

УДК 621.321

ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Кецко Р.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Макаревич В.В.

Промышленное предприятие (цех), город (микрорайон), поселок, не имеющие своей электростанции, требуется присоединить к сетям энергосистемы с последующим распределением электроэнергии. Электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии называется линией электропередач. Электрические сети могут быть выполнены воздушными и кабельными линиями, шинпроводами и токопроводами.

Кабельная линия электропередачи (КЛ) – линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

Как правило, кабельные линии прокладывают в местах, где затруднено строительство воздушных линий (ВЛ) – в городах, поселках, на территории промышленных предприятий. Они имеют определенные преимущества перед ВЛ – закрытая прокладка, обеспечивающая защиту от атмосферных воздействий (ветер, гроза, обледенение), КЛ имеют большую надежность и безопасность в эксплуатации. Поэтому, несмотря на их большую стоимость и трудоемкость сооружения, кабельные линии широко применяют в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения.

Осмотр кабельных линий

При техническом обслуживании кабельных линий (КЛ) периодически проводят их осмотры с целью визуального обнаружения неисправностей и дефектов.

КЛ на напряжение до 35 кВ, проложенные открыто, должны осматриваться не реже 1 раза в 6 месяцев; проложенные в земле - не реже 1 раза в 3 месяца. Не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должны проводиться административно-техническим персоналом.

Внеочередные осмотры КЛ должны проводиться в период паводков и после ливневых дождей, когда возможны сдвиги почвы и попадание грунтовых вод в подземные кабельные сооружения, а также после отключения КЛ релейной защитой.

При осмотрах трасс КЛ, проложенных в земле, проверяется наличие знаков привязки линии к постоянным ориентирам (или пикетов на незастроенной территории), обозначающих трассу. На трассе КЛ не должно быть вспучивания или проседания грунта, не должно производиться каких-либо работ, раскопок, складирования строительных материалов, свалок мусора.

Правилами охраны электрических сетей для КЛ, проложенной в земле, устанавливается охранная зона в размере 1 м с каждой стороны от крайних кабелей. Любые работы в охранной зоне КЛ должны выполняться с разрешения и под наблюдением организации, эксплуатирующей кабель.

В местах выхода кабеля из земли, например, на стену здания или опору ВЛ, должна быть защита кабеля от механических повреждений.

Осмотры КЛ, проложенных в кабельных сооружениях (тоннелях, эстакадах и других), должны проводить два человека. В первую очередь проверяется с помощью газоанализатора отсутствие в кабельных сооружениях газов, состояние освещения и вентиляции.

Проверяется общее состояние кабельных сооружений, наличие средств пожаротушения, отсутствие посторонних предметов. Все металлические конструкции кабельных сооружений должны быть покрыты негорючим антикоррозийным составом.

Кабельные туннели должны быть оборудованы средствами для отвода ливневых и почвенных вод. Эти средства должны находиться в исправном состоянии.

По температуре внутри кабельных сооружений косвенно контролируется тепловой режим кабелей. Температура воздуха внутри сооружений должна превышать температуру наружного воздуха не более чем на 10°C.

На открыто проложенных кабелях должны быть стойкие к воздействию окружающей среды бирки, прикрепляемые в начале и конце кабеля и через 50 м. На этих бирках указываются: марка и сечение кабеля, напряжение, номер или другое условное обозначение линии. На бирках муфт должны быть отмечены номер муфты и дата ее монтажа.

Проверяется состояние антикоррозийного покрова металлических оболочек кабелей, расстояния между кабелями, состояние соединительных и концевых кабельных муфт, отсутствие следов вытекания масла или кабельной мастики.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности КЛ заносятся в листок осмотра. Эти дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при текущем техническом обслуживании. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

Допустимые нагрузки при эксплуатации

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию устанавливается допустимая токовая нагрузка. Эта нагрузка определяется по условию, что температура жил кабеля будет не выше длительно допустимой температуры θ ДОП, нормируемой.

