

М. М. ЗАДЕРИГОЛОВА, Б. В. ГРИЦАЙ,
В. Н. КРАВЧЕНКО, В. А. ГАСИЧ

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕРИЙНЫХ ТРУБОКАБЕЛЕИСКАТЕЛЕЙ

В строительных, геодезических, эксплуатационных организациях серийные индукционные трубокабелеискатели типов ТПК-1, КИ-4м и др. широко используются при составлении топопланов подземных коммуникаций, проверке участков и трасс, вскрытии подземных сетей для ремонта.

Известные способы определения оси трассы и глубины ее залегания требуют линейных и угловых перемещений рамки в плоскости трассирования. Точность съемки почти целиком зависит от субъективных данных оператора, например, его слуховых качеств.

Оставляет желать лучшего также точность проектно-изыскательских работ при обследовании строительных площадок перед проведением земляных работ, уточнении планов подземных

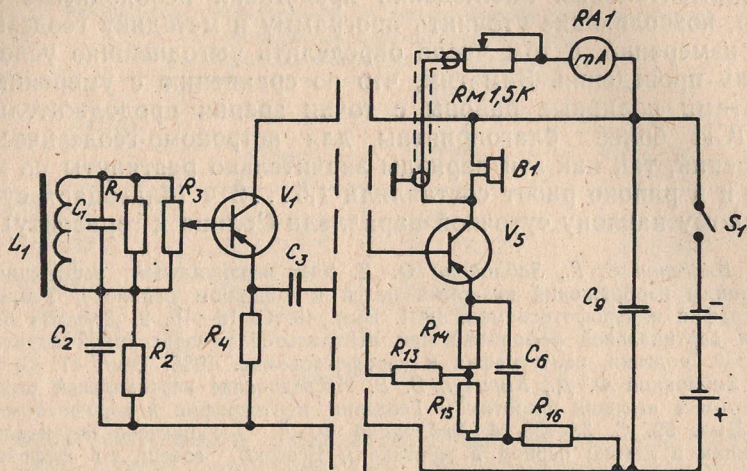


Рис. 1. Принципиальная схема модернизации приемного устройства (первый вариант).

коммуникаций бесконтактным методом с использованием, например, прибора КИ-4П.

Модернизация серийного трассоискателя ТПК-1. Данный трассоискатель — один из первых отечественных приборов, предназначенных специально для определения плано-высотного положения металлических сетей в процессе выполнения топоъемочных работ [2]. Удачная конструкция, портативность и надежность при достаточной точности выгодно отличают его от разработок последних лет.

Как известно, прибор ТПК-1 позволяет по силе звука в головных телефонах («кривые слышимости») определить плано-вое и высотное положение металлической прокладки в активном и пассивном режимах.

Основная погрешность серийного ТПК-1, на наш взгляд, определяется слуховыми качествами и навыками оператора и поэтому не может нормироваться. Это значит, что приборы этого типа нельзя назвать измерительными, поскольку вероятность повторения результатов измерений одного оператора другим в пределах требуемой точности съемки весьма незначительна.

Таким образом, приборы со звуковым контролем могут служить только в качестве индикаторных.

Существенно повысить точность и достоверность съемки позволяет некоторая модернизация приемного тракта ТПК-1, заключающаяся в добавлении измерительного канала параллельно звуковому. Первый способ модернизации, самый простой, можно реализовать следующим образом. В приемное устройство (рис. 1) вводят измерительную цепь, состоящую из последовательно включенных измерительного прибора $PA1$ и потенциометра R_m . Ее подключают параллельно головным телефо-

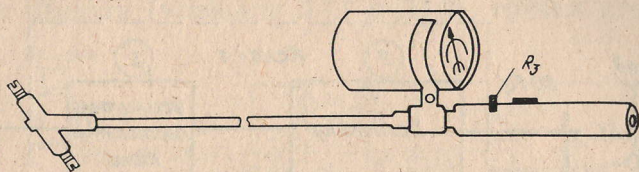


Рис. 2. Приемная штанга ТПК-1 с измерительной головкой.

