

Общество с Ограниченной Ответственностью

«Научно-производственная компания «Элгео»

**КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ  
«АИЭ-2»**

**Техническое описание  
и руководство по эксплуатации**

Санкт-Петербург  
2017 г.

## Содержание

	Стр.
1 Описание и работа аппаратуры .....	3
1.1 Назначение .....	3
1.2 Технические характеристики .....	3
1.3 Состав аппаратуры .....	8
1.4 Устройство и работа аппаратуры .....	9
2 Описание и работа составных частей .....	9
2.1 Описание и работа измерителя .....	9
2.2 Описание и работа генератора ВП-1000М .....	12
2.3 Описание и работа генератора ЭРГ-120 .....	14
2.4 Описание и работа генератора ВП-60 .....	16
2.5 Описание и работа генератора МПП-200 .....	17
2.6 Описание и работа синхронизатора GPS .....	19
3 Использование аппаратуры по назначению .....	21
3.1 Эксплуатационные ограничения .....	21
3.2 Порядок работы с аппаратурой .....	21
3.3 Возможные неисправности и методы их устранения .....	21
3.4 Меры безопасности .....	22
4 Техническое обслуживание .....	22
5 Хранение и транспортирование .....	23
Приложение 1 Комплект поставляемых кабелей .....	24
Приложение 2 Шкала времен при измерениях методом ВП .....	25
Приложение 3 Шкала времен при измерениях МПП .....	26
Приложение 4 Комплект программ для обработки данных ВП и МПП .....	27
Приложение 5 Настройка КПК для работы с измерителем .....	28

Настоящее техническое описание и руководство по эксплуатации предназначено для изучения комплекса аппаратуры импульсной электроразведки "АИЭ-2" (в дальнейшем, аппаратура) с целью правильной его эксплуатации и технического обслуживания. Для проведения измерений с помощью аппаратуры следует изучить также следующие документы:

- Руководство по измерениям методом вызванной поляризации (ВП);
- Руководство по измерениям методом переходных процессов (МПП).

К работе с аппаратурой допускается персонал, обладающий достаточными знаниями и опытом для выполнения установленных требований, и изучивший всю эксплуатационную документацию аппаратуры.

## 1 Описание и работа аппаратуры

### 1.1 Назначение

1.1.1 Аппаратура предназначена для проведения электроразведочных работ методами сопротивлений, вызванной поляризации (ВП) и переходных процессов (МПП) в различных геологических условиях для поисков месторождений полезных ископаемых, решения задач инженерной геологии и гидрогеологии.

1.1.2 Аппаратура может быть использована в следующих модификациях метода переходных процессов: в однопетлевом, двухпетлевом и рамочно-петлевом.

1.1.3 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха, °С.....от минус 10 до плюс 40;
- относительная влажность при температуре воздуха до 30 °С, не более, %.....90.

### 1.2 Технические характеристики

#### 1.2.1 Измеритель МПП-ВП

1.2.1.1 Максимальное измеряемое входное напряжение  $\pm 10$  В.

1.2.1.2 Верхние пределы диапазонов измерения входного напряжения :  $\pm 10$ ;  $\pm 1$ ;  $\pm 0,1$  и  $\pm 0,01$  В.

1.2.1.3 Приведенная основная погрешность измерения входного напряжения на всех диапазонах не более  $\pm 1$  %.

1.2.1.4 Измеритель имеет два измерительных канала (и, соответственно, два входа) - для метода вызванной поляризации (ВП) и для метода переходных процессов (МПП).

1.2.1.5 Диапазон времен измерения переходных процессов:

при измерениях МПП - 2.5 мкс - 1 с.

при измерениях ВП - 30 мс - 55 с;

1.2.1.6 Коэффициент подавления входного напряжения промышленной частоты ( $50 \pm 1$ ) Гц не менее 60 дБ.

1.2.1.7 Способ синхронизации с генератором импульсов тока:

при измерениях МПП - по кабелю или с помощью синхронизатора GPS;

при измерениях ВП - по кабелю, с помощью синхронизатора GPS или по перепадам входного напряжения (по передним и задним фронтам импульсов тока)

1.2.1.8 Число накоплений за одно измерение:

- при измерениях ВП - от 2 до 254;

- при измерениях МПП - от 3 до 24000.

1.2.1.9 Погрешность компенсации постоянной составляющей на входе измерителя в режиме ВП - не более  $\pm 10$  % от верхнего предела диапазона измерений.

#### 1.2.1.10 Входное электрическое сопротивление измерителя:

- вход ВП - 2 МОм;
- вход МПП - 100 кОм.

1.2.1.11 Питание измерителя осуществляется от встроенного аккумулятора напряжением  $(12,0 \pm 1,2)$  В.

1.2.1.12 Мощность, потребляемая измерителем - не более 2,0 Вт.

1.2.1.13 Управление измерителем осуществляется с помощью внешнего компьютера с использованием последовательного интерфейса стандарта RS-232C, который может быть реализован в трех вариантах:

- беспроводной интерфейс Bluetooth (профиль последовательного порта - SPP);
- кабельная связь через COM-порт компьютера (если компьютер имеет COM-порт);
- кабельная связь через USB-порт с помощью USB-COM адаптера.

В качестве управляющего компьютера может выступать карманный компьютер (далее КПК) с операционной системой Windows Mobile 5/6 или любой компьютер типа ноутбук с операционной системой Windows XP/7/8/10.

1.2.1.14 Масса измерителя без управляющего компьютера - не более 3 кг.

### 1.2.2 Генератор ВП-1000М

1.2.2.1 Генератор ВП-1000М вырабатывает в нагрузке разнополярные прямоугольные импульсы тока и может работать в трех режимах:

- РПИ-1 – автономный режим с разнополярными прямоугольными импульсами тока без пауз (режим переменного тока). Включение и выключение тока в нагрузке осуществляется внутренним блоком управления;

- РПИ-2 – автономный режим с разнополярными прямоугольными импульсами тока с паузами, длительность которых равна длительности импульсов. Включение и выключение тока в нагрузке осуществляется внутренним блоком управления;

- РВС – режим внешней синхронизации, при котором включение и выключение тока в нагрузке осуществляется внешним источником синхроимпульсов (внешним синхронизатором GPS или измерителем) по кабелю синхронизации;

1.2.2.2 Устанавливаемые значения амплитуд стабилизированного тока в нагрузке: 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0 А.

1.2.2.3 Погрешность задания амплитуды импульсов тока – не более 2 %.

1.2.2.4 Допустимый диапазон напряжений на выходе: 40-800 В для токов в диапазоне 0,01 – 2 А, и 40-400 В для токов в диапазоне 2,2 – 4,0 А.

1.2.2.5 Длительности импульсов выходного тока в режиме РПИ-2: 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 с.

1.2.2.6 Частоты выходного тока в режиме РПИ-1: 4,88; 2,44; 1,22; 0,61; 0,3; 0,16; 0,08 Гц (Точные значения частот равны  $625/2^n$ ,  $n = 7,8,9,10, 11,12,13$ ).

1.2.2.7 Стабильность частоты  $5 \cdot 10^{-7}$ .

1.2.2.8 Максимальная выходная мощность в импульсе тока – 1000 Вт.

1.2.2.9 Диапазон сопротивлений нагрузки, в котором возможна стабилизация тока – 10 Ом - 80 кОм.

1.2.2.10 Питание генератора осуществляется от внешнего источника переменного синусоидального напряжения 220 В, 50 Гц. Допустимый диапазон напряжений 200-245 В.

1.2.2.11 Масса - 12 кг.

### 1.2.3 Генератор ЭРГ-120

1.2.3.1 Генератор ЭРГ-120 вырабатывает в нагрузке разнополярные прямоугольные импульсы тока и может работать в трех режимах:

- РПИ-1 – автономный режим с разнополярными прямоугольными импульсами тока без пауз (режим переменного тока). Включение и выключение тока в нагрузке осуществляется внутренним блоком управления;

- РПИ-2 – автономный режим с разнополярными прямоугольными импульсами тока с паузами, длительность которых равна длительности импульсов. Включение и выключение тока в нагрузку осуществляется внутренним блоком управления;

- РСВ – режим внешней синхронизации, при котором включение и выключение тока в нагрузку осуществляется внешним источником синхроимпульсов (внешним синхронизатором GPS или измерителем) по кабелю синхронизации;

1.2.3.2 Устанавливаемые значения амплитуды стабилизированного тока в нагрузке: 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 А.

1.2.3.3 Погрешность задания амплитуды импульсов тока – не более 2 %.

1.2.3.4 Допустимый диапазон напряжений на выходе: 20-600 В для токов в диапазоне 0,005 – 0,2 А, и 20-300 В для токов в диапазоне 0,25 – 0,4 А.

1.2.3.5 Длительности импульсов выходного тока в режиме РПИ-2 - 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 с.

