

«УТВЕРЖДАЮ»

---

« » 20 г.

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

## 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. Внутри лаборатории монтируют прожигательную установку для уменьшения переходного сопротивления изоляции в поврежденном месте кабельной линии и последующего определения места повреждения специальными измерительными приборами или специальными встроенными блоками.

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**

В настоящее время для определения места повреждения силовых кабельных линий используются передвижные измерительные лаборатории с набором стационарно размещенного оборудования и переносных приборов. После выполнения всех мер безопасности при работах на кабельных линиях (см. приложение) 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. Прожигание изоляции силовых кабелей

Основным назначением прожигания дефектной изоляции является снижение переходного сопротивления в месте дефекта, что позволяет применять известные методы как для определения расстояния до места повреждения кабеля, так и места повреждения непосредственно на трассе кабельных линий. Для эффективного определения расстояния до места повреждения и самого места повреждения требуется, чтобы переходное сопротивление в месте дефекта было в пределах от десятков Ом до единиц кило Ом. Прожигание КЛ проводим передвижной высоковольтной лабораторией ЛИК-2М, с помощью встроенного блока ВРА 703.

После снижения сопротивления в месте повреждения используется один из самых эффективных методов - акустический. В случае невозможности определения места однофазного повреждения на трассе кабельной линии акустическим методом (сильные акустические помехи, большая глубина прокладки кабеля, отсутствие документации на прокладку кабеля и т.д.) производят прожигание места повреждения с помощью силовой прожигающей установки в целях перевода однофазного повреждения в междуфазное (двухфазное). Определение места повреждения в этом случае осуществляют индукционным методом (п. 4.3).

Прожигание производят за счет энергии, выделяющейся в канале пробоя. При этом происходят обугливание изоляции в месте повреждения и снижение переходного сопротивления. Следует отметить, что прожигание также позволяет непосредственно и просто выявлять повреждения в концевых заделках и на вскрытых кабелях по нагреву, появлению дыма и запаха гари. Следует иметь в виду, что эффективный прожиг имеет место лишь до тех пор, пока значение сопротивления в месте повреждения имеет тот же порядок, что и внутреннее сопротивление прожигательной установки. Практически нельзя создать прожигательную установку, обеспечивающую достаточно высокое напряжение и малое внутреннее сопротивление. Поэтому единственно целесообразным методом прожигания является ступенчатый способ. Сущность его состоит в смене источников питания по мере снижения напряжения пробоя и сопротивления в месте повреждения. Источник питания более низкого напряжения легче сконструировать с меньшим внутренним сопротивлением. В настоящее время прожигающие установки имеют от 3 до 6 ступеней прожигания. В ЛИК-2М встроенный блок ВРА 703 имеет 6 ступеней прожига.

Технические данные блока ВРА 703:

Мощность, кВА	7
Ступени прожига	
1	60В/110А
2	220В/30А
3	1,2кВ/6А
4	4,0кВ/1,5А
5	8,0кВ/0,8А
6	14кВ/50мА
Испытательное напряжение	70 кВ/50мА

Прожигание может проводиться как на постоянном, так и на переменном токе. Верхние ступени прожигания выполняются на выпрямленном напряжении, а последняя ступень на переменном напряжении. Сборка схемы для прожига и порядок выполнения работы по прожиганию кабельной линии следует производить в соответствии с инструкцией разработанной заводом изготовителем.

Рассмотрим три основных случая прожигания изоляции в силовых кабелях.

## **2.1. Прожигание изоляции кабельных муфт**

В кабельных муфтах возникают повреждения, вызванные дефектом монтажа, а также воздействием климатических факторов (возникновение трещин и пустот в мастике). Данный вид повреждений выявляется при профилактических испытаниях. С помощью испытательной высоковольтной установки на поврежденной жиле кабеля поднимается напряжение до пробоя. При этом после нескольких пробоев напряжение пробоя не снижается или при сниженном напряжении электрическая прочность вновь возрастает. Такой характер процесса указывает на повреждения соединительных (и очень редко - концевых) муфт.

В соединительных муфтах часто образуются трещины, пустоты, играющие роль как бы разрядников в газовой среде. Газы образуются вследствие разложения кабельной массы под действием дуги. В момент пробоя в таких полостях давление резко повышается, способствуя гашению дуги. Кроме того, разряды по более удлиненным, чем в целом месте кабеля, путям расплавляют кабельную массу, заливая канал разряда свежей массой. Пробои в муфтах носят название "заплывающий пробой".

