

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7272

(13) U

(46) 2011.06.30

(51) МПК (2009)

G 01V 3/00

## (54) УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ИСТОЧНИКА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

(21) Номер заявки: u 20100686

(22) 2010.08.02

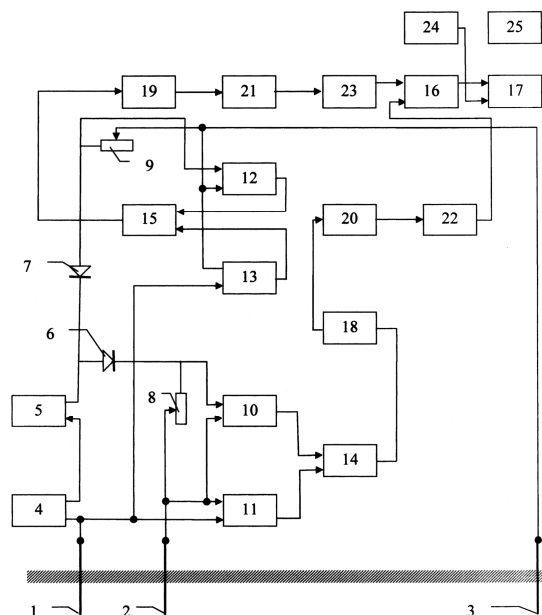
(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Военная академия Республики Бе-  
ларусь" (ВУ)

(72) Авторы: Воинов Валерий Васильевич;  
Карпович Елена Леонидовна; Бусел  
Михаил Олегович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Военная академия Республи-  
ки Беларусь" (ВУ)

(57)

Устройство определения дальности источника микросейсмических волн, содержащее: введенные в грунт первый, второй и третий электроды, первый и второй диоды, первый и второй переменные резисторы нагрузки, источник переменного тока; первый, второй, третий и четвертый регулируемые усилители, первый, второй, третий и четвертый дифференциальные усилители, первый и второй квадратичные детекторы, первый и второй интеграторы, первый и второй логарифмические усилители источник эталонного напряжения, индикатор, в котором первый полюс источника переменного тока подключен к первому электроду; выход первого диода соединен с неподвижным контактом первого переменного резистора и с входом первого регулируемого усилителя, вход второго регулируемого усилителя и подвижный контакт первого переменного резистора нагрузки подключены ко второму электроду; вход четвертого регулируемого усилителя и подвижный контакт второго переменного резистора нагрузки соединены с третьим, введенным в



ВУ 7272 U 2011.06.30

грунт электродом, выходы первого и второго регулируемых усилителей соединены с первым и вторым входами первого дифференциального усилителя соответственно; выходы третьего и четвертого регулируемых усилителей соединены с первым соответственно и вторым входами второго дифференциального усилителя, выход первого дифференциального усилителя, первый квадратичный детектор и первый интегратор соединены последовательно в порядке перечисления; выход второго дифференциального усилителя, второй квадратичный детектор и второй интегратор соединены последовательно в порядке перечисления; выходы первого и второго интеграторов соединены соответственно с входами первого и второго логарифмических усилителей; выход первого логарифмического усилителя соединен со вторым входом третьего дифференциального усилителя, а выход второго логарифмического усилителя соединен с первым входом третьего дифференциального усилителя; выход третьего дифференциального усилителя соединен с первым входом четвертого дифференциального усилителя, второй вход которого соединен с выходом источника переменного тока; выход четвертого дифференциального усилителя соединен с входом индикатора, **отличающееся** тем, что в него введен узкополосный фильтр, причем второй полюс источника переменного тока подключен к входу узкополосного фильтра, выход узкополосного фильтра соединен с входом первого диода и выходом второго диода, вход второго диода соединен с входом третьего регулируемого усилителя и неподвижным контактом второго переменного резистора.

(56)

1. Патент Республики Беларусь 3084 на полезную модель, МПК G 01 // Официальный бюллетень. - 2004.

