4 уровня потерь холостого хода (X) и 3 уровня потерь короткого замыкания (K)).

Базовыми для «Электрощит Самара» являются трансформаторы серии 11. Сейчас в компании идет разработка трансформаторов серии 11+, которая будет удовлетворять требованиям СТО в части первого уровня потерь – X1 K1.

Существует серия 12, удовлетворяющая требованиям энергоэффективности X1 K1 (мощность 63-160 кВА) и X2 K2 (мощность 250-1250 кВА).

Наиболее энергоэффективными являются запущенные в производство в 2017 году трансформаторы серии 12+, которые удовлетворяют требованиям не только СТО, но и Постановлений Правительства № 600 и № 1006. Они имеют критерии X1 K2 при мощности 63-160 кВА и X2 K2 при мощности 250-1000 кВА.

Снижение потерь достигается за счёт применения электротехнической стали со сниженными потерями и использования новых расчетных программ. При нагрузке на трансформатор 50% срок окупаемости дополнительных затрат (разница в цене между сериями 11 и 12+) составит не более двух лет.

В 2016 году стартовало производство новой линейки трансформаторов с сухой литой изоляцией типа ТСЛ мощностью от 250 до 2500 кВА. Эти трансформаторы имеют сниженные до 15% потери холостого хода и короткого замыкания. Также они могут быть укомплектованы системой принудительной вентиляции для форсирования мощности до 40%, что очень актуально для сухих трансформаторов.

Еще одна новинка – трансформаторы серии 14, заполненные трудногорючим диэлектриком FR3. Этот диэлектрик, в отличие от стандартного минерального трансформаторного масла, имеет повышенные температуры воспламенения (около 340 оС). Также данная жидкость экологична, поскольку изготовлена из соевых масел.



Сергей Ивонин, региональный менеджер АО «Группа «СВЭЛ» (г. Екатеринбург), в докладе «Силовые трансформаторы, различные типы РПН и системы мониторинга масляных трансформаторов» основное внимание уделил целям применения мониторинга и построению системы.

Система мониторинга масляных трансформаторов, разработанная в компании, позволяет получить информацию об остаточном ресурсе трансформатора, снизить расходы на ремонт и затраты на обновление парка оборудования, а также уменьшить вероятность развития аварийной ситуации.

Существуют пять уровней мониторинга:
– первый – базовый (обязательный);

Группа СВЭЛ обладает всеми необходимыми ресурсами и компетенциями для реализации проектов строительства подстанций «под ключ», гарантируя надежность и своевременность поставок

**ПРОИЗВОДСТВО СУХИХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**



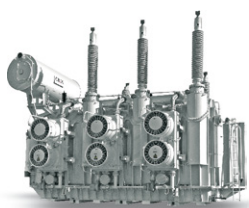
Производственные мощности:
3000 МВА/год

**ПРОИЗВОДСТВО РЕАКТОРНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**



Производственные мощности:
960 фаз/год

**ПРОИЗВОДСТВО МАСЛЯНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**



Производственные мощности:
24 000 МВА/год

**ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКТНЫХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ**



Производственные мощности:
2000 КРУ/год

**ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКТНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЙ**



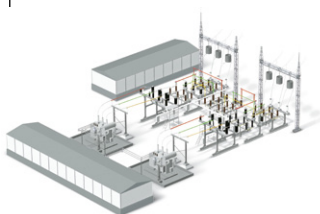
Производственные мощности:
500 КТП/год

**ПРОИЗВОДСТВО НИЗКОВОЛЬТНЫХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ**



Производственные мощности:
1000 НКУ/год

**ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКТНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЙ БЛОЧНЫХ КТПБ**



Производственные мощности:
88 подстанций/год

**ПРОИЗВОДСТВО
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**



Производственные мощности:
100 000 шт./год

- второй – установка первичных датчиков;
- третий – установка систем мониторинга общего состояния и температуры наиболее нагретой точки;
- четвертый – установка газоанализатора;
- пятый – установка автоматизированного рабочего места (АРМ).

В набор обязательных функций управления, мониторинга и диагностики трансформаторов входит контроль температуры масла, уровня и потока масла, силы тока, избыточного давления масла в баке.

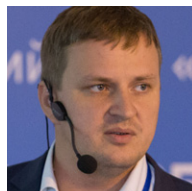
К первичным датчикам относятся датчики газовой выработки, датчики тока на двигатели вентиляторов и насосов, датчики состояния изоляции вводов, оптоволоконные датчики температуры обмоток.

На третьем уровне устанавливаются приборы TDM – модульная система мониторинга общего состояния трансформатора и управление системой маслоохлаждения и T/Guard2 – система мониторинга температуры ННТ.

