

**КОМПЛЕКС
поисковой аппаратуры
для кабельных линий
Тип КПА-4М**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
КПА-4М.00.00.000 РЭ**



Содержание

1. Комплекс поисковой аппаратуры для кабельных линий Тип КПА–4М	3
2. Генератор поисковый ГЗЧ–4М.....	6
3. Рамка индукционная КАИ–4М.....	14
4. Датчик акустический ДА–4.....	17
5. Рамка накладная РН–4.....	19
Приложение А. Определение места повреждения кабеля индукционным методом.....	20
Приложение Б. Акустический метод определения места повреждения кабельной линии.....	24
Приложение В. Определение глубины залегания кабельной линии.....	27

1. КОМПЛЕКС ПОИСКОВОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ТИП КПА–4М

1.1. Основные сведения об изделии

1.1.1. Комплекс поисковой аппаратуры для кабельных линий, тип КПА–4М (далее по тексту – комплекс поисковой аппаратуры) предназначен для определения мест повреждения силовых кабелей индукционным или акустическим методами, а также для поиска трасс и определения глубины залегания силовых кабелей индукционным методом.

1.1.2. Комплекс поисковой аппаратуры рассчитан на эксплуатацию при температуре окружающего воздуха от минус 25 до плюс 40°С, при относительной влажности воздуха до 80% при температуре плюс 20°С.

1.1.3 Область применения – электросетевые предприятия, эксплуатирующие электрические распределительные сети напряжением 0,4–10 кВ.

1.2. Технические характеристики

1.2.1. Технические характеристики изделий, входящих в комплекс приведены в п.2.2, п.3.2, п.4.2.

1.3. Комплектность изделия

1.3.1. В состав комплекса поисковой аппаратуры входят:

1) генератор поисковый ГЗЧ–4М с присоединительными проводами	1 шт.
2) рамка индукционная КАИ–4М с встроенным приемником	1 шт.
3) датчик акустический ДА–4 с встроенным усилителем	1 шт.
4) рамка накладная РН–4	1 шт.
5) наушники	1 шт.
6) батарейки тип АА	4 шт.
7) Руководство по эксплуатации	1 шт.

1.4. Указание мер безопасности

1.4.1. Генератор относится к классу «1» по способу защиты человека от поражения электрическим током.

1.4.2. Перед началом работы внешним осмотром проверьте состояние соединительных проводов и разъемных соединений, отсутствие нарушений изоляции.

1.4.3. Подключение выхода генератора звуковой частоты, должно производиться только на обесточенной кабельной линии, на все фазы которой предварительно наложено заземление.

1.4.4. После перемещения генератора из зоны отрицательных температур в зону положительных необходимо перед включением выдержать его в этих условиях в течение времени, достаточного для исчезновения конденсата.

Наличие конденсата внутри или снаружи генератора и приемника индукционной рамки при эксплуатации недопустимо.

1.4.5. Работы в действующих электрических сетях с помощью комплекта поисковой аппаратуры должны проводиться бригадой в составе не менее двух человек, из которых производитель работ должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а остальные не ниже III.

1.4.6. Лица, эксплуатирующие комплекс поисковой аппаратуры и производящие его техническое обслуживание, должны знать в соответствующем объеме действующие «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТЭУ».

При длительном хранении необходимо защищать оборудование от попадания пыли.

1.5. Порядок работы

1.5.1. Порядок работ изложен в пунктах п.2.4.3, п.3.4.2, п.4.2.

1.6. Техническое обслуживание

1.6.1. Техническое обслуживание проводится с целью обеспечения нормальной работы комплекса поисковой аппаратуры при его эксплуатации.

1.6.2. После окончания работы тщательно очищайте генератор, индукционную рамку, акустический датчик и накладную рамку от загрязнений.

1.6.3. Проверяйте крепление органов управления, четкость срабатывания переключателей и плавность регулировки переменных резисторов, состояние лакокрасочных и гальванических покрытий, состояние резьбовых соединений, надежность разъемных соединений.

1.6.4. При работе в полевых условиях защищайте оборудование комплекса поисковой аппаратуры от прямого воздействия атмосферных осадков.

1.7. Характерные неисправности и методы их устранения

1.7.1. Характерные неисправности и методы их устранения приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Неисправность	Вероятная причина	Методы устранения
1. Генератор не включается	1 Обрыв в питающем проводе	Отремонтировать или заменить питающий провод
	2. Перегорел предохранитель	Заменить предохранитель
На генераторе загорелся светодиод КЗ и включился звуковой сигнал	В линии короткое замыкание	Устранить короткое замыкание
2. Светодиод ПИТАНИЕ приемника индукционной рамки не горит	Снижение напряжения батарей	Произвести замену батарей
3. Светодиод ПИТАНИЕ акустического датчика не горит	Снижение напряжения батарей	Произвести замену батарей

Устранение других неисправностей может производиться только на предприятии изготовителе или специально обученным персоналом по методике предприятия изготовителя.

1.8. Правила хранения и транспортирования

1.8.1. Оборудование, входящее в состав комплекса поисковой аппаратуры должно храниться в отапливаемом помещении.

1.8.2. В местах хранения не допускается резких колебаний температуры и влажности, а также присутствие химически активных компонентов, кислотных и щелочных паров.

1.8.3. Транспортирование комплекса в составе передвижной лаборатории должно осуществляться в специально отведенном месте, при этом необходимо оберегать оборудование комплекса от ударов.

1.9. Свидетельство о приемке

1.9.1. Комплекс поисковой аппаратуры КПА-4М Зав.№ _____
соответствует утвержденной технической документации и признан годным к
эксплуатации.

Начальник ОТК _____
подпись расшифровка подписи

МП _____
дата

1.10. Гарантии изготовителя (поставщика)

1.10.1. Предприятие изготовитель гарантирует соответствие комплекса поисковой аппаратуры требованиям действующей технической документации при условии соблюдения потребителем требований настоящего паспорта.

1.10.2. Гарантийный срок эксплуатации – 12 месяцев со дня продажи.

1.10.3. Действие гарантийных обязательств прекращается при:

- 1) нарушении правил эксплуатации, указанных в настоящем паспорте и приводящих к поломке оборудования комплекса поисковой аппаратуры;
- 2) нарушении целостности оборудования комплекса поисковой аппаратуры вследствие механических повреждений, воздействия агрессивных сред.

1.10.4. Гарантийные обязательства не распространяются на источники питания.

1.11. Сведения о рекламациях

Обо всех неполадках и неисправностях, выявленных при работе, а также предложения эксплуатирующих организаций, просим направлять по адресу

2. ГЕНЕРАТОР ПОИСКОВЫЙ ГЗЧ–4М

2.1. Основные сведения об изделии

2.1.1. Генератор поисковый ГЗЧ–4М с максимальной мощностью 700Вт предназначен для формирования мощного токового сигнала в диапазоне частот от 600 до 10000 Гц, необходимого при определении мест повреждения изоляции силовых кабелей.

2.1.2. Питание генератора возможно как от сети переменного тока 220 В, так и от источников постоянного напряжения (12 или 24 В), при использовании дополнительного преобразователя.

2.1.3. Генератор может быть использован с любыми приемниками трассоискателей подземных коммуникаций, имеющих рабочие частоты от 50 до 10000Гц, благодаря возможности выбора и точной установки частоты генерации.

2.1.4. Генератор позволяет отключать модуляцию, и имеет режим КОМБИ с последовательной выдачей трех предварительно установленных частот.

2.1.5. *Особенностью генератора являются его высокие удельные характеристики, малый вес и габариты, большой КПД и универсальность.*

2.2. Технические характеристики

2.2.1. Питание генератора:

– сеть переменного тока напряжением 220 ± 20 В; – частота сети 50-60 Гц.

2.2.2. Максимальное значение выходного напряжения генератора при питании от сети 220 В составляет не менее 110 В.

2.2.3. Максимальное действующее значение выходного тока генератора на частоте 1000 Гц составляет не менее 30 А.

2.2.4. Диапазон генерируемых частот от 600 до 10000Гц. При изготовлении предустановлены 3 частоты: 1024Гц, 1477Гц, 9999Гц.

2.2.5. Уровень максимального тока в нагрузке устанавливается вручную от 0 до 100%. Дискретность установки частоты в диапазоне 600-2000Гц 1Гц, 2000-9999 от 2 до 25Гц.

2.2.6. Генератор работает в режиме непрерывной генерации (для получения максимальной мощности) или в режиме с модуляцией сигнала основной частоты импульсами модулирующей частоты с периодом 1,3 с. Генератор позволяет длительно работать на омическую нагрузку сопротивлением от нуля (короткое замыкание) до бесконечности (холостой ход), и имеет схему защиты от перегрузки и короткого замыкания; автоматически возобновляет генерацию после устранения К.З.

2.2.7. Общий КПД генератора при номинальной выходной мощности и питании от сети 220 В составляет не менее 80%.

2.2.8. Габаритные размеры корпуса генератора, мм, (не более).280x250x180.

2.2.9. Масса генератора (не более) 6,1 кг.

2.2.10. Генератор сохраняет работоспособность при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 40 °С и относительной влажности 90% при 20 °С.

2.3. Комплектность изделия

2.3.1. В комплект поставки входят:

1) генератор поисковый ГЗЧ–4М	1 шт.
2) провод подключения нагрузки (3м, сечение 4 мм ²)	2 шт.
3) провод подключения генератора к сети 220В 50Гц	1 шт.

