

УДК 620.1

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 кВ

Н.С. Сергеев, студент гр. ЭПБ-131, III курс  
Научный руководитель: О.В. Попова к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время бесперебойная работа систем электроснабжения промышленных предприятий, транспорта, сельского, коммунального и других отраслей хозяйства напрямую зависит от надежной работы силовых кабелей низких и средних классов напряжения.

В России силовые кабели на номинальное напряжение 6-10 кВ выпускаются в следующих вариантах:

- с пропитанной бумажной изоляцией (наиболее массовый вид продукции);
- с пластмассовой изоляцией;
- с резиновой изоляцией.

В процессе эксплуатации силовые кабельные линии (КЛ) подвергаются комплексному воздействию электрического и теплового полей; увлажнению изоляции; механическому старению и повреждению под воздействием вибрации, электродинамических усилий и механических нагрузок; химическому старению под влиянием агрессивных веществ.

Старение изоляции силовых кабелей в результате длительного воздействия эксплуатационных факторов может привести к пробое кабелей при достижении предельных значений характеристик изоляции, что в свою очередь ведет к снижению надежности всей энергосистемы.

К сожалению, состояние кабельных линий напряжения 6-10кВ в России оставляет желать лучшего. Данные, приведенные в научном журнале «Электрик» показывают, что лишь около одной трети кабельных линий 6-10кВ находятся в удовлетворительном состоянии, а остальные – в неудовлетворительном, причем на отдельных предприятиях доля проблемных КЛ превышает 80% за счет неудовлетворительного технического состояния концевых и соединительных кабельных муфт.

Для оценки состояния изоляции силовых кабелей в условиях эксплуатации применяются следующие методы диагностики: разрушающие (традиционные) и неразрушающие.

**Разрушающие методы диагностики** состояния кабельных линий – это методы, позволяющие получить информацию о текущем состоянии изоляции

кабелей, но в большинстве случаев приводящие к их повреждению, либо сокращению срока службы.

**Неразрушающие методы диагностики** – это методы, основанные на периодическом измерении наиболее информативных характеристик изоляции, они позволяют не только получать информацию о текущем состоянии изоляции кабелей, не травмируя ее, но и могут быть использованы для прогнозирования остаточного срока службы длительно эксплуатируемых кабелей.

В таблице 1 проведем сравнительный анализ разрушающих и неразрушающих методов диагностики состояния КЛ

Таблица 1 – Сравнительный анализ разрушающих и неразрушающих методов диагностики состояния КЛ.

№	Название метода диагностики состояния кабельных линий	Плюсы метода	Минусы метода
<b>Разрушающие</b>			
1	Испытание повышенным выпрямленным напряжением	Простота метода, дешевизна.	Не гарантирует последующую безаварийную работу КЛ, не редко приводят к сокращению срока службы КЛ.
2	Испытание повышенным напряжением промышленной частоты	Если кабельная линия выдерживает такие испытания, то, вероятнее всего, она будет долго и безаварийно работать.	Оборудование, необходимое для проведения диагностики очень громоздкое и дорогое.
3	Испытание повышенным напряжением сверхнизкой частоты	Не допускает развитие повреждений в более мелких дефектах.	Возникает пробой при наличии сильных дефектов.
4	Испытание повышенным импульсным напряжением.	Уменьшается «старееющее» действие на изоляцию, четко определяет дефекты в корпусной и витковой изоляции.	Трудно установить, был ли пробой изоляции при испытании или нет.
<b>Неразрушающие</b>			

1	Тепловизионный контроль	Безопасный, дистанционный. Возможность диагностики в любое удобное время	При скрытой прокладке кабеля в земле или в трубах нет возможности произвести визуальный осмотр, чтобы, определить место повреждения.
2	Измерение диэлектрических потерь изоляции	Позволяет вынести первую оценку состояния изоляции.	Не определяет местоположение дефекта.
3	Метод измерения частичных разрядов	Высокая точность, позволяет определить состояние КЛ.	Избыточная сложность и стоимость.
4	Рефлектометрия	Обнаруживает и определяет расстояние до места повреждения.	Трудность анализа рефлектограмм, отсутствие возможности классифицировать дефекты.
5	Метод измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции кабелей	Возможность проведения диагностики одновременно на трех фазах КЛ. Упрощенная процедура подключения кабеля к диагностической системе.	Позволяет оценить только общее состояние изоляции всей КЛ, а не отдельных ее участков.

На основе проведенного сравнительного анализа можно выделить наиболее оптимальный метод диагностики кабельных линий. По нашему мнению, это метод тепловизионного контроля. Осуществление диагностики состояния кабельных линий осуществляется с помощью прибора – тепловизора.



Рисунок 1 - Тепловизор

Впервые в коммерческом секторе тепловизоры были применены за границей в 1965 году для обследования линий электропередачи высокого напряжения. В то время тепловизоры были отнюдь не компактны и занимали достаточно много места. Теперь не просто найти отличия в габаритах между обычной видеокамерой и этим сложным прибором. Его с легкостью можно использовать для получения четкой тепловой картины в высоком разрешении. И все это работает в реальном времени.

Компании, производящие тепловизионное оборудование появились несколько позже, одной из самых первых и крупных стала FLIR Systems. Ценовой диапазон предлагаемых на рынке тепловизоров достаточно широк: от 90 тыс. рублей (FLIR I5) и до 1,5 млн. рублей (FLIR T620).