Газоанализатор HYDROCAL 1005 позволяет произвести замеры влаги и ключевых газов, таких как водород (H₂), угарный газ (CO), ацетилен (C₂H₂) и этилен (C₂H₄), растворенных в масле трансформатора.

На заключительном этапе комплектуется автоматизированное рабочее место системы управления мониторинга, которое имеет следующие функции:

- Получение диагностических данных;
- Передача в шкафы управляющих воздействий на включение/отключение электродвигателей системы охлаждения в дистанционном режиме управления;
- Дистанционное ручное управление РПН и системой охлаждения через АСУ подстанции;
- Возможность удаленного подключения к системе мониторинга;
- Хранение, обработка, передача данных, функция «черный ящик»;
- Возможность анализа работы трансформатора за любой промежуток времени.



Андрей Ануфриев, директор по стандартизации и сертификации ООО «Тольяттинский Трансформатор» (г. Тольятти) выступая с сообщением «Применение переключающих устройств российского производства в трансформаторах класса 35–220 кВ» отметил, что «Тольяттинский Трансформатор» является единственным в России изготовителем РПН.

Регулировка напряжения трансформатора без отключения нагрузки считается одним из ответственных и сложных процессов управления режимами работы подстанций. Основную электромеханическую нагрузку за эту операцию несет на себе переключающее устройство РПН (регулятор переключения напряжения).

Это сложный высокотехнологичный электромеханический аппарат, работающий в условиях: динамичной системы с быстрым действием в доли секунд, высоких напряжений, больших токов и электрической дуги, требует прецизионной обработки и сопряжения деталей, точности исполнительного механизма и надежной работы в различных климатических зонах.

В настоящее время 95% трансформаторов всех трансформаторов в мире комплектуются РПН.

Сравнивая РНТА с переключающими устройствами компаний Maschinenfabrik Reinhausen GmbH (Германия) и HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES Co (Болгария), докладчик к достоинствам российского устройства отнес отсутствие в конструкции горизонтальных и вертикальных валов, а также то, что не требуется проверка угловых и временных диаграмм.

Механизм переключения РНТА выполнен в едином блоке, в который входят механизм управления, переключатель нагрузки и предизбиратель. Основным устройством является механизм управления, который обеспечивает собственно переключение, а также выдачу электрических сигналов о переключении, о положении, сигнала блокировки при переключении в крайние положения.

РНТА производства ООО «Тольяттинский Трансформатор» надежно работают в составе более 800 трансформаторов клас-

сов напряжения 35, 110 кВ. Механический ресурс – не менее 1 000 000 переключений.



Валерий Даниленко, менеджер продукта ООО «АББ» (г. Москва), «Компоненты трансформатора и устройство РПН» сказал, что сейчас компания выпускает несколько типов переключающих устройств.

Серия UZ предназначена для установки на баке трансформатора (так называемые приставные РПН), серии UB и UC размещаются внутри бака трансформатора (погружные).

Эти серии, в свою очередь, делятся на устройства переключений селекторного (UZ и UB) и дивертерного (UC) типов.

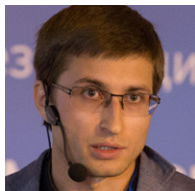
РПН UZ селекторного типа имеют ряд достоинств. К ним можно отнести: установку РПН на уровне человеческого роста; удобный доступ к контактору при ТО; возможность установки расширительного бака непосредственно на баке РПН; отсутствие необходимости применения грузоподъемных механизмов, лестниц, стремянок во время выполнения ТО; отсутствие приводных валов или конических редукторов; очень высокую устойчивость к восстанавливаемому напряжению и т.д.

Более подробно докладчик остановился на переключающих устройствах дивертерного типа UC. Они обеспечивают как линейное, так и реверсивное регулирование, регулирование «грубо-точно», имеют 35 ступеней регулирования. Выпускаются подтипы этих РПН – классической компоновки (UCG, UCL, UCD), а также работающих по вакуумной технологии (VUCG и VUCL).

Одним из главных преимуществ гашения дуги в вакууме является отсутствие необходимости контроля состояния контактов в дивертере. У камер дивертерного переключателя вакуумного типа есть определенный ресурс – шестьсот тысяч переключений. На протяжении всего этого периода, так как не горит дуга в дивертере, нет нужды контролировать состояние масла и контактов внутри дивертера. После выработки ресурса заменяются вакуумные камеры, и РПН продолжает работать дальше.

В «классике» это невозможно, к сожалению, потому что дуга горит в масле. Нужно контролировать состояние масла, остаточные ресурсы контактов.