Если через 5-10 мин непрерывного повторения пробоев разрядное напряжение не снижается, прожигание следует прекратить и, зафиксировав расстояние до места повреждения методом колебательного разряда, уточнить на трассе местоположение дефектной муфты индукционно-импульсным и акустическим методами.

## **2.2. Прожигание изоляции кабеля**

При профилактических испытаниях повреждение может быть выявлено непосредственно в кабеле в целом месте. При этом если кабель хорошо пропитан маслом, пробои могут повторяться длительное время до 5-10 мин, а иногда и дольше. После многократного повторения разрядов напряжение пробоя начинает снижаться, что позволяет (при максимальном значении среднего тока потребляемой установкой) иметь повышенную частоту пробоев. Как только напряжение пробоя снизится до более низких значений, включают прожигательную установку на верхнюю ступень прожигания. После того, как произойдет осушение и обугливание изоляции, процесс непрерывного чередования заряда и разряда в кабеле переходит в устойчивое протекание тока через место повреждения с постепенным снижением переходного сопротивления. При этом как только удастся снизить напряжение прожигания, необходимо переключить прожигательную установку на более низкую ступень прожигания. В процессе прожигания сопротивление в месте повреждения может увеличиться и в этом случае необходимо вернуться на более высокую ступень прожигания, чтобы добиться снижения сопротивления в месте повреждения и напряжения прожигания. На низких ступенях прожигания при больших токах в канал повреждения попадают частицы расплавленного металла как жилы, так и оболочки кабеля, что вызывает значительное снижение сопротивления в месте повреждения. При образовании сплошного металлического канала переходное сопротивление снижается до долей Ома.

В случае, когда прожигание происходит в течение длительного времени при постоянном токе от прожигательной установки, а сопротивление в месте повреждения не снижается и составляет около 1000-5000 Ом, прожигание следует прекратить, так как место повреждения с отверстием в оболочке кабеля может находиться в воде. Снизить сопротивление в месте дефекта при таких повреждениях не удается.

## **3. Методы определения расстояния до места повреждения кабельных линий (относительные методы)**

Методы определения расстояния от места измерения (начала кабеля) до места повреждения называются относительными методами. Относительные методы не гарантируют высокую точность определения места повреждения, но указывают зону, в которой имеется повреждение, и дают возможность использовать в этой зоне абсолютные

методы, т.е. методы с помощью которых непосредственно можно определить место повреждения.

### **3.1. Импульсный метод**

С помощью импульсного метода можно измерить полную длину кабельной линии, определить расстояние до места повреждения, имеющего переходное сопротивление менее 200 Ом, а также расстояние до разрывов (растяжек) жил кабеля.

Принцип импульсного метода заключается в том, что в поврежденную кабельную линию посылаются импульсы напряжения (зондирующие импульсы), которые, распространяясь по линии, частично отражаются от неоднородностей волнового сопротивления и возвращаются к месту, откуда они были посланы.

Неоднородности выявляются: в муфтах, соединяющих кабели между собой, в однофазных и междуфазных повреждениях кабеля с переходным сопротивлением в месте повреждения менее 200 Ом, в растяжках жил кабеля, в конце кабельной линии.

### **3.2. Метод колебательного разряда**

При определении расстояния до однофазных мест повреждения с переходным сопротивлением в месте повреждения, равным десяткам и сотням мегаом ("заплывающий пробой"), используется метод колебательного разряда.

С помощью высоковольтной испытательной установки на поврежденной жиле кабеля поднимается напряжение до пробоя. Короткое замыкание в заряженной жиле кабеля приводит к появлению электромагнитных волн, которые распространяются от места пробоя в месте дефекта к началу и к концу кабельной линии. Нулевые значения волнового сопротивления могут вызвать ложные срабатывания измерителя, что приведет к неправильному измерению расстояния до места пробоя. Для исключения ложных срабатываний в измерителях предусматривается плавное изменение уровня входного сигнала и введение импульсов задержки, которые исключают сигналы помех.

### **3.3. Волновой метод**

Волновой метод применяется в случае, если сопротивление в месте повреждения составляет от нуля Ом до сотен кило Ом. На рис. 2 показана схема подключения приборов при измерении расстояния до места повреждения с переходным сопротивлением от единиц до сотен килоом при установке измерителя ЦРО200 и присоединительного устройства тока в передвижной измерительной лаборатории. Расстояние до места повреждения определяется следующим способом.