нам $B1$ (нагрузка в цепи коллектора транзистора V_5), которыми пользуются при необходимости. Потенциометр R_m (защитный, типа СПЗ-9П10 кОм) служит для ограничения максимального предела измерений прибора $PA1$ (микроамперметр М261 МО 100 мА). Прибор $PA1$ вместе с резистором R_m крепят с помощью скобы на несущую штангу приемного устройства так, чтобы обеспечить доступ к регулятору громкости R_3 , установленному в прорезе штанги (рис. 2).

Перед работой искатель следует откалибровать на опытном полигоне, содержащем силовой кабель высокого напряжения. Установив антенну ТПК-1 в положение «тах», резистором R_m устанавливают максимальное положение стрелки прибора $PA1$; при этом потенциометр R_3 (регулятор громкости) должен находиться в среднем положении. Если в ходе съемки интенсивность сигнала незначительна (телефонные кабели, сети низкого напряжения и др.), ее можно увеличить резистором R_3 . На незнакомом участке поиск и первоначальное определение геометрии коммуникации производят обычным способом, используя телефоны. Затем уточняют плановое и высотное положения ее по измерительному прибору $PA1$.

Второй способ модернизации ТПК-1 более сложен и может быть реализован специалистами, имеющими опыт построения радиоэлектронных устройств. Простое включение прибора $PA1$ предполагает применение ТПК-1 только в пассивном режиме, т. е. когда для отыскания кабелей используют внешние возбуждающие поля частотой 50 Гц.

На кафедре автоматизации геодезических измерений КИСИ разработана измерительная приставка, позволяющая проводить измерения прибором ТПК-1 в пассивном и активном режимах, когда электромагнитное поле в земле или прокладке (трубопровод, обесточенный кабель) возбуждается штатным генератором звуковой частоты на частоте 1000 Гц. Функциональная схема приставки показана на рис. 3. Измерительная приставка представляет собой два независимых усилителя постоянного

(канал 1) и переменного (канал 2) тока с выходом на стрелочный индикатор $РА1$. Головные телефоны $В1$ обеспечивают звуковой контроль ТПК-1. Подключены они параллельно входу и могут работать автономно. Детектор 2, служащий для выпрямления переменного напряжения, представляет собой схему выпрямителя с удвоением напряжения. Усилитель постоянного тока 3 усиливает сигнал детектора до значения, обеспечивающего нормальную работу прибора $РА1$. Кроме того, в блоке 3

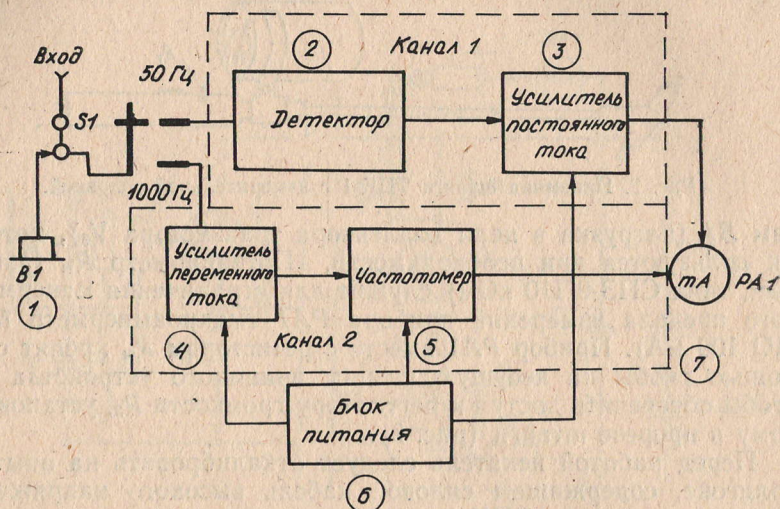


Рис. 3. Функциональная схема приставки КИСИ к прибору ТПК-1 (второй вариант).

имеется электронная система установки нуля, что крайне необходимо при работе в условиях большого уровня помех, при слабом уровне полезного сигнала. Предусмотрена также возможность регулировки чувствительности усилителя постоянного тока. Усилитель переменного тока 4 служит для повышения уровня выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ ТПК-1 ($U_1 \approx 0,3 \text{ В}$) до значения, необходимого для нормальной работы частотомера 5 ($U_2 \approx 3,0 \text{ В}$).