Верхняя часть РПН – это дивертер, изолированный от бака трансформатора и абсолютно герметичный. Именно в нем происходит непосредственное гашение дуги. Нижняя часть – избиратель, в котором происходит переключение регулировочных обмоток. У переключающих устройств АББ имеется конструктивная особенность. Вал находится не внутри дивертерного переключателя, а снаружи. При техническом обслуживании, когда необходимо вынуть дивертерный переключатель для его инспекции, система валов остается в зацеплении, в постоянной связи с приводом. Можно сливать масло, менять контакты, т.е. выполнять любые операции с дивертером, но после окончательной сборки РПН синхронизация автоматически восстанавливается.



Максим Суетин, специалист ОАО «СЗТТ» (г. Екатеринбург), в выступлении «Трансформаторы тока и напряжения для защиты силовых трансформаторов 35–110 кВ» подчеркнул, что в настоящее время основным материалом, из которого изготавливаются трансформаторы на СЗТТ, является литой компаунд.

Основные достоинства литых трансформаторов по сравнению с масляными:

- Не требуют обслуживания, т.е. значительно снижаются затраты на эксплуатацию, также уменьшается негативное влияние на окружающую среду;
- Обладают пожаробезопасностью и сейсмостойкостью;
- Обеспечена герметичность конструкции;
- Сохранение метрологических характеристик в течение всего срока эксплуатации.

Последнюю позицию докладчик подчеркнул особо, отметив, что сейчас все трансформаторы производства СЗТТ имеют межповоротный интервал 16 лет.

ООО «Тольяттинский Трансформатор», отметивший в 2016 году 60-летний юбилей, специализируется на разработке и производстве высоковольтных распределительных и силовых трансформаторов/автотрансформаторов, управляемых шунтирующих реакторов, классов напряжений от 6 до 500 кВ, мощностью от 40 до 630 000 кВА.



ООО «Тольяттинский Трансформатор»

445601, Самарская область, г. Тольятти, ул. Индустриальная, дом 1

Тел.: (8482) 75-99-09, 75-99-10
Факс: (8482) 25-93-00, 75-99-11

Отдел продаж:
тел./факс: (8482) 25-93-82, 25-93-97, 75-99-22
e-mail: tt@transformator.com.ru

www.transformator.com.ru
www.ooo-тольяттинский-трансформатор.рф

РЕТ-МОМ.2

МИКРОМЕТР С МАКРОВОЗМОЖНОСТЯМИ



Измерение широкого спектра сопротивлений

- класс точности 0,1
- измерение сопротивления от 10 мкОм до 500 Ом
- сенсорный дисплей
- встроенный аккумулятор
- удобные измерительные клещи
- вес 7 кг

ГАРАНТИЯ – 5 ЛЕТ • МЕЖПОВЕРХНОЧНЫЙ ИНТЕРВАЛ – 4 ГОДА

Научно-производственное предприятие «Динамика»
428015, г. Чебоксары, ул. Анисимова, 6, тел.: (8352) 32-52-00
www.dynamics.com.ru, dynamics@chttts.ru

Из новинок следует выделить одно из самых сложных изделий в номенклатуре предприятия – трансформатор тока с литой изоляцией ТОЛ-110Ш. Его история насчитывает почти полтора десятилетия и сейчас выпускается уже третье поколение, учитывающие самые современные материалы и решения. С 2010 года три трансформатора находятся в опытной эксплуатации на «Первоуральском новотрубном заводе». В текущем году у них были проверены состояние изоляции, тангенс угла диэлектрических потерь, уровень частичных разрядов. В результате отмечено, что характеристики изделия не изменились.

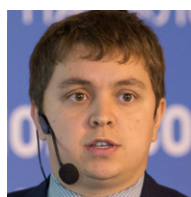
В его производстве применен однозаливочный способ литья – технология, «обкатанная» на ТОЛ-35 и вводах. Основной изоляцией первичной обмотки от вторичной выступает RIP-изоляция, то есть внутри ТОЛ-110Ш по сути находится высоковольтный ввод на 110 кВ.

Трансформатор выполнен в виде опорной конструкции с одной первичной и тремя, четырьмя, пятью или шестью вторичными обмотками. Монолитная оболочка трансформатора выполнена из циклоалифатического компаунда.

Трансформатор имеет достаточно сложную структуру ребрения, которая объясняется длиной пути утечки. Изделие выдержало весь комплекс квалификационных испытаний (в т. ч. грозовой импульс, ресурс, «климатику» и уровень ЧР в основной изоляции).

С начала 2017 года ОАО «СЗТТ» реализует заказы на трансформаторы тока ТОЛ-110Ш новой конструкции и осуществляет поставки на энергетические объекты РФ.