1.2.3.6 Частоты выходного тока в режиме РПИ-1 – 4,88; 2,44; 1,22; 0,61; 0,3; 0,16; 0,08 Гц (Точные значения частот равны  $625/2^n$ ,  $n = 7,8,9,10, 11,12,13$ ).

1.2.3.7 Максимальная выходная мощность в импульсе тока – 120 Вт.

1.2.3.8 Диапазон сопротивлений нагрузки, в котором осуществляется стабилизация тока: 50 Ом (ток 400 мА) - 120 кОм (ток 5 мА).

1.2.3.9 Питание генератора осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения 12 В (Допустимый диапазон напряжений 10-14 В).

1.2.3.10 Корпус генератора герметичен в закрытом состоянии (IP 67).

1.2.3.11 Масса генератора - 3,5 кг.

#### 1.2.4 Генератор ВП-60

1.2.4.1 Генератор вырабатывает в нагрузке разнополярные прямоугольные импульсы тока и может работать в двух автономных режимах:

- РПИ-1 – разнополярные прямоугольные импульсы тока без пауз (режим переменного тока);

- РПИ-2 - – разнополярные прямоугольные импульсы тока с паузами, длительность которых равна длительности импульсов.

Управление работой генератора осуществляется только от внутреннего таймера. Работа генератора ВП-60 с синхронизатором GPS не предусмотрена.

1.2.4.2 Устанавливаемые значения амплитуды стабилизированного тока в нагрузке: в режиме РПИ-2 – 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; 0,2 А.

в режиме РПИ-1 – 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; 0,2 А.

1.2.4.3 Погрешность задания амплитуды импульсов тока – не более 2 %.

1.2.4.4 Допустимый диапазон напряжений на выходе – 25-300 В

1.2.4.5 Длительности импульсов тока в режиме РПИ-2 - 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 с.

1.2.4.6 Частоты выходного тока в режиме РПИ-1 – 4,88; 2,44; 1,22; 0,61; 0,3; 0,16; 0,08 Гц (Точные значения частот равны  $625/2^n$ ,  $n = 7,8,9,10, 11,12,13$ ).

1.2.4.7 Максимальная выходная мощность в импульсе тока – 60 Вт.

1.2.4.8 Диапазон сопротивлений нагрузки, в котором осуществляется стабилизация тока 50 Ом-30 кОм.

1.2.4.9 Питание генератора осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения 12 В.

1.2.4.10 Масса - 2,5 кг.

#### 1.2.5 Генератор МПП-200

1.2.5.1 Генератор МПП-200 вырабатывает в нагрузке (незаземленной петле) разнополярные импульсы тока прямоугольной формы с паузами между ними. Включение и выключение тока в нагрузку осуществляется импульсами синхронизации, поступающими от измерителя или от синхронизатора GPS.

1.2.5.2 Длительность спада силы тока в петле от уровня 0,9 до 0,1 амплитуды (задний фронт импульса тока) - не более 20 мкс на нагрузке с индуктивностью 0,8 мГн.

1.2.5.3 Диапазон устанавливаемых значений амплитуды импульсов выходного тока – 1.0 - 10А с шагом 0.5 А.

1.2.5.4 Максимальное напряжение на выходе генератора - 20 В.

1.2.5.5 Относительная погрешность задания амплитуды выходного тока не более 2 %.

1.2.5.6 Максимальная выходная мощность в импульсе выходного тока не менее 200 Вт.

1.2.5.7 Питание генератора осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения 12 В (аккумулятора). Допустимый диапазон напряжений 11-14.5 В.

1.2.5.8 Электрическое сопротивление гасящего резистора, подключенного параллельно к выходу генератора – 560 Ом.

1.2.5.9 Масса генератора – 2.5 кг.

### 1.2.6 Синхронизатор GPS

1.2.6.1 Синхронизатор вырабатывает управляющие импульсы, необходимые для синхронизации работы измерителя МПП-ВП и генераторов ВП-1000, ЭРГ-120 и МПП-200 без проводной связи между ними. Время подачи управляющих импульсов определяется с помощью спутниковой навигационной системы GPS и внутренних кварцевых часов. Для работы синхронизатора обязательно подключение к нему внешней антенны GPS.

1.2.6.2 Синхронизатор позволяет работать в следующих режимах:

- режим ВП - разнополярные импульсы тока с паузой (РПИ-2) длительностью 1,2,4,8,16,32,64 с.

- режим МПП – разнополярные импульсы с паузой (РПИ-2) длительностью от 10 до 1000 мс с шагом 10 мс.

1.2.6.3 Погрешность задания передних и задних фронтов импульсов синхронизации – не более 0.5 мкс.

1.2.6.4 Допустимая продолжительность интервала времени без подстройки внутренних кварцевых часов по сигналам GPS (в случае временной потери связи со спутниками) – до 3 минут в режиме МПП и до 30 минут в режиме ВП.

1.2.6.5 Питание синхронизатора организовано по-разному для двух вариантов исполнения:

- синхронизатор для измерителя МПП-ВП и генератора ЭРГ-120 питается от 4-х встроенных аккумуляторов или батареек формата АА, при этом суммарное номинальное напряжение питания находится в пределах 4.8 – 6.0 В;

- синхронизатор для генератора ВП-1000 питается от генератора ВП-1000 по кабелю синхронизации напряжением 12 В.

1.2.6.6 Потребляемая мощность – не более 0.5 Вт.

1.2.6.7 Масса синхронизатора - 0.5 кг.

### 1.3 Состав аппаратуры

Аппаратура поставляется в комплекте, стандартный состав которого приведён в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Наименование	Кол-во, шт.	Примечание
1 Измеритель МПП-ВП	1	
2 Генератор ВП-1000М	1	
3 Генератор ЭРГ-120	1	
4 Генератор ВП-60	1	
5 Генератор МПП-200		
6 Синхронизатор GPS для измерителя и генераторов ЭРГ-120 и МПП-200	2	
7 Синхронизатор GPS для генератора ВП-1000М	1	
8 Внешняя антенна GPS	2	
9 Управляющий карманный компьютер (КПК)	1	С программами измерений
10 Комплект ПО для обработки данных ВП и МПП	1	На CD
11 Аккумулятор 12 В, 2,2 А/ч.	1	Встроен в измеритель
12 Аккумулятор 12 В, 18 А/ч.	1	Для ВП-60, ЭРГ-120 и МПП-200
13 Зарядное устройство для аккумуляторов 12 В	1	
14 Аккумулятор 1.2 В (формат AA)	8	Встроены в синхронизаторы GPS
15 Зарядное устройство для аккумуляторов 1.2 В	1	
16 Комплект кабелей	1	
16.1 Кабель питания генератора ВП-1000М	1	
16.2 Кабель питания генератора ЭРГ-120	1	
16.3 Кабель питания генератора ВП-60	1	
16.4 Кабель питания генератора МПП-200		
16.5 Кабель управления для измерителя	1	С USB-COM адаптером
16.6 Кабель синхронизации № 1 (4 контакта)	2	Для измерителя и генераторов ВП-60, ЭРГ-120 и МПП-200
16.7 Кабель синхронизации № 2 (7 контактов)	1	Для ВП-1000
16.8 Кабель синхронизации № 3 (4 и 7 контактов)	1	Для ВП-1000 (По спец. заказу)
17 Тест ВП	1	
18 Тест МПП		
<u>Эксплуатационная документация</u>		
Комплекс аппаратуры импульсной электроразведки "АИЭ-2". Техническое описание и руководство по эксплуатации	1	На CD
Комплекс аппаратуры импульсной электроразведки "АИЭ-2". Руководство по измерениям методом вызванной поляризации (ВП)		На CD
Комплекс аппаратуры импульсной электроразведки "АИЭ-2". Руководство по измерениям методом переходных процессов (МПП)		На CD
Комплекс аппаратуры импульсной электроразведки "АИЭ-2". Паспорт	1	

## 1.4 Устройство и работа аппаратуры

1.4.1 Основными составными частями аппаратуры являются генераторы прямоугольных импульсов тока (генератор ВП-1000М, генератор ЭРГ-120, генератор ВП-60 и генератор МПП-200) и измеритель МПП-ВП. Генераторы предназначены для возбуждения в исследуемой среде импульсных электрических и магнитных полей, а измеритель - для регистрации отклика среды (нестационарного электрического напряжения) с помощью первичных преобразователей электрического и магнитного поля.

1.4.2 Генераторы ВП-1000М, ЭРГ-120 и ВП-60 нагружаются на заземленную линию, состоящую из токоподводящих проводов и токовых электродов, в которой пропускают прямоугольные разнополярные импульсы тока заданной длительности. Генераторы могут работать в режимах РПИ-1 и РПИ-2, но при работе с измерителем АИЭ-2 используется только режим РПИ-2 (разнополярные импульсы с паузами, длительность которых равна длительности импульсов). Сила тока в период пропускания стабилизирована и задается оператором. Генераторы ВП-1000М и ЭРГ-120 могут работать как автономно, так и под управление синхроимпульсов, поступающих от измерителя или синхронизатора GPS (режим внешней синхронизации). Генератор ВП-60 работает только в автономном режиме.

