

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ
ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДО 35 КВ**

В статье рассматриваются эффективные неразрушающие методы диагностики силовых кабельных линий представленные применяемые за рубежом методы диагностики силовых кабельных линий напряжением до 35 кВ: измерения и локализации частичных разрядов кабельных линий; измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции кабеля; измерения тока релаксации в изоляции сшитого полиэтилена кабелей; измерения диэлектрических характеристик изоляции кабелей; импульсной рефлектометрии для локализации повреждений (низкоомных) в силовых кабельных линиях; контроля целостности оболочки силовых кабелей и определении мест неисправности в оболочках. Предложен для силовых кабелей различной конструкции и изоляцией напряжением 6-35 кВ в качестве наиболее экономичного щадящего метода испытаний переменным напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц и аппаратуры в составе передвижных лабораторий.

Ключевые слова: диагностика, неразрушающий метод, кабельная линия, надежность, проведение ремонтов, замена кабеля, истекший ресурс, изоляция, частичный разряд.

A.Sh. Akhmedov, D.I. Raksitullaeva, D.H. Abdurahimov
Tashkent state technical university, Uzbekistan

**INCREASING TO EFFICIENCY NOTDESTRUCTION METHODS OF THE
DIAGNOSTICS POWER CABLE LINE BEFORE 35 KV**

In article are considered efficient not destruction methods of the diagnostics power cable line are presented applicable overseas methods of the diagnostics power cable line by voltage before 35 kV: measurements and localizations partial category cable line; the measurements and analysis of the revocable voltage in insulating the cable; the measurements of the current to relaxations in insulating the sutured polyethylene of the cables; the measurements dielectric features to insulating the cables; pulsed reflex measurement for fault localization (low-resistance) in power cable line; checking to wholeness of the shell of the power cables and determination of the places to faults in shell. It Is Offered for power cables of the different design and insulation by voltage 6-35 kV as the most economical sparing method of the test by variable voltage over low frequencies 0,1 Gs and equipments in composition mobile laboratories.

Key words: the diagnostics, not destruction method, cable line, reliability, undertaking repair, change the cable, expired resource, insulation, partial category.

В развитых странах мира широко применяется неразрушающий метод диагностики силовых кабельных линий (КЛ), который предусматривает повышение надежности электроснабжения за счет снижения аварийных отключений и исключает затраты на проведение необоснованных ремонтов КЛ. Неразрушающие методы диагностики позволяют получать данные о состоянии изоляции КЛ, рационально и обоснованно планировать сроки проведения ремонтов КЛ, а также замены кабелей с истекшим ресурсом изоляции. Так, в настоящее время проводятся расширенные исследования неразрушающих методов диагностики в условиях эксплуатации в Германии, Франции,

США, Японии, и других странах мира. На основе использования современных технологий созданы прогрессивные системы, устройства и приборы для неразрушающей диагностики силовых КЛ, встроенных в передвижные электролаборатории.

За рубежом также широко используются следующие неразрушающие методы диагностики силовых КЛ напряжением до 35 кВ:

- 1) Измерения и локализации частичных разрядов (ЧР) КЛ;
- 2) Измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции кабеля;
- 3) Измерения тока релаксации в изоляции СПЭ кабелей;
- 4) Измерения диэлектрических характеристик изоляции кабелей;
- 5) Импульсной рефлектометрии для локализации повреждений (низкоомных) в силовых КЛ;
- 6) Контроля целостности оболочки силовых кабелей и определении мест неисправности в оболочках.

Вышеуказанные методы предназначаются для проведения испытаний и диагностики кабелей с полиэтиленовой изоляцией и используются преимущественно в распределительных кабельных сетях зарубежных стран. Силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией в странах СНГ и у нас в республике остаются основным типом кабелей в электрических сетях напряжением до 35 кВ, которые преимущественно эксплуатируются до предельного их состояния. Наиболее эффективными методами неразрушающей диагностики, используемые для таких кабельных линий могут быть метод измерения и локализации частичных разрядов в КЛ, а также анализ возвратного напряжения в изоляции кабелей.