2. Патент Республики Беларусь 4653 на полезную модель, МПК G01 // Официальный бюллетень. - 2004.

3. Жданов М.С. Электроразведка. - М.: Недра, 1986. - С. 104, 316 с.

4. Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1965. Т. 4. - С. 507, 592 с.

5. Бикингем М.Дж. Шумы в электронных приборах и системах. - М.: Мир, 1986. - С. 13.

---

Полезная модель относится к геофизике, а именно к области исследования физических явлений, происходящих в земной коре, и может быть использована для определения дальности поверхностного источника микросейсмических волн.

Известно устройство обнаружения источника микросейсмических волн [1], содержащее введенные в грунт первый и второй электроды, генератор переменного тока, резистор нагрузки, дифференциальный трансформатор.

Недостатком устройства является высокий уровень шума измерительной цепи, ограничивающий дальность обнаружения источников микросейсмических волн малой мощности.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому устройству является устройство определения дальности источника микросейсмических волн [2], содержащее введенные в грунт первый, второй и третий электроды, первый и второй переменные резисторы нагрузки, первый, второй, третий и четвертый регулируемые усилители, первый, второй, третий и четвертый дифференциальные усилители, первый и второй квадратичные детекторы, первый и второй интеграторы, первый и второй логарифмические усилители, источник эталонного напряжения, индикатор, в котором первый полюс источника тока подключен к первому электроду, второй полюс к входам первого и второго диодов, выходы первого и второго диодов соединены с неподвижными контактами первого и второго переменных резисторов нагрузки и с входами первого и третьего регулируемых усилителей соответственно, вход второго регулируемого усилителя и подвижный контакт

## BY 7272 U 2011.06.30

первого переменного резистора нагрузки подключены ко второму электроду, вход четвертого регулируемого усилителя и подвижный контакт второго переменного резистора нагрузки соединены с третьим введенным в грунт электродом, выходы первого и второго регулируемых усилителей соединены с первым и вторым входами первого дифференциального усилителя соответственно, выходы третьего и четвертого регулируемых усилителей соединены с первым и вторым соответственно входами второго дифференциального усилителя, выход первого дифференциального усилителя, первый квадратичный детектор и первый интегратор соединены последовательно в порядке перечисления, выход второго дифференциального усилителя, второй квадратичный детектор и второй интегратор соединены последовательно в порядке перечисления, выходы первого и второго интеграторов соединены соответственно с входами первого и второго логарифмических усилителей, выход первого логарифмического усилителя соединен со вторым входом третьего дифференциального усилителя, а выход второго логарифмического усилителя соединен с первым входом третьего дифференциального усилителя, выход третьего дифференциального усилителя соединен с первым входом четвертого дифференциального усилителя, второй вход которого соединен с выходом источника эталонного напряжения, выход четвертого дифференциального усилителя соединен с входом индикатора.

Недостатком этого устройства является высокий уровень собственного шума измерительной цепи.

Задачей полезной модели является снижение уровня собственного шума измерительной цепи.

Техническим результатом осуществления полезной модели является снижение уровня собственного шума измерительной цепи в среднем в 1,5 раза.