От высоковольтной выпрямительной установки через зарядный резистор заряжается конденсатор. При пробое или замыкании (если разрядник управляемый) разрядника в линию посылается высоковольтная электромагнитная волна от заряженного конденсатора, которая создает пробой в месте повреждения кабельной линии, что вызывает волновой колебательный процесс в цепи конденсатор-линия.

При достижении электромагнитной волной, посланной от конденсатора, места повреждения произойдет пробой в случае, если сопротивление в месте повреждения не равно нулю Ом, после чего отраженный от повреждения фронт волны вернется к месту посылки - конденсатору, отразится от него и вернется к месту повреждения. В случае, если сопротивление в месте повреждения близко к нулю, пробой не произойдет и электромагнитная волна будет отражаться от короткого замыкания. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока за счет потерь амплитуда электромагнитной волны не затухнет.

В состав лаборатории входит оборудование, необходимое для реализации всех известных методов: локационного, метода колебательного разряда и петлевого. Первые два метода используются в случаях, когда сопротивление повреждения имеет значение менее 100 Ом, и реализуются в лаборатории с помощью компьютерной системы TELEFLEX M. Система предназначена для анализа повреждений и проводит разные виды

измерений: прямое, сравнение пары жил, разностное.

Для реализации метода колебательного разряда в системе предусмотрена сверхбыстродействующая память. Наличие такой памяти позволяет без применения прожига определить место повреждения при сопротивлении дефекта более 100 Ом, с помощью методов "связь по току" и "связь по напряжению". Система позволяет использовать локационный метод и при заплывающих повреждениях с помощью метода стабилизации электрической дуги с установкой LSG 3E.

**Состав:**

- компьютерная система TELEFLEX M
- стабилизатор электрической дуги LSG 3E

#### **4. Методы определения места повреждения на трассе кабельной линии (абсолютные методы)**

##### **4.1. Акустический метод**

Акустический метод основан на прослушивании над местом повреждения кабельной линии звуковых колебаний, вызванных искровым разрядом в канале повреждения. Акустический метод практически универсален и во многих кабельных сетях является основным абсолютным методом. Им можно определять повреждения различного характера: однофазные и междуфазные замыкания с различными переходными сопротивлениями, обрывы одной, двух или всех жил. В отдельных случаях возможно определение нескольких повреждений на одной кабельной линии.

Искровые разряды, получаемые в месте повреждения кабеля, образуются двумя способами. При "заплывающем пробое", который обнаруживается при профилактических испытаниях, повреждение, как правило, бывает в муфтах. Сопротивление в месте повреждения большое - единицы и десятки мегаом. С помощью испытательной установки постоянного тока в поврежденной жиле поднимается напряжение (не более  $5U_{ном}$ , где  $U_{ном}$  - рабочее напряжение кабеля). Как только в месте повреждения происходит пробой, определяют расстояние до места повреждения с помощью метода колебательного разряда (п. 3.2). После первого пробоя сопротивление в поврежденной жиле кабеля восстанавливается и напряжение от испытательной установки постоянного тока возрастает опять до напряжения пробоя. Такая периодичность пробоев может продолжаться длительное время. В зоне измеренного расстояния до места повреждения оператор, передвигаясь вдоль трассы кабельной линии, четко фиксирует акустические разряды в месте повреждения.

При замыканиях, имеющих переходное сопротивление в месте повреждения от единиц Ом до десятков кило Ом с помощью высоковольтной установки постоянного тока производится зарядка конденсатора, после чего через разрядник (разрядник может быть как управляемый, так и неуправляемый - воздушный) высоковольтная волна посылается в поврежденную жилу кабеля, в месте повреждения которой происходит пробой, вызывающий акустический сигнал. Оператор, перемещаясь вдоль трассы кабельной линии с помощью универсального приемника FLE 905 в предполагаемой зоне повреждения над местом повреждения в головных телефонах услышит акустический сигнал (звук от искрового разряда в КЛ).

##### **4.2. Индукционно-импульсный метод**

Индукционно-импульсный метод используется при определении места повреждения вида "заплывающий пробой" на трассе кабельной линии. Определение и указание места пробоя в кабеле производится методом контроля направления распространения начального фронта электромагнитных волн, возникших в месте пробоя. Так как при пробое возникают электромагнитные волны, направленные от места повреждения к концам кабельной линии, то, следовательно, возникшие волны имеют разные направления распространения по отношению к месту повреждения кабеля. Место на трассе кабельной линии, в котором происходит изменение направления начального фронта волны, соответствует месту повреждения.