Метод измерения и локализации частичных разрядов в кабеле. Опытном эксплуатации КЛ напряжением 6-35 кВ было установлено, что основными причинами снижения электрической прочности изоляции являются воздействия ЧР и высоких температур.

Для оценки состояния изоляции всех типов кабелей при помощи характеристик частичного разряда реализован метод измерения ЧР осциллирующим затухающим напряжением, позволяющим определять величину и место расположения ЧР, количество их в локальных местах КЛ, напряжения возникновения и гашения, величину tg . По этим параметрам может быть выдано обоснованное заключение о техническом состоянии и проблемных местах диагностируемых КЛ. Диагностика систем выполняется на отсоединенной с двух сторон кабельной линии. Локализация ЧР в КЛ осуществляется с использованием метода рефлектометрии, по результатам регистрации двух импульсов от одного и того же импульса, отраженного от конца КЛ. Обработанные и учтенные импульсы представляются на карте дефектных мест КЛ как для всех трех фаз, так и для каждой фазы КЛ в отдельности. Предельные значения уровней ЧР в каждой стране могут несколько отличаться друг от друга и выражаются величиной $nKл$. Для оценки состояния изоляции всех типов кабелей напряжением до 35 кВ методом контроля характеристик ЧР является система OWTS (Oscillating Wave Test System) фирмы Seba KMT.

Система OWTS состоит из высоковольтного блока, блока обработки сигнала и ноутбука с адаптером для беспроводной связи с высоковольтным блоком, включающим источник постоянного напряжения и резонансную катушку с интегрированным переключателем для создания переменного испытательного напряжения (рис. 1). Управление системой, хранение, анализ и оценка результатов измерения характеристик ЧР производится с помощью ноутбука с применением специального программного обеспечения. Наиболее распространены системы OWTS 25, OWTS M 29, OWTS M 60 с выходным напряжением 25, 28 и 60 кВ соответственно. На отсоединенной с двух сторон линии КЛ системой OWTS проводится диагностика. Перед проведением диагностики система калибруется для уточнения длины линии и определения ожидаемой амплитуды ЧР, затем каждая из трёх фаз заряжается

постоянным напряжением, установленной величины (менее амплитуды линейного напряжения КЛ). После зарядки фаза КЛ подключается через резонансную катушку к заземленному экрану кабеля электронным переключателем. При разрядке кабеля возникает затухающие синусоидальные колебания. Волна инициирует ЧР в изоляции КЛ, фиксируемой и сохраняемой в памяти компьютера системы OWTS для обработки и определения амплитуды и местоположения ЧР по длине КЛ. Локализация мест повреждений ЧР в КЛ осуществляется с использованием метода рефлектометрии по результатам регистрации двух импульсов от одного и того же ЧР - первичного импульса, отраженного от конца КЛ. При использовании системы OWTS сложным этапом проведения диагностики является оценка результатов процесса определения и формулирование заключения по результатам измерения и локализации ЧР. Следует отметить, что в качестве предельного значения уровня ЧР в ФРГ принята – 1000 *nКл*, в Италии – 1200 *nКл*. В странах СНГ предельное состояние ЧР превышает 5000-10000 *nКл*, техническое состояние оценивается по наихудшему из трех параметров – максимальной величине ЧР, значению напряжения возникновения ЧР и среднему количеству ЧР в локальном месте за один цикл измерений [2-5]. Так, например, на КЛ 6 кВ с бумажной пропитанной изоляцией в России срок повторного диагностирования или ремонта при значениях ЧР до 1200 *nКл* – в течение 5 лет, до 7500 *nКл* – в течение одного года, до 15000 *nКл* – в течение года с последующей диагностикой, свыше 15000 *nКл* не подлежит эксплуатации.

В странах СНГ применение предельных значений критериев европейских стран представляется нецелесообразным, так как здесь характерна эксплуатация силовых кабельных линий до их предельного состояния. Уровень ЧР при этом на КЛ может достигать 15000 – 40000 *nКл*. В таких случаях оценка технического состояния КЛ может состоять из нескольких диагностических параметров, например, до 1000 *nКл* подлежит диагностике через 5 лет, 2500 *nКл* – через два года, 10000 *nКл* – через 1 год, и выше 15000 – 20000 *nКл* – подлежит ремонту в течение года.