1.4.3 Генератор МПП-200 нагружается на генераторную петлю, изготовленную из медного провода и разложенную на земной поверхности, в которой пропускает прямоугольные разнополярные импульсы электрического тока с паузами между ними. Генератор МПП-200 управляется импульсами синхронизации, поступающими через кабель синхронизации от измерителя или от синхронизатора GPS. При протекании импульсов тока через петлю в окружающем пространстве создается импульсное магнитное поле, возбуждающее в проводящей среде затухающие вихревые токи.

1.4.4 При работах методом ВП измеритель регистрирует разность потенциалов между измерительными неполяризуемыми электродами, как во время протекания импульсов тока, так и в паузах между ними. Взаимное расположение токовых и измерительных электродов зависит от типа выбранной измерительной установки.

1.4.5 При работах МПП измеритель регистрирует электродвижущую силу (ЭДС), наведенную в генераторной или отдельной приемной петле (однопетлевой или двухпетлевой вариант МПП) в паузах между импульсами тока. Возможны измерения с использованием в качестве измерительного датчика приемной индукционной рамки (в комплект аппаратуры не входит).

1.4.6 При проведении измерений измеритель должны работать синхронно с генератором импульсов тока. Синхронизация может осуществляться либо прямым соединением измерителя и генератора кабелем синхронизации (кабельная синхронизация), либо автономно с помощью синхронизаторов GPS. При этом как к измерителю, так и к генератору подключается свой синхронизатор, а сами GPS-синхронизаторы синхронизируются между собой по сигналам точного времени от спутниковой группировки. При работах методом ВП возможна также автономная синхронизация измерителя с генератором по резким перепадам входного напряжения измерителя в моменты прохождения передних и задних фронтов импульсов тока (синхронизация по фронту импульса).

1.4.7 В комплект аппаратуры входят проверочные устройства – тест ВП и тест МПП, предназначенные для быстрой проверки работоспособности аппаратуры в двух рабочих режимах (ВП и МПП). В тесте ВП реализована схема, содержащая RC-цепочку, имитирующую спад ВП в паузах между импульсами тока. Тест МПП представляет собой многовитковую катушку в пластмассовом корпусе и реализует однопетлевой вариант МПП (к выводам катушки параллельно подсоединяются измеритель и генератор МПП).

Тесты ВП и МПП не предназначены для калибровки аппаратуры.

## 2 Описание и работа составных частей

### 2.1 Описание и работа измерителя

2.1.1 Измеритель предназначен для измерения нестационарного напряжения, поступающего от первичного преобразователя электрического или магнитного поля. Измеритель имеет два измерительных канала и, соответственно, два входа - для измерений методом переходных процессов (МПП) и для измерений методом вызванной поляризации (ВП).

Аналоговый сигнал со входа измерителя проходит защитные, фильтрующие и усиленные цепи и поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), общего для двух измерительных каналов. С выхода АЦП уже цифровой сигнал поступает в сигнальный процессор, который управляет процессом измерения в реальном времени, осуществляет предварительную обработку и временное хранение результатов измерения и связь с управляющим компьютером.

В измерителе используется 16-разрядный сигма-дельта АЦП с частотой дискретизации 200 кГц, то есть каждые 5 мкс на выход АЦП поступает очередной результат измерения входного напряжения. При дальнейшей обработке результатов в сигнальном процессоре эти одиночные отсчеты группируются в так называемые "стробы", представляющие собой интервалы времени, кратные 5 мкс. В пределах каждого измерительного строба происходит усреднение одиночных отсчетов и полученное среднее значение приписывается середине данного строба.

2.1.2 В режиме ВП измеритель производит измерение входного напряжения как во время пауз между импульсами тока, так и во время импульсов тока (одно среднее значение входного напряжения в конце импульса). Длительность импульсов тока в режиме ВП равна длительности пауз между ними и может принимать следующие значения: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 с. Измерения в паузе проводятся с нарастающей длительностью стробов. Для подавления промышленных помех частотой 50 Гц длительность каждого строба кратна 20 мс. Количество стробов в паузе определяется ее длительностью и изменяется от 14 для паузы длительностью 1 с до 32 для паузы длительностью 64 с. Численные значения длительностей стробов и времен от заднего фронта импульса тока до середины строба (задержек) при измерениях ВП фиксированы и приведены в Приложении 2.

2.1.3 В режиме МПП измеритель производит измерение входного напряжения только во время пауз между импульсами тока. Длительность пауз между импульсами тока в режиме МПП равна длительности импульсов тока и может меняться от 10 мс до 1 с. Измерения проводятся с нарастающей длительностью стробов. Количество стробов в паузе определяется ее длительностью и изменяется от 42 для паузы длительностью 10 мс до 74 для паузы длительностью 1 с. Численные значения длительностей стробов и времен от заднего фронта импульса тока до середины строба (задержек) при измерениях МПП фиксированы и приведены в Приложении 3.

Измерение в режиме МПП происходит за два прохода. В первом проходе ("грубое" измерение) устанавливается поддиапазон входного напряжения, выбранный оператором перед запуском измерения (10 В, 1 В или 100 мВ), а во втором проходе ("точное" измерение) устанавливается поддиапазон, имеющий чувствительность в 10 раз больше. В двоичный файл результатов записываются результаты измерений за оба прохода. При построении графика результата измерения и при преобразовании двоичного файла в текстовый формат происходит автоматическая "сшивка" этих двух измеренных кривых в определенной точке на временной оси (в точке сшивки). Эта точка сшивки (длительность "грубого" измерения) играет важную роль при измерениях МПП. Измерение МПП организовано таким образом, что при втором проходе ("точном" измерении в более чувствительном поддиапазоне) все время до точки сшивки вход "МПП" измерителя замкнут накоротко и только после этого размыкается электронным ключом. Это препятствует перегрузке входного усилителя и дает возможность избавиться от паразитных "хвостов" на поздних временах. Для достижения этой цели длительность "грубого" измерения должна быть больше интервала времени, в течение которого входное напряжение превышает верхний предел более чувствительного поддиапазона в данном измерении. Оптимальная длительность "грубого" измерения определяется програм-

мой автоматически после пробного, предварительного измерения на каждом пикете, использующего только три импульса тока, путем анализа полученной кривой.

2.1.4 Результатом измерения является набор числовых значений, равных средним значениям напряжения в пределах каждого строба. По результатам измерений ВП вычисляется также величина постоянного смещения на входе измерителя (ЕП). Все измеренные напряжения, а также основные параметры измерения, включая дату и время, записываются в двоичный файл данных.

2.1.5 Измеритель должен работать синхронно с электроразведочным генератором, вырабатывающим разнополярные прямоугольные импульсы тока с паузами между ними (режим РПИ-2). Синхронизация измерителя с генератором осуществляется либо по кабелю, либо автономно с помощью синхронизаторов GPS. При кабельной синхронизации генератор управляется синхроимпульсами, поступающими по кабелю от измерителя (режим внешней синхронизации генератора). Исключение составляет генератор ВП-60, который всегда работает в автономном режиме и сам посылает синхроимпульсы по кабелю в измеритель. В режиме ВП возможна также автономная синхронизация измерителя с генератором по перепадам входного напряжения (по передним и задним фронтам импульсов тока).

2.1.6 Управление работой измерителя и регистрация результатов измерений осуществляется с помощью внешнего управляющего компьютера, который задает параметры измерений, производит визуализацию результатов измерения и их хранение в виде двоичных файлов. При включении измерителя резидентная программа, обеспечивающая связь сигнального процессора с управляющим компьютером, загружается из ПЗУ измерителя в память программ сигнального процессора и сразу запускается на исполнение, ожидая поступления команд от управляющего компьютера. В качестве управляющего компьютера для измерителя может использоваться КПК с операционной системой Windows Mobile 5/6 или любой компьютер типа ноутбук с операционной системой Windows XP/7/8/10.

Связь управляющего компьютера с измерителем осуществляется с использованием последовательного интерфейса стандарта RS-232C, который может быть реализован в трех вариантах: беспроводной интерфейс Bluetooth (используется профиль последовательного порта - SPP), кабельная последовательная связь через COM-порт управляющего компьютера (если компьютер имеет COM-порт) или кабельная связь через USB-порт с помощью USB-COM адаптера.

Обмен информацией между КПК и персональным компьютером осуществляется по интерфейсу USB с помощью специальных программ фирмы Microsoft - «ActiveSync 4.5» для операционной системы Windows XP и «Windows Mobile Device Center» для операционных систем Windows 7/8/10.