Для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией величина θ зависит от номинального напряжения $U_{ном}$ (см. табл. 1).

Таблица 1-Зависимость величины θ от номинального напряжения

| | | | | | |
|----------------|------|----|----|----|----|
| $U_{ном}$, кВ | До 3 | 6 | 10 | 20 | 35 |
| θ °С | 80 | 65 | 60 | 55 | 50 |

Для кабелей:

с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида $\theta_{ДОП} = 70^\circ\text{C}$;

с изоляцией из сшитого полиэтилена $\theta_{ДОП} = 90^\circ\text{C}$;

с резиновой изоляцией $\theta_{ДОП} = 65^\circ\text{C}$.

Перегрев изоляции кабеля выше $\theta_{ДОП}$ заметно ускоряет процесс ее старения и, следовательно, сокращает срок службы кабеля.

Непосредственное измерение температуры жилы кабеля представляет значительные трудности. Поэтому для проверки теплового режима кабель нагружают током и снимаются показания термодатчиков, установленных на стальной броне (оболочке или шланге) кабеля.

Величина $\Delta\theta$ рассчитывается по эмпирической формуле или определяется по номограммам. Одна из таких номограмм для кабелей с алюминиевыми жилами, находящихся в эксплуатации от 5 до 25 лет, приведена на рис. 1. Токовая нагрузка КЛ, при которой $\theta_{Ж} = \theta_{ДОП}$, соответствует допустимой длительной нагрузке.

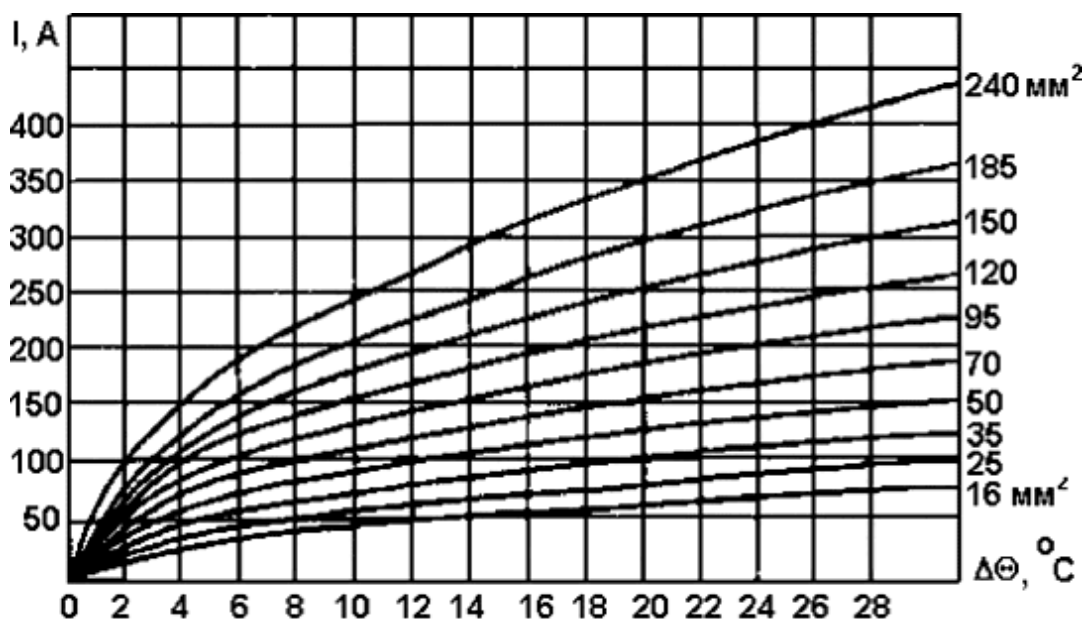


Рисунок 1. Разность температур между броней и алюминиевыми жилами кабелей напряжением 10 кВ

В практической эксплуатации действительную токовую нагрузку кабеля I сопоставляют с длительно допустимым током $I_{доп}$, приводимым в справочной литературе [2].

