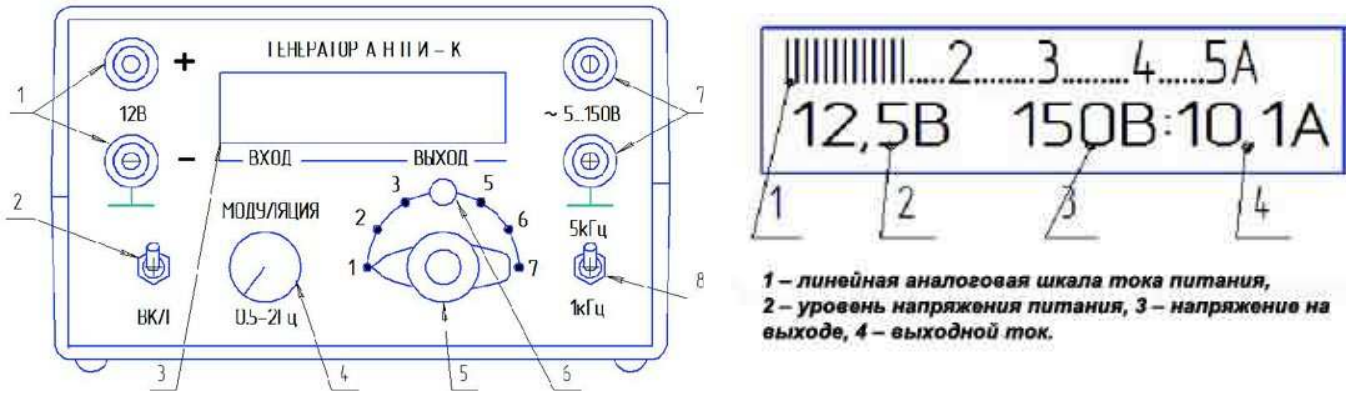


## Порядок работы с комплексом АНПИ-К.

### Генератор АНПИ-К.



**Передняя панель генератора АНПИ-К:** 1 – клеммы подключения источника питания; 2 – тумблер включения питания; 3 – символный индикатор; 4 – ручка установки частоты модуляции; 5 – переключатель напряжения выхода; 6 – светодиодный индикатор напряжения выхода; 7 – клеммы выходного напряжения.

Клеммы питания генератора соединяются с источником постоянного тока или аккумулятором с соблюдением обозначенной полярности. Выходное напряжение устанавливается на минимум переключателем напряжения (крайнее левое положение).

Тумблером «Вкл» включается генератор и контролируется напряжение источника питания по показанию символьного индикатора (слева снизу) и наличие генерации напряжения по показанию на индикатора (напряжение и ток выхода справа снизу). Светодиодный индикатор выхода должен вспыхивать с частотой около 1 Гц. Ручкой «Модуляция» можно выбрать подходящий «темп» генератора, контролируя его по миганию светодиода.

После предварительной проверки генератора для подключения нагрузки генератор необходимо обязательно выключить, чтобы обезопасить себя от попадания под напряжение с выхода генератора.

Нижняя клемма выхода генератора, обозначенная символом заземления, соединяется проводом с заземляющим стержнем, который втыкается как можно глубже в грунт. Точка заземления должна быть отнесена перпендикулярно оси трассы на возможно большее расстояние. Место заземления рекомендуется для уменьшения сопротивления увлажнять. Можно использовать естественные заземлители на местности, например, заглубленные или лежащие на мокром грунте металлические предметы, при этом необходимо убедиться в отсутствии непосредственного электрического контакта объекта и заземлителя.

Вторая (верхняя) выходная клемма генератора подключается проводом с магнитной клипсой к металлическому участку на обследуемом объекте. Место подключения необходимо подготовить (очистить) для обеспечения хорошего электрического контакта.

Выходное напряжение устанавливается ступенчатым переключателем выхода на минимальный уровень (обозначен числом 1). Включение генератора производится после того, как сделаны все соединения.

После включения генератора контролируют его работу и состояние нагрузки по показаниям символьного индикатора и по горению светодиодного индикатора выхода.