Частотомер 5 преобразует выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ в ток, проходящий через $РА1$, т. е. выполняет преобразования вида $I = k \cdot f_x$, где f_x — частота $U_{\text{вых}}$; k — коэффициент пропорциональности, причем построение схемы обеспечивает независимость показаний стрелочного индикатора от уровня выходного сигнала. Блок питания 6 дает возможность работать с приставкой, не используя имеющиеся в ТПК-1 батареи, т. е. не снижать их срока службы, что является еще одним преимуществом второго варианта модернизации. Стрелочный индикатор 7 позволяет оператору визуально оценивать как значение входного сигнала, так и его частоту; он с помощью системы коммутации (на функциональной схеме не показана) подключается либо к вы-

ходу усилителя постоянного тока, либо к выходу частотомера.

Принципиальная схема измерительной приставки показана на рис. 4. Сигнал с выхода ТПК через секцию 1 переключателя режимов работы S_1 в режиме «частота» поступает на вход усилителя переменной частоты, выполняемого на транзисторах V_1 и V_2 . После усиления он через резистор R_4 поступает на вход триггера Шмитта (элементы Д1.1 и Д1.2), причем для предот-

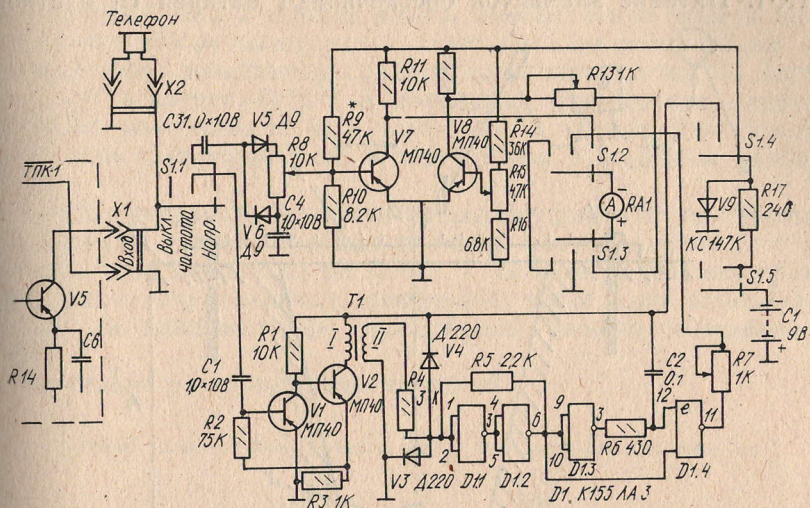


Рис. 4. Принципиальная схема измерительной приставки КИСИ к прибору ТПК-1.

вращения перегрузок при значительных уровнях входного сигнала в схему введен ограничитель на диодах V_3 и V_4 . С выхода триггера Шмитта сигнал в виде последовательности импульсов, длительность которых зависит от напряжения на входе триггера, поступает на ждущий мультивибратор (элементы Д1.3 и Д1.4). Длительность импульсов на его выходе постоянна и определяется постоянной времени цепочки $C2-R_6$, а частота следования равна частоте сигнала. Стрелочный прибор $PA1$ через систему коммутации (секции $S1.2$ и $S1.3$ переключателя $S1$) подключается в этом случае к выходу логического элемента Д1.4. Отклонение стрелки прибора определяется средним током, протекающим через его рамку (из-за инерционности подвижной системы), а значит, и частотой сигнала на входе приставки.

В режиме «напряжение» входной сигнал через секцию $S1.1$ поступает на вход детектора (диоды V_5 и V_6). Нагрузкой детектора является резистор R_8 ; он же используется в качестве регулируемого делителя продетектированного напряжения.