Принимаемые по справочным данным поправочные коэффициенты учитывают реальную температуру охлаждающей среды, количество кабелей в земляной траншее, удельное тепловое сопротивление грунта, срок службы кабеля и другие факторы.

При эксплуатации КЛ допускаются кратковременные перегрузки, например, на период ликвидации аварии. Допустимые перегрузки кабелей напряжением до 10 кВ в зависимости от вида изоляции составляют:

- кабели с бумажной изоляцией - на 30%;
- изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида - на 15%;
- резины - на 18%;
- сшитого полиэтилена - на 25%;

для кабелей со всеми видами изоляции, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%.

Указанные перегрузки допускаются продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток. Суммарная продолжительность перегрузки в год не должна превышать 100 ч.

Для кабелей напряжением 20-35 кВ с бумажной изоляцией перегрузки не допускаются.

Контроль нагрузочного режима КЛ осуществляется снятием графиков нагрузки, выполняемым не реже 2 раз в год. Причем один раз контроль осуществляется в период зимнего максимума нагрузки.

Определение мест повреждений

Несмотря на периодический осмотр кабельных трасс и проведение профилактических испытаний, при эксплуатации имеют место повреждения (случайные отказы) КЛ. Как правило, это пробой изоляции, реже - разрыв фаз.

Поврежденный кабель отсоединяется с обоих концов от оборудования и с помощью мегаомметра определяется *характер повреждения*: измеряется сопротивление изоляции между каждой фазой и заземленной металлической оболочкой и между каждой парой фаз. Измерения проводят с одного конца кабеля. Фазные жилы другого конца кабеля разомкнуты (для определения замыканий) или замкнуты и заземлены (для определения обрывов).

Результаты измерений могут не выявить характер повреждения, поскольку переходное сопротивление в месте повреждения может быть достаточно высоким, в частности, из-за затекания места пробоя изоляции маслоканифольным составом (заплывающий пробой) в кабелях с бумажной пропитанной изоляцией.

Для снижения переходного сопротивления изоляция кабеля в месте повреждения прожигается. Для этого на кабель подается напряжение, достаточное для пробоя изоляции в месте повреждения. После некоторого времени повторения пробоев переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается, разрядное напряжение снижается, а ток разряда увеличивается. Изоляция прожигается этим током, переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается.

После определения характера повреждения выбирается способ и аппаратура для определения места повреждения кабеля.

По точности определения места повреждения различают относительные и абсолютные методы. *Относительные методы* имеют определенную погрешность и позволяют определить лишь зону повреждения. Это импульсный, петлевой и емкостной методы.

Точное место повреждения позволяют найти *абсолютные методы* такие, как индукционный и акустический.

Импульсным методом определяется зона однофазного или многофазного замыкания, зона обрыва любого количества фазных жил. В поврежденную линию посылается эталонный электрический импульс. По экрану измерительного прибора, проградуированному в мкс, измеряется интервал времени t_x между моментом подачи импульса и моментом прихода импульса, отраженного от места повреждения

Петлевой метод применяется для определения зоны однофазных и двухфазных замыканий на землю. Этот метод основан на измерении омического сопротивления жил кабеля до места повреждения.

Емкостной метод позволяет определить зону обрыва фазных жил кабеля. Метод базируется на измерении емкости между каждой жилой и заземленной металлической оболочкой кабеля.

Индукционный метод позволяет определить место многофазных замыканий в кабеле после успешного прожига изоляции в месте повреждения. Метод основан на улавливании магнитного поля, создаваемого вокруг кабеля протекающим по нему током. Улавливание поля производится с помощью специальной поисковой катушки, имеющей магнитный сердечник для концентрации поля.

По двум поврежденным жилам кабеля пропускается ток высокой частоты (800... 1000 Гц) от звукового генератора. Вокруг кабеля образуется магнитное поле высокой частоты. Поместив в это поле поисковую катушку, соединенную через усилитель с наушниками, можно прослушивать звуковой сигнал. Обслуживающий персонал, продвигаясь по трассе КЛ, прослушивает этот звуковой сигнал.

