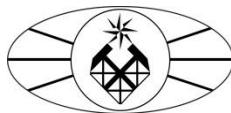


МИНОБРНАУКИ РОССИИ



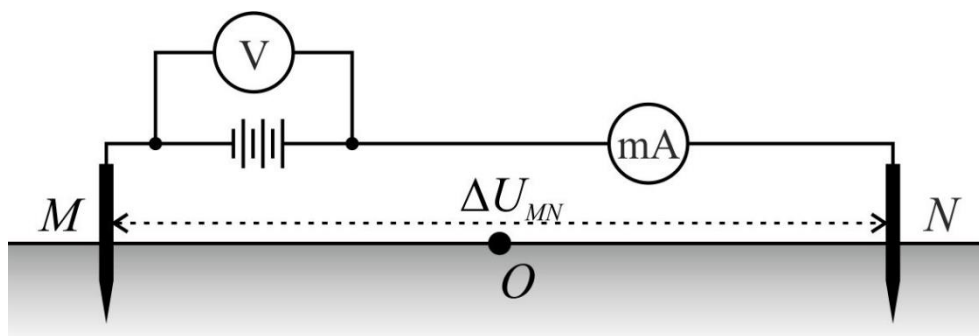
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Серго Орджоникидзе»
(МГРИ)

Факультет Геологии и Геофизики нефти и газа
Кафедра геофизики

А.А. Иванов, П.В. Новиков, К.В. Новиков

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

для студентов геофизических специальностей



Москва – 2019

Авторы:

А.А. Иванов – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ).

П.В. Новиков – кандидат технических наук, доцент кафедры геофизики Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ).

К.В. Новиков – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ).

Рецензент

Каринский А.Д. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры Геофизики Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ).

Иванов А.А., Новиков П.В., Новиков К.В. Лабораторный практикум по электроразведке. – М.: МГРИ, 2019. – 48 с.

«Лабораторный практикум по электроразведке» адресован студентам, обучающимся по направлению подготовки: 09.03.03 21.05.03 05.04.01 «Геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых», «Прикладная информатика» по программам подготовки «специалитет» и «академический бакалавриат».

В работе приведены описания лабораторных работ, выполняемых обучающимися в процессе освоения курса электроразведки.

Рекомендовано Ученым советом геофизического Факультета в качестве учебного пособия для обучающихся МГРИ по направлению 09.03.03 21.05.03 05.04.01. Протокол № 4 от 20.05.2019 г.

© Иванов А.А., Новиков П.В., Новиков К.В.
© ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе
(МГРИ)», 2019.

Оглавление

Введение.....	- 4 -
1. Входные преобразователи электроразведочного измерительного канала.....	- 4 -
1.1. Электроды.....	- 4 -
1.2. Магнитоиндукционные датчики.....	- 8 -
2. Электропрофилирование.....	- 11 -
2.1. Профилирование симметричной установкой (СЭП).....	- 11 -
2.2. Профилирование симметричной установкой с двумя парами питающих электродов (СЭП).....	- 12 -
2.3. Метод срединного градиента.....	- 13 -
3. Вертикальное электрическое зондирование.....	- 14 -
4. Метод заряженного тела.....	- 16 -
5. Метод естественного поля.....	- 17 -
5.1. Сущность метода.....	- 17 -
5.2. Определение сопротивления неполяризующихся электродов.....	- 20 -
6. Метод незаземленной петли.....	- 21 -
6.1. Основы метода незаземленной петли.....	- 21 -
6.2. Описание лабораторной установки.....	- 21 -
7. Аппаратура.....	- 23 -
7.1. Аппаратура «АНЧ-3».....	- 23 -
Порядок работы с аппаратурой.....	- 24 -
Производство измерений в полевых условиях.....	- 26 -
7.2. Комплект электроразведочной аппаратуры «ЭРА-ЗНАК».....	- 28 -
7.3. Многофункциональный электроразведочный измеритель «МЭРИ-24».....	- 35 -
7.4. Генератор «АСТРА».....	- 38 -
7.5. Комплект электроразведочной аппаратуры «ЭРП-1».....	- 41 -
Список литературы.....	- 49 -

Введение

Настоящий лабораторный практикум по дисциплине «Электроразведка» предназначен для студентов-геофизиков 3-4-го курсов.

Ваши отзывы, пожелания и предложения, сообщения о найденных опечатках и неточностях присылайте Новикову Петру Вячеславовичу по электронному адресу novikovpv@mgri.ru.

1. Входные преобразователи электроразведочного измерительного канала

1.1. Электроды

Входные преобразователи являются начальным звеном электроразведочного измерительного канала. Они предназначены для трансформации информационного параметра электромагнитного поля в электрический сигнал, который затем приводится к виду удобному для регистрации.

При измерении электрического поля в качестве входного преобразователя используется приемная линия, состоящая из двух электродов M и N , подключенных к входу измерительного прибора (рис. 1.1).

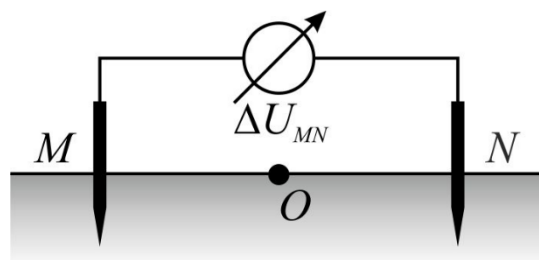


Рис.1.1. Приемная линия для измерения электрического поля.

Измеряемая прибором разность потенциалов между электродами M и N определяется следующим выражением:

$$\Delta U = \int_M^N \frac{\Delta U_{MN}}{r_{MN}}$$

Если считать поле однородным в пределах отрезка MN , что с достаточной для практики точностью обычно справедливо, то из предыдущего вытекает, что

$$E = \frac{\Delta U_{MN}}{r_{MN}}$$

где r_{MN} – расстояние между измерительными электродами.

Эквивалентная схема приемной линии для измерения постоянного электрического поля изображена на рис. 1.2. Общее сопротивление измерительного контура складывается из суммарного сопротивления измерительных электродов – R_M и R_N и входного сопротивления измерителя

$R_{изм}$, (сопротивлением проводов, соединяющих измеритель с приемными электродами в большинстве случаев можно пренебречь).

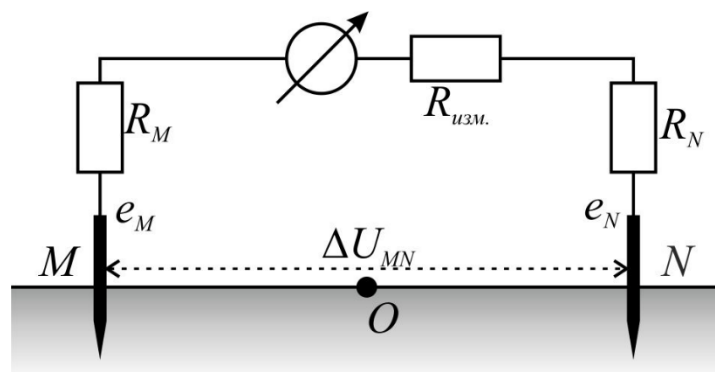


Рис.1.2. Эквивалентная схема приемной линии.

Закон Ома для участка цепи в этом случае можно записать следующим образом

$$\Delta U_{MN} = I_{\text{вх}} R_M + I_{\text{вх}} R_N + I_{\text{вх}} R_{изм}$$

измерительный прибор регистрирует измеряемую разность потенциалов $\Delta U_{изм} = I_{\text{вх}} R_{изм}$, разница между ΔU_{MN} и значением, зарегистрированным прибором будет равна $I_{\text{вх}} R_M + I_{\text{вх}} R_N$. Точность наших измерений будет определяться соотношением

$$\Delta U_{изм} = \frac{R_{изм}}{R_{изм} + R_M + R_N} \cdot \Delta U_{MN}$$

Как видно, для повышения точности измерений необходимо выполнение условия, что сопротивления измерительных электродов $R_M + R_N \ll R_{изм}$.

У применяемых в настоящее время измерительных приборов входное сопротивление обычно превышает несколько мегаом и намного больше $R_M + R_N$ что обеспечивает независимость результатов измерений от сопротивления измерительных электродов и малое потребление тока измерительной линией. Однако не всегда это условие выполняется в практике геофизических исследований, что может привести к существенным ошибкам.

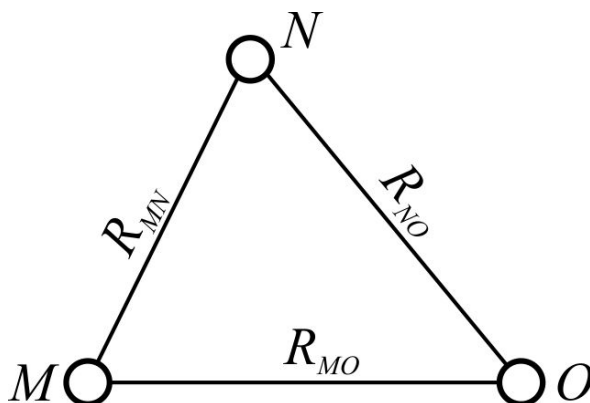


Рис.1.3. Способ трех электродов

Сопротивление измерительных электродов (а также и питающих электродов) можно определить так называемым способом трех электродов. Сущность этого способа заключается в том, что на поверхности земли помимо заземлений M и N , сопротивление которых нужно определить, устанавливается вспомогательное заземление O (рис. 1.3) и затем при помощи вольтметра и амперметра измеряются напряжение и сила тока в цепи, состоящей из источника напряжения и двух электродов (рис. 1.4).

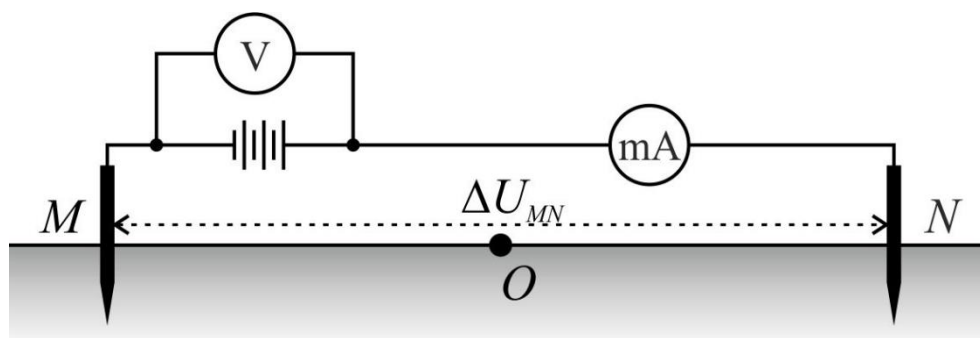


Рис 1.4. Схема для измерения переходного сопротивления заземления.

По измеренным значениям U и I определяется сопротивление цепи, включающей в себя два заземления, например M и N . Пренебрегая внутренним сопротивлением амперметра, источника тока и проводов, можно считать, что

$$R_{MN} = R_M + R_N = \frac{U}{I_{MN}},$$

$$R_{MO} = R_M + R_O = \frac{U}{I_{MO}},$$

$$R_{ON} = R_O + R_N = \frac{U}{I_{ON}}.$$

Из этих трех уравнений определяются интересующие нас величины сопротивлений заземлений:

$$R_M = \frac{R_{MN} + R_{MO} - R_{ON}}{2}, \quad R_N = \frac{R_{MN} - R_{MO} + R_{ON}}{2}.$$

Задание 1

1. В баке для моделирования собрать схему для измерения сопротивления заземления в соответствии с рис. 1.3, и описанным выше способом трех электродов определить сопротивление каждого из трех стержневых электродов, входящих в комплект оборудования к данному заданию.
2. Исследовать зависимость сопротивления стержневого электрода от

глубины его погружения. Для этого, не меняя положения двух электродов, заглублять один из них и через один сантиметр повторять измерения R_{MN} .

3. Используя формулу зависимости сопротивления стержневого электрода от глубины его погружения:

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi a} \cdot \ln \frac{2a}{b}$$

где ρ – удельное сопротивление среды, в которую погружен электрод, a – глубина погружения (забивки) электрода, b – диаметр электрода. Оценить удельное сопротивление среды, в которую погружен электрод.

Результаты измерений представить в виде графика зависимости сопротивления заземления от глубины погружения электрода в раствор.

Электроды M и N изготавливаются из латуни или стали. На контакте этих электродов с растворами, заполняющими поры горных пород, вследствие процессов упругого растворения образуются двойные электрические слои, э.д.с. которых e_M и e_N зависят от химической природы металла, состава и концентрации поровых растворов, а также их температур. В общем случае перечисленные выше факторы различны для обоих электродов, соответственно различны e_M и e_N . Как это видно из эквивалентной схемы, на вход измерительного устройства подаётся разность потенциалов, равная

$$\Delta U_{MN} + e_M - e_N$$

т.е. в измерения вносится погрешность, равная разности электродных потенциалов e_M и e_N . Эту разность принято называть поляризацией электродов. Поляризацию электродов исключают из результатов измерений либо путём её компенсации внутри измерительного канала, либо путём применения так называемых неполяризующихся электродов (рис. 1.5).