2.4. Указания по эксплуатации

2.4.1. Описание конструкции

2.4.1.1. Для формирования переменного выходного напряжения и тока в генераторе используется микроконтроллерное управление. Микроконтроллер формирует переменный выходной сигнал нужной частоты и сигналы управления генератором. При работе генератора от сети переменного тока применяется бестрансформаторный блок питания. Для питания микроконтроллера использован импульсный преобразователь переменного напряжения в постоянное напряжение 5В и 15В.

2.4.1.2. Выходной каскад генератора собран по классической полумостовой схеме на транзисторах типа MOSFET. Для согласования с нагрузкой и регулирования выходного тока применяется оригинальный выходной трансформатор на тороидальном сердечнике. Микроконтроллер обеспечивает контроль режимов генератора. Схема генератора предназначена для работы только от одного источника питания. Микроконтроллер обеспечивает непрерывный контроль выходного тока с выдачей на индикатор его значения. При достижении генератором максимальной мощности на данную нагрузку загорается желтый индикатор «ПЕРЕГРУЗКА». Если возникло короткое замыкание в нагрузке, микроконтроллер выдает звуковой сигнал и загорается красный индикатор «КЗ». Генерация тока прекращается, и генератор переходит в режим ожидания. При устранении короткого замыкания в нагрузке генератор возобновляет работу автоматически. Органы управления генератором позволяют предварительно установить 3 разные частоты, а также режимы работы: непрерывный (генератор выдает непрерывно установленную ранее частоту), прерывистый (генератор выдает установленную частоту с периодом 1,3с) и режим «КОМБИ» (генератор выдает последовательно все три ранее установленные частоты). Этот режим удобен, когда с генератором используется приемник с несколькими частотами настройки. Данный режим позволяет оперативно находить тот диапазон, где лучше слышимость и меньше помех (без перестройки генератора).

2.4.1.3. Конструктивно генератор собран в пластмассовом прямоугольном корпусе. Внешний вид генератора представлен на рисунке 2.1. Для охлаждения элементов генератора предусмотрена принудительная вентиляция внутреннего пространства корпуса с помощью встроенного вентилятора.



Рисунок 2.1 – Внешний вид генератора.

2.4.1.4. Все органы управления и индикации расположены на лицевой панели прибора (рисунок 2.2).

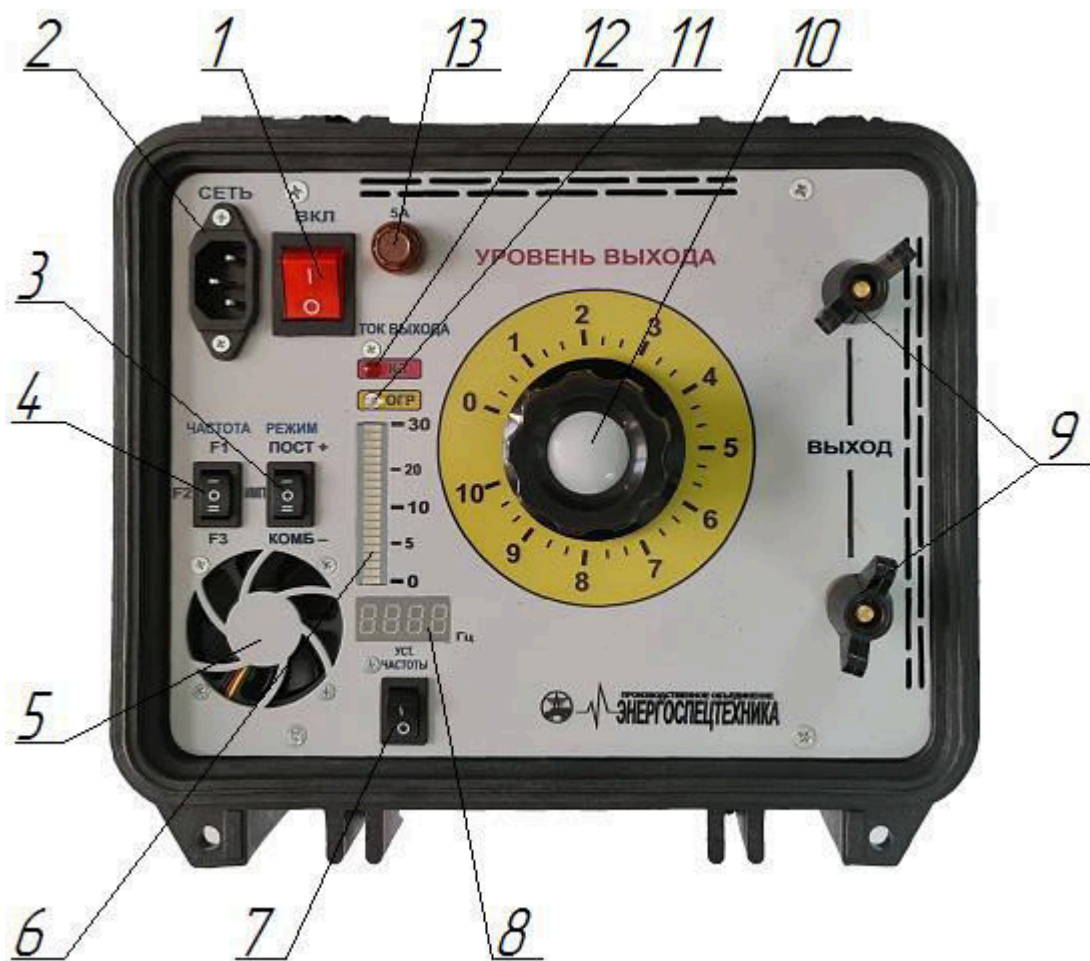


Рисунок 2.2 – Лицевая панель генератора.

1. Выключатель питания
2. Вилка сетевая для подключения провода питания 220В 50Гц
3. Переключатель режимов работы генератора
4. Переключатель установленных частот генератора
5. Вентилятор охлаждения
6. Индикатор выходного тока
7. Переключатель режима установки частоты генератора
8. Индикатор текущей частоты генератора
9. Выводы для подключения нагрузки
10. Регулятор выходного тока
11. Индикатор перегрузки генератора
12. Индикатор короткого замыкания в нагрузке
13. Предохранитель

2.4.2. Подготовка к работе

2.4.2.1. Для питания генератора используется напряжение 220В, поэтому запрещается включение генератора при снятых либо поврежденных деталях защитного изоляционного корпуса.

2.4.2.2. На выходных клеммах генератора образуется переменное напряжение 120В, поэтому запрещается работать с прибором в помещениях с условиями особо опасными с точки зрения возможности поражения током. С целью уменьшения опасности поражения

тока все подключения нагрузки следует производить только в выключенном состоянии генератора.

2.4.2.3. Перед соединением генератора с источником питания следует вначале перевести переключатель питания «ВКЛ» в нижнее положение. Для питания генератора от сети переменного тока через разъем «СЕТЬ» подключается провод с вилкой. Регулятор выходного тока установить в крайнее положение против часовой стрелке («0»). Для включения генератора включается переключатель «ВКЛ». Сразу после включения генератор проходит режим теста. При этом на индикаторе выходного тока (6) последовательно загораются все сегменты до максимального значения, индикатор « ПЕРЕГРУЗКА» (11) , индикатор «КЗ»(12) и кратковременно звучит звуковой сигнал. На индикаторе текущей частоты (8) последовательно высвечиваются три предустановленные частоты. После прохождения теста все индикаторы погасают, а на индикаторе частоты (8) высвечивается значение той частоты, которая соответствует положению переключателя (4) и генератор начинает вырабатывать соответствующую частоту. Для проверки работоспособности генератора перед подключением нагрузки можно просто закоротить клеммы «Выход» проводником подходящего сечения и убедиться по индикатору в наличии выходного тока. В этом же режиме можно предварительно настроить режим модуляции, частоту генератора.

2.4.2.4. Для подстройки частоты генератора под резонансную частоту имеющегося приемника необходимо:

1. Поставить переключатель «ЧАСТОТА» (4) в положение, которое будет соответствовать данной частоте (например F1);
2. Поставить переключатель «РЕЖИМ» (3) в среднее положение;
3. Включить переключатель «УСТ.ЧАСТОТЫ» (7).

При этом на индикаторе «ЧАСТОТА»(8) будет моргать старший разряд.

При включении переключателя «РЕЖИМ»(3) в положение «+», этот разряд индикатора будет изменяться от 0 до 9. Выставить нужное значение старшего разряда частоты.

При включении переключателя «РЕЖИМ»(3) в положение «-» произойдет смещение изменяемого (мигающего) разряда вправо, для задания следующей цифры частоты. Последовательно изменяя разряды частоты установить необходимое значение. Для сохранения заданной частоты необходимо выключить переключатель «УСТ.ЧАСТОТЫ» (7). Генератор переходит в режим генерации заданной частоты. Для установки следующей частоты(F2) повторить выше указанные действия.

2.4.3. Порядок работы

2.4.3.1. Подключите выходные клеммы ВЫХОД генератора к жилам поврежденного кабеля.

2.4.3.2. Подключите питающий провод генератора к электросети напряжением 220 В частотой 50 Гц.

2.4.3.3. Установите переключатель ПИТАНИЕ в положение «ВКЛ», при этом сегменты индикатора ТОК ВЫХОДА должны загореться последовательно до максимума, затем должен включиться звуковой сигнал и сегменты должны последовательно погаснуть до минимума. При выполнении этих условий генератор готов к работе.

