

«УТВЕРЖДАЮ»

« » 20 г.

**МЕТОДИКА
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ
СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

Содержание	стр.
1. Виды повреждений кабельных линий	3
1.1. Однофазные повреждения.....	4
1.2. Междуфазные повреждения.....	4
1.3. Разрыв (растяжка) жил кабельных линий.....	4
1.4. Повреждения изолирующей пластмассовой наружной оболочки кабельных линий.....	4
1.5. Предварительное определение вида повреждения кабельных линий.....	4
2. Теоретические сведения.....	5
3. Средства измерений. Прибор Р5-5.....	6
4. Описание работы прибора Р5-5.....	7
5. Порядок выполнения работы.....	7
6. Меры безопасности и охрана окружающей среды.....	8

1. Виды повреждений кабельных линий.

Нарушение электрической прочности изоляции происходит по различным причинам. Основными из них являются: механические или коррозионные повреждения защитных оболочек (свинцовой, алюминиевой, пластмассовой), что приводит к нарушению герметичности и попаданию влаги в изоляцию; заводские дефекты (трещины или сквозные отверстия в защитных оболочках); дефекты монтажа соединительных и концевых муфт кабелей (не пропаянные шейки муфт, надломы изоляции, неполная заливка мастикой и т.п.); осушение изоляции вследствие местных перегревов кабеля; старение изоляции.

При повреждении кабельной линии имеет большое значение быстрота ее ремонта, так как нарушается нормальная схема передачи электроэнергии, снижается надежность электроснабжения потребителей и ухудшаются технико-экономические показатели электрической сети. При прокладке кабеля в земле к указанным причинам необходимости ускоренного ремонта добавляется опасность проникновения влаги в изоляцию кабеля через отверстие в его оболочке и возможность интенсивного засасывания влаги по длине кабеля.

Кабельные работы по ремонту при быстром нахождении повреждения ограничиваются короткой вставкой кабеля с монтажом двух муфт, а в благоприятных случаях — даже одной муфты. В противном случае приходится с обоих концов от места повреждения кабеля вырезать по несколько метров, а иногда по несколько десятков метров увлажненного кабеля. Это значительно усложняет и удорожает ремонт кабельной линии.

Быстрое и точное определение места повреждения в кабельных линиях осуществляется передвижными измерительными лабораториями, располагаемыми в крытом фургоне автомашины, измерительными комплексами, иными приборами определения неоднородностей кабельных линий.

Повреждения в кабельных линиях по их характеру могут быть подразделены на следующие виды:

- повреждения изоляции, вызывающие замыкание одной жилы на землю;
- повреждения изоляции, вызывающие замыкание двух или трех жил между собой;
- обрыв одной, двух или трех жил без заземления или с заземлением как оборванных, так и необорванных жил;
- заплывающий пробой изоляции;
- повреждения линии одновременно в двух или более местах, каждое из которых может относиться к одной из вышеуказанных групп.

В кабельных линиях с отдельно освинцованными жилами ОСБ, двух- и трехжильные повреждения изоляции происходят очень редко. Наиболее распространенным видом повреждения силовых кабельных линий является повреждение изоляции между жилой и металлической оболочкой кабеля или муфты, т. е. одножильное повреждение.

При повреждении кабельной линии, прежде всего, необходимо определить характер повреждения. В большинстве случаев для этого бывает достаточно с помощью мегомметра определить с обоих концов линии: сопротивления изоляции каждой токоведущей жилы кабельной линии по отношению к земле; сопротивления изоляции между каждой парой токоведущих жил. Если мегомметром не удастся определить характер повреждения изоляции, что иногда бывает, когда кабельная линия повреждена не во время работы, а при испытании, то характер повреждения определяют дополнительными повторными испытаниями изоляции токоведущих жил по отношению к металлической оболочке кабеля и между собой. После того, как произведены все необходимые измерения, составляют схему вида повреждения кабельной линии и выбирают метод, который для данного вида повреждения может дать наилучший результат.

1.1. Однофазные повреждения.