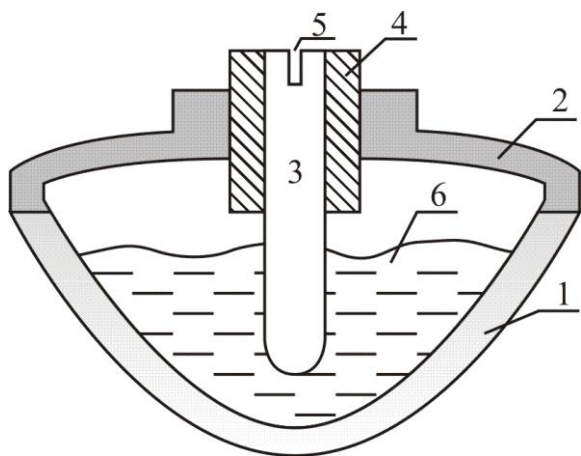


Рис. 1.5. Неполяризующийся электрод. 1 – пористая часть электрода, 2 – глазированная часть электрода, 3 – медный стержень, 4 – пробка, 5 – клемма, 6 – насыщенный раствор медного купороса (CuSO_4).

Особенностью конструкции пары неполяризующихся электродов является то, что оба электрода изготовлены из одинакового химически чи-

стого металла и контактируют с землёй через раствор соли того же металла. Концентрацию раствора доводят до пресыщенной, что позволяет в полевых условиях поддерживать ее одинаковой для обоих электродов. В этом случае, электродные потенциалы e_M и e_N оказываются практически одинаковыми, и их суммарная поляризация $e_M - e_N$ близкой к нулю.

В электроразведке обычно применяются медно-меднокупоросные электроды, в которых электрод, изготовленный из электролитически чистой меди, контактирует с землёй через пресыщенный раствор медного купороса, конструкция такого электрода показана на рис. 1.5. Кроме медно-меднокупоросных, часто используются графит-графитовые электроды, состоящие из графитового стержня, помещенного в графитовый порошок.

Задание 2

1. Приготовить пресыщенный раствор медного купороса.
2. Залить приготовленным раствором и подготовить к работе несколько неполяризующихся медно-меднокупоросных электродов.
3. Произвести попарный замер собственного потенциала неполяризующихся электродов.
4. В баке для моделирования собрать схему для измерения потенциала металлических электродов и определить собственный электрический потенциал нескольких пар металлических электродов (стальных, латунных и медных).

Результаты измерений представить в виде таблиц зависимости электродных потенциалов от типа и материала электродов.

1.2. Магнитоиндукционные датчики

Входные преобразователи являются начальным звеном электроразведочного канала. Они предназначены для трансформации информационного параметра электромагнитного поля в электрический сигнал, который затем при помощи ряда измерительных преобразователей, составляющих измерительный канал, приводятся к виду, удобному для регистрации.

При измерении переменных магнитных полей в качестве входных преобразователей обычно применяют магнитно-индукционные датчики (МИД), преобразовывающие информационный параметр H в электрический сигнал.

Магнитно-индукционные датчики обычно представляют собой многовитковую цилиндрическую катушку с магнитным сердечником (реже без него) Для настройки МИД на рабочую частоту параллельно обмотке рамки иногда включают подстроечную ёмкость. Схема МИД приведена на рисунках 1.6 и 1.7 приведена эквивалентная схема.

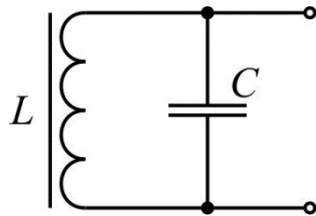


Рис 1.6. Схема МИД.

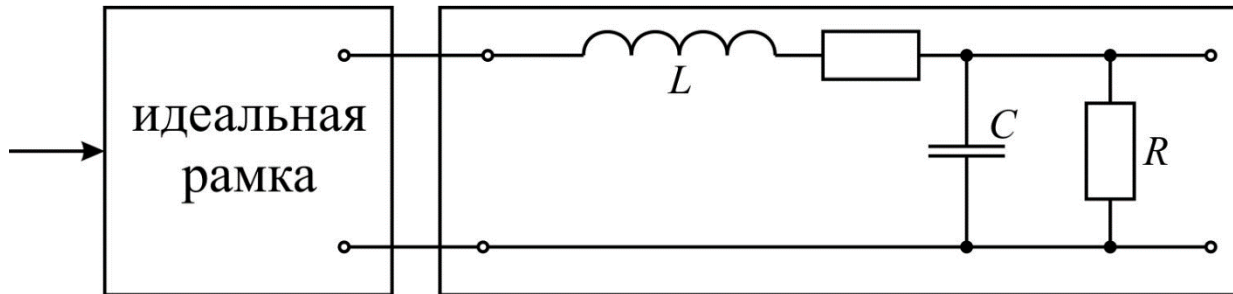


Рис 1.7. Эквивалентная схема.

При расчёте передаточного числа (приведённой чувствительности) МИД, последний удобно представить в виде последовательно соединённых идеального дифференцирующего звена (идеальной рамки) и четырёх-полюсника с комплексной передаточной функцией $T(\omega)$.

При воздействии на идеальную рамку гармонически меняющегося поля $H(\omega)$ ЭДС на ее выходе определяется следующим выражением:

$$- \mu_{эфф} \cdot H(\omega) \cdot S \cdot \omega$$

здесь $\mu_{эфф}$ – эффективная магнитная проницаемость сердечника, S – эффективная площадь витков рамки.

Реальная рамка обладает индуктивностью L активным сопротивлением r , собственной и подстроечной ёмкостью C . Она нагружена на сопротивление R . С учётом влияния этих параметров выражения для амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик неидеальной рамки приобретают следующий вид:

$$|T(\omega)| = \frac{A\omega}{\sqrt{\omega^4 + (\alpha^2 - 2\beta)\omega^2 + \beta^2}};$$

$$\varphi_T(\omega) = \text{arctg} \frac{\omega(\beta - \omega^2)}{\alpha};$$

$$\text{где } A = \frac{-\mu_{эфф} S}{LC}; \quad \alpha = \frac{1}{CR} + \frac{r}{2}; \quad \beta = \frac{1}{LC} \left(1 + \frac{r}{R}\right).$$

Приведенные выше выражения свидетельствуют о том, что чувствительность реальной рамки сложным образом зависит от её параметров и частоты поля. Обычно чувствительность определяют экспериментально посредством градуировки в полях известной напряжённости и частоты.

Схема установки для градуировки МИД приведена на рис. 1.8.

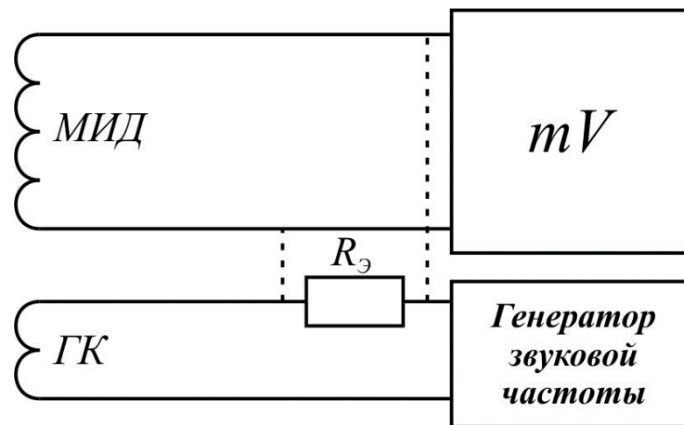


Рис.1.8. Схема установки для градуировки МИД.

При помощи градуировочного кольца (ГК) создается поле известной напряженности H .

$$H = cI ;$$

$$I = \frac{U_{R_{\text{эм}}}}{R_{\text{эм}}} ;$$

здесь I – сила тока, текущего через ГК, c – постоянная градуировочного устройства, зависящая от конструкции ГК и взаимного положения ГК и МИД. $U_{R_{\text{эм}}}$ – падение напряжения на эталонном сопротивлении $R_{\text{эм}}$.

Если напряжение на выходе МИД обозначать U , то чувствительность датчика по магнитному полю определяется следующим выражением:

$$G = \frac{U}{H} \left[\frac{\text{мВ}}{\text{а/м}} \right]$$

Частотная характеристика МИД представляет собой зависимость c от частоты поля. Для её измерения достаточно поддерживать регулятором выхода генератора звуковой частоты (ЗГ) постоянную силу ток в цепи ГК и, меняя частоту, измерять напряжённость на выходе МИД.

Задание

1. Определить чувствительность по напряжению на частотах, 78, 312, 1250 и 2500 Гц МИД из комплекта аппаратуры ИМА-1.

Примечание: Постоянная c для градуировочного устройства, входящего в комплект аппаратуры ИМА-1, равна $c = 21 \frac{\gamma}{\mu\text{А}} \approx 7 \frac{1}{\text{м}}$

2. Снять частотную характеристику МИД комплекта ИМА-1 (без подстроечных сопротивлений) при трёх способах включения секций обмотки МИД).

Примечание. Обмотка МИД в комплекте ИМА-1 имеет 6 секций. На частотах 78 и 312 Гц все секции включаются последовательно, на частоте 1250 Гц три группы их двух последовательно соединённых

секций включаются параллельно и на частоте 2500 Гц все секции включаются параллельно.

2. Электропрофилирование

2.1. Профилирование симметричной установкой (СЭП)

При проведении профилирования симметричной четырехэлектродной установкой (СЭП) питающие и приемные электроды располагаются на одной прямой линии профиля, причем приемные электроды M и N отстоят от центра отрезка AB на одинаковых расстояниях.

В процессе профилирования на каждой точке проводится измерение разности потенциалов между электродами M и N и силы тока в питающей линии. Кажущееся сопротивление рассчитывается по формуле:

$$\rho_k = k \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}, \text{ где}$$

ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемной линии,

I_{AB} – сила тока в питающей линии,

k – коэффициент установки, определяемый следующим выражением

$$k = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN}$$

где AM , AN , MN – расстояние между соответствующими электродами в метрах.

Задание

1. Собрать установку для моделирования по схеме, изображенной на рис 2.1.
2. Провести профилирование над моделью плохо проводящего тела вдоль профилей, проходящего по средней части бака, установкой $AMNB$ с $AB=0,25$ м, $MN=0,05$ м и шагом установки, равным 0,05. Начальную и конечную точки профиля расположить на расстоянии 0,20 м от стенок бака.

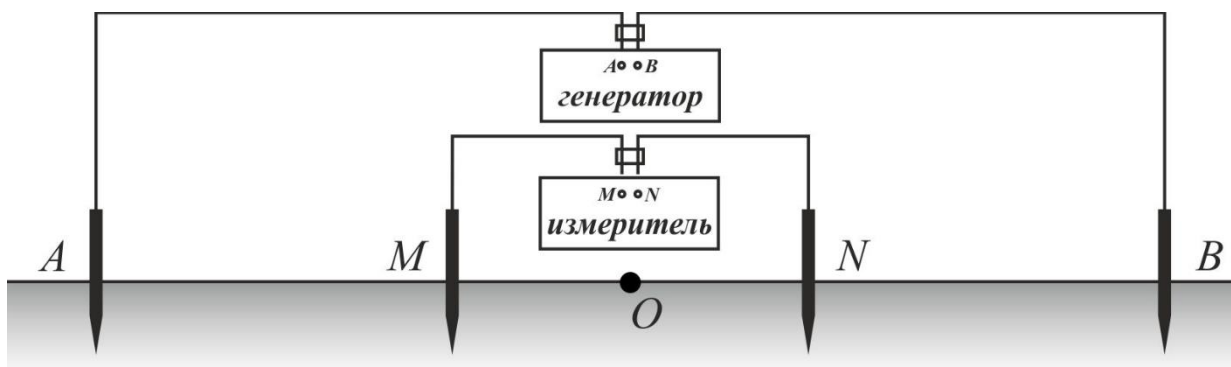


Рис.2.1. Монтажная схема установки для СЭП

Запись наблюдений производить в журнал по следующей форме:

№ п/п	ПК	k	ΔU	I	ρ_k	Прим.
1						
2						
3						
...						

- Полученные результаты изобразить в виде карты графиков кажущегося сопротивления ρ_k по профилям.
- Построить карту изом ρ_k по планшету.

2.2. Профилирование симметричной установкой с двумя парами питающих электродов (СЭП)

Для повышения информативности при решении геологических задач, проводят симметричное электропрофилирование с двумя парами питающих электродов ($AA'MNB'B$). Как и при проведении профилирования симметричной четырехэлектродной установкой (СЭП), питающие и приемные электроды располагаются на одной прямой линии профиля, причем приемные электроды M и N отстоят от центра отрезка AB на одинаковых расстояниях.

В процессе профилирования на каждой точке проводится измерение разности потенциалов между электродами M и N и силы тока в питающей линии при использовании поочередно каждой из питающих линий AB и $A'B'$. Кажущиеся сопротивления рассчитываются по формулам:

$$\rho_k = k_{AMNB} \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}} \quad \rho_{k'} = k_{A'MNB'} \frac{\Delta U_{MN}}{I_{A'B'}}, \text{ где}$$

ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемной линии,

I_{AB} – сила тока в питающей линии AB ,

$I_{A'B'}$ – сила тока в питающей линии $A'B'$,

k_{AMNB} – коэффициент установки, определяемый следующим выражением

$$k = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN},$$

где AM , AN , MN – расстояние между соответствующими электродами в метрах.

$k_{A'MNB'}$ – коэффициент установки, определяемый следующим выражением

$$k_{A'MNB'} = \pi \frac{A'M \cdot A'N}{MN}$$

где $A'M$, $A'N$, MN – расстояние между соответствующими электродами в метрах.

Задание

1. Собрать установку для моделирования по схеме, изображенной на рис 2.2.