2.4.3.4. Установите переключателем ЧАСТОТА требуемую частоту генератора. Протекающий по кабелю ток создает концентрическое магнитное поле.

2.4.3.5. Отрегулируйте ток в нагрузке. Для этого, с помощью рукоятки УРОВЕНЬ ВЫХОДА, плавно увеличивайте выходной ток, следя за индикатором ТОК ВЫХОДА до тех пор, пока не загорится светодиод ПЕРЕГРУЗКА. После чего необходимо уменьшить выходной ток до величины, при которой светодиод ПЕРЕГРУЗКА погаснет. Данное положение будет соответствовать максимальной выходной мощности генератора при данной нагрузке.

2.4.3.6. Установите переключатель РЕЖИМ в необходимое положение: положение ПОСТ соответствует непрерывному сигналу, положение «ИМП» соответствует прерывистому сигналу, положение «КОМБ» соответствует последовательной подаче в кабель сигналов трех частот.

Генератор рассчитан на длительную работу при максимальной выходной мощности в нагрузке до 700 Вт. При длительной работе генератора следует его корпус располагать в положении, обеспечивающее свободный доступ воздуха.

2.4.3.7. Примеры способов подключения генератора к объекту поиска приведены на рисунке 2.3.

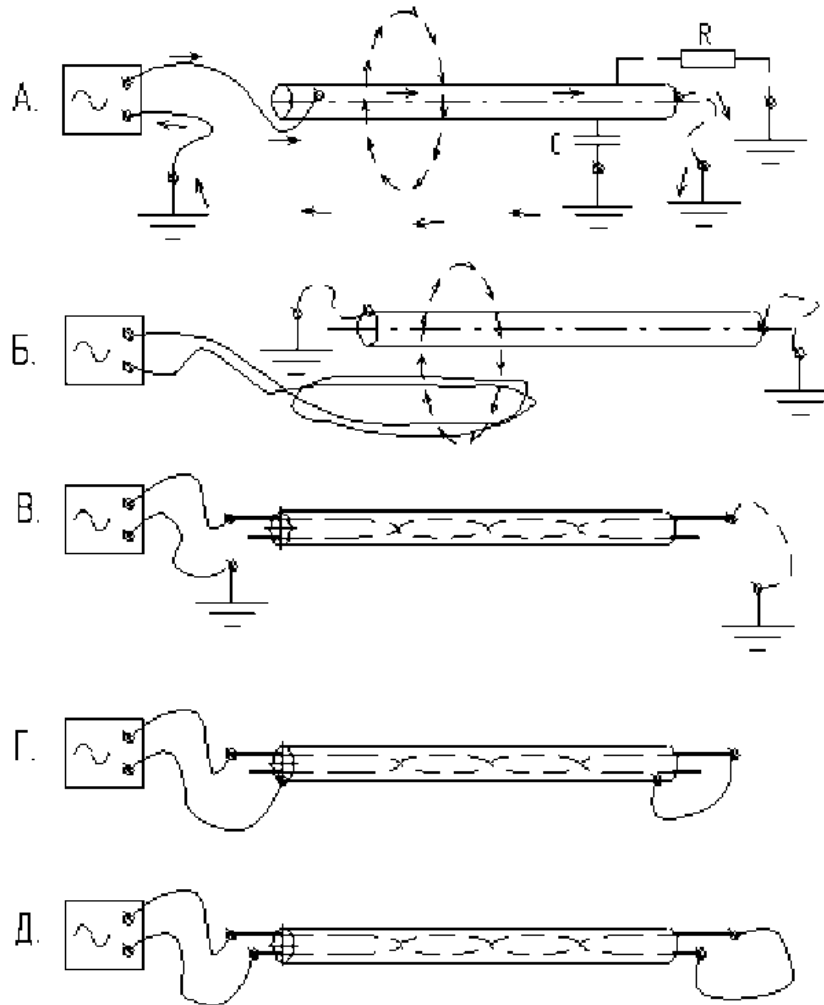


Рисунок 2.3 – Схемы подключения сигнального генератора.

Если генератор используется для электромагнитной локации объектов, то полезным сигналом является величина тока от генератора в исследуемых объектах. Электромагнитная локация осуществляется специальными селективными приемниками, оснащенными направленными электромагнитными антеннами.

На рисунке 2.3а представлен способ подачи сигнального тока на трубу (кабель), когда возвратный ток от проводящего объекта возвращается в генератор через распределенную емкость трубы относительно земли и сопротивления утечки в местах повреждения изоляционного покрытия. Для увеличения тока сигнала в трубе или кабеле, при возможности, следует заземлять трубу в конце исследуемого участка. Идеальным вариантом является использование в качестве цепи обратного тока специально подключаемого провода, который располагается как можно далее от обследуемой трассы.

От значения сопротивления заземления зависит величина сигнала (тока) и КПД использования источника питания от которого работает генератор. Сопротивление заземления необходимо делать как можно меньше для обеспечения большего отдаваемого генератором тока при минимальном выходном напряжении (и минимальной потребляемой мощности).

Местом непосредственного гальванического подключения генератора к коммуникациям могут быть смотровые колодцы коммуникаций и гидранты. В месте установки контактного зажима на коммуникацию необходимо обеспечить надежный электрический контакт (очистить место контакта от грязи и ржавчины).

Устанавливать штырь заземления необходимо как можно дальше от коммуникации (не менее 5-10 м) в направлении, перпендикулярном расположению оси коммуникации. Чем ближе заземлитель расположен к исследуемому объекту, тем меньшая часть тока сигнала генератора растекается вдоль трассы и меньше полезный сигнал. В качестве заземлителя, можно использовать любое металлическое сооружение, имеющее надежный контакт с землей (металлические столбы, рельсы столбов связи и т.д.). Такое сооружение не должно иметь непосредственный электрический контакт с коммуникацией. Для снижения сопротивления заземления можно увлажнить место установки заземляющего штыря и подключить два штыря заземления параллельно. Для снижения сопротивления заземления при увлажнении можно использовать раствор поваренной соли. Штыри следует разнести между собой и от коммуникации на максимальное расстояние.

Если невозможно гальваническое соединение исследуемой коммуникации с генератором, либо не удастся обеспечить заземление генератора, то можно использовать ввод сигнала в коммуникацию за счет электромагнитной связи с током генератором (рисунок 2.3б). Для этого можно воспользоваться любым проводом из комплекта искателя. Провод присоединяется своими концами к выходным клеммам генератора и укладывается в виде петли рядом с расположением коммуникации. Таким образом, образуется электромагнитная трансформаторная связь выходного тока генератора и тока в коммуникации. Полезный сигнал генератора при электромагнитной связи с объектом обычно значительно меньше, чем при гальваническом соединении.

Оба варианта подключения генератора могут применяться и к электрическим подземным кабелям, у которых в качестве проводника сигнала может быть использована как проводящая изолированная защитная оболочка, так и фазные провода (рисунок 3в).

На рисунке 2.3г показан вариант, когда в качестве возвратного провода используется проводящая защитная оболочка кабеля. Несмотря на большой ток, который может протекать вдоль кабеля в этом режиме, излучаемый сигнал оказывается непропорционально малым. Это происходит из-за взаимной компенсации магнитных полей прямого и возвратного тока при близком расположении в пространстве двух проводников.

На рисунке 2.3д представлена еще одна часто используемая схема подключения при трассировке кабелей, когда закорочены фазы (две или все). Здесь тоже необходим большой избыточный ток генератора из-за взаимной компенсации магнитных полей прямого и обратного токов. Так как жилы в кабеле перевиты, то сигнал приемника при движении вдоль кабеля отличается характерной модуляцией уровня (переливами), которые соответствуют шагу перевивки жил кабеля. В местах нахождения соединительных муфт жилы располагаются без перевивки, и сигнал приемника имеет постоянный уровень вдоль кабеля. Это может быть использовано для обнаружения мест залегания соединительных муфт.

2.5. Техническое обслуживание

2.5.1. Общие указания.

Сохранение работоспособности генератора в течение срока эксплуатации обеспечивается организацией и своевременным проведением технического обслуживания (ТО).

2.5.2. Порядок технического обслуживания.

2.5.2.1. Ежеквартальное техническое обслуживание (ТО1).

ТО1 заключается в профилактическом внешнем осмотре генератора и соединительных проводов на отсутствие видимых повреждений конструктивных элементов и их загрязнения.

2.5.2.2. Ежегодное техническое обслуживание (ТО2).

Ежегодное техническое обслуживание производится по регламенту, а также после длительного хранения на складе (более 6 мес.) перед началом работ и после текущего ремонта.

Ежегодное техническое обслуживание производит инженер или техник, ознакомившийся с содержанием настоящего документа в помещении с нормальными климатическими условиями. Питание генератора осуществляется от сети переменного тока 220+20 В промышленной частоты.

Для проведения ТО2 должны использоваться стандартные аттестованные контрольно-измерительные приборы. Примерный список необходимых приборов:

- 1 – осциллограф универсальный С1-68;
- 2 – прибор комбинированный Ц4354;
- 3 – милливольтметр переменного тока В6-9;
- 4 – шунт 75ШС (75 мВ, 50 А);
- 5 – сопротивление 10+0.1 Ом мощностью не менее 1000 Вт;
- 6 – частотомер ЧЗ-38.