В управляющем компьютере содержится следующий комплект из восьми системных файлов, обеспечивающих работу аппаратуры в режимах ВП и МПП (в скобках указаны файлы, используемые при работе с ноутбуком):

- |  |  |
|--|--|
| - meas_IP_mobile.exe<br>(meas_IP_win.exe)  | - основной исполняемый модуль в режиме ВП;           |
| - meas_TEM_mobile.exe<br>(meas_IP_win.exe) | - основной исполняемый модуль в режиме МПП;          |
| - file_CE.prm<br>(file_win.prm)            | - параметры файла данных;                            |
| - meas_n.prm                               | - параметры измерения;                               |
| - graphw.prm                               | - параметры графика;                                 |
| - norm.prm                                 | - нормировочные константы;                           |
| - ip_dsp34.exe                             | - код программы сигнального процессора в режиме ВП;  |
| - tem_dsp4.exe                             | - код программы сигнального процессора в режиме МПП. |

Все эти файлы должны находиться в одном каталоге (для КПК это обязательно каталог «My Documents»). В этом же каталоге будут создаваться подкаталоги с результатами измерений. Основными файлами являются программы «meas\_IP\_mobile.exe» и

«meas\_TEM\_mobile.exe», которые являются приложениями операционной системы Windows. Они содержат интерфейс из ряда диалоговых окон, обеспечивает задание параметров измерения, запуск измерения в выбранном режиме, графическое отображение результатов измерения и формирование файлов данных. После запуска этих программ, в память сигнального процессора загружается соответствующий код ("ip\_dsp34.exe" или "tem\_dsp4.exe"), который обеспечивает процесс измерения в реальном времени. **Файл "norm.pgm" «привязан» к конкретному измерителю!**



Рис. 1 Внешний вид измерителя МПП-ВП.

2.1.7 На лицевой панели измерителя (Рис.1) размещены следующие элементы управления, контроля, индикации и соединения:

- соединители «МПП» и «ВП» - для подключения измерительной петли (рамки) и приемной линии в режимах МПП и ВП соответственно;
- соединитель «СИНХР» - для подключения кабеля синхронизации;
- соединитель «- 12 В +» - для подключения внешнего источника питания или зарядного устройства для зарядки встроенного аккумулятора;
- соединитель «RS-232» - для подключения кабеля управления при работе с ноутбуком или антенны интерфейса Bluetooth при работе с КПК;
- тумблер «ПИТАНИЕ» - для включения питания измерителя;
- световой индикатор питания и разрядки аккумулятора.

В комплект измерителя входит антенна Bluetooth, выполненная в виде заглушки, надеваемой на соединитель «RS-232». Использование этой антенны необходимо для устойчивой связи измерителя и управляющего КПК во время измерений.

Защита от неправильной полярности включения внешнего источника питания или превышения зарядного тока при зарядке встроенного аккумулятора осуществляется предохранителем 2 А, размещенным на аккумуляторе внутри измерителя.

Измеритель в процессе полевых работ размещается в сумке, входящей в комплект аппаратуры.

## 2.2 Описание и работа генератора ВП-1000М

2.2.1 Генератор ВП-1000М предназначен для возбуждения в исследуемой среде импульсных электрических полей. Генератор нагружается на заземленную линию, состоящую из токоподводящих проводов и токовых электродов, в которой пропускает прямоугольные разнополярные импульсы тока заданной длительности с паузами между ними или без пауз. Сила тока в импульсе стабилизирована и задается оператором. Моменты включения и выключения тока в нагрузке "привязаны" либо к сигналам таймера блока управления, либо к внешнему источнику синхроимпульсов (режим внешней синхронизации- РВС).

2.2.2 Генератор преобразует входное переменное напряжение 220 В, 50 Гц в выходной импульсный ток со стабилизированной амплитудой в диапазоне 0.01-4 А, с длительностью импульсов 1-64 с в режиме РПИ-2 или частотой 0,08-4,88 Гц в режиме РПИ-1 и максимальным выходным напряжением 800 В.

Генератор ВП-1000М может работать в двух режимах: в режиме малых токов и высоких напряжений (0.01- 2 А, 40- 800 В) и в режиме больших токов и малых напряжений (2.2 А- 4 А, 40- 400 В). Смена режимов происходит автоматически, когда оператор увеличивает ток с 2 А до 2.2 А, или уменьшает ток с 2.2 А до 2 А, при этом следует иметь ввиду, что процесс переключения режимов длится примерно 2 секунды.

Во время импульса тока производится измерение силы тока и при отсутствии стабилизации на дисплей выводится ее истинное значение. В паузе на дисплей выводится заданное значение тока. В генераторе предусмотрены защиты: от короткого замыкания на выходе, от обрыва на выходе, от перенапряжения, которое может поступить с линии и от перегрева.



Рис. 2 Внешний вид генератора ВП-1000М.

2.2.3 На лицевой панели генератора (рис.2) размещены следующие элементы управления, контроля, индикации и соединения:

- соединитель «220 В» - для подключения внешнего источника питания;
- клеммы «А» и «В» - для подключения нагрузки;
- соединитель «СИНХР» - для подключения кабеля синхронизации в режиме внешней синхронизации;
- клавиатура для управления работой генератора;
- тумблер «ПИТАНИЕ» - для включения питания генератора;
- индикатор для световой индикации включения питания;
- два индикатора «+», «-» - для световой индикации прохождения импульсов тока;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) – для индикации состояния генератора, режима работы, напряжения силы тока в нагрузке и напряжения на клеммах «А» и «В»;
- два плавких предохранителя «10 А» для защиты входной цепи от перегрузок;
- клемма «⊥» для заземления корпуса прибора.

2.2.4 Блок управления генератором включается тумблером «ПИТАНИЕ», при этом загорается индикатор включения питания и включается ЖКИ. В процессе работы генератора на ЖКИ выводятся следующие параметры, символы и сообщения:

« $I = \{число\} A$ » - установленное или фактическое (в момент импульса) значение тока в амперах в линии АВ;

«АВ ВКЛ» или «АВ ВЫКЛ» - наличие или отсутствие выходного напряжения на клеммах «А» и «В»;

« $T_i = \{число\}$ », « $F = \{число\}$ » или «Внешняя» в правом верхнем углу ЖКИ - установлен режим РПИ-2 с длительностью импульса равной  $\{число\}$ , режим РПИ-1 с частотой, равной  $\{число\}$  или режим внешней синхронизации (PBC) соответственно;

«СТАБ ОК» или «НЕТ СТАБ» - наличие или отсутствие стабилизации выходного тока, индицируется во время импульса тока;

«ПАУЗА» - сообщение о паузе между импульсами тока;

Входное напряжение питания и выходное напряжение на клеммах «А» и «В» в вольтах после нажатия кнопки «U» (кратковременно);

«ОГР. МОЩН.» - это сообщение появляется на ЖКИ, если для заданного оператором тока выходная мощность превышает допустимый уровень, при этом выходной ток автоматически уменьшается до безопасного значения;

«!!АВАР.ВЫКЛ!!  $U_{вх} = *** V$ » - это сообщение появляется на ЖКИ при выходе напряжения питания генератора за пределы допустимого диапазона, при этом генератор переходит в режим «АВ ВЫКЛ». В этом случае следует выключить генератор с помощью тумблера «ПИТАНИЕ» и обеспечить допустимое значение входного напряжения питания (200-245 В);

«!!ПЕРЕГРУЗКА АВ!! Нажмите STOP» - это сообщение появляется при понижении сопротивления нагрузки ниже допустимого уровня, при этом генератор переходит в режим «АВ ВЫКЛ». Такая ситуация может возникнуть либо при коротком замыкании выходной цепи, либо при попытке установить слишком малый ток в низкоомной нагрузке. Для выхода из этого состояния может потребоваться выключить и снова включить генератор с помощью тумблера «ПИТАНИЕ». Появление данного сообщения может быть также следствием неисправности генератора. Чтобы в этом убедиться, следует выключить питание генератора, отсоединить нагрузку от клемм «А» и «В», снова включить питание генератора с помощью тумблера «ПИТАНИЕ» и нажать клавишу «START». Если после этого на ЖКИ появляется вышеупомянутое сообщение о перегрузке, то генератор подлежит ремонту;

«ПЕРЕГРЕВ!!!  $t = \{число\} ^\circ C$ » - это сообщение появляется при повышении температуры внутри генератора до  $85^\circ C$ , при этом генератор переходит в режим «АВ ВЫКЛ». Здесь  $\{число\}$  - температура внутри генератора в градусах Цельсия. После понижения температуры до  $75^\circ C$  подача напряжения на клеммы «А» и «В» возобновляется автоматически.