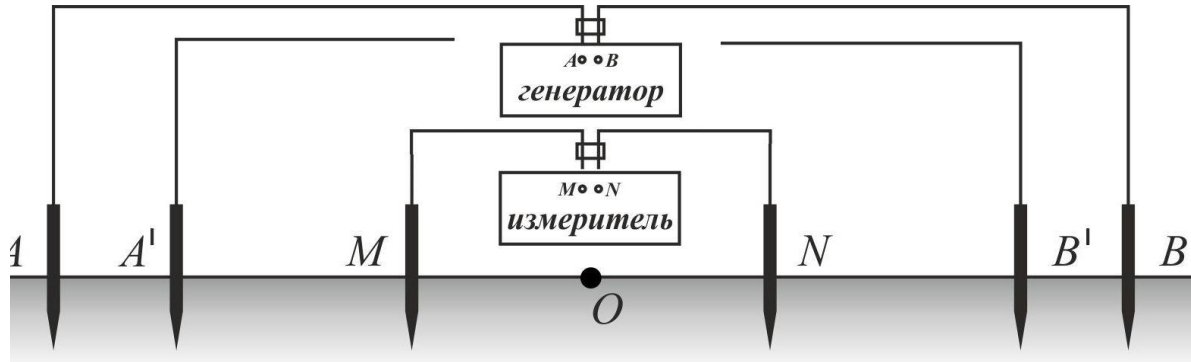


Рис. 2.2. Монтажная схема установки для СЭП с двумя парами питающих электродов ($AA'MNB'B$)

2. Провести профилирование над моделью хорошо проводящего тела вдоль профилей, проходящего по средней части бака, установкой $AA'MNB'B$ с $AB=0,25$ м, $A'B'=0,15$ м, $MN=0,05$ м и шагом установки, равным 0,05. Начальную и конечную точки профиля расположить на расстоянии 0,20 м от стенок бака.

Запись наблюдений производить в журнал по следующей форме:

№ п/п	ПК	k_{AMNB}	ΔU_{AMNB}	I_{AB}	$\rho_{кAMNB}$	$k_{A'MNB'}$	$\Delta U_{A'MNB'}$	$I_{A'B'}$	$\rho_{кA'MNB'}$	Прим.
1										
2										
3										
...										

3. Полученные результаты изобразить в виде карты графиков кажущегося сопротивления ρ_k по профилям.
4. Построить карту изом ρ_k по планшету

2.3. Метод срединного градиента

Метод срединного градиента применяется в районах со сложными условиями заземления. Его суть заключается в том, что питающие электроды AB разносятся на достаточно большое расстояние (как правило, более 1 км) и остаются неподвижными, а приемные электроды MN перемещаются в средней трети установки.

В процессе профилирования на каждой точке проводится измерение разности потенциалов между электродами M и N и затем силы тока в питающей линии. Кажущееся сопротивление рассчитывается по формуле:

$$\rho_k = k \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}, \text{ где}$$

ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемной линии,

I_{AB} – сила тока в питающей линии,

k – коэффициент установки, определяемый следующим выражением

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}},$$

где AM , AN , MN – расстояние между соответствующими электродами в метрах. Напомним, что коэффициент установки зависит от ее геометрии и в методе СГ будет изменяться.

Задание

1. Собрать установку для моделирования по изображенной схеме, приведенной на рис. 2.1.
2. Провести профилирование методом срединного градиента над моделью тела вдоль профилей, проходящих по средней части бака. При этом питающие электроды разносятся в противоположные концы бака, т.е. $AB=1,2$ м, $MN=0,05$.
3. Запись наблюдений вести по форме:

№ п/п	ПР	ПК	k	ΔU	I	ρ_k	Прим.
1							
2							
3							
...							

4. Полученные результаты изобразить в виде карты графиков кажущегося сопротивления ρ_k по профилям.
5. Построить карту изом ρ_k по планшету.

3. Вертикальное электрическое зондирование

Зондирование – это изучение геоэлектрического разреза по вертикали, то есть на глубину. В электроразведке существует два принципа зондирования: *геометрический* и *частотный*. Электрические зондирования в методе сопротивлений являются типичным представителем геометрических зондирований, то есть глубинность их исследований зависит от расстояния между приемными и питающими электродами, чем больше это расстояние – тем больше глубинность. Метод, при котором проводятся многократные измерения с четырехэлектродной симметричной установкой при возрастающем расстоянии между питающими заземлениями и посто-

янном положении ее центра называется методом *вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)*

В зависимости от применяемых установок электрические зондирования бывают: четырехточечные ($AMNB$), трехточечные (AMN, B_{∞}), двухточечные ($AM, N_{\infty}, B_{\infty}$), дипольные. Здесь будет рассмотрена четырехточечная (симметричная) установка электрического зондирования. Такие установки получили наибольшее распространение в электроразведке.

Задание

1. Собрать установку на баке для моделирования согласно схеме (рис. 3.1).

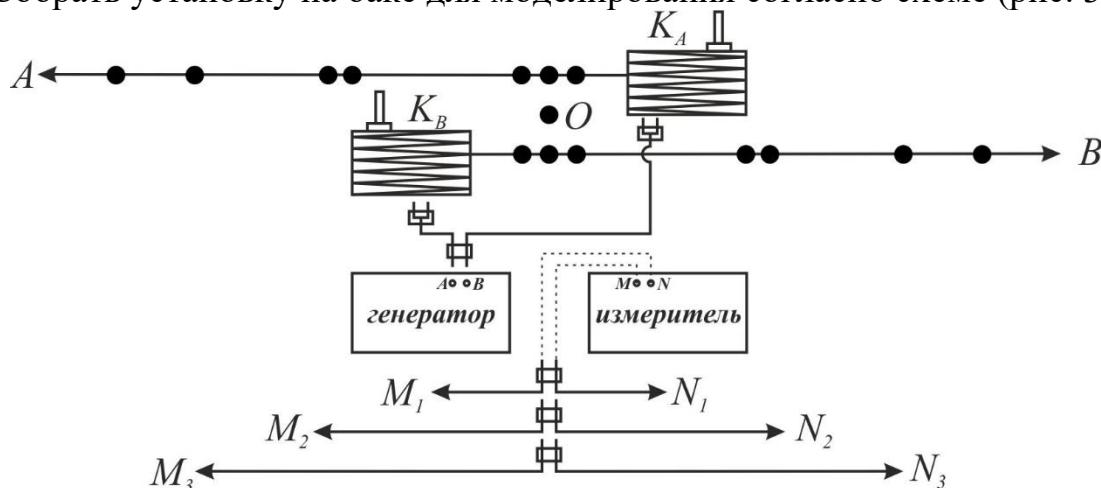


Рис. 3.1. Монтажная схема установки ВЭЗ.

2. Проведите измерения ΔU_{MN} , постепенно увеличивая длину питающей линии.
3. Кажущееся сопротивление рассчитывается по формуле:

$$\rho_k = k \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}, \text{ где}$$

ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемной линии,

I_{AB} – сила тока в питающей линии,

k – коэффициент установки, определяемый следующим выражением

$$k = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN}$$

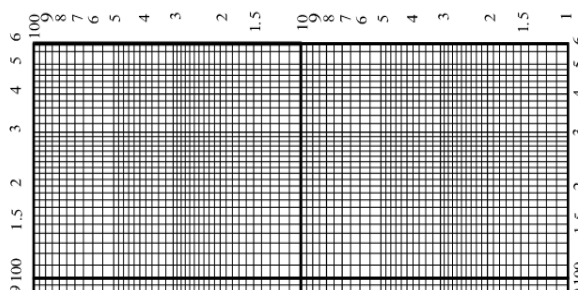
где AM, AN, MN – расстояние между соответствующими электродами в метрах.

4. Результаты измерений и вычислений заносить в журнал по форме:

Участок _____ Дата _____ Погода _____
 Профиль _____ Начало наблюдений _____
 Пикет _____ Окончание наблюдений _____
 Оператор _____ Вычислитель _____

ВЭЗ № _____

№	AB/2 (м)	MN (м)	K (м)	ΔU (мВ)	I (мА)	ρ_k (Ом м)	Примечания
1							
2							
3							



5. Одновременно с выполнением измерений производится построение графика зависимости ρ_k от питающего полуразноса $AB/2$ (кривую ВЭЗ) на билогарифмическом бланке. Переход на очередной разнос AB не производится до тех пор, пока на графике не поставлена точка с текущим значением ρ_k . Это позволяет избежать грубых ошибок при проведении работ. Если точка не ложится «гладко» на график, производится повторное измерение.

4. Метод заряженного тела

Метод заряженного тела предназначен для прослеживания и уточнения фермы тел высокой проводимости, вскрытых, горными выработками или эрозией хотя бы в одной точке. Метод находит применение при разведке рудных и антрацитовых месторождений, а также при гидрогеологических исследованиях.

Сущность метода заключается в исследовании электрического поля, создаваемого электродом, находящимся в контакте с разведываемым телом.

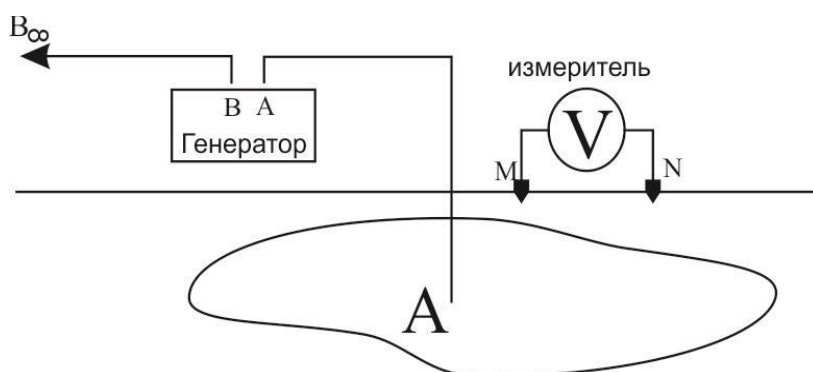


Рис. 4.1. Монтажная схема установки для работы методом заряженного тела.

Назначением данной задачи является ознакомление с одним из способов работы методом заряженного тела, при котором тело высокой проводимости заряжается постоянным током. При работе на постоянном токе исследование поля электрода "заземленного" в разведываемое тело, производится путем измерения разности потенциалов между рядом точек на дневной поверхности.

Установка для работы (рис. 4.1) состоит из двух цепей: 1) питающей – источник тока, соединительные провода, заземление B в "бесконечности" и заземление A в теле; 2) измерительной – электроды MN , соединительные провода, микровольтметр.

Задание

1. Собрать установку по схеме на рис. 4.1. Примечание: электродом в бесконечности являются стенки бака.

2. Измерить ΔU вдоль профиля, пересекающего тело в крест простира-
ния. Величина $MN=5$ см, шаг наблюдения – 5 см.

Для исключения влияния непостоянства силы тока в питающей
цепи использовать аппаратуру со стабилизацией тока, либо на каж-
дой пятой точке производить измерение силы тока.

3. Результаты измерений и вычислений заносить в журнал

Профиль _____ Азимут _____ Дата _____
 Электрод *A* _____ Начало наблюдений _____
 Электрод *B* _____ Конец наблюдений _____
 Электрод *N* _____ Погода _____
 _____ Напряжение источника питания, *V* _____
 Шаг наблюдений _____ Тип прибора _____

Точка сто- яния элек- трода <i>M</i>	<i>U</i> , мВ	<i>I</i> , А	<i>U/I</i> , мВ/А	Исправленное значение $U/I \pm \Delta U/I$	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор: _____ Вычислитель: _____ Проверил: _____

Примечание. Точкой наблюдения называется середина разноса *MN*.
При измерении ΔU , определить также знак по переключателю напра-
вление, следя, чтобы передний электрод был подключен к клемме *M*
прибора.

4. В графу 4 заносить разность потенциалов, отнесенную к единице си-
лы тока, что позволяет устранить влияние непостоянства тока бата-
реи при ее разрядке.
5. По окончании измерений вычислить градиенты потенциала для каж-
дого интервала профиля, отнеся значение градиента к точке изме-
рения. Градиент вычисляется также с учетом знака разности потен-
циалов.
6. Построить график градиента потенциала.

5. Метод естественного поля

5.1. Сущность метода

Сущность метода естественного поля заключается в изучении элек-
трических полей, созданных естественными электродвижущими силами
химического, фильтрационного и диффузионного происхождения с целью
изучения геологических объектов, связанных с этими полями.

Изучение электрического поля производится посредством измерения разности потенциалов между различными точками дневной поверхности.

Наибольшее применение метод получил при поисках и разведке сульфидных месторождений, на которых возникновение естественного поля связано с окислительно-восстановительными процессами, и при инженерно-гидрогеологических исследованиях. В последнем случае объектом исследования являются фильтрационные электрические поля.

Измерительная установка для работы по методу естественного поля состоит из двух измерительных неполяризующихся электродов, измерительного прибора и соединительных проводов.

Неполяризующиеся электроды представляют собой пористые фаянсовые сосуды, в которые вставлены медные стержни, верхняя часть которых закрыта изолирующим материалом. Сосуд заполняется насыщенным раствором медного купороса, который медленно фильтруется через стенки сосуда в землю. Таким образом, контакт медного штыря с землей производится через раствор медного купороса.

В неполяризующихся электродах электродвижущая сила, называемая поляризацией электродов, оказывается небольшой по величине и постоянной по времени, что позволяет исключить ее в процессе измерений естественного поля.

