



УДК 631.312

ТЕСТОВАЯ ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ г. БИШКЕК**ТАКЫРБАШЕВ К.Б.**
КГТУ им.И.Раззакова
izvestiya@ktu.aknet.kg

Современная тестовая диагностика КЛ позволяет, не травмируя изоляцию кабел, находить места дефектов. Методы неразрушающей тестовой диагностики повышают надежность КЛ и увеличивают срок их службы.

Введение. В настоящее время в распредсетях г. Бишкек в основном эксплуатируются кабельные линии с пропитанной бумажно-масляной изоляцией.

Начиная с 2012 года, планируется заменить часть КЛ на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Одним из недостатков бумажно-масляной изоляции кабелей являются низкие величины диэлектрической проницаемости, малый запас термической стойкости.

В процессе эксплуатации силовые кабельные линии (КЛ) подвергаются различным возмущающим воздействиям: воздействию электрического поля, которое вызывает электрическое старение изоляции; увлажнение изоляции, приводящего к ухудшению электрофизических характеристик изоляции; механическое старение и повреждение вибрацией; электро-динамические усилия и механические нагрузки; химическое старение под воздействием агрессивных веществ. Старение изоляции в результате длительного воздействия эксплуатационных факторов приводит к пробое изоляции при достижении предельных значений характеристик изоляции.

Для оценки состояния изоляции силовых кабелей в условиях эксплуатации применяются различные методы испытания и диагностики.

Для обеспечения надежной работы силовых кабельных сетей в настоящее время применяется система планово-профилактических испытаний, при которых кабели периодически подвергаются испытаниям высоким напряжением (в 4-6 раз, превышающим номинальные напряжения КЛ) с измерением тока утечки.

Однако практика показывает, что планово-предупредительные испытания повышенным напряжением не только не гарантируют работу КЛ, но и сокращают срок службы КЛ. Испытания повышенным напряжением постоянного тока силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена оказывают негативное воздействие на изоляцию. Более эффективным и экономичным является щадящий метод испытаний напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц, которое по величине не превышает более чем в 2 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. Согласно "Объемов и норм испытания электрооборудования" в эксплуатации предусмотрены регламентированные методы испытаний и контроля состояния силовых кабельных линий напряжением.

1. Регламентированные методы тестирования состояния силовых кабельных линий

В процессе эксплуатации высоковольтных КЛ предусмотрены следующие виды контроля изоляции:

1. Измерения сопротивления изоляции.

Измерения сопротивления изоляции кабелей, производимые между жилой и металлическим экраном (оболочкой) или между жилами мегаомметром на напряжение 2500 В. Отсчеты значений сопротивления изоляции производятся по истечении 1 мин. с момента приложения напряжения. Причиной асимметрии может явиться увлажнение и загрязнение концевых муфт КЛ, которые устраняются пропиткой.



2. *Испытания изоляции силовых кабелей повышенным выпрямленным напряжением.*

Источник выпрямленного напряжения должен обеспечивать на испытуемом кабеле напряжение пульсации не более $\pm 5\%$. Инструментальные погрешности измерения не более 3%. При появлении толчка тока и заметном нарастании тока утечки, продолжительность испытания увеличивают до 10 минут, если при этом не происходит пробоя, КЛ может быть включена в работу.

Если значение тока утечки и асимметрия токов утечки превышают нормированные значения, необходимо осмотреть концевые заделки и изоляторы, устранить видимые дефекты и произвести повторные испытания.

3. *Определение целостности жил кабелей и фазировка КЛ.*

Определение целостности жил кабелей напряжением до 20 кВ производится мегаомметром, а напряжением 20-35 кВ – при измерении активного сопротивления жил. После включения КЛ под напряжение определяется правильность фазировки.

4. *Определение активного сопротивления жил кабелей.*

Измерение сопротивления постоянному току КЛ производится с помощью моста типа Р-333 по 4-х зажимной схеме, в которой практически исключается влияние соединительных проводов.

5. *Определение электрической емкости кабелей.*

Измерение емкости производится с использованием мостов типа Р 5026.

6. *Проверка заземляющих устройств.*

При проверке производится измерение сопротивления заземления концевых муфт КЛ и заделок.

7. *Измерение температуры кабелей.*

В эксплуатации предусмотрен контроль температуры нагрева КЛ на участках трассы, где имеется опасность нагрева кабелей.

Для контроля температуры нагрева кабелей используется расчетно-экспериментальный метод, основанный на измерении температуры бронеленты (оболочки) кабелей. Измерение температуры жилы кабелей производится с помощью термосопротивлений или термопар, а также можно применить современные термохромы, которые в режиме реального времени производят измерения и запись о тепловом режиме КЛ.

8. *Измерение удельного термического сопротивления грунта, окружающего кабель.*

Регулярный отбор проб грунта и их анализ позволяют выявлять эти места и принимать соответствующие профилактические меры (замена грунта). Грунт отбирается с трасс кабельных линий, которые загружены на 80% и выше от номинального тока.

9. *Проверка антикоррозионных защит.*

Обследования КЛ по определению опасности коррозии производится с целью выявления участков, находящихся в зоне повышенной коррозионной активности грунтовых вод и опасного влияния блуждающих токов, а также влияния электрозачитных установок.

Критерии опасности коррозии КЛ:

- коррозионная агрессивность среды по отношению к металлическим оболочкам кабелей;
- опасное действие постоянного и переменного блуждающих токов;
- наличие поляризационных потенциалов сверхдопустимых пределов:

Оболочка	Защитный потенциал	
Сталь	$E_{\min} = 0,85 \text{ В}$	$E_{\max} = 1,15 \text{ В}$
Свинец	$E_{\min} = 0,70 \text{ В}$	$E_{\max} = 1,30 \text{ В}$
Алюминий	$E_{\min} = 0,85 \text{ В}$	$E_{\max} = 1,40 \text{ В}$

10. *Испытание пластмассовой оболочки кабелей повышенным выпрямленным напряжением.*

Пластмассовые оболочки (шланги) кабелей, проложенных в земле, испытываются между отсоединенными от земли экранами кабелей и землей.