Однофазные повреждения - самый распространенный вид повреждений силовых кабельных линий напряжением 1-10 кВ. При этом виде повреждений одна из жил кабеля замыкается на его экранирующую оболочку. Однофазные повреждения можно разделить на три группы по значению переходного сопротивления в месте замыкания. К первой группе относятся повреждения с переходным сопротивлением, равным десяткам и сотням мегаом (заплывающий пробой). Ко второй группе относятся повреждения с переходным сопротивлением от единиц Ом до сотен килоом и к третьей группе – повреждения с сопротивлением, близким к нулю.

1.2. Междофазные повреждения.

Междофазные повреждения составляют около 20% всех видов повреждений кабельных линий. Их можно разделить на две группы. К первой относятся повреждения с переходным сопротивлением в месте дефекта, близким к нулю, и ко второй группе - с сопротивлением от единиц килоом до сотен мегаом. В первом случае часто все три жилы свариваются между собой и с экранирующей оболочкой. При большом токе короткого замыкания кабель может перегореть на две части. При междофазных повреждениях, относящиеся ко второй группе, обычно между жилами и оболочкой кабеля имеется переходное сопротивление и замыкание между собой двух жил происходит через экранирующую оболочку. Замыкание двух жил между собой без замыкания на оболочку происходит редко.

1.3. Разрыв (растяжка) жил кабельных линий.

Данный вид повреждения образуется из-за перемещения слоев почвы в местах расположения муфт, вследствие чего происходит вытягивание жил кабеля, а в муфтах, как правило, разрыв жил (растяжка). Разрыв жил кабельных линий может произойти и в целом месте из-за различных механических воздействий или заводского брака.

1.4. Повреждения изолирующей пластмассовой наружной оболочки кабельных линий.

В пластмассовой наружной защитной оболочке силовых кабелей могут возникать повреждения, вызванные механическими воздействиями при прокладке кабеля или перемещении почвы. Влага, попадающая через эти повреждения на экранирующую оболочку кабеля, вызывает ее коррозию и выход кабеля из строя, что может произойти под рабочим напряжением. Поэтому выявление повреждений защитной пластмассовой оболочки является важной задачей. Следует учесть, что определить повреждения данного вида можно только в том случае, если все муфты на трассе кабеля изолированы от земли.

1.5. Предварительное определение вида повреждения кабельных линий.

После выполнения всех мер безопасности при работах на кабельных линиях приступают к определению вида повреждения. С помощью омметра и мегомметра на разземленном кабеле производят измерение сопротивления изоляции между жилами; каждой жилой и оболочкой кабеля. Данными приборами выявляются однофазные и междофазные повреждения с сопротивлением в месте дефекта от нуля до сотен килоом. При большом сопротивлении часто не удается определить вид повреждения указанными приборами, тогда используют высоковольтную испытательную установку. Поочередно, испытывая все три жилы кабельной линии выпрямленным напряжением постоянного тока относительно оболочки кабеля, выявляют вид дефекта кабеля. Таким способом выявляются повреждения вида: "заплывающий пробой", однофазные и междофазные, разрывы (растяжки) кабеля, повреждения в концевых воронках.

2. Теоретические сведения

Принцип нахождения в линиях мест повреждений (МП) и различного рода повреждений заключается в том, что в линию посылаются кратковременные, так называемые зондирующие импульсы напряжения. Эти импульсы частично отражаются в тех точках линий, где имеются повреждения или неоднородности, сопровождаемые изменением характеристического (волнового) сопротивления.

Отраженные импульсы передаются в обратном направлении к началу линии и поступают на электронно-лучевую трубку (ЭЛТ). Эти импульсы будут смещены по времени относительно исходных импульсов в зависимости от расстояния до места повреждения. Это смещение зависит от скорости распространения электромагнитной волны. Зная среднюю фазовую скорость распространения (u_{ϕ}) и промежуток времени между подачей в линию зондирующего импульса и возвращением отраженного импульса (Dt), можно определить расстояние до места повреждения (l_x) как