При работе по методу естественного поля отпала необходимость в питающей цепи.

Задание

1. Подготовить электроды к измерениям. Долить их раствором медного купороса при помощи груши. Выбрать пару электродов с поляризацией, не превышающей 2-3 мВ. С этой целью, не вынимая электродов из стойки, подключить прибор к одной из пар электродов и произвести измерение разности потенциалов. В том случае, если эта величина окажется недостаточно мала, измерить поляризацию другой пары электродов, потом следующей и так далее до тех пор, пока не будет выбрана пара электродов, удовлетворяющая указанным выше условиям.

2. Произвести съемку естественного поля в баке с песком. Точки наблюдения расположить вдоль трех профилей. Расстояние между профилями принять разным 50 см, расстояние между точками измерений по профилю 15 см.

3. Измерения произвести в следующем порядке: в точках 1 и 2 первого профиля установить электроды и передний электрод, стоящий в точке №2 подсоединить к клемме *M* прибора, а задний электрод (точка 1) - к клемме *N*. Измерить разность потенциалов $\Delta U'$ между точками 1 и 2 и записать ее в графу 3 журнала.

Переставить электроды (поменять их местам), а затем, снова подключив передний электрод к клемме *M*, а задний - к клемме *N* произвести измерение разности потенциалов $\Delta U'$ и записать в графу 4.

4. Знак разности потенциалов определять по знаку на приборе.

Искомая разность потенциала между точками 1 и 2 определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{\Delta U' + \Delta U''}{2}$$

Полярзация приемных электродов вычисляется, как полуразность обоих замеров:

$$p = \frac{\Delta U' - \Delta U''}{2}$$

Результаты вычислений записываются в графы 5 и 6. По окончании измерений между точками 1 и 2 электроды переставляются в точки 2 и 3, и аналогичным способом производятся измерения разности потенциалов между этими точками. В такой последовательности следует обойти замкнутый полигон, включающий в себя первый и третий профили, а также начальные и конечные точки всех профилей. Замкнув полигон, измерить разности потенциалов по среднему профилю.

5. Записать результаты наблюдений в журнал в следующей форме:

№ пр	№ т.н.	$\Delta U'$	$\Delta U''$	ΔU	p
1	2	3	4	5	6
1	1	+12,8	+12,3	+12,50	0,25
1	2	+14,3	+14,0	+14,15	0,25
1	3				

6. По окончании измерений отключить электроды, смыть с них песок, поставить в стойку и соединить накоротко. Приступить к обработке наблюдений. Для этого составить ведомость по следующей форме:

№ пр	№ т.н.	ΔU	ε	$\Delta U_{исп}$	U
1	2	3	4	5	6
1	1	+12,50	+0,3	+12,8	
1	2	+14,15	+0,3	+14,6	
1	3				

В первую очередь производится обработка наблюдений по замкнутому полигону. В графу 3 переписать вычисленные разности потенциалов естественного поля, затем вычислить суммы положительных и отрицательных ΔU и подсчитать абсолютную невязку наблюдений по контуру

$$m = \sum(+\Delta U) + \sum(-\Delta U),$$

а также процентную ошибку

$$n = \frac{|m|}{\sum|\Delta U|} \cdot 100\%$$

Наблюдения считаются удовлетворительными, если процентная ошибка не превышает 3%.

Полученная невязка разбрасывается с обратным знаком равными долями по всем измеренным разностям потенциалов. Величины поправки записываются в графу 4. В графу 5 записываются исправленные величины разности потенциалов.

$$\Delta U_{исп} = \Delta U + \varepsilon$$

(ε - величина поправки, $\varepsilon = \frac{-m}{W}$, где W - количество измерений).

По исправленным разностям потенциалов вычисляются потенциалы всех точек контура относительно потенциала 0-го пикета 0-го профиля (считая, что угол планшета находится в нормальном поле).

7. Обработка наблюдений по промежуточному профилю производится таким же образом, причем невязка должна быть вычислена по формуле:

$$m = \left[\sum (+\Delta U) + \sum (-\Delta U) \right] - [U_n - U_k]$$

где, U_n и U_k – потенциалы конечной и начальной точек промежуточного профиля. Невязка разбрасывается равными долями между измеренными ΔU с обратным знаком. Затем вычисляются потенциалы точек.

8. По результатам наблюдений построить карту потенциалов естественного поля. Провести интерпретационный профиль через эпицентр аномалии. Построить графики потенциала и градиента потенциала по интерпретационному профилю. Сравнить графики.

5.2. Определение сопротивления неполяризующихся электродов

Задание

1. Выбрать три электрода и, не вынимая их из стойки перенумеровать.
2. Поочередно измерить собственные разности потенциалов (поляризацию) каждой пары электродов (1-го и 2-го, 2-го и 3-го и т.д.) и определить силу тока, создаваемую в измерительной цепи этими разностями потенциалов. Определить сопротивление неполяризующихся электродов.
3. Запись наблюдений и их обработка ведется по форме:

№№ электродов	ΔU	n	i	Примеч.	R	$R_s = \frac{\Delta V}{i}$
1	2	3	4	5	6	7
1 – 2						
2 – 3						
3 – 1						

6. Метод незаземленной петли

6.1. Основы метода незаземленной петли

Метод незаземленной (НП) петли является одной из модификаций низкочастотных индуктивных методов (НЧИМ) электроразведки и применяется при поисках и разведке хорошо проводящих и высокомагнитных руд. При работе этим методом на исследуемой площади или над изучаемым объектом разматывается квадратная петля размером от 500×500 м до 3000×3000 м, питаемая от генератора синусоидальных колебаний током низкой частоты (от 19 Гц до 10 кГц).

В средней части петли, где возбуждающее (первичное) магнитное поле в достаточной степени однородно, разбивается сеть профилей в крест предполагаемого простирания объектов исследования. Вдоль этих профилей производятся измерения магнитной компоненты суммарного (H_{Σ}) магнитного поля (рис. 6.1), являющегося векторной суммой первичного магнитного поля (поля петли) вторичного магнитного поля (поля локального объекта H_{em}) или отношение амплитуд $\frac{H_{Z1}}{H_{Z2}}$ и разность вертикальной компоненты магнитного поля $\Delta\phi$.

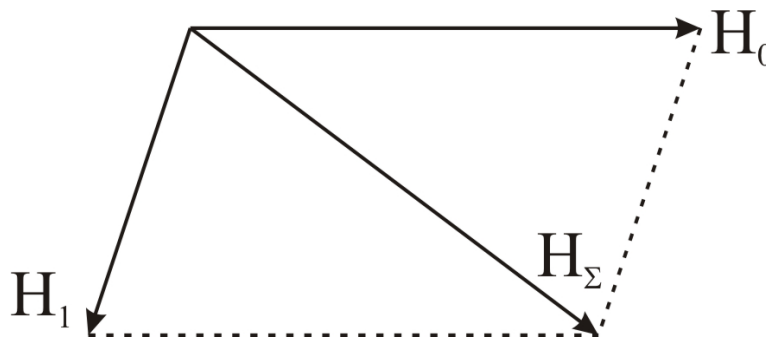


Рис. 6.1. Суммарное магнитное поле H_{Σ} .

Площадные исследования проводятся на одной частоте. Частота выбирается в зависимости от магнитных свойств объекта. Для проводящих и немагнитных объектов используется высокая частота (порядка 2500 Гц), для проводящих и магнитных объектов используется низкая частота (19,5-39 Гц). Выявленные аномалии затем детализируются, т.е. производятся измерения на многих частотах с целью получения частотной и амплитудно-фазовой характеристик по сгущенной сети наблюдений исследуемого объекта.

6.2. Описание лабораторной установки

Лабораторные работы методом незаземленной петли проводятся с помощью модельной установки.

Моделью петли является рамка размером 100×80 см, на которую намотано 100 витков провода ПЭЛ диаметром 0,8 мм. Моделями рудных тел являются алюминиевые и стальные шары, цилиндры и пластины различных размеров, проводимость которых колеблется в пределах $10^6 - 10^5 \text{ См/м}$, а моделью приемной рамки является многовитковая рамка диаметром 20 мм, намотанная проводом сечением 0,07 мм.

При работах соблюдается критерий подобия: $\gamma_1 \mu_1 \omega_1 l_1^2 = \gamma_2 \mu_2 \omega_2 l_2^2$, где $\gamma_1 \mu_1 \omega_1 l_1^2$ - удельная электропроводность, магнитная проницаемость и размеры моделей рудных тел и установки; а $\gamma_2 \mu_2 \omega_2 l_2^2$ - удельная электропроводность, магнитная проницаемость и размеры рудных тел и установки в реальных условиях.

Коэффициент моделирования принят равным 1:1000. При этом рамка соответствует петле размерами 1000×800 м, расположенной над хорошо проводящими геологическим объектами, удельная электропроводность которых колеблется в пределах $10^3 - 10^2 \text{ См/м}$, что соответствует электропроводности сплошных сульфидных руд, характерной для некоторых районов нашей страны.

Вмещающей средой для моделей является воздух, удельное сопротивление которого по сравнению с удельным сопротивлением моделей настолько велико, что можно считать его бесконечно большим.

Генератором синусоидальных колебаний, питающим петлю переменным током звуковой частоты, является лабораторный генератор. Для контроля за частотой питающего тока используется частотомер. В качестве измерительного прибора используется лабораторный микровольтметр, на вход которого подается сигнал с приемной рамки, передвигающейся вдоль профиля, расположенного внутри петли.

Задание

1. Вдоль профиля внутри петли произвести измерения вертикальной компоненты магнитного поля с шагом 1 см на частотах 19.5 Гц, 39 Гц, 78 Гц, 156 Гц, 312 Гц, 625 Гц, 1250 Гц, 2500 Гц, 5000 Гц занести показания в журнал. Для этого:
 - а) Установить приемную рамку в центральной части профиля;
 - б) Включить аппаратуру
 - в) Меняя величину выходного напряжения на генераторе добиться того, чтобы измеренный сигнал составлял не менее 20 мВ.
 - г) Передвигая приемную рамку по профилю производить измерения с помощью вольтметра величины ЭДС в приемной рамке, пропорциональную амплитуде вертикальной компоненты магнитного поля H_z .
 - е) Запись производить в журнал по форме указанной ниже.

ЖУРНАЛ

Дата _____

ПК	f=19.5Гц			f=39Гц			f=78Гц					f=2500Гц			f=5000Гц		
	$H_{изм}$	H_0	H_a	$H_{изм}$	H_0	H_a	$H_{изм}$	H_0	H_a	$H_{изм}$	H_0	H_a	$H_{изм}$	H_0	H_a	$H_{изм}$	H_0	H_a
1																		
2																		
3																		
4																		

Оператор _____ Вычислитель _____

2. Построить графики $H_{изм}$ для всех частот и путем интерполяции привести разделение нормального поля петли и аномального поля от объекта.
3. Произвести расчет нормированного аномального поля по формуле:

$$H_A = \frac{H_{изм} - H_0}{H_0} 100\%$$

4. Построить графики H_A для всех частот.
5. Для пикета, на котором $|H_A|$ максимально построить график зависимости H_A от частоты в билогарифмическом масштабе.
6. Определить по частотной характеристике обобщенный параметр объекта (Приложение 2).

Обобщенная характеристика объекта:

$$p = \gamma \mu \omega Q^2 \text{ — для цилиндра,}$$

$$p = \frac{1}{2} \gamma \mu \omega Q^2 \text{ — для сферы,}$$

$$p = \gamma \mu \omega \frac{ml}{2} \text{ — для пластины;}$$

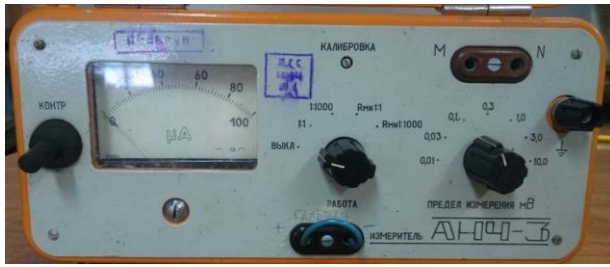
где: γ – проводимость объекта, μ – магнитная проницаемость объекта, Q – радиус цилиндра или сферы, m – мощность пластины, l – длина пластины по падению.

7. Аппаратура

7.1. Аппаратура «АНЧ-3»

Аппаратура АНЧ-3 предназначена для работы методами сопротивления и позволяет измерять разность потенциалов на приемных электродах в диапазоне от 5 мкВ до 10 В и посылать в питающую цепь АВ стабилизированный ток частотой 4,88 Гц или постоянный.

Комплект состоит из двух генераторов: переносного и стационарного, являющихся источником питания для цепи АВ (питающей цепи), и 3-х измерителей (см рис. 7.1.1).



а)



б)

Рис.7.1.1. Комплект аппаратуры АНЧ-3. а-измеритель, б-генератор.

Генераторы вырабатывают переменный ток - в форме прямоугольных импульсов со скважностью 2 частотой 4,88 Гц или постоянный, величина тока - 10 мА, 31,6 мА, 100 мА (переносной генератор) или 0,1 А; 0,15 А; 0,25 А; 0,4 А; 1 А; 1,5 А; и 2,0 А (Стационарный генератор).

Порядок работы с аппаратурой

1. Проверка напряжения первичного питания.

1.1 Для контроля за источником питания измерителя следует включить прибор, поставив переключатель "работа" в положение "1:1" и поставить переключатель "контроль" в рабочее положение ("контроль"). По стрелочному измерительному прибору следует произвести отсчет, который не должен составлять менее 70 делений шкалы прибора.