Если необходимо увеличить сигнал, выходное напряжение увеличивается ступенями до момента «насыщения», когда уровень выходного напряжения и тока резко замедляют свой рост (или уменьшается) по сравнению с предыдущими ступенями. Этот момент характеризует режим перегрузки генератора с ограничением тока схемой защиты. При перегрузке эффективность работы генератора (его КПД) снижается. Рекомендуется снизить выходное напряжение на одну ступень. Определение момента максимальной мощности генератора до входа в «насыщение» является процессом согласования генератора с сопротивлением нагрузки. Если сигнал генератора достаточен, то для экономии заряда аккумулятора выходное напряжение можно уменьшить.

Основная рабочая частота генератора — 1000 Гц. Она всегда должна совпадать с выбранной рабочей частотой приемника. Повышенная частота генератора (5000 Гц) предназначена (в основном) для бесконтактного режима передачи сигнала с помощью электромагнитной рамки. Повы-

шенная частота может применяться при работе на небольших участках трассы и в условиях сильных промышленных помех на основной рабочей частоте (1 кГц).

Если генератор используется для электромагнитной локации (трассировки) объектов, то полезным сигналом является величина тока от генератора в исследуемых объектах. Электромагнитная локация осуществляется направленной электромагнитной антенной приемника.

На (рис.а) представлен способ подачи сигнального тока на трубу (кабель), когда возвратный ток сигнала 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, когда возможно, следует заземлять трубу в конце исследуемого участка. Идеальным вариантом является использование для цепи обратного тока специально подключаемого провода, который располагается как можно дальше от обследуемой трассы. Это позволяет работать в условиях сильных помех, но на небольших расстояниях.

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

Для получения максимальной мощности генератора при сохранении КПД напряжение генератора плавно повышают до начала срабатывания защиты от перегрузки (уменьшение яркости светодиода на выходе генератора).

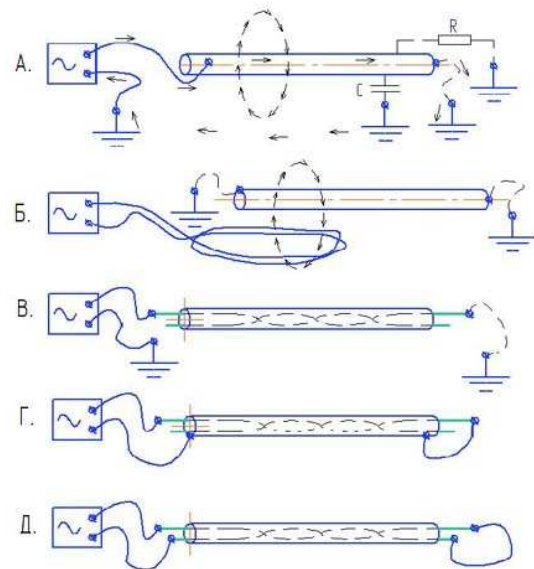
Местом непосредственного гальванического подключения генератора к коммуникациям могут быть смотровые колодцы коммуникаций и гидранты. В месте установки контактного магнитного зажима на коммуникацию необходимо обеспечить надежный электрический контакт (очистить место контакта от грязи и ржавчины).

Устанавливать штырь заземления необходимо как можно дальше (не менее 5-10 м) от коммуникации 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, кроме прилагаемого штыря, 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 сопротивление заземления можно увлажнить место установки заземляющего штыря и (или) 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 (рис.б). 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. Для бесконтактной передачи сигнала аппаратура комплектуется специальной электромагнитной излучающей рамкой. Полезный сигнал генератор при электромагнитной связи с объектом обычно значительно меньше, чем при гальваническом соединении. В режиме передачи сигнала генератора с помощью электромагнитной рамки целесообразно использовать повышенную рабочую частоту (5 кГц вместо 1 кГц). При этом дальность обследования (как правило) уменьшается, но чувствительность электромагнитной антенны приемника и эффективность электромагнитной рамки генератора возрастают.

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 (рис.в).