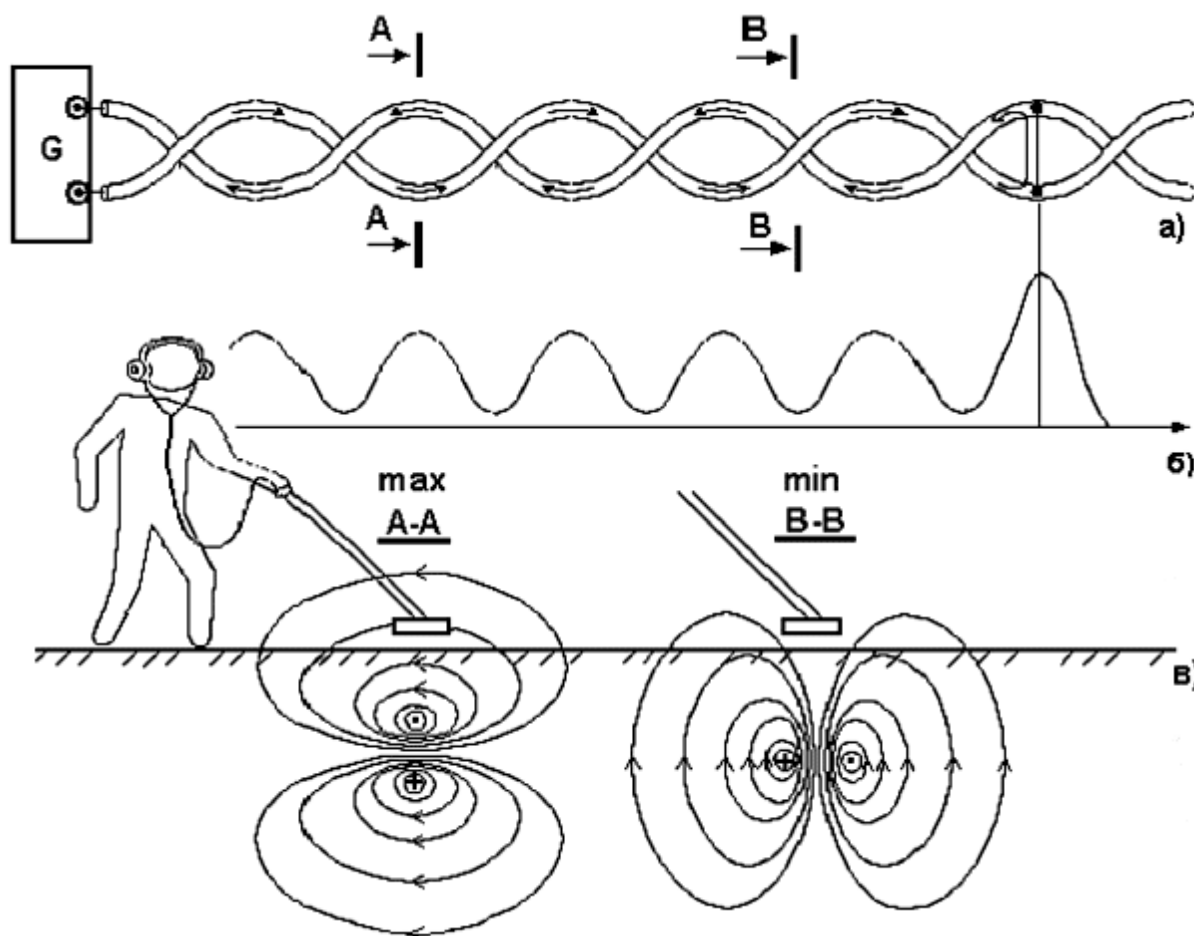


Рисунок 2. Иллюстрация индукционного метода отыскания повреждения

Слышимость сигнала вдоль кабельной линии будет периодически изменяться от max до min. Это объясняется спиральным поворотом жил кабеля. Преобладание над поверхностью земли магнитного поля одной жилы

периодически меняется на преобладание противоположного магнитного поля другой жилы.