1.2 Для контроля за первичным напряжением генератора нужно переключатель "питание" генератора поставить в положение "вкл" и убедиться, что стрелка индикаторного прибора устанавливается в пределах красного сектора шкалы, если к клеммам А и В генератора не подведена нагрузка, то при включении прибора загорается красная лампочка "перегрузка". Включать генератор без нагрузки можно лишь на короткое время для проверки питания прибора.

Если при контроле за питанием обнаруживается, что оно не удовлетворяет условиям проверки, указанным в пп. 1.1 и 1.2 § I, следует снять с приборов расположенные в их нижней части блоки питания и поставить их на зарядку с помощью зарядного устройства - выпрямителя АНЧ-3, подключаемого либо к сети, либо к бензоэлектрическому агрегату.

2. Калибровка

Перед началом работы следует произвести калибровку измерительного прибора. Для этого следует, руководствуясь схемой, приведенной на рис.7.1.2:

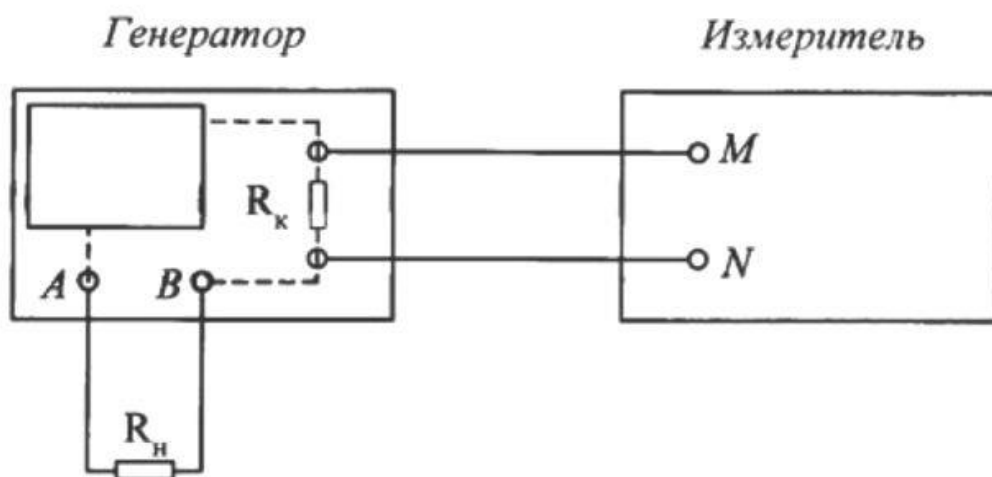


Рис. 7.1.2. Схема для производства калибровки аппаратуры АНЧ-3.

2.1 Подключить к клеммам AB генератора линию AB или нагрузку, её имитирующую (балластное сопротивление R_n).

2.2 Соединить специальным шлангом (или любыми соединительными проводами) клеммы U_k генератора и клеммы MN измерителя.

2.3 Установить переключатель "работа" измерителя в положение "1:1".

2.4 Установить на измерителе предел измерения 10,0

2.5 Установить переключатели генератора в положения

2.5.1 Переключатель "режим" в положение Γ

2.5.2 Переключатель "выходной ток" для переносного генератора в положение 10,0, если калибровка осуществляется от стационарного генератора, переключатель устанавливается в положение 0,1 А.

2.5.3 Включить генератор, переведя переключатель "питание" в положение "вкл".

2.5.4 Регулятором "калибровка" измерителя установить отсчет стрелочного прибора измерителя равным 100 делениям шкалы.

3. Зарядка батарей.

Для зарядки аккумуляторов, являющихся источником питания генераторного и измерительного блоков ШР 50 Гц/200 В 400 Гц/115 подключается либо к сети, либо к бензоэлектрическому агрегату, а переключатель, расположенный в левой половине лицевой панели зарядного устройства устанавливается в положение 220 В (если ШР подключен к сети), либо 115 В (если ШР подключен к бензоэлектрическому агрегату, входящему в комплект АНЧ-3).

С помощью специальных соединительных линий, входящих в комплект, к левым крайним клеммам лицевой панели зарядного устройства ($J1$), строго соблюдая указанную полярность, подключается блок питания генератора. К клеммам $J2 a, б, в$ подключаются блоки питания 3-х измерителей, входящих в комплект, также при условии строгого соблюдения ука-

занной полярности. Ток зарядки должен составлять 150 мА, величина его регулируется переменными резисторами, расположенными справа от соответствующих клемм *J1, J2a, J2б, J2в*.

Контроль за величиной тока зарядки осуществляется по миллиамперметру на лицевой панели выпрямителя. Для этого следует поставить правый переключатель лицевой панели в положения *J1, J2a*, либо *J2б*, либо *J2в*, в зависимости от того, блок питания какого прибора контролируется. В положении *J1* контролируется ток, заряжающий аккумуляторы блока питания генератора, а *J2a, б, в* соответственно контролируется ток, заряжающий блоки питания измерителей *а, б, в*. Для контроля за напряжением заряда следует установить переключатель в положения *V1* или *V2*. На левой стороне панели зарядного устройства расположен также предохранитель 2,0 А, который при перегорании следует заменить, устранив причину перегорания.

Основные характеристики

Рабочая частота, Гц	4,88
Максимальная мощность генератора, Вт:	
стационарного	300
переносного	30
Максимальное напряжение генератора, В	
стационарного	350
переносного	250
Максимальный ток генератора, А	
стационарного	2
переносного	0,1
Измеряемое напряжение, мкВ	10–30000
Погрешность измерения напряжения, %	3
Масса генератора, кг	
стационарного	6
переносного	10
Масса микровольтметра	3,5

Производство измерений в полевых условиях

1. Работа с переносным генератором.

1.1. Подключить приемную цепь *MN* к клеммам *MN* измерителя, а питающую цепь *AB* к клеммам *AB* генератора. Линию *MN* расположить не ближе 1 м от линии *AB*.

1.2. Установить переключатель "питание" генератора в положение "вкл" и проверить по стрелочному прибору напряжение питания и периодически его контролировать (стрелка прибора не должна выходить за пределы красного сектора шкалы). Установить переключатель "выходной ток" мА в положение 100.

1.3. Проверить напряжение источников питания в соответствии с п.1 § I.

1.4. Осуществить калибровку измерительного прибора в соответствии с п.2 § I.

1.5. При отсутствии стабилизации тока, о чем укажет загорание красной лампочки на лицевой панели, следует перейти на меньший ток и работать на максимально возможном стабилизированном токе. Записать установленное значение тока в журнал.

1.6. Установить переключатель измерительного блока "*работа*" в положение 1:1000, а переключатель "*предел измерений*" мВ в такое положение, при котором стрелка измерительного прибора отклоняется не менее, чем на 1/3 измерительной шкалы, Если на самом чувствительном пределе (0,01 мВ) стрелка отклоняется менее, чем на треть шкалы, перевести переключатель "*работа*" в положение 1:1 и снова подобрать оптимальный предел измерений с помощью соответствующего переключателя.

1.7. Взять отсчет ΔU по шкале измерительного прибора и записать его.

1.8. Проверить, что переходные сопротивления заземления измерительной линии MN не превышают допустимых пределов, переведя переключатель "*работа*" в положение $R_{MN} 1:1$. Если измерение ΔU было произведено на пределе 1:1 или в положение $R_{MN} 1:1000$, если измерение было осуществлено на пределе 1:1000 и убедиться, что стрелка при переключении остается в том же положении, ± 10 делений прибора. Если показания измерительного прибора изменяются более, чем на 10 делений, следует уменьшить переходное сопротивление электродов приемной цепи (забить электроды MN глубже или увлажнить). В этом случае следует произвести измерение ΔU заново.

2. Работа со стационарным генератором.

Стационарный генератор применяется при работе с неподвижными питающими линиями (срединный градиент, метод заряда и т.п.).

2.1. Установить бензоэлектрический агрегат на расстоянии 20-25 м от стационарного генератора, соединить его кабелем с генератором, запустить и дать прогреться в течение 5-10 мин.

2.2. Включить генератор, соблюдая следующую последовательность:

2.2.1 поставить переключатель "*выходной ток*" А в положение "2,0"

2.2.2 включить генератор и проверить питание его, поставив переключатель "*питание*" в положение "*вкл*". Стрелка индикаторного прибора должна находиться в пределах красного сектора шкалы.

Проверить стабилизацию тока по отсутствию мигания красной лампочки "*перегрузка*", а случае, если лампочка мигает и стабилизация тока не осуществляется, выключите генератор и поставьте переключатель "*выходной ток*" А в положение, соответствующее меньшему значению выходного тока и снова включите генератор. Если режим стабилизации снова не уста-

навливается, последовательно переходите на меньшие значения выходного тока до установления режима стабилизации; установленное значение тока запишите в журнал.

2.3. Подключить линию *MN* к клеммам *MN* измерительного прибора и осуществить измерение разности потенциалов в соответствии с пп 1.6 – 1.8 § II. Результат измерений записать в журнал и перейти на следующую точку.

ПРИМЕЧАНИЕ: если в процессе работы как со стационарным, так и с переносным генератором из-за ухудшения условия заземления ток генератора вышел за пределы Допустимого значения, о чем свидетельствует мигание лампочки "*перегрузка*" следует перейти на меньшее значение тока или обеспечить лучшее заземление питающих электродов А и В. изменение значения тока записывается в журнал.

Задание

Произвести калибровку комплекта аппаратуры АНЧ-3, используя переносной генератор.

Порядок выполнения задания

1. Собрать установку по схеме рис. 7.1.2.
2. Установить переключатель "*работа*" измерителя в положение "*1:1*".
3. Установить на измерителе предел измерения 10мВ
4. Установить переключатели генератора в положения
 - а. Переключатель "*режим*" в положение \sqcap
 - б. Переключатель "*выходной ток*" генератора в положение 10мА.
5. Включить генератор, переведя переключатель "*питание*" в положение "*вкл*".
6. Регулятором "*калибровка*" измерителя установить отсчет стрелочного прибора измерителя равным 100 делениям шкалы.

7.2. Комплект электроразведочной аппаратуры «ЭРА-ЗНАК»

Описание ЭРА-ЗНАК составлено по Инструкции прибора, размещенной на сайте производителя (<http://geoget.ru> и <http://www.era-max.com>).

Аппаратура ЭРА-В-ЗНАК используется при поисках и разведке полезных ископаемых и пресных подземных вод, а также при решении широкого круга задач инженерных изысканий: проектирования и оценки гидротехнических сооружений и подземных трубопроводов, при решении задач геоэкологии и изучении мерзлотных условий.

При поверхностном покрове, благоприятном для устройства гальванических заземлений, аппаратура ЭРА на всех рабочих частотах позволяет проводить наблюдения методом сопротивлений по обычной технологии с заземленными питающими и приемными линиями. В случае плохих условий заземлений (мёрзлый грунт, сухие пески и твердые искусственные по-

крытия) на частоте 625 Гц аппаратура дает возможность выполнения наблюдений по методике бесконтактных измерений электрического поля, т.е. без гальванического контакта приемных и питающих линий с землей.

Аппаратура портативна, имеет цифровую и стрелочную индикацию отсчетов, автоматическую компенсацию ЭДС поляризации электродов, расширенный диапазон стабилизированных выходных токов и повышенное выходное напряжение генераторов.

В комплект аппаратуры ЭРА входят:

Измеритель с цифровым жидкокристаллическим индикатором на три частоты (0; 4,88; 625 Гц), который позволяет регистрировать реальные сигналы в диапазоне от 1 мкВ до 2 В.

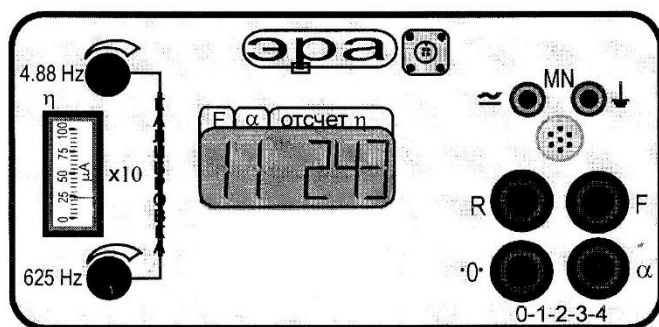


Рис. 7.2.1. Панель управления измерителя ЭРА

Измеритель ЭРА сконструирован на действии селективного усиления входного переменного напряжения с последующим преобразованием его в постоянное напряжение, измеряемое аналого-цифровым преобразователем (АЦП) интегрирующего типа с выходом на жидкокристаллический индикатор. Измеритель позволяет определять параметр q (Ом), являющийся отношением значений входного напряжения измерителя к выходному току генератора на рабочей частоте, согласно формуле:

$$q = U / \beta, \quad U = n \cdot 10^{-\alpha},$$

где U – значение входного напряжения с указанием знака в мВ; n – отсчет по цифровому табло (10–1999); $10^{-\alpha}$ – масштабный коэффициент поддиапазонов входного напряжения при $\alpha = 0, 1, 2, 3, 4$; β – масштабный коэффициент поддиапазонов выходного тока 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200 для частот 0 и 4,88 Гц.

Измеритель имеет устройства для контроля сопротивления приемной линии, подключенной к входным гнездам "MN", и напряжения источников питания по стрелочному индикатору. Потребляемый измерителем ток не превышает 9 мА.