В октябре 2017 года трансформатор тока литой ТОЛ-110 Ш УХЛ 1 внесен в реестр инновационных решений ПАО «Россети».



Николай Александров, начальник отдела первичного оборудования ООО «НПП «Динамика» (г. Чебоксары), в докладе «Диагностика состояния обмоток силового трансформатора путем измерения активного сопротивления обмоток постоянному току» описал возможности нового устройства, выпускаемого компанией,

– микрометра РЕТ-МОМ.2, который полностью отвечает всем требованиям к проверочным устройствам такого типа.

РЕТ-МОМ.2 позволяет работать как от сетевого напряжения, так и от встроенного аккумулятора, что крайне важно при работе с силовыми трансформаторами, поскольку зачастую использовать питание 220 В не представляется возможным. Емкость аккумулятора обеспечивает до 500 измерений током до 10 А. Максимальный ток устройства составляет 10 А, что вполне достаточно для измерения активного сопротивления обмоток трансформаторов.

Отличительной особенностью данного прибора является его высокая точность – 0,1% относительной погрешности. Диапазон измерений составляет от 10 мкОм до 500 Ом. Малое значение нижней границы диапазона позволяет проверять низкоомные обмотки силовых трансформаторов, установленных на станциях и предназначенных для повышения напряжения с генератора.

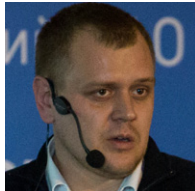
РЕТ-МОМ.2 имеет встроенную защиту от дуги и перенапряжения, возникающих при непредвиденном отсоединении кабелей от проверяемого объекта. Все измерения проводятся в автоматическом режиме и завершаются процедурой «отбора энергии» у трансформатора для безопасного отключения установки от объекта или переключения к другим выводам.

В приборе также реализован режим проверки устройства РПН, когда процедура «отбора энергии» при каждом измерении не происходит автоматически, а испытатель самостоятельно ее инициирует по окончании проверки сопротивлений на всех ступенях РПН, что значительно упрощает процесс снятия характеристик. Встроенная память прибора позволяет хранить до 800 измерений.

Особое внимание было уделено формированию комплекта аксессуаров. Большая работа проведена по подбору универсальных и оптимальных соединительных зажимов и поиску оптимальной длины измерительных проводов.

В настоящий момент применяются зажимы в виде струбцин с длиной кабеля 7 м и удлинителем (8 м), что позволяет

работать с земли на большей части силовых трансформаторов. Соединительные струбцины специально разрабатывались для возможности закрепления как на плоские, так и на круглые выводы трансформатора, а форма губок выбрана оптимальной для надежного электрического контакта с выводом трансформатора и надежной фиксации во избежание отсоединения струбцин от выводов под весом измерительных кабелей.



Максим Кравченко, руководитель службы техподдержки ООО «Омикрон Электроникс» (г. Москва), в выступлении «Испытательное и диагностическое оборудование OMICRON» подробно остановился на описании TESTRANO 600 – первой в мире портативной трехфазной испытательной системе, с помощью которой можно выполнять все регламентные испытания силовых трансформаторов.

По сравнению с традиционными однофазными испытательными комплектами, трехфазный TESTRANO 600 имеет целый ряд преимуществ:

- однократное подключение для выполнения различных испытаний;
- отсутствие необходимости постоянно переподключать провода;
- высокая выходная мощность: 3х33 А постоянного тока или 400 В переменного тока;
- возможность выполнять испытания втрое быстрее;
- автоматизированная диагностика состояния РПН без дополнительных инструментов;
- повышенная безопасность благодаря меньшему количеству операций.

Далее докладчик описал те основные параметры испытаний, которые позволяет проводить TESTRANO 600.

Коэффициент трансформации позволяет оценить качество работы силового трансформатора и выявить короткозамкнутые витки или обрывы в схеме.

Опыт ХХ при малом напряжении (Ашрятова) и ток намагничивания позволяет оценить состояние межвитковой изоляции обмоток, магнитной цепи трансформатора и переключателя ответвлений. Для проведения измерения на напряжении до 12 кВ необходим блок CP TD1.

Испытание сопротивления обмоток постоянному току позволяет выявить проблемные контакты в обмотках и переключателях ответвлений.

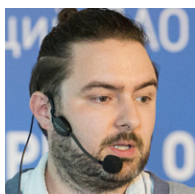
Измерения импеданса короткого замыкания и реактивного сопротивления утки помогают диагностировать деформацию или смещение обмоток.

Частотная характеристика добавочных потерь служит для выявления КЗ между параллельными проводниками витка обмотки и локального перегрева из-за чрезмерных потерь на вихревые токи.

