

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

А. Л. Евминов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алферова

Срок эксплуатации, или ресурс электрооборудования, закладывается во время проектирования и изготовления, а поддерживается в процессе эксплуатации. Ресурс в процессе эксплуатации зависит от режимов работы и системы технического обслуживания и ремонта. Для обеспечения заданного ресурса необходимо, во-первых, проводить ремонт по фактическому состоянию только на основании результатов комплексного технического диагностирования, а во-вторых, обеспечить высокое качество ремонта на основе современных технологий [1].

Для обеспечения надежной работы силовых кабельных линий (КЛ) в настоящее время применяется система плано-профилактических испытаний, при которой кабели периодически подвергаются испытаниям постоянным напряжением достаточно высокого уровня (в 4–6 раз превышающем номинальное напряжение КЛ) с измерением токов утечки.

Плано-профилактические испытания повышенным постоянным напряжением не гарантируют безаварийную последующую работу КЛ, а во многих случаях приводят к сокращению срока их службы. Такие испытания опасны для КЛ с длительными сроками эксплуатации или с сильно состаренной изоляцией. Кроме того, испытания повышенным постоянным напряжением силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-кабели), которые находят все более широкое применение, не только практически бесполезны, так как сшитый полиэтилен обладает высокой электрической прочностью и малыми токами утечки, но и оказывают негативное воздействие на полиэтиленовую изоляцию.

Для силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена гораздо более эффективным и экономичным является щадящий метод испытаний напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц, которое не превышает более чем в три раза номинальное напряжение КЛ.

Испытания при очень низких частотах со сменой полярности позволяют выявлять дефекты в изоляции без формирования объемных зарядов в структуре полиэтиленовой изоляции.

В настоящее время на основе применения современных технологий созданы достаточно компактные системы и приборы для неразрушающей диагностики силовых КЛ, которые могут использоваться как отдельные переносные системы либо быть встроены в передвижные кабельные лаборатории.

Выделяются следующие неразрушающие методы диагностики силовых КЛ напряжением до 35 кВ:

– метод измерения и локализации частичных разрядов в силовых КЛ (с использованием диагностической системы OWTS);

- метод измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции силовых кабелей (с использованием диагностических систем CD 31 и CDS);
- метод измерения тока релаксации в изоляции СПЭ-кабелей (с использованием диагностических систем KDA-1 и CDS);
- метод измерения диэлектрических характеристик изоляции кабелей (с использованием диагностических систем OWTS, IDA 200 и др.);
- метод импульсной рефлектометрии для предварительной локализации низкоомных повреждений в силовых КЛ (с использованием рефлектометров Teleflex, Interflex, РЕЙС-105М1 и др.);
- импульсно-дуговой метод для предварительной локализации высокоомных повреждений в КЛ (с использованием рефлектометров и устройств стабилизации дуги);
- метод контроля целостности оболочки силовых кабелей и определения мест неисправности в оболочках (с использованием приборов MFM 5-1, MVG 5 и др.).

Силовые трансформаторы являются важнейшим элементом любой энергосистемы. В генерации, распределении электроэнергии, в промышленности ключевым элементом всей системы является исправно работающее трансформаторное оборудование. Для обеспечения надежной работы трансформаторов в течение всего срока службы и оценки их состояния применяется полный комплекс нормативных методов диагностики в сочетании с наиболее перспективными современными методиками. При этом используются стандартные методы: анализ состава масла (ХАРГ, ФХА, содержание фурановых производных); измерение сопротивления изоляции; определение тангенса угла диэлектрических потерь и емкости изоляции; измерение сопротивления обмоток постоянному току; определение коэффициента трансформации; определение потерь холостого хода; определение сопротивления короткого замыкания; тепловизионный контроль, а также специальные методы: измерение частотной зависимости  $\tan\delta$  для определения содержания влаги в твердой изоляции (метод FDS); частотный анализ (метод FRA); вибродиагностика; измерение характеристик частичных разрядов (ЧР).

Применение новых методов диагностики с целью выявления дефектов и повреждений, оценка функциональной исправности оборудования, определение возможности продления срока эксплуатации трансформаторов является неотъемлемой частью постоянного совершенствования методик, оценки технического состояния и повышения их эффективности.

Важную роль при внедрении новых методов диагностики играет комплексный системный подход оценки состояния силовых трансформаторов (табл. 1), базирующийся на результатах различных измерений и учете конструктивных особенностей диагностируемых объектов, что позволяет повышать достоверность полученных результатов.

Перспективным направлением технического диагностирования электрооборудования (высоковольтные выключатели, силовые трансформаторы, кабели) является рентгенографическое обследование, используя которое можно заглянуть внутрь оборудования без его разборки. По аналогии с ручной инспекцией оборудование должно быть выведено из эксплуатации, обесточено и заземлено. Однако последующие шаги и общее время отключения заменяются более простой и не требующей вмешательства в само оборудование установкой рентгеновского оборудования. Достижимая экономия времени означает, что оборудование будет находиться в отключенном состоянии не несколько дней, а всего несколько часов. Например, на проверку выключателей на напряжение 35–110 кВ обычным методом требуется два дня, а рентгенографическая дефектоскопия позволяет выполнить эту работу за два часа.

Будучи объединенной с операционной диагностикой (точное измерение времени реакции для вывода о степени изношенности контактов), рентгенография представляется недорогим, но весьма эффективным способом получения детальной информации о состоянии оборудования для прогнозирования операционных циклов до требуемого вмешательства. Необходимо отметить, что, помимо проблем, связанных с износом, рентгенография также может выявлять и производственные дефекты.

Таблица 1

**Оценка состояния силовых трансформаторов  
на основе комплексного системного подхода**

Дефекты \ Методы	Стандартные								Специальные				
	ХАРГ	ФХА	Фурановые	Диэлектрические характеристики	Сопротивление обмоток постоянному току	Коэффициент трансформации	Потери ХХ	Измерение $Z_{кз}$	Тепловой контроль	Характеристики ЧР	FDS	FRA	Вибродиагностика
Дефекты главной и продольной изоляции, обусловленные ухудшением ее свойств и разрядными процессами	+	+	+	+			+			+	+		
Дефекты обмоток, обусловленные нарушением контактов, ослаблением усилий прессовки, деформацией	+				+	+		+				+	+
Дефекты магнитной системы	+						+		+			+	+
Дефекты вводов	+	+		+	+				+	+	+		
Дефекты переключающих устройств	+	+		+	+	+			+			+	
Дефекты системы охлаждения	+	+							+				+
Дефекты системы защиты масла	+	+											

## Литература

1. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2013. – 271 с.