Назначение органов управления измерителя (рисунок 7.2.1):

гнезда "MN" – для подключения приёмной линии при измерениях на переменном и постоянном токах;

кнопка "R" – для проверки сопротивления заземлённой приемной линии;

кнопка "F" – для включения и выключения измерителя и выбора режима работы;

кнопка " α " – для выбора поддиапазонов измерений и выключения измерителя;

кнопка "•О•" – для включения и выключения компенсатора поляризации в режиме измерения постоянного напряжения;

ручки "КАЛИБРОВКА" – для установки тестовых отсчетов "n" на частотах 4,88 и 625 Гц;

разъемы – для подключения к измерителю согласующих измерительных устройств и магнитного согласующего устройства;

стрелочный индикатор, дублирующий показания "n" цифрового табло (в пределах от 0 до 1000) при измерениях параметра q на частотах 4,88 и 625 Гц;

цифровое табло – для вывода измерительной и служебной информации.

Цифровое табло содержит шесть десятичных знаков (слева – направо):

- первый знак указывает рабочую частоту (значение 0 соответствует частоте 0 Гц, 1 – частоте 4,88 Гц, 2 – частоте 625 Гц;

- второй знак указывает значение коэффициента " α " (1, 2, 3, 4) поддиапазонов измерений;

- третий–шестой знаки показывают отсчет "n" (0000 – 1999), пропорциональный измеряемым значениям q и U .

Первое нажатие кнопки "F" включает измеритель в режим контроля напряжения питания и измерений на постоянном токе. Указанному режиму соответствует цифра "0" сектора "F". Непрерывное нажатие кнопки "F" приводит к последовательному непрерывному перебору цифр в секторе: 0–1–2, 0–1–2 и т.д. Цифра 1 соответствует режиму измерений на частоте 4,88 Гц, цифра 2 – режиму измерений на частоте 625 Гц. При $F = 0$ возможно включение и выключение компенсатора поляризации с помощью кнопки "•О•" (первое нажатие кнопки – включение, второе – выключение и т.д.). На работу измерителя в режиме компенсации указывает периодическое погасание ("мерцание") цифр "0" в секторе "F".

Одновременное нажатие кнопок "F" и " α " выключает измеритель независимо от режима, в котором он находится.

Пробел в секторе α при $F = 0$ соответствует режиму контроля напряжения питания (по стрелочному индикатору и отсчету "n"). При $F = 1, 2$ пробел в секторе α соответствует режимам калибровки измерителя на частотах 4,88 и 625 Гц. Нажатие кнопки " α " переключает поддиапазоны измерений от наиболее грубого ($\alpha = 0$) до наиболее чувствительного ($\alpha = 4$).

В секторе "n" цифрового табло записываются показания с максимальным значением 1999 и указанием отрицательного знака отсчета "-" (при измерениях постоянного поля). Если отсчет "n" по абсолютному значению превышает указанный, то появляется символ переполнения единица ("1") или минус единица ("-1") в старшем разряде.

Все измерения необходимо начинать на наиболее грубом поддиапазоне ($\alpha = 0$), последовательно повышая чувствительность (увеличивая значения "n") так, чтобы отсчет на всех поддиапазонах, кроме наиболее чувствительного, был бы не менее 100–200. Во избежание ошибок измерений, обусловленных перегрузкой измерителя по входу интенсивными сигналами помех сторонних частот, необходимо следить за совпадением первых двух цифр отсчетов "n" на предыдущем и выбранном поддиапазонах измерений. Если совпадения нет, следует брать отчет "n" на более грубом поддиапазоне, более устойчивом к перегрузкам (отсчет "n" в этом случае может быть меньше "100").

При измерениях на частотах 4,88 Гц может наблюдаться флюктуация отсчетов "n" измерителя в некоторых пределах. В связи с этим случайная составляющая погрешности отсчета "n" при кратковременном наблюдении может достигать (2 – 3) %.

Для оценки значений " R_{MN} " при полевых и лабораторных измерениях используется кнопка "R" на лицевой панели. Качество заземлений считается удовлетворительным, если при нажатии кнопки "R" отсчет "n" полезного сигнала уменьшается не более чем в два раза. В этом случае значения " R_{MN} " меньше предельных.

Внимание! При нажатии кнопки "R" входные гнезда "MN" измерителя шунтируются сопротивлением так, что входное активное сопротивление измерителя понижается до 100 или 15 кОм (с погрешностью $7+0,5$ %) соответственно при измерениях на переменном ($F \neq 0$) или постоянном ($F = 0$) токах.

По окончании работ измеритель выключается одновременным нажатием кнопок "F" и "α".

Измеритель имеет также систему автоматического отключения питания через 7 минут после последней операции, выполненной с помощью любой из кнопок: "F", "α" или "•О•". За 1 мин. до указанного срока должен включиться звуковой сигнал. Звуковой сигнал можно прервать, продлив работу измерителя без изменения содержания цифрового табло. С этой целью в режиме измерений постоянного напряжения достаточно два раза нажать любую из кнопок "F", "α" или "•О•", в режиме измерений переменных напряжений – один раз нажать кнопку "•О•".

Генератор для частот 0 и 4,88 Гц, возбуждающий стабилизированный ток строго определенной величины 1, 2, 5, 10, 20, 100 и 200 мА.

Генератор для частоты 625 Гц, позволяющий возбуждать ток от 0,1 до 100 мА (выходная мощность 15 Вт).

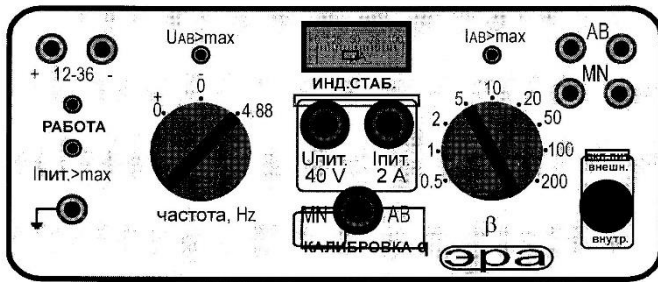


Рис. 7.2.2. Панель управления генератора ЭРА "0; 4,88".

Генератор ЭРА "0; 4,88" предназначен для преобразования низковольтного постоянного напряжения источников питания в регулируемое постоянное или переменное высоковольтное выходное напряжение, обеспечивающее заданное значение стабилизированного выходного тока в нагрузке.

Генератор "0; 4,88 Гц" обеспечивает:

- возбуждение в активной нагрузке выходного постоянного тока или тока симметричной прямоугольной формы (меандр) частотой 4,88 Гц на 9 поддиапазонах, определяемых коэффициентами " β ";
- автоматическую установку значений выходного тока, заданных коэффициентами " β ";
- автоматическую стабилизацию выбранных значений выходного тока при изменении сопротивлений нагрузок и напряжения питания генератора.

Назначение органов управления и индикации генератора ЭРА "0; 4,88", приведено на рис. 7.2.2.

гнезда "AB" – для подключения питающих линий АВ при измерениях параметра q на постоянном и переменном токах;

гнезда "MN" – для подключения к генератору входа измерителя при их совместной калибровке;

гнезда "+", "-" – для подключения внешнего источника питания.

Внимание! При использовании для питания генератора внешнего источника следить за соблюдением полярности подключения внешнего источника. Включение генератора при ошибке в полярности питания приводит к перегоранию предохранителя генератора;

тумблер "ВКЛ., ПИТ." имеет нейтральное (генератор выключен) и два крайних положения "ВНЕШ." и "ВНУТР." для включения генератора от внешнего или внутреннего источников питания;

тумблер "КАЛИБРОВКА q " имеет два положения: "AB" – режим работы на питающую линию АВ и "MN" – режим совместной калибровки, в первом положении выход генератора подключен к гнездам "AB", во втором – к гнездам "MN";

переключатель " β " – для установки одного из 9 поддиапазонов выходного тока в соответствии с выбранным значением коэффициента " β ";

переключатель "ЧАСТОТА, Hz" имеет три положения "+0", "-0", "4,88"; первые два положения определяют полярность выходного напряжения при работе генератора в режиме постоянного тока, в третьем поло-

жении генератор переключается в режим переменного тока частотой 4,88 Гц.

Внимание! Переключение режимов генератора "0; 4,88 Гц" должно производиться только при выключенном генераторе;

кнопка "Ипит. 2А" – для контроля тока, потребляемого от источника питания генератора; при включении кнопки стрелочный индикатор показывает потребляемый ток в диапазоне (0–2) А;

кнопка "Упит. 40V" – для контроля напряжения источника питания генератора; при включении кнопки стрелочный индикатор показывает напряжение питания в диапазоне (0–40) В;

стрелочный индикатор "ИНД. СТАБ." – для индикации режима стабилизации выходного тока; указанному режиму соответствуют показания индикатора от 10 до 100 (чем больше отсчет, тем больше продолжительность работы генератора в режиме стабилизации при разрядке батарей питания);

светодиодные индикаторы: индикатор "РАБОТА" указывает на включение генератора; индикаторы " $I_{AB}>max$ ", " $I_{ПИТ}>max$ ", " $U_{AB}>max$ " загораются при срабатывании соответствующей системы защиты генератора от аварийных режимов;

гнездо "⊥" – для заземления корпуса генератора.

Активные электроды, которые работают на частоте 4,88 и 625 Гц и обеспечивают увеличение входного сопротивления до 2 ГОм.

Электрическая антенна на частоте 625 Гц, включающая выносной усилитель, расположенный в ручке антенны, который увеличивает входное сопротивление до 2 ГОм.

Задание

Изучить устройство, порядок работы и произвести калибровку электроразведочной аппаратуры ЭРА-В-ЗНАК

Порядок проведения работы

1. Изучить устройство аппаратуры ЭРА-В-ЗНАК
2. Изучить основные способы измерения разности потенциалов с аппаратурой ЭРА-В-ЗНАК.

3. Для проверки работы генератора и калибровки поддиапазонов измерителя:

а. Подключить к гнездам "АВ" нагрузочное сопротивление порядка 10–100 Ом. (см.рис.7.1.2)

б. Переключатель " β " установить в положение "10";

в. Включить генератор, переключив тумблер "ВКЛ. ПИТ." в положение "ВНУТР." или "ВНЕШ." в зависимости от использования внутреннего или внешнего источника питания. Одновременно с включением генератора прерывистым светом загорается светодиод "РАБОТА", про-

слушивается "тикающий" звуковой сигнал, показания стрелочного индикатора "ИНД. СТАБ." устанавливаются в области 50–100 делений.

г. Нажать кнопку "Упит. 40V" и проверить по стрелочному индикатору напряжение источника питания, которое должно находиться в пределах от 12 до 36 В. В противном случае заменить батареи питания.

д. Нажать кнопку "Ипит.2А" и проверить по стрелочному индикатору ток, потребляемый от батарей питания. Значение тока не должно превышать 2А.

е. Соединить между собой одноименные гнезда "MN" измерителя и генератора; включить измеритель в режиме $F = 1$, $\alpha = 1$; установить на цифровом табло с помощью ручки "КАЛИБРОВКА 4,88 Hz" тестовый отсчет " n " = 1000 ± 10 (с учетом осреднения флюктуации отсчета " n ").

ж. Включить измеритель в режиме $F = 1$, $\alpha =$ (пробел). Не изменяя положения ручки "КАЛИБРОВКА 4,88 Hz", установленного при совместной калибровке приборов, определить по цифровому табло и записать в полевом журнале значение тестового отсчета " n " в режиме автономной калибровки измерителя (с указанием частоты, номеров измерителя и генератора и даты калибровки). В дальнейшем при полевых наблюдениях контролировать в режиме автономной калибровки измерителя записанное значение тестового отсчета " n " и при необходимости поддерживать его неизменным с помощью регулировки усиления измерителя ручкой "КАЛИБРОВКА 4,88 Hz".

з. С помощью образцового сопротивления, встроенного в генератор, проверить на частоте 4,88 Гц для всех значений коэффициентов " β " измерителя погрешность измерения контрольного значения параметра " q ", равного $(10 \pm 0,1)$ Ом.

Внимание! Переключение рабочих частот, значений " β " и положений тумблера "КАЛИБРОВКА q " производить только при выключенном генераторе.

и. Проверить действие защиты генератора от аварийного режима, связанного с перегрузкой по выходному напряжению. Переключить тумблер "КАЛИБРОВКА q " в положение "АВ" и включить генератор при "Упит" не менее 18–20 В. Так как выходной ток отсутствует (нагрузка отключена от гнезда "АВ"), амплитуда выходного напряжения U_{AB} генератора повышается до максимально допустимой (550 В) и затем ограничивается устройством защиты. При включении устройства, ограничивающего U_{AB} , на лицевой панели генератора загорается светодиод " $U_{AB} > \max$ ".

После проверки светодиодной сигнализации привести органы управления генератора в положение, соответствующее п. 1. Генератор проверен и подготовлен к работе.

7.3. Многофункциональный электроразведочный измеритель «МЭРИ-24»

Описание МЭРИ-24 составлено по Инструкции прибора, размещенной на сайте производителя (<http://www.nw-geo.ru>).



Рис. 7.3.1. Внешний вид электроразведочного измерителя МЭРИ-24.

Электроразведочный измеритель «МЭРИ-24» предназначен для измерения постоянных и гармонических электромагнитных полей и может использоваться при проведении работ методами постоянного тока (сопротивлений), вызванной поляризации в частотной области (ВП), частотного зондирования (ЧЗ).