Кнопки клавиатуры обеспечивают выполнение следующих функций:

- «**START**» - подает выходное напряжение на клеммы «**A**» и «**B**»;
- «**STOP**» - снимает выходное напряжение с клемм «**A**» и «**B**»;
- «**←**» и «**→**» - устанавливают длительность токового импульса или частоту;
- «**↑**» и «**↓**» - устанавливают значение силы тока в импульсе;
- «**MODE**» - в режиме «**AB ВЫКЛ**» осуществляет переключение режимов (РПИ-1) <--> (РПИ-2) <--> (PBC), а в режиме «**AB ВКЛ**» включает и выключает звуковую сигнализацию отсутствия стабилизации выходного тока. При включенной звуковой сигнализации в правом нижнем углу ЖКИ отображается графический символ в виде колокольчика;
- «☀» - включает и выключает подсветку ЖКИ;
- «**U**» - включает индикацию входного напряжения питания и выходного напряжения на клеммах «**A**» и «**B**» (кратковременно).

## 2.3 Описание и работа генератора ЭРГ-120

2.3.1 Генератор ЭРГ-120 предназначен для возбуждения в исследуемой среде импульсных электрических полей. Генератор нагружается на заземленную линию, состоящую из токоподводящих проводов и токовых электродов, в которой пропускает прямоугольные разнополярные импульсы тока заданной длительности с паузами между ними или без пауз. Сила тока в импульсе стабилизирована и задается оператором. Моменты включения и выключения тока в нагрузке "привязаны" либо к сигналам таймера блока управления, либо к внешнему источнику синхроимпульсов (режим внешней синхронизации- PBC).

2.3.2 Генератор ЭРГ-120 преобразует входное постоянное напряжение 12 В в выходной импульсный ток со стабилизированной амплитудой в диапазоне 5 мА – 400 мА и максимальным выходным напряжением 600 В. Ток в диапазоне 250, 300, 350, 400 мА может быть получен при сопротивлении нагрузки менее 1200 Ом, 1000 Ом, 860 Ом, 750 Ом соответственно (максимальное выходное напряжение для этого диапазона токов - 300 В).

В генераторе предусмотрены защиты: от короткого замыкания на выходе, от обрыва на выходе, от перенапряжения, которое может поступить с линии и от перегрева.

Генератор имеет встроенный вольтметр, измеряющий входное напряжение питания. Значение напряжения выводится на дисплей. При сильной разрядке питающего аккумулятора (значительном снижении питающего напряжения) происходит автоматическое отключение генератора.

2.3.3 На лицевой панели генератора (рис. 3) размещены следующие элементы управления, контроля, индикации и соединения:

- соединитель «**12В**» - для подключения внешнего источника питания;
- клеммы «**A**» и «**B**» - для подключения нагрузки;
- соединитель «**СИНХР**» - для подключения внешнего источника синхроимпульсов с помощью кабеля синхронизации;
- два световых индикатора «**СИНХР**» - для световой индикации прохождения импульсов синхронизации;
- тумблер «**ПИТАНИЕ**» - для включения питания генератора;
- индикатор подачи напряжения на клеммы «**A**» и «**B**»;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) – для индикации режима работы, напряжения источника питания и амплитуды силы тока в нагрузке;
- клавиатура для управления работой генератора;
- клемма «**⊥**» для заземления корпуса генератора.



Рис. 3 Внешний вид генератора ЭРГ-120

2.3.4 Генератор включается тумблером «**ПИТАНИЕ**». На ЖКИ индицируются следующие характеристики:

- амплитуда силы тока в нагрузке в миллиамперах;
- «**Т<sub>и</sub>={число}**», «**F={число}**» или «**ВНЕШН.**» - установлен режим РПИ-2 с длительностью импульса равной {число}, режим РПИ-1 с частотой равной {число}, или режим РВС с внешним источником синхроимпульсов;
- напряжение внешнего источника питания **U<sub>ак</sub>** (индицируется при состоянии генератора «**АВ ВЫК**») или напряжение **U<sub>ав</sub>** на выходных клеммах «**А**» и «**В**» (индицируется при подаче напряжения на эти соединители);
- «**АВ ВЫК**» при отключении выходного напряжения от клемм «**А**» и «**В**»,
- «**СТАБ ОК**» или «**НЕ СТАБ**» - наличие или отсутствие стабилизации выходного тока (индицируется во время импульса тока), «**ПАУЗА**» - сообщение о паузе между импульсами тока;

Световые индикаторы «**СИНХР**» показывают подачу импульсов напряжения на клеммы «**А**» и «**В**».

О подаче напряжения на выходные клеммы «**А**» и «**В**» дополнительно сигнализирует световой индикатор повышенной яркости, расположенный между этими соединителями.

В процессе работы на ЖКИ возможно появление следующих сообщений:

- «**Аккумулятор РАЗРЯЖЕН!!**» - низкое напряжение внешнего источника питания;
- «**ПЕРЕГРЕВ!**» - температура внутри корпуса прибора превышает 75° С;
- «**ПЕРЕГРУЗКА АВ Нажмите STOP!**» - при понижении выходного напряжения ниже допустимого предела. Такая ситуация может возникнуть либо при коротком замыкании выходной цепи, либо при попытке установить слишком малый ток в низкоомной нагрузке.

Кнопки клавиатуры обеспечивают выполнение следующих функций:

- «←» и «→» - устанавливают длительность токового импульса или частоту;
- «↑» и «↓» - устанавливают значение силы тока в импульсе;
- «☀» - включает/выключает подсветку ЖКИ;
- «MODE» - переключает режимы РПИ-1, РПИ-2, РВС.;
- «START/STOP» - включает/выключает подачу напряжения на клеммы «А» и «В».

2.3.5 В качестве корпуса генератора использован герметичный чемодан-кейс, который в закрытом состоянии обеспечивает степень защиты IP-67.

## 2.4 Описание и работа генератора ВП-60

2.4.1 Генератор ВП-60 предназначен для возбуждения в исследуемой среде импульсных электрических полей. Генератор нагружается на заземленную линию, состоящую из токоподводящих проводов и токовых электродов, в которой пропускает прямоугольные разнополярные импульсы тока заданной длительности в режимах РПИ-1 или РПИ-2. Сила тока в импульсе стабилизирована и задается оператором. Управление работой генератора осуществляется внутренним блоком управления. Работа генератора ВП-60 с синхронизатором GPS не предусмотрена.

2.4.2 Генератор преобразует входное постоянное напряжение 12 В в выходной импульсный ток со стабилизированной амплитудой в диапазоне от 5-10 мА до 200 мА и максимальным выходным напряжением 300 В.

В генераторе предусмотрены защиты: от короткого замыкания на выходе, от обрыва на выходе, от перенапряжения, которое может поступить с линии.

Генератор имеет встроенный вольтметр, измеряющий входное напряжение питания. Значение напряжения выводится на дисплей. При сильной разрядке питающего аккумулятора (значительном снижении питающего напряжения) происходит автоматическое отключение генератора.



Рис. 4 Внешний вид генератора ВП-60.

2.4.3 На лицевой панели генератора (рис. 4) размещены следующие элементы управления, контроля, индикации и соединения:

- соединитель «+12В-» - для подключения внешнего источника питания;
- соединитель «АВ» - для подключения нагрузки;
- соединитель «СИНХР» - для подключения кабеля синхронизации с измерителем;
- тумблер «ПИТАНИЕ» - для включения питания генератора;
- два индикатора «+», «-» - для световой индикации прохождения импульсов синхронизации;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) – для индикации режима работы, напряжения источника питания и амплитуды силы тока в нагрузке;
- клавиатура для управления работой генератора.

2.4.4 Генератор включается тумблером «ПИТАНИЕ». При этом световые индикаторы «+», «-» начинают показывать прохождение импульсов тока, на соединитель «АВ» подается выходное напряжение и на ЖКИ индицируются следующие характеристики:

- длительность токового импульса в секундах;
- амплитуда силы тока в нагрузке в миллиамперах;
- напряжение внешнего источника питания.

В процессе работы на ЖКИ возможно появление следующих сообщений:

- «АККУМУЛЯТОР РАЗРЯЖЕН» - низкое напряжение внешнего источника питания;
- «НЕТ СТАБ» - отсутствие стабилизации выходного тока, индицируется в момент импульса тока.

Кнопки клавиатуры обеспечивают выполнение следующих функций:

- одновременное нажатие кнопок **ИМПУЛЬС** «←» и «→» - устанавливает режим РПИ-1 или РПИ-2;
- кнопки **ИМПУЛЬС** «←→» и «→←» - устанавливают длительность токового импульса или частоту;
- кнопки **ТОК** «↑» и «↓» - устанавливают значение силы тока в импульсе;
- «☉» - включает подсветку ЖКИ.

## 2.5 Описание и работа генератора МПП-200

2.5.1 Генератор МПП-200 предназначен для возбуждения в исследуемой среде импульсных электромагнитных полей. Генератор нагружается на незаземленную петлю, в которой пропускает прямоугольные разнополярные импульсы тока заданной длительности в режиме РПИ-2. Амплитуда импульсов тока стабилизирована и задается оператором.