Для определения места "заплывающего пробоя" кабельной линии к поврежденной жиле кабеля подключают высоковольтную установку и плавно поднимают постоянное напряжение до обеспечения периодических пробоев в кабеле. Методом колебательного разряда производят измерение расстояния до места повреждения.

#### 4.3. Индукционный метод

Индукционный метод определения места повреждения основан на принципе улавливания магнитного поля над кабелем, по которому пропускается ток от генератора звуковой частоты. Частота тока от 1000 до 10000 Гц. Метод обеспечивает высокую точность определения места повреждения и имеет широкое распространение.

Индукционным методом можно определить:

- трассу кабельной линии;
- глубину прокладки кабельной линии;
- искомый кабель в пучке кабелей;
- междуфазные повреждения кабельной линии;
- однофазные повреждения кабеля.

В состав лаборатории входит необходимое оборудование для реализации всех методов: индуктивного, акустического. Индуктивный метод реализуется с помощью генератора звуковой частоты P1\_5 500-4 и универсального приемника P1\_E 90-0 и позволяет определить трассу и глубину прокладки кабельной линии, выбор поврежденного кабеля из пучка, место повреждения при сопротивлении повреждения меньше 50 Ом. В условиях, когда кабельная линия находится в воде, мокром грунте или когда повреждение имеет вид заплывающего пробоя или обрыва, наиболее эффективно использовать акустический метод, который реализуется в лаборатории с помощью генератора ударных волн 5\Л/С 1000 и универсального приемника 5\Л/Е 90.

##### Состав:

- генератор звуковой частоты - FLS 500-4
- генератор ударных волн - SWG 1000
- универсальный приемник - FLE 90
- наземный микрофон - BOMI B
- специальные наушники - KR 2

#### 4.3.1. Определение трассы кабельной линии

При определении трассы кабельной линии (рис. 1) генератор звуковой частоты включается по схеме фаза-земля.

При использовании частоты 1000 Гц от генератора (рис. 1, а) на дальнем конце кабельной линии устанавливается закоротка между жилой и оболочкой кабеля. При использовании частоты 10000 Гц от генератора (рис. 11, б) установка закоротки на дальнем конце кабеля не обязательна. Полезный сигнал будет слышан за счет емкостного тока, протекающего через распределенную емкость кабеля  $C_k$ .