Испытание пластмассовых оболочек кабелей производится приложением постоянного напряжения 10 кВ в течение 1 минуты.

11. *Современные методы тестовой диагностики силовых кабельных линий.*

Метод испытания силовых кабелей напряжением сверхнизкой частоты (СНЧ).

Традиционные испытания силовых КЛ повышенным напряжением имеют следующие недостатки:



- а) испытания напряжением, 4-6 –кратным от номинального напряжения КЛ, ухудшает изоляцию, приводит к преждевременному старению, что на некоторое время выводит из строя КЛ.
- б) Этим испытанием эффективно выявляются только развитые дефекты. Дефекты в ранних стадиях их развития, дефекты, связанные со старением изоляции, не обнаруживаются.
- в) Испытание повышенным выпрямленным напряжением КЛ на практике показало негативное воздействие на изоляцию. Для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена этот вид испытания приносит вред.

Метод диагностики напряжением СНЧ основан на применении пониженного уровня напряжения с частотой 0,1 Гц косинусно-прямоугольной формы. Диагностика СНЧ со сменой полярности выявляет дефекты в изоляции без формирования остаточных объемных зарядов в структуре изоляции.

Накопленные объемные заряды, приложенным постоянным напряжением, приводят к снижению и пробоем изоляции.

Особенно кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена испытываются исключительно напряжением СНЧ.

2.2. Неразрушающие методы диагностики силовых кабелей, которые широко используются за рубежом:

- метод измерения характеристик частичных разрядов (ЧР).
- метод измерения и анализа возвратного напряжения.
- метод измерения тока релаксации в кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ).

2.2.1. Метод измерения характеристик (ЧР).

Воздействие частичных разрядов и повышенных температур снижает электрическую прочность изоляции КЛ. В кабелях с бумажно-масляной изоляцией ЧР вследствие многократных циклов нагрева и охлаждения кабелей.

Под воздействием ЧР пропитанная бумага и масса подвергаются бом-бардировке с большой энергией, вызывают эрозию твердого диэлектрика.

С помощью ЧР в кабелях с пластмассовой изоляцией зарождаются электрические тринги, приводящие к пробоем изоляции. При попадании влаги возникают водные тринги в полиэтиленовой изоляции.

Внешние проявления процессов ЧР – это электрические и акустические явления, выделение газов, свечение, нагрев изоляции.

Существуют различные методы регистрации ЧР: оптические, акустические, электрические.

Измерение ЧР осуществляется двумя методами:

- под рабочим напряжением;
- метод отключенной от сети двух сторонней КЛ.

Наиболее эффективным считается второй метод.

2.2.2. Метод измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции кабелей.

Этот метод основан на измерении и анализе зависимостей от времени тока зарядки в процессе зарядки емкости кабеля постоянным напряжением небольшой величины, не оказывающей влияния на изоляцию кабеля и муфт, и восстанавливающегося напряжения в изоляции кабеля после его кратковременной разрядки.

Эти зависимости характеризуют состояние, степень старения и содержание влаги в изоляции КЛ. Оценка степени старения изоляции производится по максимальной величине возвратного напряжения, по скорости нарастания возвратного напряжения и по коэффициентам линейности (соотношения измеренных величин при разных значениях зарядного напряжения). Оценка степени увлажнения изоляции кабелей производится по величине тока зарядки.

2.2.3. Метод измерения тока релаксации в силовых кабелях.

Этот метод предназначен для диагностики кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Анализируется изотермический ток релаксации. Данный метод не дает, при испытаниях, пробоев изоляции. Испытательное напряжение составляет 10% от номинального рабочего напряжения кабеля.

2.2.4. Метод измерения диэлектрических характеристик изоляции кабелей.

Чувствительной к состоянию изоляции силовых кабелей является величина $\operatorname{tg} \delta$ в изоляции. Абсолютные значения $\operatorname{tg} \delta$, измеренные при напряжении, близко к номинальному, а также его приращения при изменении испытательного напряжения и температуры, характеризуют



количество исходных диэлектрических материалов и процесс производства кабелей. Измерения величины $\operatorname{tg} \delta$ используется мост переменного тока.

Выводы:

1. Испытание повышенным постоянным напряжением не только не гарантирует безаварийную работу КЛ, но и приводят к сокращению срока службы КЛ и преждевременному пробою изоляции и муфт кабелей. Это особенно опасно для КЛ с длительным сроком эксплуатации и для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.
2. Для повышения надежности электроснабжения наиболее эффективным являются неразрушающие методы испытаний. Использование неразрушающих методов диагностики не травмирует изоляцию, позволяет рационально планировать сроки проведения ремонта КЛ.
3. Наиболее эффективными методами для щадящих неразрушающих испытаний и диагностики являются следующие: метод испытания КЛ напряжением СНЧ 0,1 Гц; метод измерения и локализации ЧР; метод измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции кабеля.
4. Внедрение щадящих и неразрушающих методов испытаний и диагностики с использованием современного испытательного и диагностического оборудования, которые повышают надежность КЛ.

Литература

1. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. Издание шестое / под ред. Б.А. Алексева, Когана Л.Г. Изд. ЭНЛС, 1998.
2. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 13. Метод контроля состояния кабельных линий. ОРГРЭС. 1998.
3. Козлов Д.Е. Неразрушающий контроль и диагностика кабелей с полиэтиленовой изоляцией // Электрические станции, № 11, 2003 г.