2.5.2 Генератор преобразует входное постоянное напряжение 12 В в выходной импульсный ток со стабилизированной амплитудой в диапазоне 1.0 -10 А с максимальным выходным напряжением 20 В.

Управление работой генератора в рабочем режиме осуществляется импульсами синхронизации, поступающими от измерителя или от синхронизатора GPS. Предусмотрен также автономный тестовый режим, в котором генератор самостоятельно пропускает через нагрузку разнополярные импульсы тока с фиксированной длительностью 2 с.

Генератор имеет электронную защиту от неправильной полярности подключения источника питания. При повышении температуры внутри корпуса генератора до 70°C, происходит автоматическое отключение выходного напряжения генератора - повторный запуск возможен только после понижения температуры до 60°C.



Рис. 5 Внешний вид генератора МПП-200.

2.5.3 На лицевой панели генератора МПП-200 (Рис.5) размещены следующие элементы управления, контроля, индикации и соединения:

- соединитель «**ПИТАНИЕ 12 В**» - для подключения внешнего источника питания;
- соединитель «**ПЕТЛЯ**» - для подключения нагрузки;
- соединитель «**СИНХР**» - для подключения кабеля синхронизации;
- клавиатура - для управления работой генератора;
- тумблер «**ПИТАНИЕ**» - для включения схемы генератора;
- два светодиода для световой индикации прохождения импульсов синхронизации;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) – для индикации состояния генератора, режима работы, напряжения источника питания и амплитуды силы тока в нагрузке.

2.5.4 На ЖКИ индицируются следующие характеристики:

- режим работы генератора:
  - «**РАБОТА**» или «**ТЕСТ**» - управление генератором производится измерителем (основной режим) или внутренним блоком управления (режим проверки), соответственно;
- состояние генератора:
  - «**ВКЛ**» или «**ВЫКЛ**» - выходное напряжение подается или не подается на соединитель «**ПЕТЛЯ**», соответственно;
- напряжение источника питания в вольтах;
- амплитуда силы стабилизированного тока в нагрузке в амперах или надпись «**НЕТ СТАБ**» и фактическое значение тока при отсутствии стабилизации;
- «**ПЕРЕГРЕВ!!!**» - срабатывание электронной защиты при повышении температуры внутри корпуса до 70°C. При этом дополнительно выводится значение температуры внутри корпуса и значение напряжения источника питания;
- «**АККУМУЛЯТОР РАЗРЯЖЕН**» - аккумулятор слишком разряжен. Для продолжения работы необходимо зарядить или заменить внешний аккумулятор.

2.5.5 Кнопки клавиатуры обеспечивают выполнение следующих функций:

- «**START/STOP**» - подает и снимает выходное напряжение на соединитель «**ПЕТЛЯ**»;
- «**TEST**» - переключает режим работы генератора («**РАБОТА**» - «**ТЕСТ**»)
- «**↑**» и «**↓**» - увеличивают или уменьшают значение амплитуды стабилизированного тока в нагрузке;
- «☀» - включает и выключает подсветку ЖКИ.

## 2.6 Описание и работа синхронизатора GPS

2.6.1 Функционально синхронизатор состоит из GPS-модуля с внешней антенной, внутренних кварцевых часов, схемы формирования управляющих синхроимпульсов, блока управления и блока питания.

Источником точного времени в синхронизаторе являются импульсы PPS (один импульс в секунду), формируемые в GPS-модуле. Эти импульсы точно привязаны к мировому времени только в том случае, если GPS-модуль принимает сигнал от 4-х и более спутников. Внутренние кварцевые часы и схема формирования управляющих импульсов вырабатывают импульсы синхронизации, принятые в аппаратуре АИЭ-2. Блок управления обеспечивает выполнение команд оператора и вывод текущей информации на ЖКИ.

После включения и приема сигнала от 4-х и более спутников, синхронизатор подстраивает внутренние кварцевые часы под мировое время и ждет команду оператора на запуск синхронизации. После поступления этой команды, положительный импульс синхронизации включается в момент времени, кратный заданному периоду измерения. В процессе работы внутренние кварцевые часы постоянно корректируются сигналами PPS из GPS-модуля. Если число принимаемых спутников уменьшается до 3-х и менее, коррекция часов не производится и точность синхронизации определяется стабильностью кварца. Увеличение числа принимаемых спутников до 4-х и более возобновляет коррекцию.

Синхронизатор имеет звуковую сигнализацию, которая работает в двух режимах: первый - короткий сигнал один раз в секунду - информирует о недостаточном числе принимаемых спутников (меньше 4-х); второй - секунда звук, секунда пауза - напряжение питания ниже допустимого. Сигнал о недостаточном количестве принимаемых спутников не выдается, пока синхронизатор после включения не начнет принимать сигнал от 4-х и более спутников с последующим снижением их числа ниже допустимого.



Рис. 6 Внешний вид синхронизатора GPS.

2.6.2 Внешний вид синхронизатора представлен на рис. 6. На торце синхронизатора расположены:

- соединитель для подключения внешней антенны GPS;
- соединитель для подключения синхронизируемой аппаратуры (7-и контактный у синхронизатора для генератора ВП-1000М и 4-х контактный - для измерителя и генераторов ЭРГ-120 и МПП-200);
- тумблер включения питания.

На лицевой панели синхронизатора размещены:

- клавиатура для управления работой синхронизатора;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) для индикации режима работы и других параметров;
- светодиод для индикации включения питания и уровня напряжения питания.

На задней панели синхронизатора для измерителя МПП-ВП и генератора ЭРГ-120 расположен батарейный отсек с аккумуляторами или батарейками формата АА.

2.6.3 В процессе работы на ЖКИ выводятся следующие сообщения и характеристики:



- внешняя антенна подключена, при отключенной антенне значок пустое;



- внешняя антенна неисправна (закорочена);



*{число}* - принимается сигнал от *{число}* спутников;

# или X – подстройка кварцевых часов по спутниковому сигналу включена или выключена соответственно;

**МПП** или **ВП** - режим работы: метод ПП или ВП соответственно;

+ или - (справа от символов «МПП» или «ВП») - на выходной соединитель подается или не подается сигнал синхронизации;

*{число}* *{с* или *мс}* – длительность импульса тока в секундах или миллисекундах

**Ак** *{число}* **В** – напряжение встроенной батареи питания;

*{число}*:*{число}*:*{число}* – мировое время *{часы}* : *{минуты}* : *{секунды}*.

**СИГНАЛА GPS НЕТ** – отсутствует сигнал от 4-х и более спутников (в течение 30 минут в режиме ВП и в течение 3 минут в режиме МПП);

+**КОНТРАСТ**+ или -**КОНТРАСТ**- - режим настройки контрастности ЖКИ (наличие этой надписи и возможность регулировки контрастности зависит от типа установленного дисплея);

### 3 Использование аппаратуры по назначению

#### 3.1 Эксплуатационные ограничения

3.1.1 Аппаратура должна эксплуатироваться в диапазоне климатических условий, приведенных в п.1.1.3.

3.1.2 В процессе эксплуатации не допускается подвергать аппаратуру резким перепадам температур и воздействию прямых солнечных лучей.

3.1.3 Не допускается подвергать аппаратуру резким ударам и другим механическим воздействиям.

3.1.4 Не допускается попадание воды и посторонних предметов внутрь корпуса генератора ВП-1000М. Для защиты генератора от осадков желательно устанавливать его в небольшой палатке.

3.1.5 Аппаратура не должна эксплуатироваться во время грозы. Для исключения повреждения генератора молнией, заземленная линия при грозе должна быть отсоединена от генератора.

#### 3.2 Порядок работы с аппаратурой

3.2.1 Извлечь аппаратуру из упаковки, проверить комплектность в соответствии с таблицей 1.2 и убедиться в отсутствии механических повреждений блоков аппаратуры.

3.2.2 Порядок работы с аппаратурой при измерениях методом ВП изложен в Руководстве по измерениям методом вызванной поляризации.

3.2.3 Порядок работы с аппаратурой при измерениях МПП изложен в Руководстве по измерениям методом переходных процессов.