Измерение динамического сопротивления (DRM) необходимо для проверки РПН на наличие изношенных, загрязненных или поврежденных контактов, а также иных проблем, связанных с РПН.

После подачи постоянного тока, например, после измерения сопротивления обмоток, рекомендуется выполнить размагничивание сердечника. Это повысит точность дальнейших испытаний и снизит броски тока намагничивания при включении.

По результатам измерений емкости тангенса угла диэлектрических потерь можно оценить состояние изоляции силовых трансформаторов и высоковольтных вводов.



Олег Удальцов, заместитель руководителя отдела электротехнического оборудования ООО «ЭнергоПроект» (г. Санкт-Петербург), в докладе «Современный взгляд на диагностику силовых трансформаторов» основное внимание уделил системе диагностики изоляции IDAX производства компании Megger.

IDAX – один из самых современных приборов диагностики изоляции, основанный на методе диэлектрической спектроскопии. Одно из самых важных применений IDAX – это определение старения или содержания влаги в изоляции транс-

Современные технологии для испытания и комплексной диагностики сетей и подстанций



Дилер: ООО «ЭнергоПроект»

Санкт-Петербург

тел.: (812) 438-17-18

hvenergy.ru

форматоров, так как наличие влаги в изоляции значительно ускоряет процесс ее старения. Так же влага может вызывать образование пузырьков между обмотками, что приводит к аварийным отказам.

Изоляция силового трансформатора состоит из маслопротитанной бумаги и масла. Почти вся влага в трансформаторе находится в бумаге. В 25 тоннах масла с содержанием воды 20 грамм на тонну общее количество воды составит всего полкилограмма. При этом в 2,5 тоннах бумаги, содержащей 3% воды, будет 75 кг влаги.

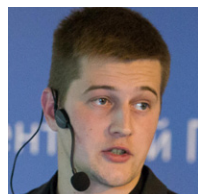
Повышенный процент влаги сильно влияет на срок жизни трансформатора. Расчетный срок жизни трансформатора с сухой изоляцией с влагосодержанием 0,5% будет в 8-10 раз превышать срок жизни трансформатора с умеренно влажной изоляцией (2%).

Количеством влаги определяется и способность трансформатора работать под высокой нагрузкой. Сухой трансформатор с содержанием влаги в изоляции 0,5% будет способен работать при почти вдвое более высокой температуре, чем влажный трансформатор с содержанием воды 3%.

Знание о том, насколько трансформатор сухой, предоставляет возможность узнать, способен ли трансформатор на работу при текущей нагрузке и его можно оставить в эксплуатации, или для безопасной работы его следует либо высушить, либо заменить.

Оценка содержания воды в изоляции трансформаторов, базирующаяся на тестировании образцов масла, очень трудна, так как имеет место переход влаги из твердой изоляции в масло и обратно при изменении температуры. Любой образец масла должен быть взят при относительно высокой температуре, когда трансформатор находится в равновесии. К сожалению, это является необычным состоянием трансформаторов, оставляя, таким образом, возможность получения недостоверной оценки.

IDAX-300 измеряет емкость и потери в изоляции между витками в множестве контрольных точек области частот. Получаемая уникальная информация позволяет оценить состояние масла и твердой изоляции, и ее можно использовать для разграничения между влажностью и другими потенциальными проблемами. Измерение возможно при любой температуре.



Владимир Дюков, инженер технической поддержки АО «Пергам-Инжиниринг» (г. Москва), в выступлении «Система комплексной диагностики трансформаторов «ИКОМ-Т» сказал, что название системы расшифровывается как «Интеллектуальный Комплекс Он-лайн Мониторинга Трансформаторов».

«ИКОМ-Т» предназначен для:

- Непрерывного в режиме реального времени измерения, регистрации, отображения и сигнализации состояния основных параметров трансформатора;
- Регистрации воздействий на трансформатор в процессе эксплуатации, в том числе в предаварийных и аварийных режимах;
- Автоматической диагностики и оперативного прогнозирования технического состояния с помощью математических моделей;
- Адаптивного управления системой охлаждения и РПН.

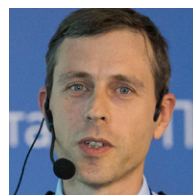
Система осуществляет анализ до 9 растворенных в трансформаторном масле газов (водород H_2 , окись углерода CO , двуокись углерода CO_2 , метан CH_4 , этан C_2H_6 , этилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2 , кислород O_2 , азот N_2), а также контроль влагосодержания.