В состав ТО2 входят мероприятия по ТО1, далее проводят проверку работоспособности генератора:

а) Проверку временных характеристик выходного сигнала можно производить при включении генератора на холостом ходу. Частота первой гармоники определяется подключением частотомера к выходным клеммам генератора. Так как стабилизация и регулирование выходного тока проходит на повышенной, относительного первой гармоники, частоте, в выходном напряжении и токе генератора могут присутствовать импульсы высокой частоты. Поэтому для правильной работы частотомера его рекомендуется подключать через простейший низкочастотный RC-фильтр с частотой среза около 3кГц (например, резистор 470 Ом и конденсатор 0.1 мкФ).

При измерении частоты модуляция генератора отключается.

Измеренная частота выходного напряжения генератора при установленной частоте «1024 Гц» по индикатору должна составлять 1024+-1 Гц.

Напряжение по вольтметру переменного тока на выходе генератора при отключенной модуляции на нагрузке 10 Ом и должно быть не менее 80 В.

б) Ток, отдаваемый генератором в нагрузку, можно измерять либо, непосредственно подключением к клеммам генератора амперметра переменного тока с рабочей частотой не менее 1 кГц, либо косвенно, измеряя падение напряжения на шунте с сопротивлением не более 1 Ом, рассчитанном на ток до 30 А. При измерениях выходного тока, порог ограничения тока устанавливается на максимальное значение (99%), а модуляция отключается.

Максимальный ток генератора должен быть не менее 30 А при закороченном выходе на частоте 1024 Гц.

2.6. Свидетельство о приемке

2.6.1. Контроль параметров изделия приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Наименование параметра	Должно быть	Факт
Ток короткого замыкания при питании от сети 220 В, частоте генерации 1024 Гц, с отключенной модуляцией	30А, не менее	
Частота на выходе генератор при установленной на индикаторе частоте 1024 Гц	1024+1 Гц	
Выходное напряжение при питании от сети 220 В, при частоте генерации 1024 Гц, на нагрузке 10 Ом, с отключенной модуляцией	80 В, не менее	

Данный генератор предназначен для обследования скрытых коммуникаций электромагнитным способом и работает в комплекте с поисковым приемником и электромагнитной антенной. Приборы электромагнитного поиска относятся к классу индикаторов (показывающих). **Генератор ГЗЧ-4М не подлежит поверке в органах метрологического обеспечения.**

Начальник ОТК _____
подпись расшифровка подписи

МП _____
дата

3. РАМКА ИНДУКЦИОННАЯ КАИ–4М

3.1. Основные сведения об изделии

3.1.1. Рамка индукционная, тип КАИ-4М (далее по тексту – кабелеискатель) предназначена для определения мест повреждения силовых кабелей индукционным методом совместно с генератором звуковой частоты, а также для поиска их трасс и определения глубины залегания.

3.1.2. Область применения – электросетевые предприятия, эксплуатирующие электрические распределительные сети напряжением 0,4-10 кВ.

3.2. Технические характеристики

3.2.1. Технические характеристики приемника индукционной рамки приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Наименование параметров	Значения
Частоты настройки, Гц	50 (ШП); 350; 800; 1000; 1024; 1024А; 1477; 10000
Полоса пропускания по уровню 0,5, Гц не более	20
Потребляемый ток, мА, (макс) не более	50
Напряжение питания (2 x АА), В	3
Габаритные размеры, мм, (мин) не более	Ø40x800
Масса, кг, не более	0,5

3.3. Указания по эксплуатации

3.3.1. Описание конструкции

3.3.1.1. Внешний вид изделия представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Внешний вид изделия.

3.3.1.2. Расположение органов управления приведено на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Расположение органов управления.

3.3.1.3. Рамка индукционная, тип КАИ–4М имеет автономное питание от 2 пальчиковых элементов типа АА. Это могут быть аккумуляторы, алкалиновые или солевые элементы питания. Предпочтение следует отдавать алкалиновым элементам питания. Элементы питания находятся в специальном отсеке (смотри рисунок 3.3). Для установки и замены элементов питания, необходимо повернуть (с нажатием) крышку против часовой стрелки и извлечь отсек питания. Необходимо строго соблюдать полярность элементов питания. После установки элементов питания, отсек вставить обратно и повернуть по часовой стрелке до щелчка.



Рисунок 3.3 – Отсек питания.

3.3.1.4. В задней крышке отсека питания расположены индикатор наличия питания и разъем для подключения головных телефонов (наушники). Смотри рисунок 3.4. Наушники применены стандартные с заменой кабеля на морозостойкий. Возможна замена на любые аудио наушники с гнездом 3,5 при применении переходника с 3.5 на 6.3мм.

Индикатор наличия питания при включении кабелеискателя будет мигать красным цветом, если состояние элементов питания в норме. При отсутствии мигания необходимо заменить элементы питания.



Рисунок 3.4 – Задняя крышка.

3.3.1.5. Рамка индукционная, тип КАИ–4М представляет из себя переносное устройство, которое позволяет регулировать длину (для удобства), в зависимости от роста человека работающего с ним. Смотри рисунок 3.5. При транспортировке КАИ–4М поставляется в сложенном виде.

Для изменения длины необходимо отвернуть ручку крепления подвижной штанги и вытянуть ее на необходимую длину. После чего закрепить ручкой. Часто пользоваться данной функцией не следует, так как возможен обрыв кабеля внутри штанги.



Рисунок 3.5 – Окончание штанги.

3.3.2. Порядок работы.

После распаковки изделия и установки элементов питания, необходимо подключить головные телефоны к разъему. Регуляторы чувствительности и громкости установить в минимальное положение вращением против часовой стрелки. Включить кабелеискатель выключателем питания. При включении питания в головных телефонах прозвучит короткий сигнал, что свидетельствует о прохождении внутреннего теста. После этого необходимо выбрать необходимую частоту приема сигнала. Регуляторами чувствительности и громкости установить наиболее комфортный уровень приема сигнала.

3.3.3. Назначение переключателя частоты приема.

Переключатель частоты приема предназначен для перевода приемника кабелеискателя в режим приема необходимой частоты сигнала. Смотри Рисунок 3.6. В кабелеискателе КАИ–4М существуют две основные частоты настройки приемника, при котором соблюдаются основные характеристики кабелеискателя (чувствительность, избирательность). Это частота 1024Гц. В данном кабелеискателе схемно заложены аналоговые и цифровые фильтры. Это дает возможность оперативно переходить от одного фильтра к другому в зависимости от условий приема. Включение переключателя частоты в положение 1024А (красная надпись), включает аналоговый фильтр настроенный на основную частоту 1024Гц. Черная надпись означает включение цифрового фильтра на частоту 1024Гц. Остальные положения переключателя включают только цифровые фильтры. Применение цифровых фильтров позволяет использовать режим отсечки сигнала, т.е. при определенном уровне сигнала он пропадает. Это дает возможность отстроиться от определенных видов помех.

Для поиска кабеля пассивным методом (нагруженный кабель 50Гц) на кабелеискателе существует два положения переключателя, это положение ШП и положение 350.

В положении ШП приемник кабелеискателя принимает все частоты начиная от 50Гц до 2000Гц. Это дает возможность поиска трассы нагруженного силового кабеля без применения генератора звуковой частоты. При этом в наушниках будет слышен фон частотой 50Гц. Положение переключателя 350 означает настройку приемника кабелеискателя на частоту седьмой гармоники частоты 50Гц. В наушниках при этом, при приеме сигнала частотой 50Гц, будет слышен сигнал частотой 350Гц. Этот сигнал более выраженный чем фон частотой 50Гц., значит его можно более четко и точно локализовать.

Частота настройки на 800Гц дает возможность приема сигнала от электромашинных преобразователей типа ПВС 8-800 или ему подобных.

Частота 1000Гц применяется при наличии генераторов на соответствующую частоту.

Частота 1477Гц реализована, как более перспективная при меньшем количестве помех приему. Частота 10000Гц применяется для поиска трассы кабеля с использованием генератора звуковой частоты. Использование той или иной частоты это субъективный выбор пользователя, исходя из его профессиональных возможностей и привычек.

4. ДАТЧИК АКУСТИЧЕСКИЙ ДА-4

4.1. Основные сведения об изделии

4.1.1. Датчик акустический ДА-4 предназначен для определения мест повреждения силовых кабелей акустическим методом совместно с генератором ударных импульсов.

4.1.2. Область применения – электросетевые предприятия, эксплуатирующие электрические распределительные сети напряжением 0,4-10 кВ.

4.2. Технические характеристики

4.2.1. Технические характеристики акустического датчика приведены в таблице 4.1. Таблица 4.1.

Наименование параметров	Значения
Напряжение питания (2 x АА), В	3
Потребляемый ток, мА, не более	20
Габаритные размеры, мм, не более	Ø100x830
Масса, кг, не более	5

4.3. Указания по эксплуатации

4.3.1. Описание конструкции

4.3.1.1. Внешний вид изделия представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Внешний вид изделия.

4.3.1.2. Расположение органов управления приведено на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Расположение органов управления.

4.3.1.3. Датчик акустический ДА-4 имеет автономное питание от 2 пальчиковых элементов типа АА. Это могут быть аккумуляторы, щелочные или солевые элементы питания. Предпочтение следует отдавать щелочным элементам питания. Элементы питания находятся в специальном отсеке (смотри рисунок 4.3). Для установки и замены элементов питания, необходимо повернуть (с нажатием) крышку против часовой стрелки и извлечь отсек питания. Необходимо строго соблюдать полярность элементов питания. После установки элементов питания, отсек вставить обратно и повернуть по часовой стрелке до щелчка.