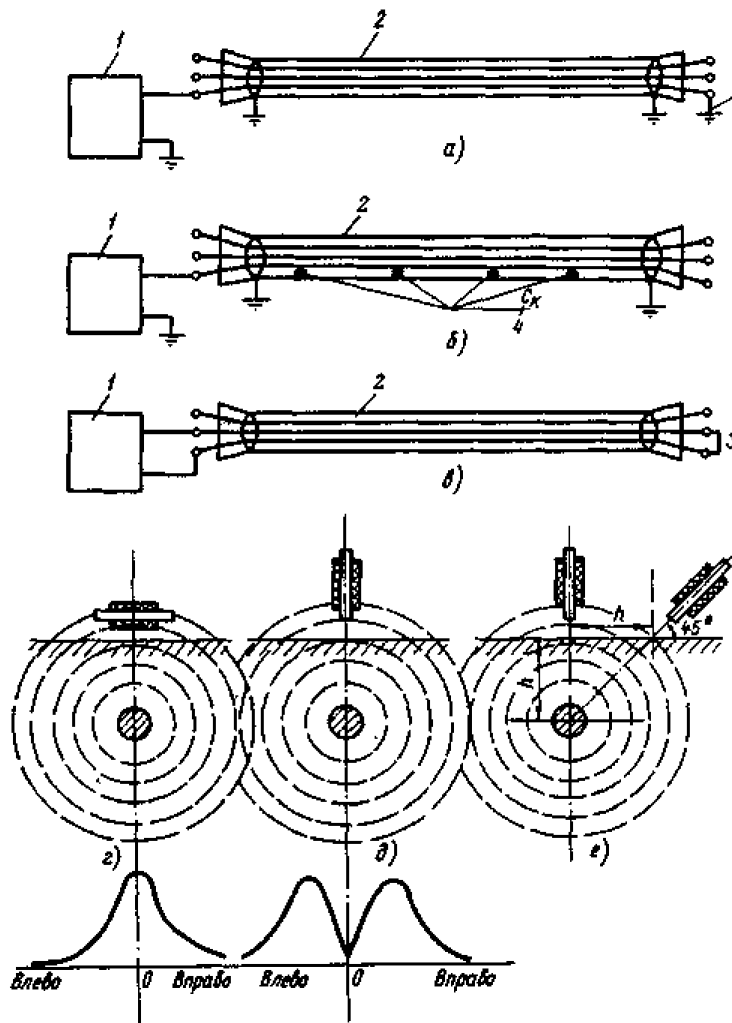


Рис. 1. Схема подключения генератора при определении трассы и глубины прокладки кабельной линии:

*а* - схема определения трассы кабельной линии на частоте 1000 Гц; *б* - схема определения трассы кабельной линии на частоте 10000 Гц; *в* - схема определения трассы кабельной линии при включении генератора на частоту 1000 Гц или 10000 Гц между двумя жилами кабеля; *г* - ЭДС, наводимая в горизонтально расположенном индукционном преобразователе при перемещении его вправо и влево от оси кабеля; *д* - ЭДС, наводимая в вертикально расположенном индукционном преобразователе при перемещении его вправо и влево от оси кабеля; *е* - расположение индукционного преобразователя при определении глубины прокладки кабельной линии; 1 - генератор; 2 - кабельная линия; 3 - закоротка; 4 - распределенная емкость кабеля ( $C_k$ )

При определении трассы кабельной линии за счет токов растекания сигнал, который наводится в индукционном преобразователе (ИП) и усиливается приемником, будет очень хорошо слышен в головных телефонах. Оператор, передвигаясь вдоль трассы кабельной линии при горизонтально расположенном индукционном преобразователе (рис. 1, *г*) [параллельно плоскости земли и перпендикулярно кабельной линии], слышит максимальный сигнал в головных телефонах непосредственно над кабелем, а при перемещении преобразователя вправо или влево от оси кабеля сигнал будет ослабевать. При вертикально расположенном индукционном преобразователе (рис. 1, *д*) оператор слышит в головных телефонах над кабелем слабый сигнал, который усиливается при перемещении преобразователя вправо или влево от трассы кабельной линии. Таким образом, при передвижении по направлению максимального (при горизонтально расположенном ИП) или минимального (при вертикально расположенном ИП) сигнала находят трассу кабельной линии.

Иногда вследствие разрывов оболочки кабеля в муфтах ток от генератора протекает по оболочкам соседних кабелей, находящихся под рабочим напряжением. При этом минимум звучания получается над тем кабелем, по которому течет ток растекания. Вследствие этого трасса кабельной линии будет определена неправильно. В этом случае для исключения ложного определения трассы кабельной линии генератор включается между двумя жилами кабеля (рис. 1, в). Оператор, перемещаясь по трассе кабельной линии, четко прослушивает максимумы и минимумы звучания сигналов в головных телефонах, вызванные шагом скрутки кабеля (шаг скрутки в силовых кабелях может изменяться от 0,5 до 1,5 м в зависимости от сечения жил кабеля).

#### **4.3.2. Определение глубины прокладки кабельной линии**

Для определения глубины прокладки кабельной линии используется та же схема подключения генератора, что и для определения трассы кабеля. В месте, где требуется определить глубину прокладки кабеля, необходимо точно определить трассу кабельной линии при вертикальном расположении оси индукционного преобразователя (рис. 1, е). Затем индукционный преобразователь с помощью фиксирующего устройства установить под углом  $45^\circ$  к плоскости земли. Перемещая преобразователь перпендикулярно трассе, находят точку на поверхности земли, в которой пропадает звучание сигнала в головных телефонах. Расстояние от этой точки до трассы равно глубине залегания кабеля.

#### **4.3.3. Определение искомого кабеля в пучке кабелей**

После проведения работ по раскопке траншей в зоне предполагаемого места повреждения необходимо (с точки зрения техники безопасности) определить поврежденный кабель в пучке других кабелей, находящихся под рабочим напряжением. Для определения искомого кабеля генератор включают на частоте 1000 Гц (рис. 1, в) между двумя неповрежденными жилами кабеля, которые закорочены на противоположном конце перемычкой.

