

# Техническая диагностика электрооборудования

**Савченко С.П.**, начальник службы диагностики филиала ПАО «МРСК Центра» — «Белгородэнерго»

Система диагностирования электрооборудования — это переход к современной, более эффективной стратегии его обслуживания по техническому состоянию, когда экономический эффект определяется не только снижением аварийности, но и уменьшением затрат на проведение периодических планово-предупредительных ремонтов. Техническое состояние определяется сравнением результатов проведенных испытаний с нормируемыми значениями, а также по совокупности всех данных эксплуатации, осмотров и испытаний. Значения, полученные при испытаниях, должны быть сопоставлены с результатами измерений на других фазах электрооборудования и на однотипных аналогах. Выход значений за установленные границы (предельные значения) следует рассматривать как признак наличия дефектов, которые могут привести к отказу в работе.

При вводе в эксплуатацию нового электрооборудования в качестве исходных значений контролируемых параметров принимают значения, указанные в паспорте или протоколе испытаний, представленным заводом-изготовителем. При эксплуатационных испытаниях — значения параметров, определенные испытаниями при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования.

Как известно, надежность определяется конструкцией оборудования и качеством изготовления. Однако в ходе эксплуатации из-за процессов старения материалов и внешних воздействий надежность снижается. Создание электрооборудования, показатели надежности которого за весь период эксплуатации не станут ниже допустимых, — задача достаточно трудная и, в значительном числе случаев, экономи-

чески нецелесообразная. Поэтому все оборудование должно проходить осмотр, испытания и измерения, проверку работы механической части и другие проверки согласно инструкциям по его эксплуатации и ремонту. Чтобы планировать такой объем работ, следует инструментальным путем уточнять значение физических величин на соответствие требованиям нормативных документов, определяющим фактическое состояние каждого вида электрооборудования. Это очень важно не только для эффективного управления активами предприятия, но и для рационального и сбалансированного финансирования тех целей и задач, которые направлены на соблюдение требований надежности и качества электрической энергии, предусмотренных законодательством РФ. Для этого в составе электросетевого комплекса организованы подразделения диагностики. Не стал исключением и филиал ПАО «МРСК Центра» — «Белгородэнерго».

Служба диагностики филиала оснащена необходимым парком приборов, инструментов и приспособлений для выполнения всех испытаний и измерений. Кроме этого, в арсенале подразделений диагностики есть передвижные электротехнические лаборатории (кабельные и подстанционные ЭТЛ), стационарные испытательные стенды, предназначенные для испытания средств индивидуальной защиты (поясов, лозов, указателей напряжения и т.д.) и такелажных средств (канатов, лестниц), передвижная установка для испытания пожарных лестниц зданий и сооружений.

Остановимся подробнее на приборах, предназначенных для оценки электрооборудования. В 2013 году филиал был оснащен новыми ЭТЛ производства ОАО «Обнинскэнерготех» и СЕБА СПЕКТРУМ, построенными на шасси автомобилей марки ГАЗель с полным приводом. Вместо громоздких полупроводниковых они оборудованы микропроцессорными платами, вместо тяжелых маслонаполненных высоковольтных трансформаторов — элегазовым оборудованием (ИОГ-100). За счет этого имеют меньшую массу бортового оборудования. Оперативность прибытия на объект и выявления неисправности сразу увеличилась, а экономические издержки на ремонт автомобилей, расход топлива и т.д. снизились.

В 2017 году филиал приобрел еще одну современную кабельную лабораторию «РУСИЧ», частично построенную на комплектующих Megger. С учетом требований по импортзамещению оборудования и на основе



Тепловизионный контроль ВЛ 110 кВ

техзадания специалистов филиала инженерами российского представительства этой компании была разработана многофункциональная передвижная лаборатория для эксплуатации кабельных сетей, уникальность которой в том, что при помощи установленного на ее борту оборудования можно проводить испытания как кабельных линий с бумажно-масляной изоляцией, так и с изоляцией из сшитого полиэтилена. Методики их испытаний имеют ряд принципиальных отличий, как то: уровень испытательного напряжения, его частота (50 Гц для БМ и 0,1 Гц для СПЭ), длительность приложения и т.д. Снижение испытательного напряжения с шестикратного линейного до 3U0 в значительной степени позволяет сохранить изоляцию кабеля и не спровоцировать ее пробой.