Рисунок 4.3 – Отсек питания.

4.3.1.4. В задней крышке отсека питания расположены индикатор наличия питания и разъем для подключения головных телефонов (наушники). Смотри рисунок 4.4. Наушники применены стандартные с заменой кабеля на морозостойкий. Возможна замена на любые аудио наушники с гнездом 3,5 при применении переходника с 3.5 на 6.3мм.

Индикатор наличия питания при включении датчика будет мигать красным цветом, если состояние элементов питания в норме. При отсутствии мигания необходимо заменить элементы питания.



Рисунок 4.4 – Задняя крышка.

4.3.2. Порядок работы.

После распаковки изделия и установки элементов питания, необходимо подключить головные телефоны к разъему. Регулятор громкости установить в минимальное положение вращением против часовой стрелки. Включить акустический датчик выключателем питания. Регулятором громкости установить наиболее комфортный уровень приема сигнала.

При работе генератора ударных импульсов оператор, пошагово перемещая по поверхности вдоль трассы кабеля датчик, в направлении увеличения сигнала находит точку с максимальным сигналом, которая находится непосредственно над МП.

5. РАМКА НАКЛАДНАЯ РН–4

5.1. Основные сведения об изделии

5.1.1. Накладная рамка применяется при поиске поврежденной жилы в КЛ или выделения кабеля из пучка, после точной локализации места повреждения и проведения раскопок. Неправильное определение поврежденного кабеля перед проведением электромонтажных работ может вызвать опасные для жизни персонала последствия, или выход из строя системы электроснабжения потребителей.

5.1.2. Область применения – электросетевые предприятия, эксплуатирующие электрические распределительные сети напряжением 0,4-10 кВ.

5.2. Указания по эксплуатации

5.2.1. Описание конструкции

5.2.1.1. Внешний вид изделия представлен на рисунке 5.1.

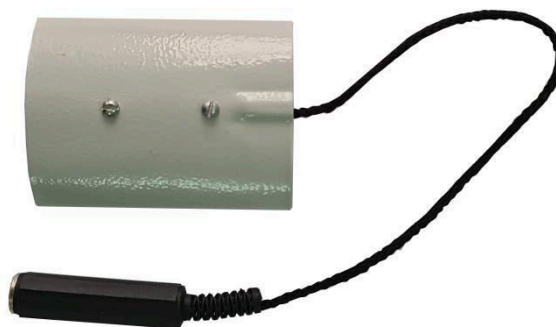


Рисунок 5.1 – Внешний вид изделия.

5.2.2. Принцип работы.

Применение рамки для линий, проложенных в земле, требует вскрытия трассы с помощью шурфов. Накладная рамка практически представляет собой вариант магнитной антенны, конструктивно приспособленный для выполнения функции выделения требуемой жилы кабеля или конкретного кабеля из пучка совместно проложенных.

При выделении поврежденного кабеля из пучка генератор подключается к двум неповрежденным жилам кабеля. На другом конце кабеля эти жилы закорачиваются. К разъему рамки в качестве звукового индикатора сигнала подключается головной телефон. Такой вариант применения рамки требует от генератора значительно больших токов. В наушниках слышен сигнал с частотой генератора.

Оператор вращает рамку вокруг кабеля (пучка) при включенном генераторе звуковой частоты. За один полный оборот сигнал будет дважды достигать максимума и минимума.

Возможно использование накладной рамки для поиска междуфазных повреждений. Генератор подключают между поврежденными жилами. До места повреждения будут наблюдаться два максимума сигнала. После места повреждения в наушниках будет прослушиваться монотонное звучание. Понятно, что для осуществления поиска потребуется сделать несколько шурфов на протяжении кабельной линии.

Генератор можно подключать по другим схемам, например, жила-земля или оболочка-земля. В этом случае будет индицироваться один максимум сигнала.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЯ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

С помощью индукционного метода поиска локализуются обрывы жил, замыкания жила-жила, жила-оболочка, двух- и трехфазные замыкания устойчивого характера при различных значениях переходного сопротивления в месте дефекта. Основные принципы поиска индукционным методом, реализуются с применением специализированного оборудования. Для всех видов повреждений перед началом ОМП (определение места повреждения) определяют и размечают трассу кабеля.

Поиск обрыва жилы

Генератор поисковый подключается к кабельной линии по схеме «оборванная жила-броня» – рисунок 6 (а).

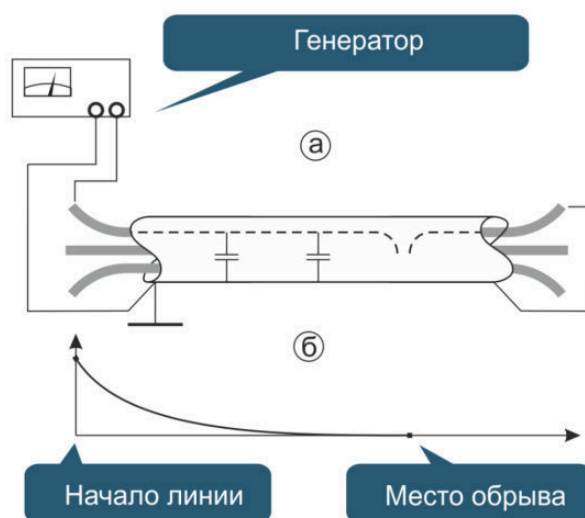


Рисунок 6 – Непосредственное подключение генератора по схеме «оборванная жила - броня».

Этот вариант поиска использует наличие распределенной емкости кабельной линии. Сигнальный ток генератора протекает через подключенную к нему поврежденную жилу, распределенную емкость кабеля и броню кабельной линии. При удалении от начала кабеля ток в подключенной жиле постепенно убывает из-за ответвления на распределенную по длине емкость. Соответственно интенсивность поля, вокруг кабеля, при удалении от точки подключения к генератору также убывает. Напряженность магнитного поля над кабелем в месте обрыва становится нулевой. Характер изменения магнитного поля вдоль кабельной линии показано на Рисунке 6 (б).

Как видно из графика точность определения места обрыва невысока. Чтобы уменьшить погрешность определения места обрыва целесообразно подключать генератор поочередно к разным концам поврежденной жилы, проводя поиск на участке, к которому подключен генератор.

Для увеличения напряженности магнитного поля над кабельной линией, необходимо увеличить ток, протекающий по кабелю. Это позволит более четко отслеживать сигнал. Увеличения тока можно добиться уменьшением емкостного сопротивления, либо увеличением частоты генератора. Уменьшить емкостное сопротивление можно увеличив погонную емкость кабеля параллельным соединением нескольких жил кабеля.

Для повышения точности определения места повреждения можно рекомендовать следующую последовательность действий. Генератор подключают к одному концу кабеля. Следуют вдоль трассы, контролируя уровень сигнала на приемнике. При уменьшении

сигнала до определенного уровня, например, до 5 ед. отмечают на трассе эту точку. Затем генератор подключают к другому концу кабеля и повторяют процедуру. Расстояние между двумя отмеченными точками с одинаковым уровнем сигнала делят пополам. Это и будет наиболее вероятная точка обрыва.

Поиск междуфазного повреждения

При стандартной по глубине прокладке кабеля этот вид повреждения как правило не вызывает затруднений в его локализации. Генератор для поиска повреждений кабеля подключается к двум замкнутым в месте повреждения жилам кабельной линии по схеме, показанной на рисунке 7.

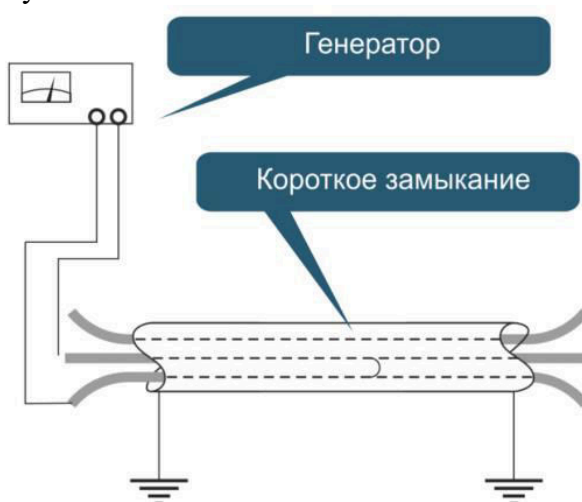


Рисунок 7 – Схема подключения генератора к двум поврежденным жилам кабельной линии в случае их короткого замыкания.

Сигнальный ток генератора протекает непосредственно по поврежденным жилам кабельной линии во встречных направлениях. Как известно в этом случае магнитное поле, создаваемое током обратно пропорционально квадрату расстояния от кабеля. Генератор при поиске включен в режиме непрерывной генерации. Поиск производится на минимальной частоте – **350 Гц**. Эта частота оптимальна с точки зрения минимизации потерь и наводок на соседние коммуникации и позволяет локализовать междуфазные повреждения на расстояниях в несколько километров.

