

Нормативный (расчетный) срок службы силовых кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией (БПИ) стационарной прокладки составляет 30 лет. В настоящее время значительное число кабельных линий, находящихся в эксплуатации, имеют срок службы, существенно превышающий это значение.

Единовременная замена всех кабельных линий среднего напряжения с большим сроком службы нереальна как по техническим, так и по экономическим причинам. О том, как возможно оценить состояние кабельных линий при помощи методов и способов технического диагностирования, рассказывают уральские специалисты.

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ 6–10 кВ С БУМАЖНО-ПРОПИТАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Практические аспекты оценки состояния

**Алексей Утепов,
Вадим Осотов,**
Общественный Совет
специалистов по диагностике
силового электрооборудования
при ИТЦ «УралЭнергоИнжиниринг»,
г. Екатеринбург

Для обеспечения достаточной надежности работы кабельных линий среднего напряжения с БПИ-изоляцией и большим сроком службы эксплуатирующим организациям необходимо решить следующие задачи:

- Оценить значение группового (паркового) ресурса силовых кабелей, работающих в примерно одинаковых условиях (стратегическая задача).
- Оценить фактический (индивидуальный) ресурс каждой кабельной линии (тактическая задача).
- Разработать систему диагностирования силовых кабельных линий, позволяющую получить информацию о фактическом состоянии силовых кабелей, необходимую для решения этих задач.

ТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Решение этих задач не может быть получено только на основании имеющегося опыта эксплуатации и системы диагностирования силовых кабелей, закрепленной в действующей нормативной документации (РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования») по следующим причинам:

- Существующая система диагностирования силовых кабелей с БПИ-изоляцией, разработанная более 50 лет назад, априори базируется на опыте эксплуатации в пределах расчетного срока службы и не учитывает всех особенностей диагностирования кабельных линий с большим сроком службы. Основным методом диагностирования изоляции кабельных линий, предусмотренный РД 34.45-51.300-97 (испытание повышенным напряжением постоянного тока, многократно превышающим номинальное напряжение кабеля), дает информацию только о том, что изоляция выдержала приложенное напряжение, но ни о каких прогнозах остаточного ресурса изоляции кабелей в данном случае речи не идет.
- Такой метод диагностирования изоляции кабельных линий с БПИ-изоляцией, практически безвредный для кабелей в пределах расчетного срока службы, у кабелей с большим сроком службы может привести к зарождению очагов повреждений, которые завершаются пробоем уже под рабочим напряжением в период между плановыми испытаниями. Можно констатировать, что существующая система диагностирования силовых кабелей с БПИ изоляцией не только не способствует продлению срока их службы, но может инициировать его существенное сокращение.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике используется широкий набор различных методов оценки силовых кабельных линий, позволяющих существенно расширить объем информации об их состоянии. Перечень традиционных и основных современных методов контроля силовых кабельных линий приведен в табл. 1.

Как видно из таблицы, большинство известных современных методов (измерение частичных разрядов, импульсная рефлектометрия, тепловизионный и ультрафиолетовый контроль) ориентированы на выявление локальных дефектов, устранение которых позволяет эксплуатировать кабели дальше, если общее старение изоляции ещё не достигло предельного уровня.

Степень старения изоляции можно оценить методом диэлектрической абсорбции [1], разработанным в филиале национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске.

По этой методике реакция диэлектрической системы на внешнее энергетическое воздействие оценивается с помощью изучения характера и вида спектров токов поляризации. Экспериментально измеренный спектр поляризационного тока сопоставляется с некоторым семейством реперных кривых, каждая из которых получена опытным путем и отражает определенное состояние изоляционного промежутка и значение его ресурса. Степень близости анализируемой зависимости к реперным кривым позволяет сформировать представление о состоянии изоляции контролируемого кабеля и значении остаточного ресурса.

Бесспорным преимуществом большинства современных методов контроля кабельных линий является ориентация на неразрушающие методы, что позволяет не только получить полную информацию о состоянии изоляции кабельной линии, не повреждая ее, но и рационально, технически и экономически обоснованно планировать сроки проведения ремонтов или замены кабелей, выработавших ресурс. Алгоритм принятия таких решений показан на рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

В табл. 2 в обобщенной форме приведены результаты оценки состояния трех силовых кабельных линий напряжением 6 кВ (всего 19 кабелей), находящихся в эксплуатации более 52 лет.