Прямое измерение температуры обмоток с помощью волоконно-оптических GaAs-датчиков с двойной фторопластовой изоляцией обеспечивает высокую точность измерений, максимально точную оценку скорости старения и остаточного ресурса изоляции, эффективное управление системой охлаждения. Имеется возможность установки нескольких датчиков на обмотку для определения температуры наиболее горячей точки.

Адаптивное управление системой охлаждения дает снижение энергопотребления на охлаждение и расхода ресурса насосов и вентиляторов; исключение кратковременных перегревов изоляции обмотки вследствие запаздывания работы алгоритма ДЦ по ГОСТ (управление по Твсм и нагрузке);

равномерное расходование ресурса насосов и вентиляторов; автоматический выбор оптимального режима охлаждения для отвода выделенного тепла, в том числе и при резко меняющейся нагрузке; возможность настройки графика пиковых нагрузок для превентивного охлаждения трансформатора.

В результате систему «ИКОМ» можно рассматривать как комплексное решение, включающее приборы анализа растворенных газов, контроля вводов, шкаф автоматического управления охлаждением трансформаторов, систему мониторинга и диагностический Web-сервис от одного производителя. Это позволит минимизировать затраты на оснащение трансформаторного оборудования современными средствами управления, мониторинга и диагностики. Также появляется возможность разработки типовых проектных решений как для нового трансформаторного оборудования, так и для модернизируемого.



Антон Морозов, технический директор ЗАО «Интера» (г. Москва), в сообщении «Новые разработки ЗАО «Интера» для мониторинга и диагностики силовых трансформаторов» рассказал о комплексных решениях для мониторинга и диагностики трансформаторов разного класса напряжения.

Подробно докладчик остановился на системе мониторинга для трансформаторов 35–110 кВ «СКУ-М» и анализаторах для измерения газовлагосодержания «Гидромер» и «ИнтеГаз-М».

Система мониторинга и диагностики «СКУ-М» построена на базе промышленных контроллеров WAGO. Современная, компактная, экономичная система позволяет обеспечить необходимый объем диагностических функций и математических моделей для автоматического сбора, обработки и отображения параметров трансформаторного оборудования, оценки и прогнозирования его технического состояния и опровергает устоявшееся мнение о высокой стоимости СМид для небольших трансформаторов.

«Гидромер» предназначен для автоматического непрерывного определения водорода (H_2) и влаги в масле силовых трансформаторов и выдачи сигнализации при превышении установленных пороговых значений. Следует отметить, что датчики «Гидромера» измеряют содержание растворенного водорода, влаги и температуру непосредственно в контролируемой среде, без выделения водорода в газовую фазу, что существенно повышает достоверность результатов. Анализатор легко устанавливается на трансформатор через шаровый кран $1/2$ " без вывода оборудования из эксплуатации, не требует пусконаладочных работ.

«ИнтеГаз-М» – анализатор проточного типа предназначен для автоматического непрерывного контроля водорода (H_2), суммы горючих газов (CO , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 – в пересчете на CO) и влаги в масле силовых трансформаторов. Прибор внесен в государственный реестр средств измерений и аттестован в ПАО «Россети». В новой модификации – «ИнтеГаз-М» повышена точность измерений, не требуется пусконаладка. Анализатор может использоваться как самостоятельно, передавая данные в АСУ ТП подстанций, так и как часть системы мониторинга.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ

Представителями ЗАО «Интера» была продемонстрирована работа прибора контроля параметров устройств РПН в режиме реального времени «РПН-Монитор».

«РПН-монитор» представляет собой шкаф наружного исполнения, который устанавливается на бак трансформатора через виброамортизаторы или на монтажной стойке возле трансформатора.

«РПН-Монитор» построен на базе промышленного микропроцессорного контроллера с энергонезависимой памятью, в которой хранятся программное обеспечение и настройки.

- «РПН-Монитор» выполняет следующие основные функции:
- контроль механического и коммутационного ресурса контактора РПН;
 - контроль механического момента на валу привода РПН;
 - контроль времени переключения и максимального момента на валу РПН при последнем переключении;
 - блокировку моторного привода при превышении граничных значений контролируемых параметров;

- осциллографирование каждого переключения РПН;
- хранение всех контролируемых параметров и событий в энергонезависимой памяти;
- контроль времени очередного технического обслуживания РПН;
- световую трехцветную индикация технического состояния РПН;
- формирование релейной предупредительной и аварийной сигнализации о состоянии РПН;
- настройку и отображение информации на графической панели, а также удаленно на ПЭВМ (смартфоне, планшете) при помощи web-интерфейса;
- самодиагностику оборудования системы.