Внешний вид измерителя «МЭРИ-24» представлен на рис. 7.3.1. В левой части передней панели располагается графический дисплей, в правой – клавиатура. Выше дисплея находятся разъемы для подключения датчика поля (черная и красная клеммы, защищенные от случайных ударов двумя металлическими штырями). На правой боковой панели находятся разъемы:

- синхронизации с генератором;
- питания от сети (при работе в лабораторных условиях) и зарядка аккумулятора;
- синхронизации с ПК для обновления внутренней программы измерителя и передачи данных.

Включение прибора осуществляется при нажатии на кнопку «On».

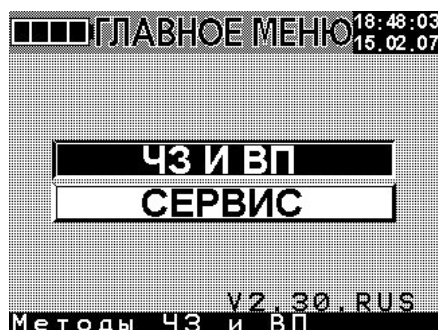


Рис. 7.3.2. Главное меню измерителя МЭРИ-24.

После этого загружается управляющая программа и на экране отображается окно приветствия. По окончании загрузки появляется главное меню (рис. 7.3.2). Верхняя часть экрана отображает уровень заряда аккумулятора, название уровня меню и текущее время/дату (устанавливается в меню «Сервис»). В нижней части экрана располагается строка состояния.

Переход от одного пункта меню к другому осуществляется с помощью клавиш со стрелками. Для выбора пункта меню нужно нажать клавишу «Enter», в этом случае произойдет переход в соответствующее меню следующего уровня. Для возврата в меню более высокого уровня предназначена кнопка «Esc». Выключение прибора осуществляется при нажатии на кнопку «Off».

Для перехода к измерениям, даже если вы собираетесь работать с методами сопротивлений, необходимо выбрать раздел «ЧЗ и ВП».

Меню для данного режима содержит следующие пункты (рис. 7.3.3):



Рис. 7.3.3. Набор установок измеряемого сигнала.

ЧАСТОТА (Frequency) — частота в герцах. Выбор частоты, на которой будут проводиться измерения. Переключение осуществляется стрелками "Влево" и "Вправо".

ОКНО ОСРЕДН. (Ave window) – Количество применений операции «дифференциальное накопление» + 1. Принимает значения от 1 до 9. Рекомендуемое значение: 7 на частотах выше 4.88 Гц; на более низких частотах — 3. Переключение осуществляется стрелками "Влево" и "Вправо". Каждое «дифференциальное накопление» производится путем сдвига сигнала на половину периода, умножения на (-1) и сложения с первоначальным сигналом. Таким образом, производится борьба с постоянной составляющей помехи, с низкочастотным трендом.

РЕЖ. ФИЛЬТР (Notch filter) – включение и выключение режекторного фильтра промышленных помех, переключение основной частоты промышленной помехи (50 или 60 Гц). Переключение осуществляется стрелками "Влево" и "Вправо".

ПРОФИЛЬ / ПИКЕТ (Profile/Site) – номер профиля и пикета, на котором производится текущее измерение. Эта информация будет сохранена с результатами измерения в памяти прибора. Набор осуществляется стрелками "Влево" и "Вправо".

НАБОР (Set) — набор частот, один из трёх наборов (SET1, SET2 и SET3). Переключение осуществляется стрелками "Влево" и "Вправо". Наборы описаны в разделе «Приложения».

Установив необходимые настройки, для начала измерений надо нажать «Start». На экране прибора отобразится частота измеряемого сигнала, амплитуда его первых трех нечетных гармоник (A1, A3, A5) и сдвиг фаз между первой и третьей гармоникой (рис. 7.3.4.) Чтобы остановить

процесс измерения нажмите «Stop». После остановки измерения можно его сохранить, нажатием кнопки «Memory». Выход из режима осуществляется кнопкой «Esc».



Рис. 7.3.4. Результат измерений.

В меню «Сервис» (рис. 7.3.5.) производится настройка часов и подключение к ПК, просмотр сохраненных результатов измерений, а также проверка напряжения аккумулятора и сброс параметров.



Рис. 7.3.5. Меню сервис.

Технические характеристики

Разрядность АЦП	24 бита
Уровень собственных шумов	не более 1 мкВ
Максимальное входное напряжение	не более 2 В
Входное сопротивление	5 Мом
Встроенная энергонезависимая память	8 Мбайт
Интерфейс синхронизации с ПК	USB 1.1
Максимальная потребляемая мощность	2 Вт
Внутренний источник питания	12 В, 3 А·ч
Внешний источник питания	12 В
Минимальное время работы от внутренних батарей	10 часов
Рабочие частоты, Гц:	Первый ряд частот: 0.019, 0.038, 0.076, 0.153, 0.305, 0.610, 1.221, 2.441, 4.883, 9.766, 19.53, 39.06, 78.13, 156.3, 312.5, 625.0 Второй ряд частот: 0.021, 0.032, 0.042, 0.063, 0.083, 0.125, 0.167, 0.250, 0.333, 0.500,

	0.667, 1.000, 1.333, 2.000, 2.667, 4.000, 5.333, 8.000, 10.67, 16.00, 21.33, 32.00, 42.67, 64.00, 85.33, 128.0, 170.7, 256.0, 341.3, 512.0 Дополнительный ряд частот: 50, 60, 100, 120
Диапазон рабочих температур	-20 – +60°C
Габариты	190×150×80 мм
Масса	1,5 кг

7.4. Генератор «АСТРА»

Описание генератора «Астра» составлено по Инструкции прибора, размещенной на сайте производителя (<http://www.nw-geo.ru>).



Рис. 7.4.1. Внешний вид электроразведочного генератора «АСТРА».

Электроразведочный генератор «АСТРА» (рис. 7.4.1) предназначен для создания электромагнитного поля при проведении геофизических работ методами:

- постоянного тока (ВЭЗ, ЭП, СГ);
- вызванной поляризации;
- частотного зондирования (в том числе импедансного) и т.д.

Основные характеристики

Максимальная выходная мощность	100 Вт
Максимальное выходное напряжение	250 В
Значения выходного тока и соответствующие диапазоны значений сопротивлений RAB	1.00 мА, 5.0 - 250 кОм 3.16 мА, 1.5 - 80 кОм 10.0 мА, 0.5 - 25 кОм 31.6 мА, 150 - 8000 Ом 100 мА, 50 - 2500 Ом 316 мА, 15 - 800 Ом 1000 мА, 5 - 100 Ом
Форма выходного тока	"меандр" (прямоугольные разно-

	полярные импульсы без паузы)
Рабочие частоты:	Первый ряд частот: 0.076, 0.153, 0.305, 0.610, 1.22, 2.44, 4.88, 9.77, 19.5, 39.1, 78.1, 156, 313, 625, 1250, 2500 Гц Второй ряд частот: 0.042, 0.063, 0.083, 0.125, 0.167, 0.250, 0.333, 0.500, 0.667, 1.00, 1.33, 2.00, 2.67, 4.00, 5.33, 8.00, 10.7, 16.0, 21.3, 32.0, 42.7, 64.0, 85.3, 128, 171, 256, 341, 512, 683, 1024, 1365, 2048 Гц
КПД	До 80 %
Погрешность стабилизации на активной нагрузке	0.5 %
Длительность фронта на активной нагрузке	2 микросекунды
Диапазон рабочих температур	от - 20°C до + 50°C
Напряжение питания	~ 12 В (минимум 9.5 В, максимум 15.5 В)
Вес (без аккумулятора)	~ 2 кг
Габариты	200 × 173 × 113 мм
Текстовый ЖКИ	4 строки × 16 символов
Текстовая индикация	- рабочей частоты - величины выходного тока - напряжения аккумулятора - статуса (ожидание, работа, разрыв в АВ, низкое напряжение питания) - сопротивления нагрузки - выходного напряжения
Звуковая индикация	- работа- разрыв в АВ - низкое напряжение питания
Разъемы	- АВ - шунт 1 Ом - синхронизация - питание

На дисплее одновременно представлена вся необходимая для стартового режима информация. Управление подсветкой дисплея производится кнопкой «BL». Буквами RU обозначен российский набор частот. Кнопкой "SET" можно выбрать также канадский первый (C1) или канадский второй (C2) наборы.

U – это напряжение питания генератора в Вольтах, измеренное непосредственно на печатной плате прибора. При работе с большой выходной мощностью это напряжение всегда будет меньше напряжения на зажимах аккумулятора (источника питания) из-за падения напряжения на проводах кабеля питания и разъёмах (клеммах).

Prog: – это номер пользовательской программы развёртки по частоте. Прибор всегда включается готовым к работе по программе 0. Выбор программы производится кнопкой «PROG».

R – это сопротивление нагрузки в процентах от максимально-допустимой для данного выходного тока генератора. В состоянии STOP этот параметр либо нулевой, либо близкий к нему (0-1-2%). При работе в режиме установившейся генерации этот параметр пропорционален сопротивлению нагрузки. При нагрузке менее 2% генерация тока прекращается, и прибор в течение 2-х секунд выдаёт звуковой сигнал и сообщение «UNDERLOADING». Для продолжения работы необходимо либо увеличить выходной ток генератора, либо подключить внешнее сопротивление последовательно с нагрузкой. При увеличении нагрузки свыше 99% генерация прекращается, и прибор в течение 2-х секунд выдаёт звуковой сигнал и сообщение «OVERLOAD» либо «ERROR».

I – это величина выходного тока генератора. Необходимое значение выбирается кнопками «I+» и «I-». t – это температура внутри прибора. После включения генератора его температура повышается. При повышении температуры до 65°C генерация прекращается, прибор начинает издавать непрерывный звуковой сигнал, а на дисплее появляется сообщение «OVERHEATING».

F – это частота выходного сигнала генератора. Необходимое значение выбирается кнопками «F+» и «F-» из установленного набора частот (RU, C1 или C2).

Запуск генератора производится по кнопке «START». В верхней строке дисплея, вместо надписи «STOP mode» появляется сообщение «Starting..», а значение параметра R начинает плавно возрастать. Через 0,5-2 секунды (в зависимости от сопротивления нагрузки) рост параметра R прекращается, и вместо сообщения «Starting..» появляется сообщение «GENERATION», свидетельствующее о переходе к режиму установившейся генерации.

Остановка генератора осуществляется кнопкой «STOP».

Предусмотрена защита от подключения с неверной полярностью – в этом случае генератор просто не включится. При необходимости можно соединить генератор с измерителем через разъем «синхронизация».

7.5. Комплект электроразведочной аппаратуры «ЭРП-1»

Описание ЭРП-1 составлено по Инструкции прибора, размещенной на сайте производителя (<http://geoscan.su/hardandsoft/hardware/erp1.html>, <https://geodevice.ru/main/electric/transmitter/erp1-trans/>, <https://geodevice.ru/main/electric/transmitter/erp1a-rec/>).

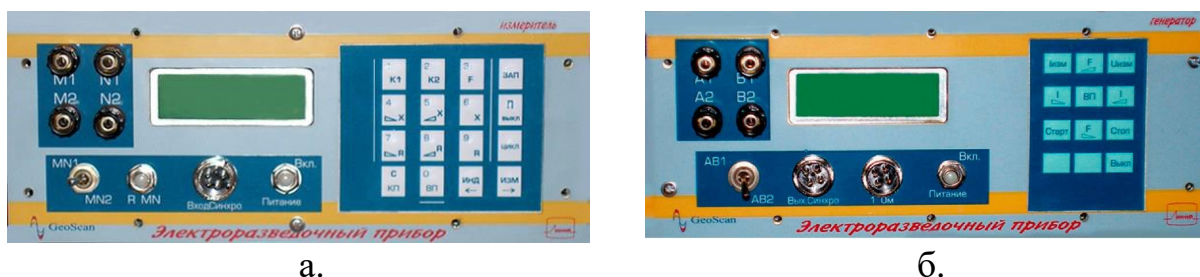


Рис.7.5.1. Комплект электроразведочной аппаратуры «ЭРП-1»
а – измеритель, б – генератор.

Аппаратура «ЭРП-1» позволяет решать многие структурные, картировочные, поисковые, разведочные, инженерные и экологические задачи. Он предназначен для измерения инфранизкочастотных гармонических электромагнитных полей и может использоваться при проведении работ методами сопротивлений.

Измеритель



Рис. 7.5.2. Внешний вид электроразведочного измерителя «ЭРП-1».

Внешний вид измерителя «ЭРП-1» представлен на рис. 7.5.2. В центральной части передней панели располагается графический дисплей, в правой – клавиатура. Выше левее дисплея находятся разъемы для подключения датчиков поля (M_1N_1 M_2N_2) и переключатель выбора рабочей пары.



Рис. 7.5.3. Правая боковая панель измерителя «ЭРП-1».

На правой боковой панели Рис.7.5.3 находятся разъемы и переключатели:

Разъемы: *Компьютер* для подключения внешней ПЭВМ или коммутатора через порт RS-232C
Заряд для зарядки аккумулятора

Переключатели: *Заряд/Работа* - переключение между режимами зарядки аккумулятора и режимом измерения.