На (рис. г) показан вариант, когда в качестве возвратного провода используется проводящая за-

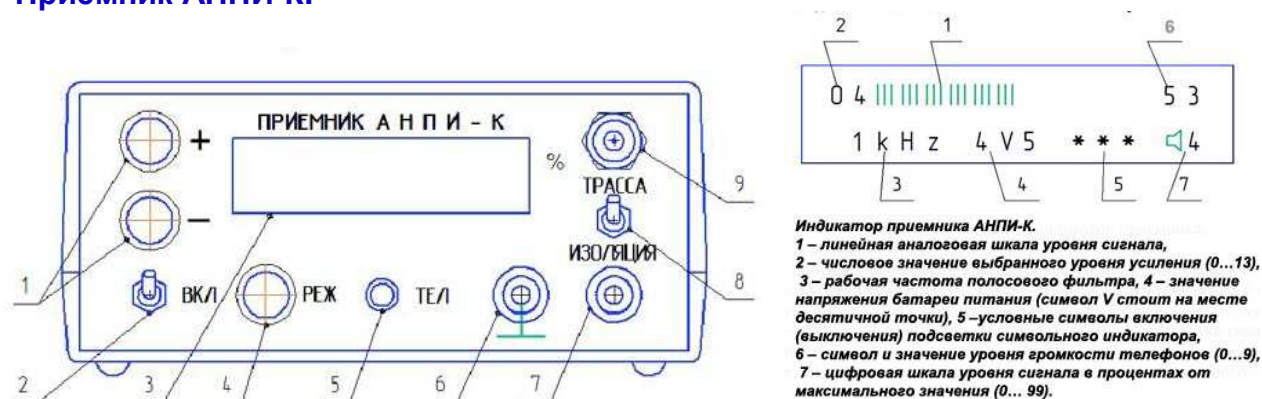


щитная оболочка кабеля. Несмотря на большой ток, который может протекать вдоль кабеля в этом режиме, излучаемый сигнал оказывается непропорционально меньшим. Это происходит из-за взаимной компенсации магнитных полей прямого и возвратного тока при близком расположении в пространстве двух проводников.

На (рис.д) 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 свивки 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.

При обследовании изоляции на наличие повреждений и контакта с грунтом на объект подается напряжение сигнала генератора. В этом случае для получения максимального сигнала выгодно работать с повышенным выходным напряжением генератора. Идеальным вариантом является непосредственное гальваническое соединение генератора с объектом который соприкасается с грунтом только через свое изоляционное покрытие. Частота сигнала выбирается наименьшей для уменьшения утечек сигнала через распределенную емкость грунта. При обследовании изоляции специальными селективными приемниками определяется характер изменения потенциалов сигнальной частоты по поверхности грунта над местом залегания коммуникаций, и локализуются «аномальные» зоны. Датчиками потенциала служат сигнальные штыри приемника, которые втыкаются в грунт в моменты измерения. При обследовании изоляции целесообразно генератор и приемник включать на пониженной частоте (1кГц вместо 5кГц) из-за большей дальности распространения электромагнитного сигнала на низких частотах.

## Приемник АНПИ-К.



### Передняя панель приемника АНПИ-К.

1 – кнопки изменения уровня усиления или изменения параметров настроек, 2 – выключатель питания, 3 – символьный индикатор, 4 – кнопка выбора режимов работы, 5 – гнездо для головных телефонов, 6 – заземленная клемма входа для обследования изоляции, 7 – сигнальная клемма входа для обследования изоляции, 8 – переключатель выбора входа приемника (трасса или изоляция), 9 – гнездо подключения антенны электромагнитной.

Перед использованием приемника целесообразно проконтролировать состояние его элементов питания. Для этого выключатель приемника «Вкл» переводится в верхнее положение и считываются показания символьного индикаторе (поз.5). При снижении значения напряжения питания на трех гальванических элементах до уровня 3.3 В их следует заменить. Для питания приемника предпочтительно использовать более емкие элементы (щелочные, алкалайновые, литиевые). Вместо гальванических элементов питания возможно использование аккумуляторов подходящего типа-размера. В этом случае показания индикатора следует скорректировать (у аккумуляторов разных типов напряжение в начале и конце заряда различаются).

Если приемник планируется использовать для определения положение скрытых и подземных объектов (трассировки), то к разъему «Трасса» приемника подключается электромагнитная антенна. Если потребуется поиск повреждения изоляции, то к клеммам «Изоляция» соответствующими проводами из комплекта аппаратуры присоединяются два сигнальных штыря (с изолированными ручками). Штыри предварительно собираются в рабочее положение. Каждый штырь соединяется с одним проводом посредством винта на металлическом наконечнике. Высота штырей, с собранным виде, может регулироваться цанговыми зажимами.