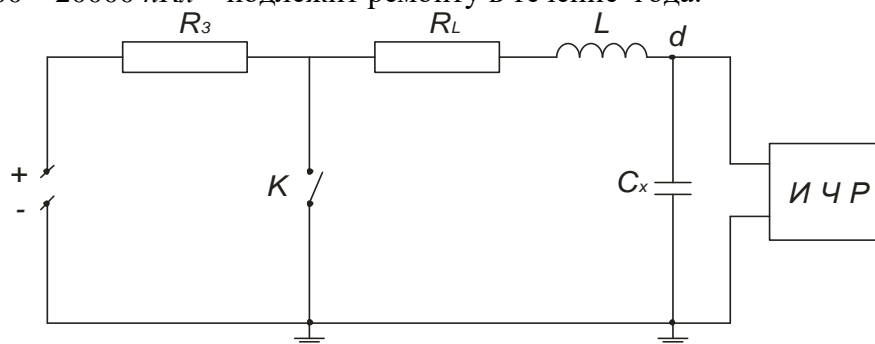


Рис.1. Схема измерения частичных разрядов в КЛ:

R_3 – зарядное сопротивление; R_L – активное сопротивление катушки индуктивности; L – катушка индуктивности; K – высоковольтный ключ; ИЧР – измеритель частичных разрядов; C_x – емкость кабеля

На 2000 предприятиях электрических сетей РФ большой опыт применения метода диагностики системы OWTS имеется на ООО “Тест” напряжением 6 - 35 кВ. Из обследованных более чем 65 % КЛ было дано заключение о неудовлетворительном состоянии изоляции [1-3]. Проблемные места в КЛ преимущественно отмечены в соединительных и концевых муфтах. По результатам диагностики кабельных линий с использованием системы OWTS в РФ были разработаны нормативные показатели для оценки технического состояния эксплуатирующихся в России силовых КЛ с разными типами изоляции (БМПИ, СПЭ, ПВХ). Диагностирование технического состояния КЛ производится по наихудшему из трех параметров: максимальная величина ЧР в локальном месте; напряжения возникновения ЧР (по амплитудному значению); среднее число ЧР в локальном месте за один цикл измерений.

В настоящее время испытание повышенным напряжением сверхнизкой частоты (0,1 Гц) является самым распространенным, и большинство предприятий применяют его не только для испытаний изоляции кабелей из сшитого полиэтилена, но и для обычных кабелей с бумажно-масляной изоляцией. Из-за отсутствия норм испытаний кабеля СПЭ изоляцией, каждое ПЭС на основании накопленного опыта выбирает величину испытательного напряжения и продолжительность испытания.

Вывод: Для силовых кабелей различной конструкции и изоляцией напряжением 6-35 кВ наиболее эффективным и экономичным следует применять щадящий метод испытаний переменным напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц и аппаратуры, имеющейся в передвижных лабораториях.

Литература:

1. **Привалов, И.Н.** Силовые кабельные линии до 35 кВ. Неразрушающая диагностика и техническое обслуживание. Электротехническое оборудование. [Текст] / Санкт-Петербург: 2009, @mail.lerexpo.ru www.energetika.lerexpo.ru.
2. **Хаверкамп, В.Л.** Система переходных и соединительных муфт на напряжение до 42 кВ. [Текст] / С.А. Хей и др. // Энергетик, 2001. № 10. С.42-43.
3. Рекомендации по испытанию кабельных линий с изоляцией из СПЭ. www.spektr-ksk.ru.mail@ "Spektr – ksk".ru.
4. Передвижные специализированные лаборатории. ОАО «Пергам инжиниринг», www.pergam.org copyright, 2012.
5. Испытания кабельных линий из сшитого полиэтилена. // 2005/35, с.5 [http://www.gorod812.com/articles/ispytaniya – ski/](http://www.gorod812.com/articles/ispytaniya-ski/).