Как и следовало ожидать, на основании только традиционных испытаний нельзя дать обоснованного прогноза дальнейшей работоспособности кабелей.

Результаты контроля современными методами позволяют разбить кабели на несколько групп с различным прогнозом работоспособности:

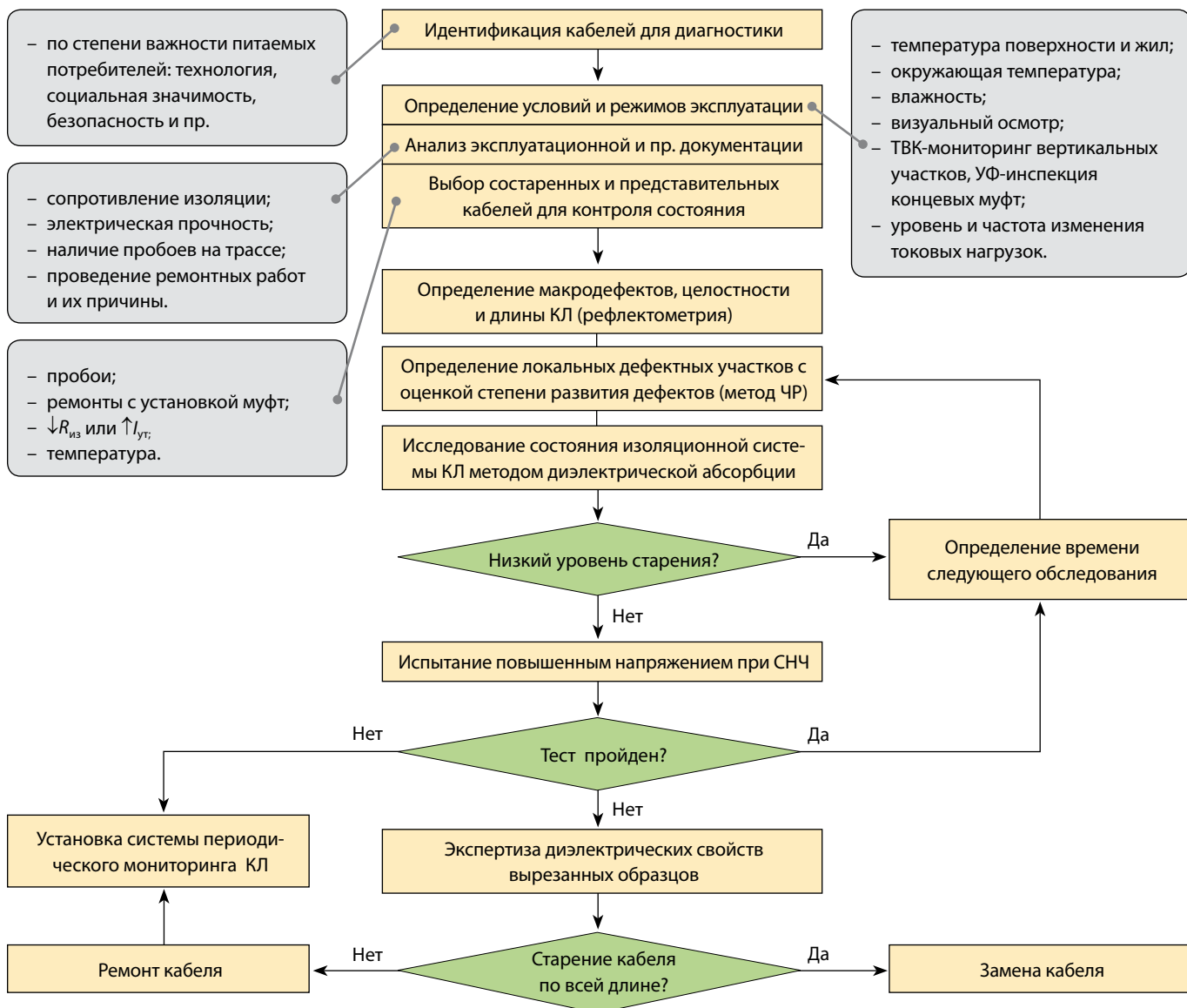
- Зеленым цветом в таблице обозначены кабели, у которых указанным методом не обнаружено дефектов, ограничивающих работоспособность кабелей.
- Желтый цвет означает наличие тех или иных дефектов, не препятствующих дальнейшей эксплуатации, но могут развиваться до опасного уровня в ближайшие 3–4 года.
- Красный цвет означает, что возможен отказ кабеля в течение 1 года или ранее.