Еще одной особенностью этой лаборатории является наличие встроенного рефлектометра, позволяющего вести online-контроль сразу за тремя фазами кабельной линии при испытании или ОМП. Используя свой опыт и современный прибор, инженеры службы с большой точностью определяют расстояние до места повреждения, хотя этот способ считается относительным и имеет погрешность показаний. К абсолютным (то есть максимально точным) методам ОМП следует отнести импульсный и акустический, которые реализованы в лаборатории приборами Digifon (акустический приемник), и импульсный генератор FLG-200 с приемником и наушниками. Применение этих приборов позволяет с наименьшими временными затратами локализовать и точно указать место повреждения кабеля. Такой подход крайне важен для эксплуатации кабелей в городских условиях, где покрытие трасс КЛ выполнено асфальтом и тротуарной плиткой, так как неточно указанное место влечет за собой расходы на восстановление покрытия.

В испытательном отсеке данной лаборатории установлен РИСЭ мощностью 6 кВт (резервный источник электроснабжения), необходимый для обеспечения работы самой испытательной установки. Проект крепления и транспортировки генератора весом 100 кг был разработан инженерами службы и в точности реализован изготовителем. Крепление из алюминиевого профиля в качестве направляющего рельса использу-



Осмотр комплектующих новой кабельной лаборатории «РУСИЧ»

ется как при транспортировке, так и в процессе приведения генератора в рабочее положение.

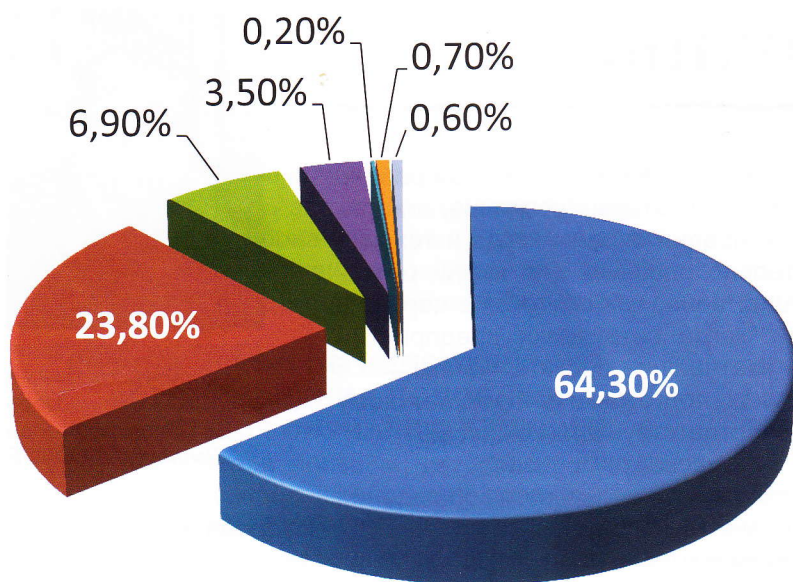
Параллельно с обновлением передвижных ЭТЛ в службе диагностики создается Центральная диагностическая лаборатория, задачами которой становятся проведение хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ) и проведение тепловизионного контроля оборудования и ЛЭП методом инфракрасного излучения (ТВК), позволившие расширить методы диагностирования, включив ранее недоступные.

Для проведения расширенного анализа трансформаторных масел стал применяться аппарат МИЛЛИХРОМ-6, который позволяет контролировать состояние бумажной изоляции обмоток силовых трансформаторов по объему фурановых соединений. Данный анализ является очень важным при определении дальнейшей эксплуатации трансформаторов, так как наличие такой объемной доли фурфурола в масле, как 1 ppm, обязательно связано со снижением степени полимеризации целлюлозной изоляции, характеризующей механическую прочность твердой изоляции. Применение ХАРГ дает возможность персоналу ЦДЛ на ранних этапах предотвращать развитие внутренних дефектов обмоток силовых и измерительных трансформаторов, ремонт или замена отдельных частей которых может повлечь значительные денежные затраты. С 2011 по 2017 год было проведено предупредительное техническое обслуживание 11 силовых и четырех измерительных трансформаторов.

Контроль целостности электрооборудования и ЛЭП обеспечивается путем применения высокоточных тепловизионных камер типа NEC-3000 и Flir-T440. С 2012 года практически сведены к нулю случаи оплавления изоляции, перегорания нулевых проводников в РУ-0,4 кВ, выгорания контактов автоматических выключателей и рубильников, а также перегрева баков трансформаторов большой мощности. С 2012 по 2017 год при помощи тепловизора выявлены дефекты на ранних стадиях развития, а затем проведены предупредительные мероприятия на 114 ПС 35–110 кВ.