Перед началом поиска повреждения необходимо выбрать и задать минимальный ток генератора, при котором приемник уверенно принимает сигнал генератора на максимальной чувствительности. Реализация этого правила требует наличия двух операторов. Один из операторов регулирует уровень сигнального тока, пошагово повышая его и одновременно фиксируя его стабильность. Второй оператор, находящийся над трассой кабеля в зоне повреждения с приемником КАИ–4М, фиксирует момент появления сигнала достаточного для уверенного поиска. На практике достаточно сигнального тока, обеспечивающего при максимальной чувствительности приемника уровень сигнала в 25...50% полной шкалы его индикатора. Хотя решающим в выборе может быть личный опыт оператора. Например, для кабеля ААБ сечением 50 кв.см, проложенного на глубине 70 см при частоте генератора **800 Гц** и небольшом расстоянии от места подключения генератора до повреждения достаточно тока 100...200 мА. Работа на частоте **10000 Гц** требует существенно большего тока.

Если выбранный сигнальный ток остается стабильным, значит, сопротивление в точке повреждения кабеля не изменяется под воздействием протекающего тока. Это гарантирует успех поиска не зависимо от величины переходного сопротивления в точке повреждения - стабильность сопротивления дефекта здесь ключевой фактор. В случаях, когда замыкание произошло в результате аварии его сопротивление, как правило, близко к нулю и достаточно стабильно. Повреждения, обнаруженные в процессе испытания, могут

иметь очень большие сопротивления. Если это сопротивление не меняет свою величину при протекании тока от поискового генератора и приемник обладает достаточной чувствительностью, то для локализации места повреждения можно применять индукционный метод поиска (без прожига). Однако элементарный расчет показывает, что такая ситуация возможна только для достаточно низких переходных сопротивлений.

Кроме того, минимальный сигнальный ток позволяет минимизировать сигнал, наведенный на близко расположенные коммуникации и помехи на приемник от этих коммуникаций.

Если в месте повреждения есть электрический контакт поврежденной жилы с оболочкой желательнее устранить его, например, воздействуя на ненужный контакт высоковольтным импульсом.

При движении оператора с приемником вдоль трассы кабельной линии уровень принимаемого сигнала будет периодически уменьшаться и увеличиваться. Это объясняется наличием повива (скрутки) жил кабельной линии. Из-за повива жил и взаимовлияния магнитных полей от двух противоположно направленных токов в жилах вокруг кабеля возникает результирующее спиральное поле («твист-эффект»). На рисунке 8(а) показаны повив двух короткозамкнутых жил кабельной линии и токи в них. На рисунке 8(б) приведен график уровня сигнала при движении с горизонтально расположенной катушкой приемника вдоль трассы кабельной линии. На рисунке 8(в) показано распределение магнитных полей от двух скрученных жил в разрезе А-А и В-В кабельной линии. При вертикальном расположении поисковой катушки слышимость также периодически изменяется из-за скрутки, рисунок 8(г). В точке повреждения может быть, как увеличение, так и уменьшение уровня сигнала. Это зависит от ориентации жил в месте повреждения. После прохождения места повреждения уровень сигнала снижается до нуля, периодически меняющийся сигнал обусловленный шагом скрутки отсутствует. Наличие сигнала скрутки до места повреждения и отсутствие после - главный признак, позволяющий точно локализовать место междуфазного повреждения. Следует помнить, что сигнал с шагом повива будет наблюдаться при глубине прокладки кабеля не превышающей шаг повива более чем на 20...50%.

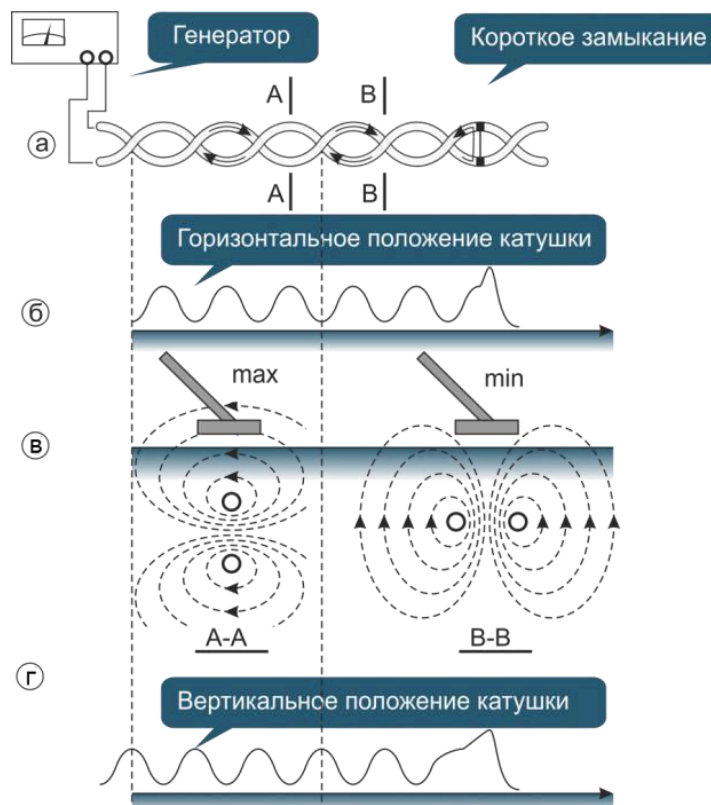


Рисунок 8 – Изменение сигнала кабельной линии из-за повива.

На рисунке 9 показана кабельная линия с муфтой и участком, имеющим увеличение глубины залегания. Вверху приведена зависимость интенсивности магнитного поля кабельной линии от длины. *Над муфтами и другими неоднородностями кабельной линии интенсивность магнитного поля изменяется.* Непосредственно над муфтой уровень сигнала увеличивается за счёт большего расстояния между жилами в муфте.

Длина интервала с максимальным уровнем сигнала увеличивается относительно шага скрутки кабеля ($c > d$, рисунок 9). За муфтой сигнал опять меняется по уровню с шагом скрутки. По этим признакам определяется место расположения муфты на кабеле. В местах, где кабельная линия плавно уходит на большую глубину наблюдается плавное уменьшение интенсивности магнитного поля. В местах, требующих особой защиты кабельной линии от механических повреждений, кабель прокладывают в металлических трубах. В этих случаях из-за экранирования наблюдается значительное ослабление интенсивности магнитного поля. В месте короткого замыкания между жилами кабельной линии ток от индукционного генератора меняет свое направление, структура магнитного поля вокруг кабеля изменяется, и компенсация от жил проявляется более слабо. Поэтому над местом повреждения интенсивность магнитного поля увеличивается (рисунок 9), а после прохождения места повреждения плавно уменьшается, при этом сигнал от шага скрутки практически не наблюдается.

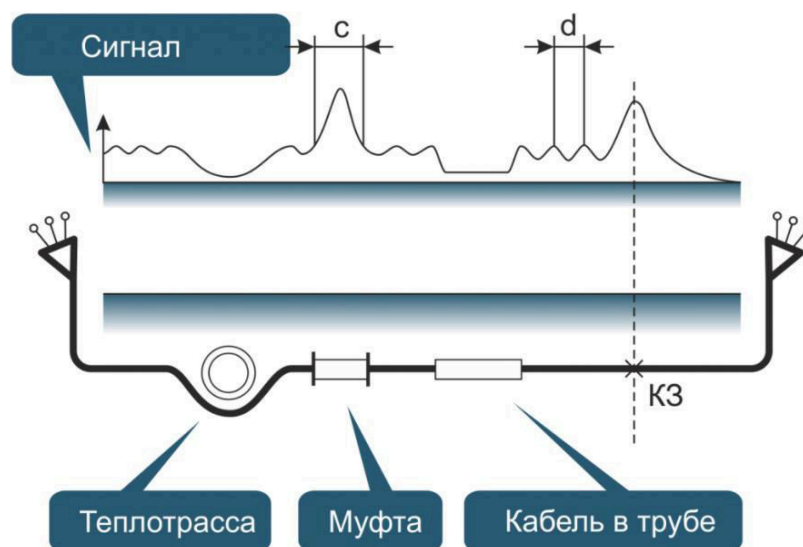


Рисунок 9 – Кабельная линия с неоднородностями и распределение магнитного поля по длине.

Трудности при локализации междуфазного повреждения возникают, когда кроме основного полезного сигнального тока протекающего по жилам кабеля присутствуют, так называемые, токи растекания. Эти токи возникают, если кроме основного пути для тока (генератор - жила 1 - повреждение - жила 2 - генератор) существуют пути утечки тока на «землю». Например, в месте повреждения есть утечка или замыкание на оболочку и броню. Ток растекания в отличие от сигнального является током одиночного проводника. Поле, создаваемое таким током, убывает обратно пропорционально расстоянию от кабеля в то время как поле сигнального (ток пары проводников) обратно пропорционально квадрату расстояния. Понятно, что в таком случае токи растекания даже значительно меньшие сигнального могут создать поле «забивающее» полезное поле сигнального тока. Радикально решить эту проблему можно ликвидировав замыкание или утечку в месте повреждения и разорвав все связи кабеля с землей. Однако если кабель имеет не одно повреждение и заземленные муфты такое решение проблематично.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

Акустический метод поиска повреждений кабеля практически универсален. Он позволяет находить повреждения различного типа: «заплывающие» пробой, однофазные и междуфазные повреждения с различными переходными сопротивлениями, обрывы одной или нескольких жил. При этом полное замыкание с маленьким переходным сопротивлением не дает искрового разряда и не может быть определено данным методом. В ряде случаев с помощью акустического метода поиска возможно найти несколько повреждений на одной кабельной линии.