#### 3.3 Возможные неисправности и методы их устранения

Описания некоторых характерных неисправностей указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Описание неисправности	Возможные причины	Указания по устранению Неисправности
1 Измеритель не включается	Полная разрядка встроенного аккумулятора Сгорел встроенный предохранитель 2 А	Зарядить аккумулятор Заменить предохранитель (около аккумулятора внутри корпуса)
2 Управляющий КПК не включается	Полная разрядка встроенного аккумулятора.	Зарядить аккумулятор
3 Управляющий КПК не реагирует на нажатие на экран	«Зависание» операционной системы КПК.	Нажать кнопку “Reset” на корпусе КПК.
5 При включении генератора ВП-1000М не загорается индикатор питания	Обрыв в кабеле питания генератора ВП-1000М. Сгорел предохранитель 10 А	Проверить кабель питания генератора ВП-1000М. Заменить предохранители 10 А
6 Во время работы генератор ВП-1000М выключился и после этого не включается	Сгорел предохранитель 10 А	Заменить предохранители 10 А
7 Генератор ВП не выдает ток в нагрузку	Обрыв в линии АВ	Проверить линию АВ
8 Генератор ВП-60 (ЭРГ-120) выдает сообщение «Аккумулятор разряжен» при нормально заряженном аккумуляторе	Обрыв или плохой контакт в кабеле питания генератора. Используется самодельный кабель питания со слишком большим эл. сопротивлением	Проверить целостность кабеля питания и качество контактов. Использовать кабель с низким эл. сопротивлением

### 3.4 Меры безопасности

3.4.1 К работе с аппаратурой и ее обслуживанию допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электрическим током высокого напряжения и ознакомившиеся с настоящим руководством по эксплуатации и ЭД её составных частей.

3.4.2 При работе с заземлёнными питающими линиями необходимо обеспечить надёжную двухстороннюю связь между операторами и рабочими на линиях.

3.4.3 Места установки заземлений должны быть ограждены.

3.4.4 Генератор ВП-1000М и бензоэлектрогенератор (источник напряжения 220 В, 50 Гц) должны быть заземлены, сопротивление заземления должно быть не более 10 Ом.

3.4.5 Запрещается использовать плавкие вставки предохранителей, рассчитанные на значение тока больше указанных.

3.4.6 Запрещается открывать корпус генератора ВП-1000М без предварительного его отключения от источника электропитания 220 В.

## 4 Техническое обслуживание

4.1 Обслуживание аппаратуры проводится специалистами, имеющими опыт работы с электронной аппаратурой.

4.2 Виды и периодичность технического обслуживания приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Вид технического обслуживания	Периодичность обслуживания
1 Внешний осмотр аппаратуры	Перед включением аппаратуры.
2 Профилактика разъёмных соединений	Через 100 ч работы.
3 Проверка общей работоспособности аппаратуры	Перед началом измерений.

4.3 При внешнем осмотре проверить отсутствие механических повреждений, крепление органов управления и регулирования.

4.4 При профилактике разъёмных соединений промыть контакты кисточкой, смоченной в ректифицированном спирте.

4.5 Проверку общей работоспособности аппаратуры проводить в соответствии с подразделами 3.3 и 3.4. При проверке аппаратуры можно использовать тесты ВП и МПП.

При использовании теста ВП следует соединить клеммы «АВ» теста ВП с клеммами «А» и «В» генератора ВП, а клеммы «МН» - с соединителем «ВП» измерителя. Амплитуда тока в тесте ВП не должна превышать 30 мА.

При использовании теста МПП следует соединить клеммы «Генератор» теста МПП с соединителем «ПЕТЛЯ» генератора МПП-200, а клеммы «Измеритель» теста МПП – с соединителем «МПП» измерителя. Амплитуда тока в тесте МПП не должна превышать 3 А.

4.6 Особое внимание обратить на своевременную зарядку кислотных герметичных аккумуляторов, входящих в комплект аппаратуры.

**ВНИМАНИЕ!!! Хранение кислотных аккумуляторов в разряженном состоянии недопустимо, поскольку приводит к их порче!**

Зарядка аккумуляторов производится зарядным устройством, входящим в комплект аппаратуры. Зарядка встроенного аккумулятора измерителя осуществляется через соединитель «+ 12 В –» на передней панели.

**ВНИМАНИЕ!!! Начальный зарядный ток в амперах устанавливается не более  $Q/4$ , где  $Q$  - емкость аккумулятора в А\*час. Превышение может вызвать порчу аккумулятора или перегорание встроенного в измеритель предохранителя 2 А.**

## 5 Хранение и транспортирование

5.1 Аппаратура должна храниться при температуре от 10 до 35 °С и относительной влажности не более 80 % при 25 °С.

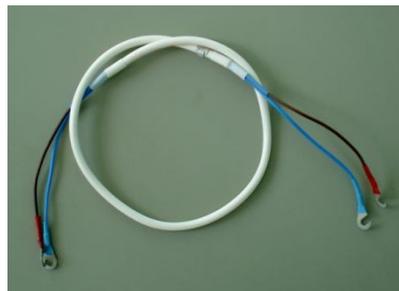
В помещении для хранения не должно быть паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию металлов.

5.2 Транспортирование аппаратуры должна осуществляться в закрытом транспорте любого вида. При транспортировании самолётом (вертолётном) аппаратура должна быть размещена в герметизированном отсеке. Аппаратура должна транспортироваться при температуре окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха не более 95 % при температуре 25 °С.

## Приложение 1 Комплект поставляемых кабелей



Кабель питания генератора  
ЭРГ-120



Кабель питания генератора ВП-60



Кабель питания генератора ВП-1000



Кабель синхронизации № 1 (4 контакта)



Кабель управления



Кабель синхронизации № 2 (7 контактов)



Кабель синхронизации № 3  
(На одном разьеме 4 контакта, а на другом -7)

## Приложение 2

## Шкала времен при измерениях методом ВП

№	Задержка (время от заднего фронта импульса тока), мс	Длительность строба, мс
1	30	20
2	50	20
3	70	20
4	90	20
5	110	20
6	140	40
7	180	40
8	220	40
9	270	60
10	340	80
11	430	100
12	540	120
13	680	160
14	850	180
15	1060	240
16	1330	300
17	1670	380
18	2090	460
19	2620	600
20	3290	740
21	4130	940
22	5180	1160
23	6490	1460
24	8130	1820
25	10190	2300
26	12780	2880
27	16030	3610
28	20110	4540
29	25220	5680
30	31620	7120
31	39650	8940
32	49720	11200

### Приложение 3

#### Шкала времен при измерениях МПП

№	Задержка (время от заднего фронта импульса тока), мкс	Длительность строба, мкс
1	2.5	10
2	12.5	10
3	22.5	10
4	32.5	10
5	42.5	10
6	52.5	10
7	62.5	10
8	72.5	10
9	82.5	10
10	92.5	10
11	107.5	20
12	127.5	20
13	147.5	20
14	167.5	20
15	192.5	30
16	222.5	30
17	257.5	40
18	297.5	40
19	342.5	50
20	392.5	50
21	447.5	60
22	517.5	80
23	597.5	80
24	687.5	100
25	792.5	110
26	912.5	130
27	1052.5	150
28	1217.5	180
29	1407.5	200
30	1622.5	230
31	1867.5	260
32	2152.5	310
33	2482.5	350
34	2862.5	410
35	3297.5	460
36	3797.5	540
37	4382.5	630
38	5052.5	710
39	5822.5	830
40	6717.5	960
41	7747.5	1100
42	8932.5	1270
43	10297.5	1460
44	11872.5	1690
45	13687.5	1940
46	15782.5	2250
47	18197.5	2580
48	20977.5	2980
49	24187.5	3440
50	27892.5	3970
51	32162.5	4570
52	37082.5	5270
53	42752.5	6070
54	49292.5	7010
55	56832.5	8070
56	65527.5	9320
57	75557.5	10740
58	87117.5	12380
59	100442.5	14270
60	133527.5	18980
61	133527.5	18980
62	153957.5	21880
63	177512.5	25230
64	204672.5	29090
65	235987.5	33540
66	272092.5	38670
67	313722.5	44590
68	361722.5	51410
69	417062.5	59270
70	480872.5	68350
71	554447.5	78800
72	639277.5	90860
73	737087.5	104760
74	849862.5	120790

## Приложение 4

### Комплект программ для обработки данных ВП и МПП

Комплект программ включает в себя программы предварительной обработки и интерпретации данных измерений методом вызванной поляризации (IPBin, IPVision, IPPolygon) и методом переходных процессов (TEMBIN и TEMIMAGE).

Краткое описание программ.

#### **IPBin.**

Программа **IPBin** предназначена для просмотра и первичной обработки результатов измерений ВП и создания единого файла данных по профилю. Программа позволяет усреднять результаты в случае повторных измерений на одном пикете, сортировать по одному или нескольким выбранным параметрам, исключать некачественные результаты из дальнейшего рассмотрения. На выходе этой программы образуется текстовый файл в двух возможных форматах, которые являются входными для двух программ: "IPVision" (расширение ".ipd") или "ZondIP1D" (расширение ".zlf", автор А.Каминский). Для загрузки в другие программы текстовый файл данных "\*.ipd" необходимо дополнительно редактировать.

#### **IPVision.**

Программа **IPVision** предназначена для изображения, анализа и интерпретации электроразведочных исследований методом вызванной поляризации (ВП). Программа ориентирована на работу с результатами профилирования и позволяет работать с данными, полученными с любыми его установками. обладает широким набором инструментов для представления полевых наблюдений, как по отдельным профилям, так и по площади в виде карт графиков, карт изолиний и псевдоразрезов, которые экспортируются в широко используемую в геофизической практике программу **Surfer**.