Традиционные и современные методы оценки состояния силовых кабельных линий

Таблица 1 •

Традиционные методы контроля	Современные методы контроля
Визуальный осмотр (неразрушающий контроль)	Визуальный осмотр (неразрушающий контроль)
Измерение сопротивления изоляции (неразрушающий контроль)	Измерение сопротивления изоляции (неразрушающий контроль)
Испытание повышенным выпрямленным напряжением (разрушающий контроль)	Измерение частичных разрядов методом OWTS (неразрушающий контроль)
	Импульсная рефлектометрия (неразрушающий контроль)
	Метод диэлектрической абсорбции (неразрушающий контроль)
	Тепловизионный контроль кабелей, концевых и соединительных муфт, контактных соединений (неразрушающий контроль)
	Ультрафиолетовый контроль концевых муфт (неразрушающий контроль)
	Испытание повышенным напряжением сверхнизкой частоты (падающий разрушающий контроль)

Рис. 1 •



• Таблица 1. Сравнение результатов традиционной и современной системы диагностирования силовых кабелей

Характеристика кабельных линий						Традиционная система контроля			Результаты контроля современными методами			
Обозначение КЛ	Длина КЛ, м	№ кабеля КЛ	Число муфт на кабеле	Условия прокладки кабеля	Год ввода в эксплуатацию	Дата и результат последнего испытания КЛ	Повреждения в работе		Ультрафиолетовый контроль	Тепловизионный контроль	Контроль ЧР (OWTS)	Метод диэлектрической абсорбции
							дата	причина				
«А»	260	1	3	Туннель-галерея	1963	21.05.14 КЛ испытания выдержала	07.05.14	Возгорание оболочек кабелей при повреждении соединительной муфты на соседней КЛ «Б»	Дефектов не выявлено			
		2	2									
		3	2									
		4	2									
		5	2									
		6	2									
		7	2									
«Б»	260	1	2	Туннель-галерея	1963	15.04.14 КЛ испытания выдержала	05.04.15 07.05.14	Пробой кабеля № 1 Выход из строя соединительной муфты на кабеле № 5 (с возгоранием)	Дефектов не выявлено			
		2	1									
		3	2									
		4	1									
		5	2									
		6	1									
		7	1									
«В»	450	1	—	В земле	1963	03.09.13 КЛ испытания выдержала	27.07.11	Проведение земляных работ	Дефектов не выявлено			
		2	—									
		3	—									
		4	—									
		5	—									
Комментарии						Все «кошки» серые			«Кошки» оказались разными			

Например, по результатам контроля методом диэлектрической абсорбции можно констатировать, что состояние бумажно-пропитанной изоляции большинства кабелей, несмотря на заметное старение, еще не достигло предельного уровня, и остаточный срок их службы оценивается значением порядка 15–20 лет. Лишь у двух кабелей бумажно-пропитанная изоляция имеет признаки более значительного старения, но и ее остаточный срок службы оценивается сроком не менее 5–10 лет.

Наибольшее количество дефектов, как и следовало ожидать, обнаружено при контроле частичных разрядов методом OWTS. Эти дефекты, как правило, носят достаточно опасный характер и требуют оперативного устранения. Однако они сосредоточены в отдельных местах (муфты, небольшие участки) и после их устранения не ограничивают ресурс работоспособности кабелей в целом.

При тепловизионном контроле также обнаружены локальные дефекты (муфты, вертикальные участки с осушенной

изоляцией), которые не ограничивают ресурс работоспособности кабелей в целом.

Ультрафиолетовым контролем в данном случае опасных дефектов не выявлено, так как концевые муфты кабелей находятся в работоспособном состоянии.

ВЫВОД

На основе комплекса современных методов контроля может быть разработана рациональная система диагностирования силовых кабельных линий с бумажно-пропитанной изоляцией, позволяющая наряду с выявлением опасных дефектов управлять ресурсом кабелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышев В.А., Зенова Е.В., Григорян В.Р. Определение состояния и остаточного ресурса силового электротехнического оборудования // Электричество. 2011. № 1.