В месте раскопки индукционный преобразователь устанавливают в вертикальное положение и, перемещая его перпендикулярно расположенным кабелям, находят искомым кабель по частоте тока и резкому изменению силы звучания сигнала в головных телефонах по обеим сторонам найденного кабеля. Для более точного определения искомого кабеля в пучке необходимо применять накладную индукционную рамку, которая подключается к входу кабелеискателя. Вращая ее вокруг очищенного от земли искомого кабеля, получают в головных телефонах два максимума и два минимума сигнала частоты 1000 Гц.

#### **4.3.4. Определение места междуфазного повреждения кабельной линии**

Междуфазные повреждения кабельных линий, как правило, получаются из однофазных повреждений путем разрушения изоляции неповрежденной жилы. При трудности определения места однофазного повреждения (плохая слышимость при акустическом ударе, нет четкого изменения сигнала при определении однофазного повреждения индукционным методом, нет четкой привязки по длине кабельной линии и т.д.) производят его перевод в междуфазное повреждение с помощью прожигательной установки. Следует учесть при прожигании, что сопротивление между жилами и оболочкой или между двумя жилами должно быть близким к нулю. В случае, если в месте замыкания двух жил сопротивление составит единицу ом и более, на трассе кабельной линии можно получить ошибку при определении места повреждения особенно на частоте 10000 Гц из-за емкостного тока, который будет протекать за местом повреждения. При этом по трассе кабельной линии за местом повреждения будут прослушиваться сигналы в головных телефонах от шага скрутки. После подготовки поврежденного кабеля и измерения расстояния до места повреждения с помощью приборов, использующих импульсный метод, генератор подключают к двум поврежденным жилам кабеля (рис. 2, а).

После подключения генератора и согласования нагрузок можно производить работы по отысканию места повреждения на трассе кабельной линии.

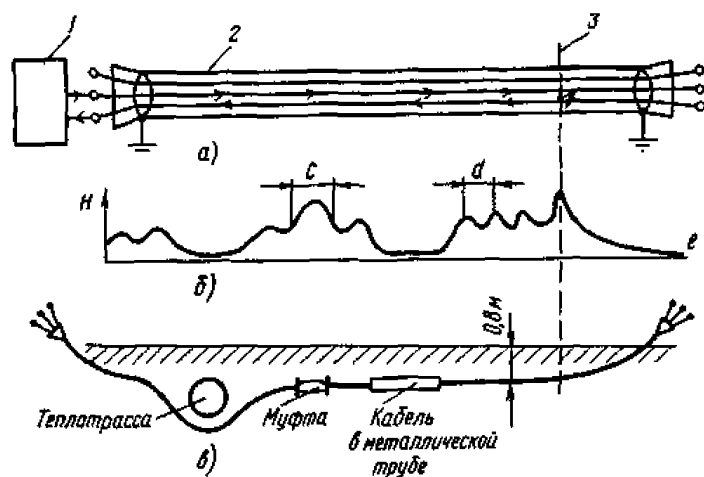


Рис. 2. Определение места междуфазного повреждения индукционным методом:  
а - схема подключения генератора звуковой частоты: 1 - генератор звуковой частоты; 2 - поврежденный кабель; 3 - место междуфазного повреждения кабеля;  
б - кривая изменения напряженности электромагнитного поля по трассе кабеля с междуфазным замыканием жил (остаточное сопротивление в месте повреждения десятые доли ома):  $d$  - шаг скрутки жил кабеля;  $c \neq d$  на участке расположения муфт;  
в - трасса прокладки поврежденного кабеля