Проведение расширенного анализа трансформаторных масел



- Риск минимальный. Следующую диагностику провести через 5 лет
- Область малого риска. Следующую диагностику провести через 3 года
- Область малого риска. Следующую диагностику провести через 1 год
- Область риска. Провести повторную диагностику и ремонт (по результату) в течении года
- Область риска. Следующую диагностику провести через 3 месяца
- КЛ заменены полностью с последующей диагностикой
- В планах реконструкции на 2018 год

Итоги обследования ЧР на кабельных линиях 6–10 кВ с разными типами изоляции

В качестве основного вида оценки оборудования ПС 35–110 кВ до сих пор используется испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Однако в некоторых случаях приложение к изоляции значения испытательного напряжения, в несколько раз превышающего рабочее, может снизить ее характеристики и даже привести к пробое. В этом случае немаловажным фактором проведения диагностики является принцип «не навреди». Это весьма актуально при диагностике кабельных линий, где превышение испытательного напряжения может быть в 4–6 раз больше номинального рабочего. Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, такое напряжение может быть «смертельным», поэтому для сохранения изоляционных свойств кабеля в филиале применяются передвижные установки (лаборатории) «неразрушающего контроля» состояния изоляции, оборудованных установками OWTS-28, позволяющими проводить диагностику КЛ методом ЧР (частичных разрядов). При этом изоляция кабеля не испытывает перегрузок по напряжению, а скопление ЧР, указывающих на наличие потенциального «слабого места», отражается на мониторе рефлектометра, установленного на передвижной ЭТЛ. Оператор обрабатывает данные измерений и сохраняет их в виде протоколов с описанием точного места и возможной причины скопления ЧР. Единственным недостатком такой диагностики является нецелесообразность ее проведения на КЛ с бумажно-масляной изоляцией, так как переходные процессы состояния изоляции в таких линиях весьма переменчивы ввиду многослойности и неоднородности составных компонентов. Для СПЭ-изоляции применение методов диагностики «неразрушающего контроля» весьма перспективно. С 2013 по 2017 год в филиале проведены измерения ЧР на 1301 кабельной линии 6–10 кВ с разными типами изоляции. Итоги обследования приведены на гистограмме. Для выявленных КЛ с разными долями «риска» эксплуатации были разработаны корректирующие мероприятия, которые предотвратили преждевременный неконтролируемый выход их из строя.

Незаменимым инструментом инженера-диагноста в нынешних условиях широкого внедрения кабельных сетей с СПЭ-изоляцией является многофункциональный прибор MFM-10 фирмы Megger, позволяющий диагностировать состояние оболочки КЛ и локализацию повреждения. При помощи MFM-10 можно определить нарушения прокладки КЛ (наличие задиров, порывов, трещин и пр.) и с высокой точностью указать место повреждения.

К универсальным средствам относятся трассопоисковые приборы различных назначений, используемые диагностами для трассопоиска при определении мест повреждения кабелей, специалистами по надзору за трассами КЛ — при согласовании земляных работ, а бригадами КЛ — для выбора кабеля в пучке и нанесения привязки на местности. В арсенале диагностов филиала есть приборы типа КП-500 с генератором звуковой частоты и более совершенные, с устройством GPS типа ViLocPro, позволяющие с высокой точностью определять трассу прохождения кабельной линии, глубину ее залегания, фиксировать и сохранять в памяти устройства географические координаты широты и долготы в любых точках. Это весьма эффективно для качественного составления паспортов объектов с указанием всех пересечений линий с коммуникациями собственников объектов. На практике это дает максимально точный выбор направления и глубины кабельной линии.

Подводя итог данной статьи, хочется отметить, что применение принципиально новых методов диагностики повышает показатели эффективности функционирования подразделений диагностики, поскольку позволяют решать более широкий спектр технических задач, направленных на обеспечение надежности работы электрооборудования. Сокращается время локализации места повреждения, снижаются издержки, связанные с вынужденным простоем оборудования. Расширяется и профессиональный кругозор, растет уровень компетентности всех участников процесса. Благодаря качественно проведенной диагностике, эксплуатация дорогостоящего оборудования ПС становится более устойчивой и надежной.