#### **IPPolygon**

Программа «**IPPOLYGON**» предназначена для решения прямой задачи методов сопротивления и вызванной поляризации (ВП) в рамках двухмерной (2D) геоэлектрической модели среды. Геоэлектрический разрез моделируется набором полигональных областей (произвольных многоугольников) с постоянными значениями удельного электрического сопротивления и поляризуемости внутри каждой области.

Для интерпретации данных ВЭЗ-ВП и электротомографии ВП рекомендуем использовать программы «**ZondIP1D**» и «**ZondRes2D**» (А. Каминский, <http://zond-geo.ru>).

#### **TemBin.**

Программа "**TemBin**" предназначена для просмотра и первичной обработки результатов измерений методом переходных процессов (МПП) и создания единого файла данных по профилю. Программа позволяет усреднять результаты в случае повторных измерений на одном пикете, сортировать по одному или нескольким выбранным параметрам, исключать некачественные результаты из дальнейшего рассмотрения. На выходе этой программы образуется текстовый файл в формате AMIRA, который является входным для программы **TemImage**.

#### **TemImage.**

Программа "**TemImage**" предназначена для изображения, анализа, моделирования и интерпретации результатов исследований методом переходных процессов и имеет две версии: базовую (одномерная интерпретация) и полную (двухмерная интерпретация и трехмерное моделирование). Программа позволяет работать с данными, которые получены с различными измерительными установками. Результаты решения обратной задачи изображаются в виде масштабных разрезов и планов, которые легко можно использовать для геологической интерпретации.

## Приложение 5

### Настройка КПК для работы с измерителем

#### 1. Первое включение

В целях предохранения аккумулятора от слишком глубокого разряда, КПК может поставляться заказчику с удаленным из корпуса аккумулятором. В этом случае вставьте аккумулятор в предназначенный для него отсек КПК. При этом должна стартовать операционная система Windows Mobile. Если это не происходит, то подсоедините к КПК адаптер питания переменного тока из его комплекта. Иногда, при первом включении требуется произвести программную перезагрузку КПК (для этого надо нажать пером кнопку сброса на корпусе КПК). Возможно, при старте операционной системы придется произвести некоторые настройки (следуйте инструкциям на экране).

#### 2. Установка программного обеспечения

Для управления работой аппаратуры в режимах ВП и МПП, на КПК должно быть установлено программное обеспечение, состоящее из следующих восьми файлов: "meas\_IP\_mobile.exe", "meas\_TEM\_mobile.exe", "ip\_dsp34.exe", "tem\_dsp4.exe", "meas\_n.prm", "file\_CE.prm", "graphw.prm", "norm.prm", **которые должны располагаться в каталоге "My Documents"** КПК. Основным исполняемым файлом для метода ВП является файл "meas\_IP\_mobile.exe", а для метода МПП - файл "meas\_TEM\_mobile.exe". Именно эти файлы следует запускать на выполнение для проведения измерений.

КПК поставляется с установленным программным обеспечением измерений, оно располагается во внутренней Flash-памяти программ. Если по каким-то причинам программное обеспечение исчезло из памяти КПК, то следует переустановить его самостоятельно. Перечисленные выше программы имеются на прилагаемом к аппаратуре лазерном диске с программным обеспечением. Для их копирования на КПК, следует установить связь КПК с настольным компьютером (или ноутбуком) с помощью программ "ActiveSync" (Для Windows XP) или "Windows Mobile Device Center" (Для Windows 7), находящихся на прилагаемом лазерном диске. Поставляемый КПК в виде опции может иметь съемную карту Flash-памяти, содержащую перечисленные выше программы. В этом случае следует просто скопировать их с SD-карты в каталог "My Documents".

#### 3. Порядок создания нового соединения Bluetooth:

КПК поставляется полностью настроенным для работы с конкретным измерителем. Необходимость в восстановлении настроек может возникнуть после полной аппаратной перезагрузки КПК и в ряде других случаев. Процедура создания нового соединения Bluetooth может быть различна для разных устройств. Ниже приводятся примеры создания нового соединения Bluetooth для двух КПК: **HP iPAQ 214** и **TDS Recon 400X**.

##### HP iPAQ 214

1. Включите КПК и измеритель.
2. Если интерфейс Bluetooth выключен (на значке, соответствующем «**Bluetooth**», есть красный крестик и не горит голубой светодиод на корпусе), то включить его. Для этого следует нажать значок «**Bluetooth**» на экране «**Сегодня**», после этого на значке «**Bluetooth**» исчезнет красный крестик и загорится голубой светодиод на корпусе КПК.
3. Нажать кнопку «**iPAQ Wireless**», открыть вкладку «**Bluetooth**», выбрать опцию «**Параметры Bluetooth**», выбрать вкладку «**Доступность**» и на ней установить флажок «**Разрешить подключение др. устройств**» и выбрать «**Все устройства**». Флажок «**Разрешить обнаружение другими устройствами**» снять.
4. Вернуться на вкладку «**Bluetooth**», выбрать опцию «**Соединения Bluetooth**» и на панели в нижней части экрана выбрать пером команду «**Создать**». В появившемся списке выбрать «**Поиск служб на устр. Bluetooth**». Через некоторое время на экране должна появиться иконка «**Elgeo \*\*\*\*\***», где «**\*\*\*\*\***» - заводской номер включенного измерителя.

Нажать на эту иконку, после чего на экране появится окно выбора службы. Выбрать пером службу «**Dev B**», нажать пером «**Далее**» и на следующей странице – «**Готово**».

5. После этого на экране появится страница «**Мои ярлыки**», на которой для установления первого сеанса связи с измерителем дважды нажать пером на иконку «**Elgeo \*\*\*\*\***», после чего на экране появится окно ввода ключа доступа. С помощью виртуальной клавиатуры ввести **0000** (четыре нуля) и нажать клавишу ввода на виртуальной клавиатуре. После установления связи на выбранной иконке появятся зеленые стрелки. Если после этого дважды нажать пером на иконку «**Elgeo \*\*\*\*\***», то на экране появится окно «**Bluetooth: Состояние соединения**».

6. После установления соединения вернуться на вкладку «**Bluetooth**», выбрать опцию «**Параметры Bluetooth**» и выбрать вкладку «**Службы**». В появившемся списке служб выбрать «**Последовательный порт**» и убедиться, что установлен флажок «**Включить службу**». Далее нажать на этой странице кнопку «**Дополнительно**» и отключить опцию «**Стандартное устройство для исходящих ...**» (снять галочку). На этой странице указан номер исходящего виртуального **COM-порта**, – именно этот COM-порт надо установить в измерительной программе (COM 6 - для HP iPAQ 214)

7. Чтобы не создавать лишних проблем, желательно убрать из диспетчера Bluetooth все неиспользуемые устройства Bluetooth, кроме измерителя.

8. Последовательным нажатием кнопки ОК выйти из установки параметров Bluetooth.

### **TDS Recon 400X (а также TDS Nomad, NAUTZ X7,X8)**

1. Включите КПК и измеритель.

2. Нажмите пером иконку Bluetooth на экране КПК и нажмите кнопку "**Bluetooth**" для включения Bluetooth (под этой кнопкой появится надпись "On").

3. Нажмите "**Menu/Bluetooth Settings**" и на вкладке "**Device**" нажмите "**Add new device**". Вы должны увидеть на экране иконку "**Elgeo XXXX**". Нажмите ее и затем нажмите "**Next**" внизу экрана.

4. Введите код доступа "**0000**" (four zeros) на виртуальной клавиатуре и нажмите "**Next**" внизу экрана.

5. На появившемся окне установите флажок "**Serial Port**" и нажмите "**Finish**".

6. Нажмите "OK", нажмите "**Menu/Bluetooth Settings**" и выберите вкладку "**COM Ports**". Нажмите "**New Outgoing port**" и далее "**Next**". На появившемся окне установите свободный COM-порт для Bluetooth-соединения с измерителем (COM8 or COM9) и нажмите "**Finish**".

7. Выбранный COM-порт необходимо установить как рабочий COM-порт в измерительной программе на диалоговом окне "Параметры измерения".

8. Чтобы не создавать лишних проблем, желательно убрать из диспетчера Bluetooth все неиспользуемые устройства Bluetooth, кроме измерителя.

### **4. КПК с COM-портом**

Некоторые специализированные миникомпьютеры имеют реальный (не виртуальный) COM-порт - например, TDS Recon, TDS Nomad, NAUTIZ X7/X8 и некоторые другие. В этом случае можно использовать простое кабельное соединение КПК с измерителем. Для этого соедините их кабелем последовательной связи и установите на странице "Параметры измерения" измерительной программы "COM1" в качестве рабочего COM-порта.