Общий принцип

Сущность акустического метода обнаружения повреждений кабельных линий видна из самого его названия. Информативным параметром является уровень кратковременного звукового сигнала – щелчка, удара, возникающего одновременно с электрическим искровым или дуговым разрядом, происходящим в месте повреждения (МП) кабеля в момент подачи на него высоковольтного импульса электрического напряжения. Для контроля и индикации сигнала используется высокочувствительный акустический датчик (микрофон), преобразующий звуковой сигнал в электрический. Оператор, пошагово перемещая по поверхности вдоль трассы кабеля датчик, в направлении увеличения сигнала находит точку с максимальным сигналом, которая находится непосредственно над МП. Таким образом, локализуют место повреждения (рисунок 10).

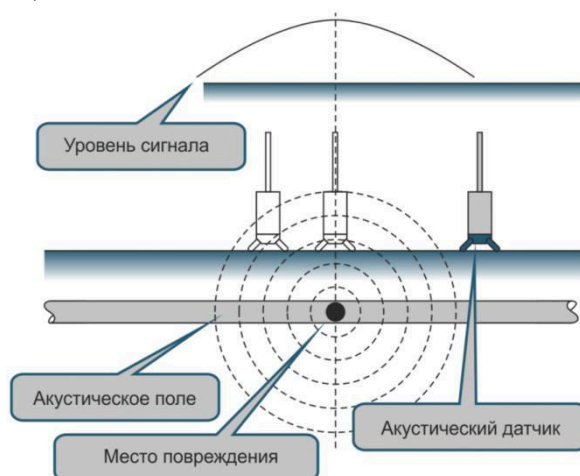


Рисунок 10 – Определение точного местонахождения кабеля.

Акустический сигнал в грунте

Акустический сигнал в грунте довольно быстро затухает и область обнаружения МП акустическим методом при стандартной глубине прокладки кабеля ограничивается несколькими десятками метров. В самом лучшем случае это сотня метров. Ограничения связаны с характеристиками грунта, энергией разряда и чувствительностью применяемой аппаратуры.

Виды повреждений

Очевидно, что необходимым условием для возникновения электрического пробоя является наличие достаточно большого электрического сопротивления в МП кабеля. Есть сопротивление – есть «предмет для пробоя». Нет сопротивления (короткое замыкание) – при подаче импульса напряжения будет импульс тока, но электрического разряда, а значит и акустического сигнала, не будет. Практика показывает, что сопротивление

должно быть не меньше нескольких десятков Ом. Такое ограничение определяет виды повреждений, которые можно обнаруживать, используя акустический метод, т.е. область применения метода. Это утечки в изоляции, «заплывающие» пробой, однофазные и междуфазные повреждения с различными переходными сопротивлениями, обрывы одной, двух или всех жил.

Схемы подключения генератора к кабелю

Для создания разряда необходимо специальное оборудование. Это импульсные, т.н. ударные генераторы, способные создать мощный электрический разряд. Энергия необходимая для создания разряда накапливается в достаточно большой электрической емкости и через коммутатор или разрядник подается на кабель. Длительный опыт использования ударных генераторов показал, что в большинстве случаев достаточно энергии до 2000 Дж. Использование генераторов с энергией более 3000 Дж может быть опасным для кабеля, поскольку очень большие импульсные токи в момент разряда порождают очень сильные магнитные поля, сопровождающиеся мощными механическими воздействиями на элементы конструкции кабеля.

Схема определения места повреждения зависит от вида повреждения КЛ. Если произошел «заплывающий» пробой (как правило, в муфтах), то сопротивление в месте повреждения большое – единицы и десятки мегаом. При этом с помощью генератора напряжение доводится до пробоя. При устойчивых замыканиях, имеющих переходное сопротивление в месте повреждения от единиц Ом до десятков килоом, используется генератор, разрядник и накопительная (зарядная) емкость или емкость неповрежденных жил. Через разрядник высоковольтный импульс посылается в поврежденную жилу кабеля, в месте повреждения которой происходит пробой, вызывающий акустический сигнал.

Способы подключения генератора к кабелю в зависимости от вида повреждения изображены на рисунке 11:

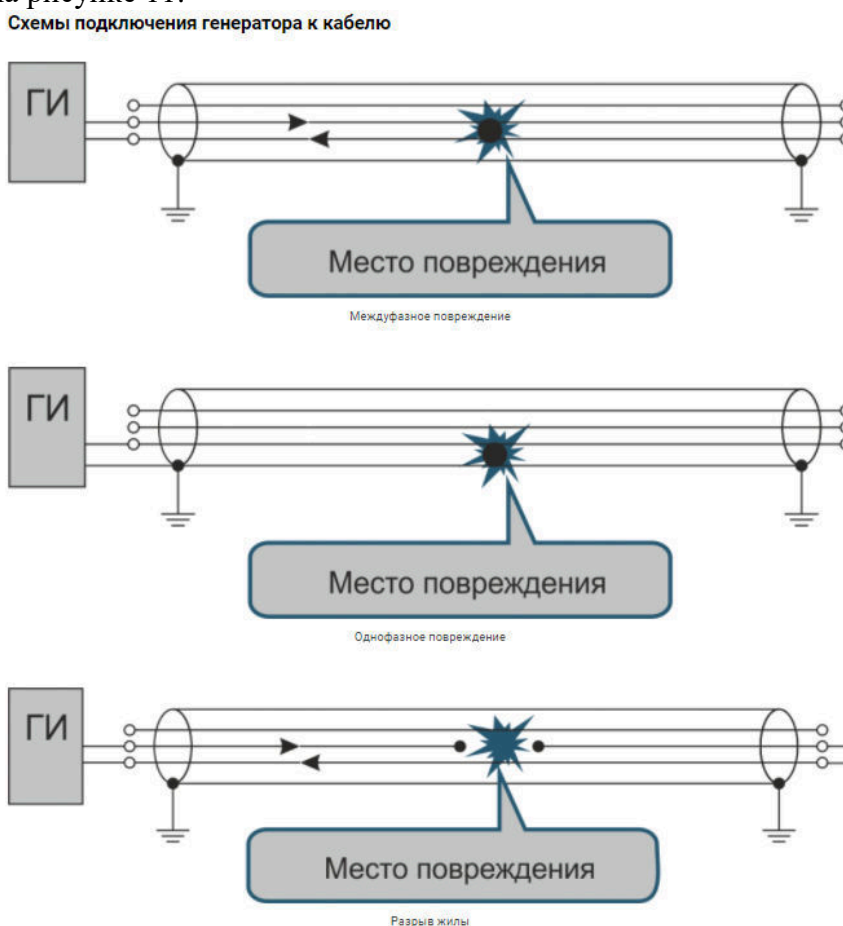


Рисунок 11 – Способы подключения генератора

Сочетание с индукционным методом поиска

Вариант акустического метода определения места повреждения кабельной линии в сочетании с индукционным методом может быть эффективным в сложных случаях, когда акустический сигнал слаб и имеет «размытую» характеристику без четкого максимума уровня. Это затрудняет локализацию МП, сильно уменьшает точность его определения. Для реализации этого метода необходимо акустический приемник дополнить электромагнитным каналом, состоящим из магнитной антенны и усилителя. Магнитное поле, возникающее при разряде, достигает магнитной антенны практически мгновенно, поскольку скорость его распространения сравнима со скоростью света (300 000 км/сек). Скорость распространения звука в грунте измеряется сотнями метров в секунду. Принимая оба сигнала и измеряя время запаздывания звукового сигнала относительно магнитного можно оценить расстояние до места повреждения. При приближении к МП задержка будет уменьшаться и непосредственно над ним будет минимальна. Последовательность действий при проведении поиска такая же, как и для акустического метода, но кроме (или вместо) контроля уровня акустического сигнала, увеличивающегося с приближением к МП, контролируется величина задержки, уменьшающаяся по мере приближения к МП.

Нестандартный вариант акустического метода

Нестандартный вариант акустического метода определения повреждений кабеля может использоваться, когда в МП сопротивление равно нулю, т.е. имеет место короткое замыкание, а использование индукционного метода невозможно. Как уже упоминалось выше, при прохождении большого тока по близко расположенным проводникам возникают мощные силы, притягивающие или отталкивающие эти проводники. Поскольку любая изоляция, разделяющая эти проводники, обладает определенной упругостью, она сжимается или растягивается (в зависимости от направления силы). Если ток носит импульсный характер механические взаимодействия между элементами конструкции кабеля – жилами, или жилой и оболочкой – тоже носят импульсный, взрывной характер. Жилы или жила-оболочка «хлещут» друг по другу. При этом возникают и звуковые щелчки – «шлепки». В отличие от «классического» случая с локальным разрядом и локальным же акустическим «щелчком» в описываемом случае звук порождается на всей протяженности кабеля, где протекает ток, т.е. до места КЗ. Это обстоятельство и позволяет локализовать МП. Если оператор слышит щелчки, он находится до МП. После прохождения МП звук постепенно уменьшается и исчезает, т. к. ток в кабеле отсутствует и соответственно отсутствует механическое взаимодействие порождающее звук. Место, где начинает уменьшаться уровень звукового сигнала и является МП. Естественно уровень акустического сигнала в рассматриваемом случае значительно меньше, чем в случае мощного разряда происходящего в МП, практически в одной точке и для успешной реализации метода требуется наличие высокочувствительного оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

Знание глубины залегания подземной коммуникации является необходимым условием для безопасного проведения различных земляных или ремонтных работ без риска повредить коммуникации. Индукционные трассоискатели позволяют решить эту задачу. Описанные ниже работы по определению глубины залегания коммуникаций можно производить, используя как активный (с применением генератора), так и пассивный методы.