$$2 * l_x = u_{\phi} * Dt.$$

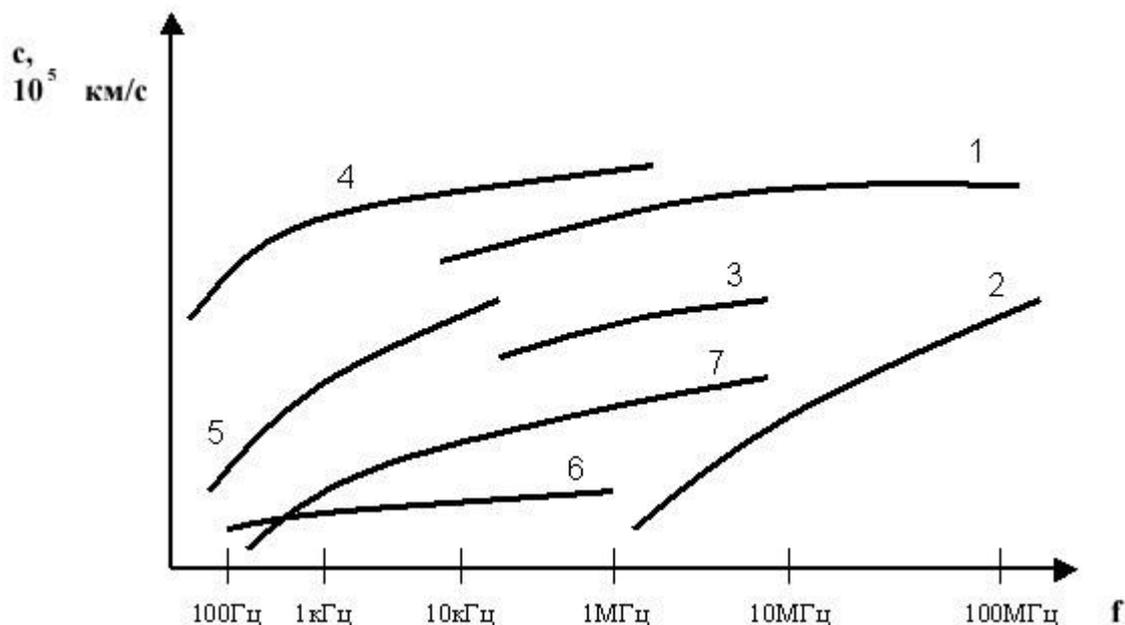
Поскольку при теоретических выводах не представляется возможным из-за сложности вопроса учесть все условия формирования отраженных импульсов, то при проведении измерений обычно учитывается только те физические свойства линий, которые отражают наиболее существенные условия распространения многочастотных электромагнитных колебаний.

Входные сопротивления в местах возникновения отражений зависят от частоты передаваемого сигнала, следовательно, в реальных линиях затухание, фазовый сдвиг и коэффициенты отражения будут так же зависеть от частоты.

Ориентировочные графики зависимости от частоты скорости распространения для различных линий приведены на рис. 1

Из этих графиков видно, что одной из причин искажения формы отраженного импульса является разница фазовой скорости распространения у отдельных составляющих спектра зондирующих и отраженных импульсов. Это, в свою очередь, будет влиять на точность определения места неоднородности, которая зависит от частотной характеристики затухания линии. Следовательно, увеличение затухания составляющих спектра приводит к сглаживанию фронта отраженного сигнала, что затруднит определение точки начала фронта, т.е. появится погрешность измерения.

Для того, чтобы измерения сделать максимально объективными, необходимо зарисовать характеристику линий (учитывая масштабы и усиления) и сравнить ее с паспортными данными этой линии, из которых хорошо известны расстояния до ставок, контрольных столбов и т.д.



1 – коаксиальные кабели; 2 – городские кабели типа ТГ; 3 – междугородные симметричные кабели типа МК; 4 –воздушные линии связи (ВЛС) с медными проводниками; 5 – ВЛС с стальными проводниками; 6 – городские пупинизированные кабели; 7 – городские непупинизированные кабели.

Рис. 1. Зависимость скорости распространения электромагнитной энергии от частоты.

Отражения, вызванные вставками, могут служить при изменениях соответствующими ориентирами. Используя эти ориентиры, можно повысить точность измерений до места повреждений, производя отсчет не от начала линии, а от ближайшей известной неоднородности или ориентира.