Основная рабочая частота приемника при работе совместно с генератором 1000 Гц. Проверку работоспособности аппаратуры перед началом работ можно произвести с помощью электромагнитной антенны. Приемник включается в режиме «Трасса». Если нажать и удерживать одновременно кнопки «+» и «-», то приемник сам выберет усиление, исходя из уровня шумов. Теперь можно приблизить антенну включенного приемника к работающему на частоте 1кГц генератору. Показания на индикаторе приемника должны пульсировать в такт с миганием светодиода выхода генератора и изменяются при изменении положения антенны относительно генератора. Даже не подключенный к нагрузке генератор является источником электромагнитных наводок, поэтому любые обследования можно считать достоверными на удалении в несколько десятков метров от места подключения генератора к объекту.

Если перевести переключатель частоты приемника в положение «100 Гц», то приемник может использовать в качестве сигнала ток станций катодной защиты. На частоте 100 Гц возможна как трассировка, так и обследование изоляции. В этом генератор аппаратуры можно не использовать.

### Определение расположения (трассировка).

Усиление приемника устанавливается в зависимости от уровня входного сигнала и фонового шума. Перед началом поиска выбирают такое усиление, чтобы указатель шкалы находился в начале шкалы (подстройка под уровень фоновых шумов). После обнаружения оси коммуникации усиление уменьшают так, чтобы указатель не «зашкаливал» при максимальном сигнале.

К антенному гнезду приемника присоединяется поисковая антенна и переключателем входов переводится в положение «Трасса». Если ось поискового контура расположить параллельно поверхности земли (**рис 1.**), то ось трассы определяется оператором по максимальному сигналу, прослушиваемому в головных телефонах или по максимальным показаниям индикатора приемника.

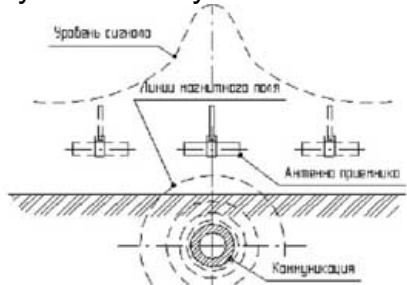


Рис.1. Схема поиска по максимуму сигнала.

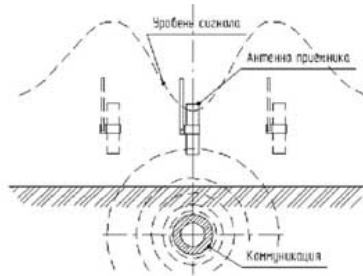


Рис.2. Схема поиска по минимуму сигнала.

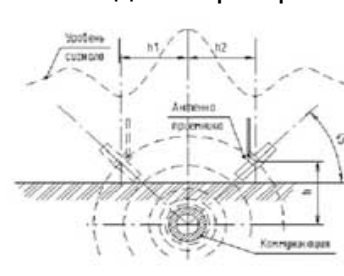


Рис.3. Схема определения глубины заложения.

Электромагнитную антенну надо перемещать перпендикулярно направлению трассы. Направление прохождения трассы можно определить путем вращения оси антенны в горизонтальной плоскости у поверхности грунта. Минимальный сигнал соответствует моменту, когда катушка будет сориентирована параллельно оси трассы.

Наиболее точное определение оси трассы осуществляется по минимуму сигнала, если ось антенны расположить перпендикулярно поверхности земли (**рис.2.**). Изменение сигнала в этом случае происходит более резко, чем при определении оси по максимуму.

Сначала с возможной точностью определяется ось и направление трассы. Можно на поверхности грунта провести черту, определяющую предположительное место оси. После этого поисковый контур поворачивается в держателе с фиксатором под углом  $45^\circ$  и ось антенны устанавливают в плоскости, перпендикулярной оси трассы (**рис.3.**). Антенну следует располагать как можно ближе к поверхности грунта. Затем антенну отводят в сторону, указываемую «приподнятым» концом антенны от проведенной черты до точки следующего минимума сигнала. При дальнейшем перемещении сигнал несколько увеличивается, а затем опять уменьшается. В месте первого минимума сигнала проводится вторая черта параллельно оси трассы. Расстояние между этими двумя чертами будет равно глубине расположения оси объекта от поверхности грунта.