При такой схеме подключения от генератора до места повреждения протекает пара токов, которая создает в кабеле магнитное поле. При перемещении вдоль кабельной линии (до места повреждения) это магнитное поле из-за наличия скрутки жил поворачивается вокруг оси кабеля, перемещаясь по спирали. Благодаря этому ЭДС, наводимая в индукционных преобразователях и соответственно в головных телефонах, будет иметь минимальное и максимальное значения. Расстояние между максимумами и минимумами определяется шагом скрутки и может изменяться от 0,5 до 1,5 м. Над местом междуфазного повреждения при малом сопротивлении между жилами слышимость принимаемого сигнала увеличивается, а за местом повреждения сигнала от шага скрутки практически не слышно. При перемещении над кабелем в месте расположения муфты длина интервала с максимальным звучанием увеличивается, при этом слышимость сигнала будет выше за счет большого расстояния между жилами в муфте (рис. 2, б). По этим признакам определяется расположение муфты кабеля. При передвижении по трассе кабельной линии слышимость принимаемого сигнала может меняться из-за изменения глубины (рис. 2, в) прокладки кабеля (при этом принимаемый сигнал будет плавно изменять свою слышимость вплоть до исчезновения); слышимость меняется, если кабель проложен через коммуникации или проезжие магистрали в металлической трубе (при этом на отрезке прокладки кабеля в металлической трубе слышимость сигнала от шага скрутки прекращается сразу). Следует указать, что при прохождении кабельной линии по трассе через участки с различными конструкциями кабелей (например, кабель АСБ соединен с помощью муфты с кабелем ААБ) ЭДС, наводимая в индукционном преобразователе, будет разная: над кабелем ААБ она будет меньше, чем над кабелем АСБ или СБ. Это происходит вследствие того, что кабель ААБ имеет лучшее экранирование. Уменьшение сигнала после муфты создает впечатление, что место повреждения найдено. Чтобы избежать ошибки, следует после уменьшения сигнала увеличить чувствительность приемника и прослушать зону кабельной линии с пониженным сигналом. Если в головных телефонах прослушиваются максимумы и минимумы принимаемого сигнала, то повреждение следует искать дальше по трассе кабельной линии. При работе в зоне сильных электромагнитных помех, вызванных токами промышленной частоты 50 Гц

(воздушные линии, трансформаторные подстанции, действующие кабельные линии и т.д.), следует перейти работать на частоту 10000 Гц, при этом влияние поля частоты 50 Гц будет уменьшено.

#### **4.3.5. Определение однофазных повреждений кабеля (метод "аномалии нуля")**

Метод "аномалии нуля" используется в тех случаях, когда другими методами невозможно определить место однофазного повреждения, например, из-за большой глубины залегания кабеля, из-за сильных акустических помех и т.д., а также невозможности перевести однофазное повреждение в междуфазное. Этим методом можно определить место повреждения примерно в 50% случаев.

При использовании данного метода с помощью прожигательной установки стремятся получить сопротивление в месте повреждения несколько десятков Ом, но нужно при этом не приварить жилу к оболочке кабеля. В отдельных случаях методом "аномалии нуля" можно определить однофазные повреждения, имеющие сопротивление в месте дефекта, близкое к нулю ("глухая земля").

Генератор на частоте 1000 или 10000 Гц подключается к поврежденной жиле и оболочке кабеля. Оператор, передвигаясь по трассе кабельной линии в зоне места повреждения, с вертикально расположенным индукционным преобразователем слышит в головных телефонах минимальный сигнал. Вправо или влево от трассы кабельной линии сигнал возрастает. С помощью ручки регулировки чувствительности индикатора установить точно над трассой кабельной линии минимальное показание индикатора. Его стрелка должна быть в диапазоне, не превышающем 20% длины шкалы. При перемещении точно над трассой кабельной линии, над местом повреждения произойдет резкое увеличение показания индикатора, при этом слышимость сигнала в головных телефонах не изменится. После прохода места повреждения показания индикатора будут такими же, как и до места повреждения. При использовании данного метода следует точно знать расположение соединительных муфт, так как они, как правило, дают ложное увеличение сигнала. Увеличение сигнала может быть и в неповрежденной части кабельной линии, при этом следует пройти дальше по линии, где могут также чередоваться увеличения и уменьшения сигналов, которые измеряются индикатором прибора. В этом случае повреждение находится в последней точке увеличения сигнала.

Схемы подключения оборудования ЛИК-2М и порядок работы необходимо выполнять в соответствии с инструкцией по эксплуатации, разработанной заводом изготовителем

### **5. Оборудование и приборы, необходимые для определения места повреждения силовых кабелей**

В вышеуказанных методах определения повреждений КЛ используется высоковольтная лаборатория ЛИК-2М содержащая в себя:

- установку прожигателя ВРА 703;
- компьютерную систему TELEFLEX M;
- стабилизатор электрической дуги LSG 3E;
- генератор звуковой частоты - FLS 500-4;
- генератор ударных волн - SWG 1000;
- универсальный приемник - FLE 90;
- наземный микрофон - BOMI B4
- специальные наушники - KR 24;
- мегомметр ЭСО202/2Г.

Начальник электролаборатории