В месте короткого замыкания ток от генератора меняет свое направление, интенсивность магнитного поля и, следовательно, слышимость сигнала в этом месте усиливаются. За местом повреждения звукового сигнала не будет. Использование тока высокой частоты необходимо для отстройки звукового сигнала от фона промышленной частоты 50 Гц соседних кабелей.

Акустический метод позволяет определить место однофазных и многофазных замыканий в кабеле при заплывающем пробое.

В поврежденную жилу (в поврежденные жилы) периодически подаются импульсы постоянного напряжения, например, от накопительного конденсатора. В месте повреждения возникают разряды, вызывающие акустический шум. Уровень этого шума прослушивается с поверхности земли, например, с помощью стетоскопа или прибора с пьезодатчиком-преобразователем механических колебаний в электрические.

При практическом поиске мест повреждения КЛ используется сочетание относительных и абсолютных методов. С помощью относительного метода определяется зона повреждения, а затем в этой зоне отыскивается место повреждения абсолютным методом.

Ремонт кабельных линий

КЛ ремонтируются при их повреждениях, например, при пробое изоляции кабеля, а основной операцией при ремонте КЛ является установки новой или замена существующей кабельной муфты. Таким образом, при эксплуатации КЛ используется система аварийно-восстановительного ремонта (система АВР).

При повреждении кабеля обслуживающий персонал должен отыскать место повреждения, а при прокладке кабеля в земляной траншее - раскопать участок траншеи в этом месте. Раскопки должны вестись осторожно, а при глубине более 0,4 м - только лопатами.

Объем работ при текущих и капитальных ремонтах КЛ определяется по результатам предшествующих осмотров, испытаний и измерений. Для планирования ремонтов КЛ ведется следующая эксплуатационно-техническая документация:

- паспорта КЛ;
- листки осмотров;
- кабельный журнал;
- акты скрытых работ с указанием пересечений и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями;
- акты на монтаж кабельных муфт;
- протоколы измерения сопротивления изоляции;
- протоколы испытаний изоляции КЛ повышенным напряжением;
- протоколы измерения сопротивлений заземляющих устройств;
- журналы неисправностей КЛ;
- журналы учета работ на КЛ и другие документы.

На основании этих документов составляется многолетний график работ, в котором указывается перечень всех кабельных линий и годы их вывода в ремонт в соответствии с техническим состоянием. На основании многолетнего графика составляются годовые графики работ.

При капитальном ремонте КЛ выполняются следующие основные работы:

- выборочное шурфление кабельных траншей с оценкой состояния кабелей и муфт;

- полное вскрытие кабельных каналов с исправлением раскладки кабелей, устранением коррозии оболочек, чисткой каналов, заменой или ремонтом конструкций для крепления кабелей;

- переразделка дефектных муфт;

- частичная или полная замена участков КЛ;

- ремонт заземляющих устройств;

- окраска металлических конструкций в кабельных сооружениях.

При окончании ремонтных работ проводятся испытания КЛ. Кроме того, кабели испытываются под нагрузкой в течение 24 ч.

Все работы, выполненные при капитальном ремонте КЛ, принимаются по акту. Акты со всеми приложениями хранятся в паспорте кабельной линии.

Литература

1. В.В. Базуткин, К.П. Кадомская, М.В. Костенко. “Перенапряжения в электрических системах и защита от них”. Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение. 1995.
2. Костенко М.В., Ефимов Б.В., Зархи И.М., Гумерова Н.И. “Анализ надежности грозозащиты подстанций”. – Л.: «Наука», 1981.
3. РАО “ЕЭС России”. “Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений”. Санкт-Петербург, Издательство ПЭИПК, 1999.