Для большей достоверности измерения глубины можно проводить в обе стороны от оси трассы (симметрично) и брать среднее арифметическое обоих измерений. С помощью электромагнитной антенны всегда определяется расстояния от поверхности грунта до оси трубы (без учета ее диаметра).

При искаженной форме магнитного поля подземного объекта точка максимума и минимума сигнала антенны на поверхности грунта могут не совпадать. Искажения формы поля может быть вызвано или не прямолинейным расположением самого исследуемого объекта (например, вблизи изгибов трассы), или магнитным полем от близко расположенных металлических конструкций или проводников с током.

## Обследование изоляции

Обследование изоляции трубопровода с помощью установки АНПИ-К основано на измерении разности потенциалов на поверхности земли над трубопроводом, появляющейся из-за протекания тока утечки сигнала генератора через места контакта металлических частей с грунтом. В качестве электродов при обследовании изоляции используются сигнальные штыри (с изолированными ручками). Перед обследованием изоляции всегда осуществляется определение планового положения объекта исследования. Поиск повреждения изоляции осуществляется с поверхности земли над осью трубы. Штыри при обследовании следует втыкать как можно глубже (не менее 2 см), так как от этого зависит чувствительность метода. Обследование изоляции можно только на некотором удалении от места подключения генератора (несколько десятков метров).

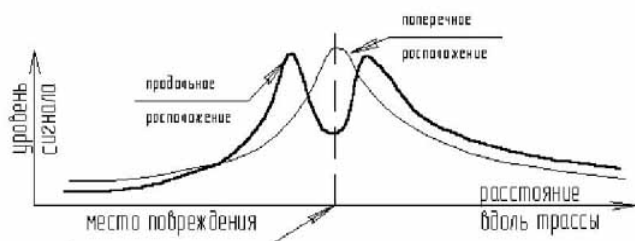
Перед обследованием изоляции подбирается чувствительность приемника кнопками «+» и «-». Для этого можно отойти в сторону от трассы и воткнуть штыри в грунт на таком же расстоянии друг от друга, на котором они будут втыкаться при обследовании трассы. Далее усиление выставляется так, чтобы при приходе импульса с генератора индикатор приемника лишь слегка отклонялся в начале шкалы. После этого становится возможным отличить увеличение принимаемого сигнала над «подозрительными» местами по отношению к сигналу фона. Так как сигнал генератора ослабевает по мере продвижения по трассе, такую «калибровку» чувствительности приемника целесообразно повторять.

Сигнальные штыри втыкаются одновременно в грунт на максимальном расстоянии друг от друга (не менее одного метра) и оператор с приемником дожидается импульса от генератора. Если уровень сигнала приемника в момент импульса генератора не превышает фоновый сигнал, то оператор продвигается по оси трассы и повторяет измерения. Повторяют измерения с интервалом не более глубины расположения трассы. Интервал измерения отмеряют количеством шагов. Для увеличения скорости работы можно переносить штыри в момент паузы генератора. Тогда на каждый импульс генератора будет приходиться на новое положение штырей и скорость продвижения по трассе будет максимальной. Для подстройки работы генератора под свой шаг в генераторе предусмотрена регулировка частоты повторения импульсов ручкой «Модуляция».

Так как сигнал от штырей пропорционален расстоянию между ними, то часто обследование изоляции производят два оператора. Тогда они передвигаются друг за другом по оси трассы с интервалом на расстоянии 3-4 м друг от друга. Каждый оператор несет свой штырь, а один оператор (который с приемником) контролирует сигнал. Штырь оператора без приемника соединяется с клеммой «Изоляция» длинным проводом из комплекта аппаратуры, а штырь оператора с приемником – коротким проводом. Штыри втыкаются операторами одновременно. После оценки уровня сигнала оператором с приемником по его сигналу второй оператор передвигается на 1 – 1.5 м по оси трассы и измерения повторяются.