Для передачи данных в системы верхнего уровня «РПН-монитор» в стандартной комплектации имеет цифровой интерфейс Ethernet TX/FX (протокол Modbus). По требованию заказчика возможна реализация любых других интерфейсов (RS485, RS232 и т.д.) и протоколов передачи данных (МЭК 60870-5-104, МЭК 61850 и т.д.).

В приборе «РПН-Монитор» предусмотрено формирование аналитических отчетов для специалистов эксплуатирующих организаций. Прибор выпускается также в специальном исполнении – для установки в шкафах трансформаторного оборудования.

Специалисты ООО «АББ» провели функциональную демонстрацию работы устройства РПН дивертерного типа с моторным приводом UCGRN 650/300/С.

Уникальная открытая конструкция позволяет быстро и легко произвести сервисное обслуживание. Для проведения сервисного обслуживания РПН может быть в любом положении, отсутствует необходимость отсоединять систему приводных валов, что исключает риск неправильной сборки или регулировки.

Простая и прочная конструкция обеспечивает срок службы, равный сроку службы трансформатора. Для бесперебойной работы требуется минимальный объем техобслуживания. Единственные компоненты, требующие техобслуживания, – это контакты, которые, возможно, потребуют замены в пределах срока службы, изолирующее масло и механизм моторного привода. Конструкция обеспечивает удобный доступ ко всем компонентам, так что осмотр и техобслуживание выполняются быстро и просто. Устройство РПН типа UCG монтируется внутри бака трансформатора. Механизм моторного привода крепится на бак трансформатора и соединяется с устройством РПН с помощью приводных валов и конического редуктора.

Основными компонентами являются пружинный дивертерный переключатель и избиратель ответвления с подвижными контактами. Для проведения техобслуживания дивертерный переключатель поднимается. Этим обеспечивается доступ к контактам, которые могут быть проверены на износ. При подъеме дивертерного переключателя приводные валы не демонтируются.

Дивертерный переключатель имеет собственный корпус, отделенный от масла трансформатора. Благодаря этому предотвращается загрязнение масла трансформатора из-за ухудшения качества масла дивертерного переключателя, вызванного переключениями. Масло необходимо проверять и фильтровать с определенной периодичностью для поддержания достаточной диэлектрической прочности и предотвращения механического износа. Необходимо регулярно проверять контакты и очищать изоляционные части дивертерного переключателя, а также очищать внутреннюю часть корпуса.

Компания ООО «Омикрон Электроникс» продемонстрировала возможности испытательной системы TESTRANO 600.

Управлять устройством можно или в приложении TESTRANO TouchControl со встроенного дисплея, или с ноутбука, на котором установлено ПО PrimaryTestingManager. Благодаря гибкости управления система отлично подходит для проведения плановых и диагностических проверок на месте эксплуатации, а также заводских приемо-сдаточных испытаний.

К сторонам ВН и НН трансформатора TESTRANO 600 подключается с помощью специально разработанных уни-



Группа компаний «НТТ» представляет продукцию: высоковольтные вводы с RIP- и RIS-изоляцией напряжением до 330 кВ завода-изготовителя MGC MOSER-GLASER AG.

Наша компания имеет большой опыт поставок для нужд: «Росатом», «АЛРОСА», «НЛМК», «ММК», «Русгидро», «Роснефть», «Газпром», «Лукойл», «РЖД», «Россети».

Линейные вводы DURESCA



Исполнение: воздух–воздух

Материал проводника: алюминий, медь

Внешняя изоляция: силиконовая изоляция

Внутренняя изоляция: конденсаторного типа с RIP-изоляцией

Номинальное напряжение: 10–330 кВ

Номинальный ток: до 3150 А

Условия эксплуатации: климатическое исполнение УХЛ1

Трансформаторные вводы TRAVESCA



Исполнение: масло–воздух

Материал проводника: алюминий, медь

Внешняя изоляция: силиконовая изоляция

Внутренняя изоляция: конденсаторного типа с RIP-изоляцией

Номинальное напряжение: 10–330 кВ

Номинальный ток: до 3150 А

Условия эксплуатации: климатическое исполнение УХЛ1

Контакты

Группа компаний «НТТ»

197342, Санкт-Петербург, ул. Торжковская, 5, оф. 318

тел./факс: (812) 324-99-73, 441-32-29

<http://www.ntt-trafo.ru> e-mail: info@ntt-trafo.ru





► версальных кабелей. Эти кабели, обеспечивающие четырехпроводное подключение (по схеме Кельвина), необходимо подключить к клеммам трансформатора только один раз. Дальнейшее конфигурирование испытательных выходов и измерительных входов выполняется системой TESTRANO 600 автоматически. Переподключать провода вручную не требуется. Для автоматического переключения положений РПН можно использовать кабель с многовыводным штекером. Этот кабель также позволяет регистрировать ток и напряжение двигателя РПН.