К основным параметрам тепловизионных камер, которые определяют их цену, являются: разрешение тепловизора, тепловая чувствительность, минимальное и максимальное фокусные расстояния, количество точек измерения.

Функциональные особенности тоже играют большую роль в ценообразовании. В частности: размер экрана, возможность видеозаписи, возможность сопряжения с внешними устройствами для анализа полученной информации.

**Тепловизор** - это прибор, который получает тепловое изображение в инфракрасной области спектра без непосредственного контакта с оборудованием.

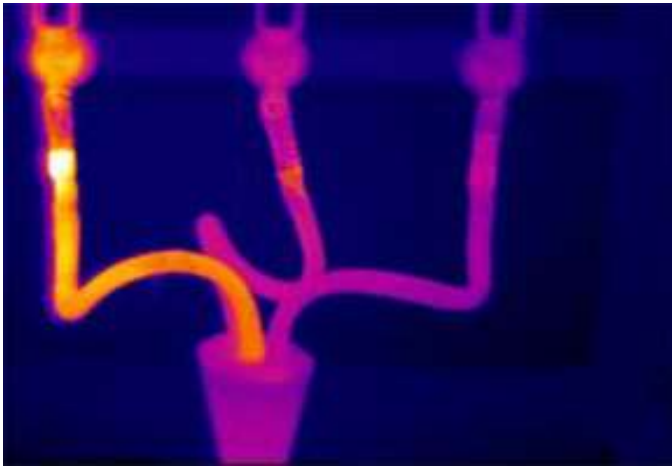


Рисунок 2 – Термограмма кабельной воронки

Показателями неисправности оборудования зачастую могут быть повышенная температура или нехарактерное динамическое изменение температуры элементов.

Примером могут стать электрические сети высокой мощности. Под воздействием большого тока, протекающего по участкам цепи, они нагреваются.

В результате использования некачественной изоляции или ее повреждения такие сети могут стать не только источником тепла, но и причиной пожара.

Можно отметить следующие достоинства тепловизионной диагностики:

- возможность дистанционного, безопасного выполнения диагностики в рабочем режиме в любое удобное время;
- возможность одновременного выполнения диагностики большого объема кабельных линий и муфт при одинаковом состоянии внешних условий и одинаковом режиме работы диагностируемых объектов, что позволяет применить статистическую оценку;
- возможность оперативного обследования большого объема кабельных линий при необходимости выявления отдельных ненадежных элементов.

### **Выводы**

Для повышения надежности электроснабжения за счет уменьшения количества аварийных ситуаций гораздо более предпочтительным является применение неразрушающих методов испытаний и диагностики силовых КЛ.

Использование неразрушающих методов диагностики позволяет не только получать информацию о текущем состоянии изоляции, не травмируя ее, но и рационально и обоснованно планировать сроки проведения ремонтов КЛ, а это в свою очередь позволит:

- повысить надежность электроснабжения благодаря снижению количества аварий на КЛ и, соответственно, сократить затраты на их устранение;
- исключить затраты на проведение необоснованных ремонтов и модернизаций КЛ;
- повысить качество монтажных работ благодаря проведению качественной, неразрушающей диагностики на КЛ после их ремонта или при вводе КЛ в эксплуатацию;
- выявить и устранить дефекты в КЛ на ранней стадии их возникновения;
- продлить срок эксплуатации КЛ с невыработанным ресурсом изоляции за счет получения достоверной информации о состоянии изоляции силовых КЛ;

- рационально планировать действительно необходимые ремонты КЛ в обоснованные сроки.

### Список литературы

1. Владимир П. Диагностика кабельных линий: у ворот в новую эпоху.- 2013 [Электронный ресурс].URL: <http://market.elec.ru/nomer/46/diagnostika-kabelnyh-linij-u-vorot-v-novuyu-epoxu> (дата обращения: 19.03.2016).
2. В.В. Булыга. О перспективах использования неразрушающих методов диагностики кабельных линий в «Псковэнерго».- 2008 [Электронный ресурс]. URL:[http://www.ruscable.ru/article/O\\_perspektivax\\_ispolzovaniya\\_nerazrushayus\\_hhix.html](http://www.ruscable.ru/article/O_perspektivax_ispolzovaniya_nerazrushayus_hhix.html) (дата обращения: 28.03.2016).
3. В.А. Шабанов. Диагностика кабельных линий.- 2009[Электронный ресурс]. URL:[http://www.ruscable.ru/article/SHabanov\\_Diagnostika\\_kabelnyx\\_linij.html](http://www.ruscable.ru/article/SHabanov_Diagnostika_kabelnyx_linij.html) (дата обращения: 21.03.2016).
4. Методика испытаний силовых кабельных линий 6 — 10 кВ.-2011 [Электронный ресурс].URL: <http://www.etlpro.ru/metodiki-ispitanii/metodika-ispitaniy-silovyih-kabelnyih-linij-6-10-kv.html> (дата обращения: 20.03.2016).
5. Неразрушающая диагностика силовых кабельных линий номинальным напряжением 6-35 кВ.-2008 [Электронный ресурс]. URL: <http://market.elec.ru/nomer/19/diagnostics-cable> (дата обращения: 25.03.2016).
6. И.И.Юртин Неразрушающая диагностика силовых кабельных линий // Электрик: электронный научный журнал. — 2009. — № 11-12 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.electrician.com.ua/posts/721>(дата обращения: 28.03.2016).