При наличии несогласованных включений или любых других отклонений от однородности на линиях, а также при проявлении несогласованности со стороны передатчика возникают многократно отраженные волны и образуется паразитный попутный поток, вызывающий существенные искажения при некоторых видах связи. В первом приближении мгновенные значения импульсных напряжений, получающихся в различных точках линий, определяемых путем наложения мгновенных значений зондирующих и отраженных импульсов. При этом полярности зондирующих и отраженных импульсов могут быть совпадающими и различными, что определяется коэффициентом отражения.

Чувствительность измерений определяется уровнем определяемого импульса, коэффициентом усиления усилителя отраженных сигналов и однородностью цепи, т.е. возможностью различать минимальный отраженный сигнал на фоне помех и отражений от существующих неоднородностей волнового сопротивления реальных цепей.

3. Средства измерений. Прибор Р5-5.

Прибор Р5-5 является измерителем неоднородностей кабельных линий. Прибор Р5-5 предназначен для визуального определения импульсным методом расстояния от мест повреждения (обрыв, короткое замыкание) на воздушных и кабельных линиях электропередачи и связи. Возможно так же определение расстояния до мест существенного изменения волнового сопротивления измеряемой линии (неоднородностей от резкого снижения сопротивления изоляции, нарушения контакта, асимметрии в проводах, вставок в линию и т.п.).

4. Описание работы прибора P5-5.

Задающий генератор служит для получения синусоидальных колебаний частотой 100 кГц.

В блоке импульсов синхронизации происходит преобразование синусоидальных колебаний в последовательность коротких импульсов, синхронизирующих работу прибора, а так же формируется масштаб метки, относительно коротких производятся измерения.

Импульсы синхронизации, поступающие с блока синхронизации, запускают тактовый генератор. Импульсом тактового генератора запускается блок задержки развертки и блок задержки зондирующих импульсов. Выходной импульс блока задержки зондирующих импульсов подается на запуск генератора зондирующих импульсов, вырабатывающий видеоимпульс, посылаемый в линию. Выходной импульс блока задержки развертки подается на запуск блока развертки, создающего линейно-изменяющиеся во время напряжение, необходимое для создания временной развертки на экране ЭЛТ. Отсчет времени пробега зондирующего импульса от места подключения прибора к линии до неоднородности и обратно осуществляется с помощью калиброванных схем задержки / развертки и зондирующего импульса/.

Время задержки выходного импульса блока задержки развертки относительно запускающего тактового импульса определяется положением переключателя "Множитель ГРУБО". Меняя временное положение начала развертки переключателя "Множитель ГРУБО" до появления на экране ЭЛТ сигнала, отраженного от неоднородности, и производя отсчет по положению ручки переключателя можно грубо изменить время пробега зондирующего импульса от места подключения прибора к линии до неоднородности и обратно.

Ручкой "Множитель ТОЧНО" производится изменение временного положения зондирующего импульса относительно пускового тактового импульса.

Для точного определения времени пробега зондирующего импульса от места подключения прибора к линии до неоднородности и обратно необходимо ручками "Множитель ГРУБО" и "Множитель ТОЧНО" произвести совмещение отраженного сигнала с первой видимой меткой на экране ЭЛТ. В этом случае точное время пробега ($T_{\text{факт}}$) определяется как сумма отчетов времени задержки развертки ($T_{\text{эр}}$) и времени задержки зондирующего импульса ($T_{\text{з зонд}}$).

Отсчет производится по показаниям шкалы "Множитель ТОЧНО" и переключателя "Множитель ГРУБО" с учетом величины масштабного интервала времени, указанного переключателем "ДИАПАЗОНЫ". Измерение масштаба просматриваемого участка линии осуществляется регулировкой скорости развертки в блоке развертки ручкой "РАЗВЕРТКА". Отраженный сигнал, поступивший в линию в зависимости от положения переключателя "УСИЛЕНИЕ", подается либо непосредственно на пластины ЭЛТ, либо через усилитель проходящих сигналов.

В зависимости от длины измеряемой линии и ее затухания переключателем "ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА" можно производить выбор длительности зондирующего импульса, посылаемого в линию. С помощью тумблера "симметричный-несимметричный" производится включение вход и выхода прибора по симметричной или несимметричной схеме.