Простая подготовка к испытанию TESTRANO TouchControl позволяет загружать готовые испытания или создавать собственные, которые будут выполняться вручную. Чтобы задать параметры испытуемого объекта и упорядочить результаты тестирования, перед началом работы необходимо ввести данные с паспортной таблички трансформатора. Результаты испытаний отображаются в виде диаграмм и таблиц, и есть возможность выбрать наиболее наглядный вариант. В таблице можно с легкостью менять расположение строк, чтобы было удобнее сравнивать данные по фазам или ответвлениям. Можно также переключаться между различными типами показаний, например, абсолютными значениями и отклонениями от данных паспортной таблички.

Разработчики TESTRANO 600 прежде всего позаботились о соответствии устройства самым жестким стандартам безопасности. Оно оснащено кнопкой аварийного останова и индикаторами допуска и предупреждений. Специально разработанные соединительные разъемы позволяют избежать неправильного подключения источников. Простая схема подключения с маркированными соединительными проводами еще больше снижает вероятность ошибки.

ООО «Энергопроект» продемонстрировало возможности многофункционального прибора TRAX производства компании Megger, предназначенного для комплексного тестирования трансформаторов.

Он обеспечивает генерацию токов до 800 А и напряжений до 2200 В (2000 А и 12 кВ с принадлежностями), с частотным диапазоном, регулируемым от 1 до 500 Гц. Можно использовать TRAX со встроенным сенсорным экраном или внешним компьютером при управлении через веб-браузер.

Тестирование 3-фазного силового трансформатора включает в себя такие параметры, как коэффициент трансформации, сопротивление обмотки, непрерывность работы РПН, временные и динамические токовые характеристики DRM, ток возбуждения (потери ХХ), сопротивление короткого замыкания, обеспечивает адаптивный алгоритм размагничивания трансформатора, измерение тангенса дельта и емкости на напряжении до 12 кВ.

Пользовательский интерфейс позволяет осуществлять полностью ручное управление – пользователь определяет конкретный набор параметров тестирования. С другой стороны доступны отдельные инструменты для выполнения автоматизированных процедур испытаний, таких как сопротивление обмотки, коэффициент трансформации, измерения Z_k и многие другие.

Структура пользовательского интерфейса TRAX основана на ряде отдельных инструментов/приложений, в которых по умолчанию отображается только необходимая функциональность. Для ручного тестирования доступен общий инструмент, где пользователь выбирает выходы, входы измерения и как данные должны быть обработаны.

Для комплексного тестирования (например, силовых трансформаторов), результаты измерения нескольких приборов могут быть собраны и представлены в одном отчете.

ИТОГИ

Итоги Дня презентаций подвел **начальник Департамента технологического развития и инноваций ПАО «Ленэнерго» Сергей Шувалов:**

– *Сегодня мы услышали о новых разработках и технологиях как в области производства самих силовых трансформаторов, так и в области диагностики и мониторинга трансформаторного оборудования.*

С одной стороны, инновационные решения необходимо поддерживать, но от производителей хотелось бы услышать о результатах проведенного анализа экономического эффекта от применения инновационного оборудования, включая затраты на этапе внедрения и прогноз по сокращению операционных затрат при эксплуатации. В настоящее время мы достаточно серьезно внимание уделяем именно экономической составляющей на протяжении всего жизненного цикла существования электросетевого оборудования.

В Положении ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» введены такие понятия, как показатели прогрессивности технических решений. Это система показателей, характеризующих качественные свойства изделия и их соответствие лучшим мировым образцам; технические и иные преимущества новой электротехнической продукции в сравнении с известным оборудованием; ожидаемый экономический или иной эффект.

Показатели прогрессивности делятся на функциональные и технологические, экономические, экологические и показатели безопасности. Причем они изложены применительно к каждому конкретному виду электротехнической продукции.

Хотелось бы призвать заводы-производители и поставщиков трансформаторного оборудования внимательно изучить эти критерии и выстроить свою работу таким образом, чтобы на этапе внедрения продукта можно было прогнозировать его экономическую эффективность.

Очередной День презентаций ПАО «Ленэнерго» состоится 30 ноября 2017 года и будет посвящен системам постоянного и переменного оперативного тока: аккумуляторным батареям, ШПТ, АС/DC-выпрямителям, зарядно-подзарядным устройствам, инверторам, стабилизаторам, а также типовым решениям построения СОПТ. Подробный рассказ о мероприятии будет опубликован в следующем номере журнала.