Определение глубины залегания кабельной линии методом 45 градусов

Рассмотрим определение глубины залегания кабельной линии индукционными трассоискателями методом 45 градусов. Он основан на следующем: при перемещении наклоненной под углом 45° к горизонту катушки вдоль поверхности земли, наводимый в ней сигнал от кабеля будет изменяться согласно рисунку 12.

Антенна трассоискателя конструктивно выполнена в виде штанги, к концу которой прикреплена подвижная поисковая катушка, которая может фиксироваться под различными углами к оси штанги, в том числе и под углом 45° .

Определение глубины залегания кабельной линии производят в следующем порядке:

1. К кабельной линии подключают генератор. Варианты подключения могут быть различными.

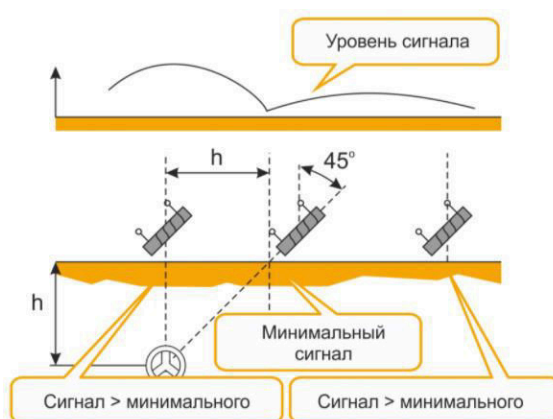


Рисунок 12 – Сигналы в поисковой катушке в зависимости от ее расположения относительно силовых линий магнитного поля.

2. Используя описанные в блоге методы при помощи приемника, находят трассу кабельной линии в том месте, где необходимо определить глубину ее залегания.

3. Располагают штангу приемника над местом залегания кабельной линии таким образом, чтобы ось поисковой катушки на конце штанги была перпендикулярна поверхности земли. Перемещаются со штангой приемника перпендикулярно трассе пролегания кабельной линии то в одном, то в другом направлении до тех пор, пока не будет найдено положение с минимальной громкостью сигнала. При этом необходимо выбрать такое положение штанги, при котором смещение в любую сторону приводит к одинаково резкому увеличению громкости.

Отмечают на поверхности земли точку 1 с минимальной громкостью сигнала генератора. Располагают штангу антенны над точкой 1 таким образом, чтобы ее ось была перпендикулярна поверхности земли, а ось поисковой катушки лежала в плоскости, перпендикулярной оси кабеля под углом 45° к горизонту. Со штангой перемещаются от точки 1 перпендикулярно трассе кабельной линии сначала в одном, а затем в противоположном направлении до тех пор, пока не определят положения (точка 2 и точка 3) с минимальным уровнем сигнала.

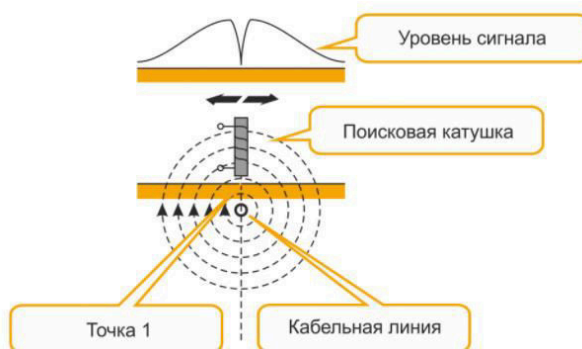


Рисунок 13 – Определение точного местонахождения трассы кабельной линии.

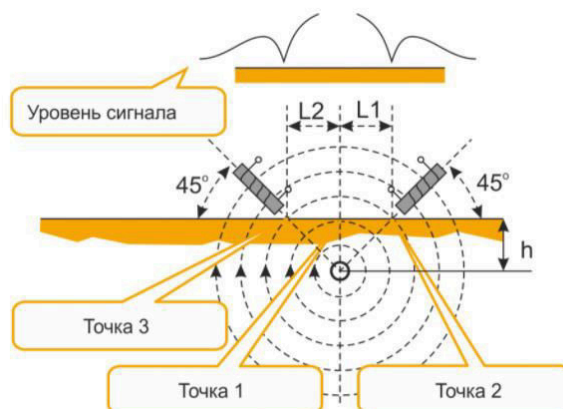


Рисунок 14 – Определение глубины залегания кабельной линии.

Согласно рисунку 14 расстояние от точки 1 до точки 2 или 3 будет равно глубине залегания кабельной линии, т.е. выполняются равенства $L1=L2$, $L1=h$ и $L2=h$, а также $h=(L1+L2)/2$.

Определение глубины залегания кабельной линии методом градиента сигнала

Существует более быстрый и простой способ определения глубины залегания кабеля. Он применим при подключении генератора к кабелю по схеме "броня-земля" или "оболочка-земля", когда магнитное поле создается одиночным током и для кабелей под нагрузкой (пассивный метод). В этих случаях величина магнитного поля обратно пропорциональна расстоянию от кабеля.

Последовательность определения глубины состоит из двух шагов. Сначала фиксируют уровень сигнала в позиции антенны А1 (катушка на поверхности земли над кабелем, ось катушки перпендикулярна оси кабеля). Затем антенну, сохраняя ее ориентацию в пространстве, поднимают вверх в позицию А2, в которой уровень сигнала в два раза меньше первоначального. Расстояние по вертикали между двумя положениями катушки антенны равно глубине h залегания кабеля.

Максимальная глубина, определяемая этим методом, ограничена максимальной высотой, на которую оператор может поднять вертикально вверх катушку антенны.

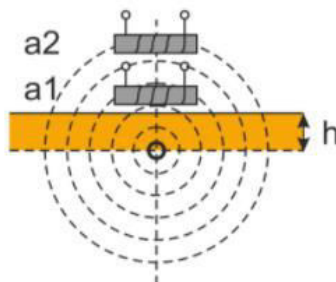


Рисунок 15 – Метод градиента сигнала.

Особенности определения глубины залегания при близком прохождении кабельных линий

Рассмотренная методика определения глубины залегания дает правильные результаты в том случае, когда силовые линии магнитного поля имеют форму концентрических окружностей, как показано выше. При этом расстояния от Точки 1 (над кабелем) до Точки 2 и Точки 3 с минимальным уровнем сигнала одинаковы или близки по величине. Если форма силовых линий магнитного поля искажена, то точное определение глубины залегания кабельной линии описанным выше методом затруднено.

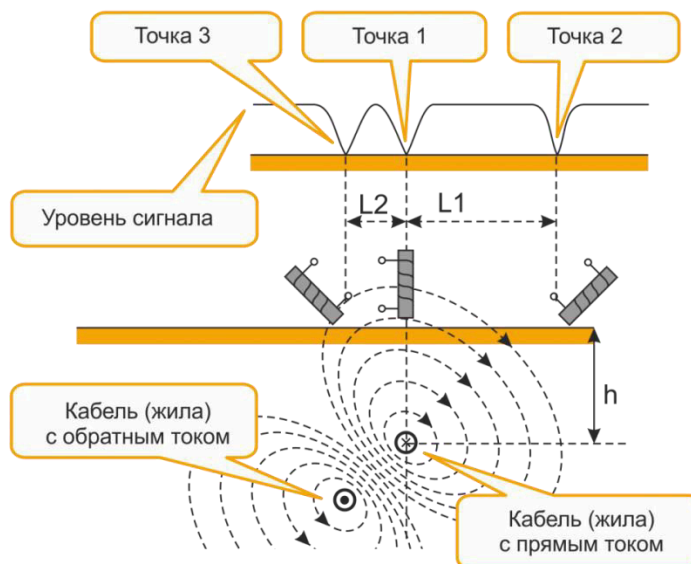


Рисунок 16 – Искажение магнитного поля при близком прохождении других кабельных линий (жил) с обратным током.

Искажение силовых линий магнитного поля имеет место, когда пути прохождения прямого и обратного токов кабеля расположены достаточно близко друг около друга. Например, если прямой ток протекает по одной жиле кабеля, а обратный – по другой жиле того же кабеля. Аналогичная ситуация возникает в случае, когда прямой ток протекает по одному исследуемому кабелю, а обратный – по второму проложенному близко к первому. Этот случай показан на рисунке 16. Из рисунка видно, что из-за искажения формы магнитного поля Точка 1' смещена относительно места залегания обнаруживаемой кабельной линии, Точка 2' и Точка 3' несимметрично расположены относительно Точки 1, а также имеют место неравенства: $L1' \neq L2$, $L1' \neq h$, $L2' \neq h$ и $(L1'+L2')/2 \neq h$. Следовательно, при таком искажении магнитного поля измерения по описанным ранее методам приведут к ошибкам, как в определении места, так и глубины залегания кабельной линии. Поэтому, при измерении глубины залегания кабельной линии предварительно производится проверка прохождения трассы кабельной линии. Основным признаком искажения магнитного поля и, следовательно, ошибочного определения месторасположения трассы и измерения глубины залегания кабельной линии является неравенство: $L1 \neq L2$, причем, если отличие между этими величинами превышает 15...20%. Для проведения более достоверных измерений необходимо попытаться изменить путь прохождения обратного тока, как указывалось выше.