Основные параметры измерителя «ЭРП-1»

Название параметра и размера, функция	Значение
1 Максимальная амплитуда входного сигнала измерителя, В	5
2 Количество разрядов индикатора напряжения измерителя	5
3 Уровень собственных шумов в диапазоне частот 0,1 - 25 Гц при замкнутых входных клеммах измерителя, мкВ, не более	1
4 Чувствительность, мкВ, не более	3,0*
5 Пределы относительной погрешности измерений, %	± 4
6 Входное сопротивление (импеданс), МОм, не менее для сигналов частоты:	
- 0 Гц (постоянный ток)	27
- 1,2207 Гц	19
- 2,4414 Гц	14
- 4,8828 Гц	10
7 Емкость входных цепей, пФ, не более	2500
8 Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более	2
9 Габаритные размеры, мм, не более	280×260×110
10 Масса, кг, не более	3,5

Включение прибора осуществляется при нажатии на кнопку «Вкл питание». После этого загружается управляющая программа и на экране отображается окно приветствия. По окончании загрузки появляется главное меню (рис. 7.5.4).

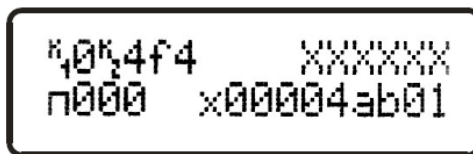


Рис.7.5.4. Стартовое меню измерителя «ЭРП-1».

Верхней строке экрана индицируются:

«**K₁0**» и «**K₂ 4**» - значения коэффициентов передачи,

«**f4**» - рабочая частота,

состояние измерителя - два символа справа от поля рабочей частоты планшета. При этом указанные символы могут принимать следующие значения:

а) отсутствие символов в поле состояния измерителя - данные считаны из памяти;

б) «**из**» - производится измерение напряжения;

в) «**гт**» - измерение завершено;

д) «**пп**», «**нт**» или «**нв**» - при измерении обнаружены ошибки: выход измеряемого напряжения за верхнюю границу диапазона («**пп**»), выход измеряемого напряжения за нижнюю границу диапазона («**нт**») или недостаточное время измерения («**нв**»). Кроме того, при обнаружении ошибки включается звуковой сигнал,

степень разряда аккумуляторов - символ «**Б**» справа от поля состояния измерителя,

значение напряжения в мВ (в случае, если измерения напряжения не проводились, на ЖКИ в поле значения напряжения выводится код неизмеренного напряжения в виде шести символов «**X**»),

в нижней строке индицируются:

номер текущего планшета («**п000**»),

признак закрытого (символ «**п**») или стерттого планшета (символ «**с**» справа от номера планшета),

координаты точки на планшете.

Измеритель может работать в двух режимах индикации: в режиме индикации номера планшета и текущих координат точки на планшете и в режиме индикации измеренной фазы входного сигнала и промежуточного значения напряжения, сохраненного в памяти в процессе измерений при нажатии клавиши «**ЗАП**».

Для изменения режима индикации служит клавиша «**ИНД**». Текущий режим индикации запоминается при выключении питания измерителя, при повторном включении питания измеритель автоматически перейдет в режим индикации, который был выбран перед предыдущим отключением питания прибора.

Назначение клавиш измерителя зависит от режима работы и режима индикации измерителя.

Клавиши «**1**»/«**K1**», «**2**»/«**K2**» и «**3**»/«**F**» служат для индикации и изменения значения коэффициентов передачи K_1 и K_2 и значения рабочей

частоты измерителя. Вывод значений коэффициентов передачи или частоты на ЖКИ происходит при нажатии на соответствующую клавишу, изменение значений - при длительном (более 1 с) удержании соответствующей клавиши в нажатом состоянии.

К1	К2	Диапазон измеряемого напряжения входного сигнала, мВ
0	0	0,001 - 0,05
0	1	0,01 - 0,8
0	2	0,16 - 12,8
0	3	2,5 - 200
0	4	0,001 - 200
1	0	0,015 - 1,25
1	1	0,25 - 20
1	2	4 - 320
1	3	62 - 50000
1	4	0,015 - 50000

Клавиши «4», «5» и «6» в режиме индикации номера планшета и текущих координат точки на планшете в измерителе «ЭРП-1» служат для вывода на ЖКИ и изменения значения координаты X: клавиша «4» служит для уменьшения на 1, «5» - для увеличения на 1, «6» - для вывода значения координаты X в метрах.

Клавиша «ВП» служит для включения и выключения подсветки индикатора измерителя.

Клавиша «ЗАП» служит для запоминания значения измеренного напряжения в энергонезависимой памяти прибора после окончания измерения. После записи данных в память происходит автоматическое увеличение координаты точки и считывание из памяти значения напряжения, сохраненного ранее в точке с новыми координатами. В случае если напряжение в этой точке не измерялось, на индикатор выводится код неизменного напряжения («XXXXXX»).

Кроме того, в процессе измерения указанная клавиша используется для запоминания промежуточного результата измерения.

Клавиши «ЦИКЛ» и «ИЗМ» предназначены для включения режима измерения напряжения. При этом клавиша «ИЗМ» используется для проведения однократного измерения, а клавиша «ЦИКЛ» - для проведения непрерывного измерения. Останов процесса измерения во втором случае производится с помощью повторного нажатия клавиши «ЦИКЛ».

Во время работы в режиме измерения напряжения на ЖКИ постоянно выводится текущее измеренное значение, после останова измерения либо после окончания однократного измерения на индикатор выводится значение напряжения, вычисленное по результатам измерений за последние 16 периодов входного сигнала. При измерении можно запомнить текущее значение измеряемого напряжения путем нажатия клавиши «ЗАП».

Генератор



Рис. 7.5.5. Внешний вид электроразведочного генератора «ЭРП-1».

На переднюю панель генератора вынесены следующие органы управления, индикации и коммутации:

клеммы «**A1, B1**» и «**A2, B2**» - для подключения питающих электродов;

тумблер «**AB1/AB2**» - для подключения выхода генератора к клеммам **A1** и **B1** или клеммам **A2** и **B2**;

разъем «**Вых. Синхро**» - для вывода опорного сигнала при работе прибора в режиме измерения разности фаз (для вариантов исполнения генератора «ЭРП-1» и «ЭРП-1А») и для ввода управляющего сигнала от измерителя или ПЭВМ (только для варианта исполнения «ЭРП-1А»);

разъем «**1 Ом**» - для вывода сигнала калибровки;

кнопка «**Вкл. питание**» - для включения питания генератора;

двухстрочный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) - для отображения информации о режиме работы и состоянии генератора;

клавиатура - для управления генератором.

В случае работы комплекса в режиме измерения постоянного напряжения или режиме измерения сдвига фаз клеммой «ноль» на генераторе являются клеммы «**B1**» и «**B2**».



Рис. 7.5.6. Внешний вид боковой панели генератора ЭРП-1

На боковой панели генератора расположены следующие органы управления:

- тумблеры «Внутр. пит./Внешн. пит.» и «Работа/Заряд» - для переключения режимов работы генератора;
- клеммы «Внешнее питание» «+» и «-» - для подключения внешнего источника питания;
- соединитель «Заряд» - для подключения зарядного устройства;
- два держателя с плавкими вставками «5А»;
- клемма заземления прибора с обозначением « X ».

Подготовка к работе генератора ЭРП-1

Для включения питания генератора необходимо переключить тумблер «Работа/Заряд» в положение «Работа» и нажать кнопку «Вкл. питание». После включения питания происходит проверка заряда аккумуляторов прибора, затем на ЖКИ выводится сообщение, пример которого приведен на следующем рисунке

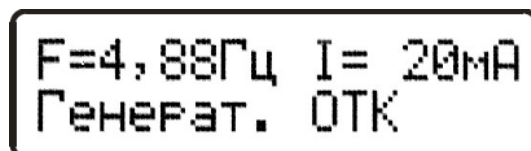


Рис.7.5.7. Рабочий экран генератора «ЭРП-1».

В случае, если аккумуляторы прибора разряжены, на ЖКИ выводится сообщение о недостаточном уровне заряда аккумуляторов, затем после отпущения кнопки «Вкл. Питание» питание генератора автоматически отключается. Во время работы генератора производится контроль заряда блока аккумуляторов. Для индикации разряда аккумуляторов более чем на 50% от первоначальной емкости используется мигающий символ «Б» в нижней строке ЖКИ, для индикации разряда более чем на 75% - постоянно включенный символ «Б». В случае обнаружения полного разряда аккумуляторов прибор будет автоматически выключен.

Назначение кнопок клавиатуры:

- «Старт» - включение генератора (подача выходного напряжения на клеммы для подключения питающих электродов);
- «Стоп» - выключение генератора (прекращение подачи выходного напряжения на клеммы для подключения питающих электродов);
- «- F» - уменьшение частоты выходного сигнала генератора;
- «+F» - увеличение частоты выходного сигнала генератора;
- «- I» - уменьшение силы тока генератора;
- «+I» - увеличение силы тока генератора;
- «ВП» - включение/отключение подсветки ЖКИ;
- «I_{изм}» - индикация текущей силы тока;
- «U_{изм}» - индикация текущего напряжения на выходных клеммах генератора;

– «Выкл.» - выключение питания генератора.

Включение генератора (подача тока в нагрузку) производится при нажатии клавиши «Старт». Индикация текущей силы тока и напряжения на выходных клеммах генератора происходит при нажатии и удержании клавиш «I_{изм}» или «U_{изм}» соответственно. Отключение генератора (прекращение подачи тока в нагрузку) производится при нажатии на клавишу «Стоп».

Если на выходных клеммах присутствует напряжение выше максимально допустимого значения включается звуковой сигнал, при этом на ЖКИ выводится сообщение, пример которого приведен на рисунке 7.5.8:

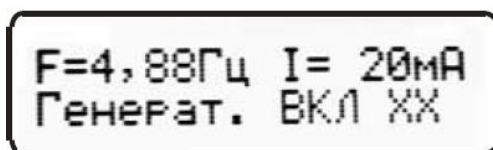


Рис.7.5.8. Рабочий экран генератора «ЭРП-1» в случае превышением напряжением значения выше максимально допустимого.

Для генератора «ЭРП-1» максимально допустимое значение напряжения на выходных клеммах генератора равно 300 В. В случае, если напряжение на выходных клеммах не уменьшается ниже максимально допустимого значения в течение 1 с, генератор автоматически переводится в выключенное состояние, при этом напряжение с выходных клемм снимается. Если напряжение на выходных клеммах становится меньше максимального, звуковой сигнал отключается, при этом на ЖКИ выводится сообщение, пример которого показан на рисунке 7.5.9.

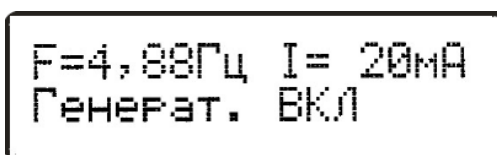


Рис.7.5.9. Рабочий экран генератора «ЭРП-1» в случае восстановления напряжением допустимого значения.

Если на выходных клеммах присутствует напряжение менее 5 В или значение силы тока в нагрузке отличается от номинального более чем на 3%, включается звуковой сигнал, при этом на ЖКИ выводится сообщение, пример которого показан на рисунке 7.5.10.

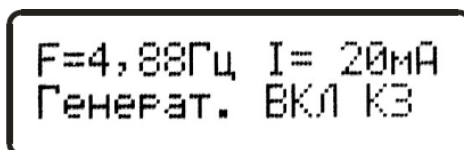


Рис.7.5.10. Рабочий экран генератора «ЭРП-1» в случае падения выходного напряжения ниже допустимого значения.

в нижней строке отображается причина предупреждения:

КЗ - короткое замыкание в нагрузке, **НС** - нарушение режима стабилизации тока.

Выключение прибора производится путем длительного (около 3 с) нажатия на клавишу **«Выкл.»**. Кроме того, автоматическое выключение прибора происходит через 15 мин после последнего нажатия на любую клавишу генератора, если генератор не находится в состоянии подачи напряжения на выходные клеммы. В последнем случае на индикатор прибора выводится сообщение об отключении питания, и, если в течение 10 с после этого не будет нажата ни одна клавиша, генератор будет выключен. Автоматическое выключение прибора происходит также при обнаружении разряда аккумулятора.

Список литературы

1. Бобровников Л.З. Электроника. - СПб.: Питер, 2004.
2. Доброхотова И.А. Практикум по интерпретации результатов полевых наблюдений в методах электроразведки. - М., 1985.
3. Доброхотова И.А., Ренард И.В. Электроразведка: программа, методические указания и контрольное задание для студентов-заочников специальности 08.02. - М., 1994.
4. Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С., Номоконова Г.Г. Физика горных пород. – Томск: ТПУ, 2006.
5. Иванов А.А., Новиков К.В., Новиков П.В.. Электроразведка: учебное пособие [Электронный ресурс] /авт. - сост.: - М.: МГРИ, 2019. - 80 с. http://mgri-rggru.ru/fondi/libraries/index.php?ELEMENT_ID=5581
6. Инструкция к измерителю МЭРИ-24 (редакция 1.5.). - Москва, 2007.
7. Инструкция по электроразведке. - Л.: Недра, 1984.
8. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика /под ред. Дортман Н.Д. - М.: Недра, 1976.
9. Хмелевской В.К. Основной курс электроразведки. Часть 1. Электроразведка постоянным током. - М.: МГУ, 1970.
10. Якубовский Ю.В., Ляхов Л.Л. Электроразведка / 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1988.
11. Якубовский Ю.В., Ренард И.В. Электроразведка. - М.: Недра, 1991.
12. <http://www.nw-geo.ru>
13. <https://geodevice.ru/main/electric>