5. Порядок выполнения работы.

Подготовка прибора P5-5 и имитатора линий к работе:

Перед включением прибора в сеть необходимо поставить ручки на его передней панели в следующие положения: - "Развертка" – в крайнее левое положение;

- "Усиление" – в положение 1;

- "Длительность" – в положение 1 (большая ручка);

- "Выходное сопротивление" – в пределах голубого сектора (малая ручка).

Включить тумблер "Сеть". При этом загорается индикаторная лампочка и через 0,5 – 2 минуты на экране появится линия развертки. Ручками "Яркость", "Фокус", отрегулировать яркость, фокусировку, положение линии на экране прибора. Положение линии развертки луча на экране трубки должно быть на середине экрана. Включить тумблер "Метки". При этом на линии развертки должны появиться масштабные метки. Установить "Множитель ГРУБО", "Множитель ТОЧНО" в положение "0".

Измерение расстояния до места повреждения и определение характера повреждения.

Порядок проведения измерений следующий:

- а) подключить прибор к клеммам "Вход" "Имитатора линии";
- б) ручку "Диапазоны" поставить в положение "I";
- в) ручку "выходное сопротивление" – в положение голубого сектора;
- г) ручку "Развертка" – в крайнее правое положение (малая ручка);
- д) ключи В1, В2, В3 на макете "Имитатор линий" поставить в нейтральное положение. Ключ В4 поставить в положение $R_n = 600 \text{ Ом}$. При этом линия подключается на согласованное сопротивление, равное 600 Ом. Полученную характеристику исследовать и зарисовать.

После этого В1 поставить в положение "Обрыв". Исследовать полученную характеристику, добиться получения изображения отраженного импульса на экране ЭЛТ. Зарисовать полученную импульсную характеристику.

Вращением ручки "Множитель точно" и переключателем "Множитель грубо" совместить вершину отраженного импульса с первой видимой меткой на характеристике. Расстояние до места повреждения определяется следующим образом. По показаниям ручек "Диапазоны", "Множитель грубо", "Множитель точно" провести отсчет времени пробега зондирующего импульса по формуле

$T_{\text{факт}} = T_{\text{диап}} * (n_{\text{грубо}} + n_{\text{точно}})$ (мкс), где $T_{\text{диап}}$ – масштаб диапазона, равный 10 мкс; $n_{\text{грубо}}$ – показания ручки "Множитель грубо"; $n_{\text{точно}}$ – показания ручки "Множитель точно".

Расстояния до места повреждения определяются по формуле $L_x = 1/2 * U * T_{\text{факт}}$, где U – скорость распространения сигнала в линии 2 данного типа в м/мкс, L_x – расстояние до места повреждения в м.

Ключ В1 поставить в нейтральное положение и провести измерения и расчеты для каждого положения ключей В2, В3, В4 (добавочное сопротивление, короткое замыкание и утечка тока, холостой ход).

6. Меры безопасности и охрана окружающей среды.

К работе по измерению неоднородности кабельных линий допускаются лица электротехнического персонала, не моложе 18 лет, прошедшие проверку знаний Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок и имеющие практический опыт работы с приборами, знающие настоящую методику, обеспеченные спецодеждой, инструментом, индивидуальными средствами защиты.

Перед работой должны быть оформлены организационные и выполнены технические мероприятия, согласно требований разделов №5, №16 Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Измерения производятся по распоряжению (заданию) группой из 2-х специалистов с квалификационной группой не ниже III.

Запрещается выполнять работы при высокой влажности, а также в пожароопасных и во взрывоопасных средах и помещениях.

Измерительный прибор должен быть заземлен. Заземление может быть выполнено подключением к заземляющему устройству гибким медным проводом сечением не менее 4 мм².

Работу по подключению прибора к объекту измерения выполнять, отключив электроприемник от сети. Если это невозможно, то подключать прибор следует в диэлектрических перчатках, защитных очках, стоя на диэлектрическом ковре. Проводимые измерения не представляют опасности для окружающей среды.

Начальник электролаборатории