На транзисторах V_7 и V_8 собран усилитель постоянного тока. Каскад на транзисторе V_8 необходим для компенсации температурной нестабильности каскада на транзисторе V_7 , кроме то-

го, изменяя его режим по постоянному току потенциометром R_{15} , получают электрическую «коррекцию нуля» стрелочного прибора, что необходимо при работе в условиях сильных помех. Разность потенциалов коллекторов транзисторов V_7 и V_8 измеряется стрелочным прибором $РА1$, подключаемым через секцию переключателя S_1 . Так как разность является функцией амплитуды сигнала, то по отклонению стрелки индикатора в конечном итоге можно судить о напряженности поля в рабочей зоне ТПК-1. Питание элементов обеспечивают батарея G_1 и стаби-

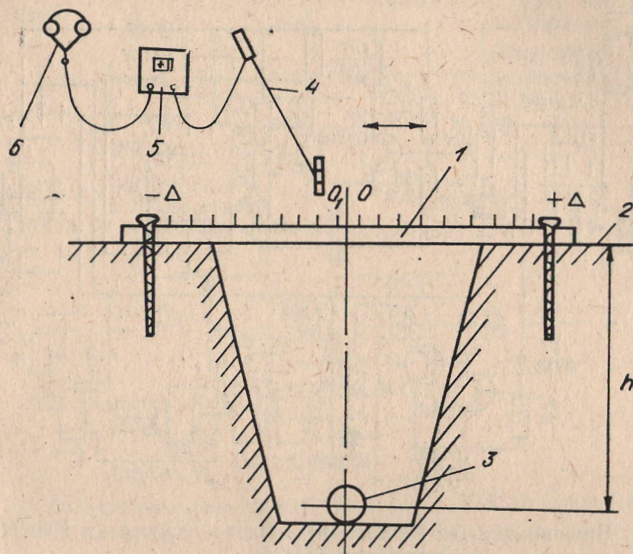


Рис. 5. Схема модельной установки.

лизатор напряжения, выполненный на диоде V_9 и резисторе R_{17} .

Конструктивно приставка выполнена в виде отдельного блока. Корпус приставки металлический (медь, сталь) размером $60 \times 120 \times 100$ мм. На боковых стенках корпуса установлены разъемы для подключения ТПК-1 и головных телефонов. Внутри корпуса расположены две сухие батареи типа 3336П и плата с элементами схемы.

Номиналы всех конденсаторов и сопротивлений указаны на принципиальной схеме. Диоды V_5 и V_6 могут быть любые точечные, как германиевые, так и кремниевые, а V_3 и V_4 — только кремниевые. Транзисторы V_1 , V_2 , V_7 , V_8 можно заменить низкочастотными, германиевыми структурами $p-n-p$ с $\beta \geq 30$; вместо микросхемы Д1 можно использовать 133ЛАЗ без изменения распайки выводов. Стабилитрон V_9 заменяется любым другим, имеющим напряжение стабилизации $4,7 \dots 5,3$ В с подходящим током стабилизации $I_{ст} = (3 \dots 60 \text{ мА})$. Трансформатор связи Тр1 переходной, междускадный выполнен на сердечнике Ш-5. Обмотка I содержит 600 витков провода ПЭВ 0,1, обмотка II — 1800 витков ПЭВ-0,1. Вместо Тр1 можно ис-

пользовать сердечник выходного трансформатора от приемников «Селга», «Кварц», «Альпинист» и др., соблюдая такие требования: коэффициент трансформации $I/II=1:3$, а сопротивление постоянному току обмотки $I R_1 \geq 100$ Ом.

Экспериментальные исследования приставки проведены на модельной установке (рис. 5), которая обеспечивала доступ к силовому кабелю 3 (глубина h); расположение последнего в траншее точно измерено. Ось кабеля вынесена на деревянную мерную рейку 1, вдоль которой оператор перемещал приемное устройство ТПК-1 в режиме «*min*», одновременно снимая показания по прибору приставки 5. Цена деления рейки 10 мм. По минимальным показаниям прибора наносилась точка O_1 . Затем, переводя искатель ТПК-1 в положение определения глубины (антенна расположена под углом 45° к поверхности земли), проводили измерения h по минимальным показаниям прибора PAI .

Тот же оператор, пользуясь только наушниками, на перекрытом фанерой участке траншеи проводит съемку кабеля на слух, отметив свои показания на рейке 1. В ходе испытания проведено шесть параллельных измерений, после чего определены средние и максимальные (предельные) ошибки измерений Δ и Δh .