По мере приближения к дефекту в изоляции наблюдается постепенное нарастание сигнала. Максимальный сигнал приемника будет наблюдаться, когда один из штырей будет расположен точно над местом утечки тока в дефекте изоляции. При дальнейшем движении вдоль трассы сигнал уменьшается, и в момент, когда оба оператора находятся на одинаковом расстоянии от дефекта изоляции, имеется минимальный уровень сигнала. В этом случае оба оператора находятся в точках на поверхности земли, имеющих одинаковый потенциал, поэтому разность потенциалов минимальна. При продвижении операторов дальше вперед, интенсивность сигнала опять возрастает и достигает максимума, когда второй оператор находится над дефектом изоляции, т.е. при движении второго оператора вслед за первым один и тот же участок повреждения в изоляции дважды проявляется в повышении прибором сигнала относительного фонового значения.

При близко расположенных нескольких местах утечки тока их выделение затруднительно при продольном перемещении вдоль трассы. Для более детального обследования участка следует уменьшить расстояние между измерительными электродами. Хорошей гарантией поиска является скачкообразное выраженное изменение уровня сигнала на некотором участке. При плавном и вялом нарастании сигнала причины аномалии могут иметь, разные причины и вероятность обнаружения повреждения, невысока. Можно использовать поперечное относительно оси трассы расположение электродов. В этом случае один оператор также



Изменение сигнала при обследовании изоляции при продольном и поперечном расположении электродов относительно оси трассы в месте повреждения изоляции.

перемещается вблизи оси трассы. Второй оператор перемещается параллельно оси трассы на расстоянии длины сигнального провода 3–4 м. Это же порядок обследования может осуществлять один оператор (он одновременно втыкает оба штыря).

Если необходимо работать с твердого покрытия, то для увеличения чувствительности можно увлажнить обследуемую поверхность. Можно обследовать изоляцию на несколько метров в стороне от оси трассы (например, с обочин дороги).

Когда уровень помех позволяет, возможна работа бесконтактным методом. В этом случае с аппаратурой работают всегда два оператора. Они не втыкают стержни в грунт, а держат их в руке за нижнюю (металлическую) часть. При этом сигнал образуется за счет емкости каждого оператора относительно земли. В момент измерения желательнее останавливать движение операторов (для уменьшения шума в сигнале). В остальном, работа не отличается от порядка обследования изоляции двумя операторами. При бесконтактном методе уровень полезного сигнала и дальность обследования ниже.

Если места врезки (несанкционированное подключение к трубопроводу) сопровождаются повреждением изоляции, то они обнаруживаются как места с нарушенной изоляцией.

Так как приемник имеет два входа и предусмотрена отдельная регулировка усиления каждого входа, то возможно проведение трассировки (определение оси трассы) и обследование изоляции двумя операторами за один проход. При этом, оператор с приемником периодически уточняет ось трассы поисковой антенной в режиме «ТРАССА», а остальное время наблюдает за сигналом со входа «ИЗОЛЯЦИЯ». К двум входам приемника одновременно подключаются поисковая антенна и штыри для обследования изоляции. Для выбора источника сигнала служит переключатель «ТРАССА - ИЗОЛ» приемника.

Частота работы при трассировке и обследовании изоляции выбирается опытным путем. Например, на низких частотах сигнал генератора медленнее затухает вдоль трассы и меньше «наводок» на близко расположенные коммуникации. Одновременно, на низких частотах меньше чувствительность поисковой электромагнитной при трассировке коммуникации.

### **Работа по сигналу станций катодной защиты**

Если исследуемый участок трубопровода подключен к станции катодной защиты то появляется возможность работать без использования генератора аппаратуры и использовать в качестве сигнала тока катодной защиты.

Для этого приемник переключается на рабочую частоту 100 Гц. Возможно определение как планового положения (с помощью антенны), так и обследование состояние изоляции (контактным способом двумя операторами с помощью штырей).

Особенностью сигнала катодной защиты является его низкая частота (100Гц) и отсутствие модуляции (он «непрерывный»). Из-за низкой частоты сигнала и близости к частоте промышленной сети уровень полезного сигнала (относительно шума) в антенне, при прочих равных условия, значительно ниже. А отсутствие модуляции затрудняет выделение «полезного» сигнала относительно «фона».

При обследовании изоляции (из-за отсутствия модуляции) время измерения и ритм перемещения выбираются произвольно. Так как различимость полезного сигнала без модуляции может быть невысока, то целесообразно работать вдвоем, втыкая штыри на расстоянии в 3-4 м. Бесконтактный режим (без втыкания штырей в грунт) неприменим из-за низкой частоты сигнала (полезный сигнал меньше).