Приведем результаты исследований:

Номер точек	Точка профиля, мм	Показания прибора PAI , дел
1	0	200
2	16	200
3	20	140
4	30	95
5	40	36
6	50	10
7	60	38
8	70	100
9	80	145
10	90	210

Ошибка определения планового положения силового кабеля составила при слуховом контроле $\Delta = \pm 16$ см; при измерении приставкой $\Delta = \pm 4 \dots 6$ см.

Ошибка определения глубины залегания кабеля составляет при оценке на слух $\Delta h = \pm 18 \dots 15$ см; при использовании приставки $\Delta h = \pm 4 \dots 8$ см.

Модернизация прибора КИ-4П. При работе с КИ-4П в районах высокого уровня шумовых помех (проезды, зоны строительных работ и пр.), если необходим слуховой контроль принимаемого сигнала, пользоваться встроенным электромагнитным телефоном ДЭМ-4М [2] не представляется возможным. Проводя поисково-съемочные работы, оператор одной рукой все время должен держать приемник (масса 4,0 кг) возле уха, контролируя силу звучания ДЭМ-4М, а второй — штангу искателя, в результате чего он очень быстро устает. Для таких случаев целесо-

образно, на наш взгляд, использовать головные телефоны типа ТОН-2, включив их по схеме рис. 6.

Резистор R_T служит для регулировки силы звука, отвесную часть разъема X_1 крепят на тыльной стороне корпуса приемника, переключку 2—3 на плате контроля ПК устанавливают в положение 3—4 [2].

Как известно, местоположение подземных сетей и глубину их заложения на трассах, которые не имеют выходов на земную поверхность и к тому же обесточены, можно определить с помощью шурфования или метода отраженного поля [1] в варианте незаземленной петли. Использование такого варианта в приборе КИ-4П (вариант эквипотенциальных линий) в практических целях дает хорошие результаты, если его выполнять в такой последовательности. На местности, где необходимо провести поисковые работы, укладывают прямоугольную

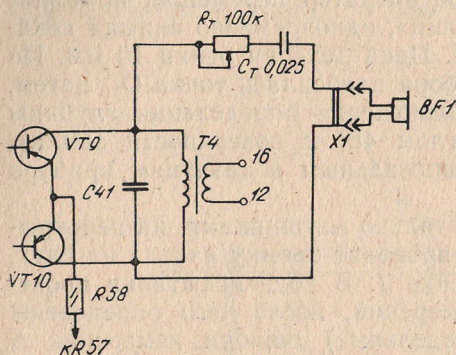


Рис. 6. Головные телефоны в приемнике КИ-4П.

рамку (провод МГШВ—0,12) размерами 10 м×50 м (ориентировочно) и подключают ее к генератору КИ-4П, который устанавливают в центре длинной стороны рамки. Передатчик должен быть изолирован от земли. Включив и убедившись в его нормальной работе, начинают проводить измерения, перемещая антенну искателя КИ-4П по профилю вдоль меньшей стороны рамки, используя челноковую систему. Пройдя первый профиль слева направо и отступив от него на 1,0 м, проходят справа налево второй профиль и т. д.

Вначале, используя вариант «тах», отмечают на местности аномальные точки. После полной съемки поискового поля (при размерах рамки 10 м×50 м необходимо пройти 50 профилей длиной 10 м) по аномальным точкам строят электрическую ось выявленной металлической прокладки или другого объекта. Затем, используя вариант «тін», уточняют плановое положение объекта, определяют глубину его залегания, документируют участок, после чего переносят петлю в новое поисковое место. Следует соблюдать особую осторожность при использовании незаземленных способов поиска в районах возможного заложения газовых магистральных и локальных трубопроводов.

1. Баран П. И., Совершенный И. П. Съемка и картографирование подземных инженерных сетей. К., 1980. 2. Плехтий А. К. Приборы и методы поиска подземных коммуникаций при выполнении инженерно-геодезических работ. М., 1969.

Статья поступила в редколлегию 05.03.88