Для решения поставленной задачи при осуществлении полезной модели в устройство, содержащее введенные в грунт первый, второй и третий электроды, первый и второй диоды, первый и второй переменные резисторы нагрузки, источник переменного тока; первый, второй, третий и четвертый регулируемые усилители, первый, второй, третий и четвертый дифференциальные усилители, первый и второй квадратичные детекторы, первый и второй интеграторы, первый и второй логарифмические усилители источник эталонного напряжения, индикатор, в котором первый полюс источника переменного тока подключен к первому электроду; выход первого диода соединен с неподвижным контактом первого переменного резистора и с входом первого регулируемого усилителя, вход второго регулируемого усилителя и подвижный контакт первого переменного резистора нагрузки подключены ко второму электроду; вход четвертого регулируемого усилителя и подвижный контакт второго переменного резистора нагрузки соединены с третьим, введенным в грунт электродом, выходы первого и второго регулируемых усилителей соединены с первым и вторым входами первого дифференциального усилителя соответственно; выходы третьего и четвертого регулируемых усилителей соединены с первым соответственно и вторым входами второго дифференциального усилителя, выход первого дифференциального усилителя, первый квадратичный детектор и первый интегратор соединены последовательно в порядке перечисления; выход второго дифференциального усилителя, второй квадратичный детектор и второй интегратор соединены последовательно в порядке перечисления; выходы первого и второго интеграторов соединены соответственно с входами первого и второго логарифмических усилителей; выход первого логарифмического усилителя соединен со вторым входом третьего дифференциального усилителя, а выход второго логарифмического усилителя соединен с первым входом третьего дифференциального усилителя; выход третьего дифференциального усилителя соединен с первым входом четвертого дифференциального усилителя, второй вход которого соединен с выходом источника эталонного напряжения; выход четвертого дифференциального усилителя соединен с входом индикатора, введен узкополосный фильтр, причем второй полюс источника переменного тока подключен к входу узкополосного фильтра, выход

# BY 7272 U 2011.06.30

узкополосного фильтра соединен с входом первого диода и выходом второго диода, вход второго диода соединен с входом третьего регулируемого усилителя и неподвижным контактом второго переменного резистора.

На фигуре приведена схема заявляемого устройства.

На фигуре обозначены: 1, 2, 3 - первый, второй и третий, введенные в грунт электроды;

4 - источник переменного тока, например трансформатор;

5 - узкополосный фильтр, например выполненный на микросхемах К140УД1;

6, 7 - соответственно первый и второй диоды, например полупроводниковые;

8, 9 - первый и второй переменные резисторы нагрузки, например проволочные;

10, 11, 12, 13 - первый, второй, третий и четвертый регулируемые усилители соответственно выполненные, например, на микросхемах К140УД6;

14, 15, 16, 17 - соответственно первый, второй, третий и четвертый регулируемые усилители, выполненные, например, на микросхемах К140УД8;

18, 19 - первый и второй квадратичные детекторы соответственно, выполненные, например, на микросхемах К140УД7;

20, 21 - соответственно первый и второй интеграторы, выполненные, например, на микросхемах К544УД1 и транзисторах КТ342А;

22, 23 - соответственно первый и второй логарифмические усилители, выполненные, например, на микросхемах К544УД1 и транзисторах КТ342А;

24 - источник эталонного напряжения, например аккумулятор;

25 - индикатор.

Принцип работы устройства состоит в следующем. Микросейсмические волны, распространяющиеся от поверхностного источника, имеющего горизонтальную дальность  $D_u$  модулируют сопротивление грунта между первым 1 и вторым 2 электродами, а также между первым 1 и третьим 3 электродами.

Средняя глубина распространения волн, проходящих между первым 1 и вторым 2 электродами, равна половине глубины проникновения тока в грунт и составляет [3]

$$h_1 = \frac{l_1}{4}, \quad (1)$$

где  $l_1$  - расстояние между первым 1 и вторым 2 электродами.

Соответственно средняя глубина распространения волн, проходящих между первым 1 и третьим 3 электродами, равна

$$h_2 = \frac{l_2}{4}, \quad (2)$$

где  $l_2$  - расстояние между первым 1 и третьим 3 электродами.

Различие средних глубин распространения микросейсмических волн, проходящих между каждой парой электродов приводит к различию их коэффициентов затухания [4]  $k_1$  и  $k_2$  соответственно, что позволяет определить дальность поверхностного источника микросейсмических волн [2] по формуле

$$D_u = \frac{\ln \eta - 3 \ln \frac{l_2}{l_1}}{k_1 - k_2}, \quad (3)$$

где

$$\eta = \frac{\langle i_2^2 \rangle}{\langle i_1^2 \rangle}. \quad (4)$$

# ВУ 7272 U 2011.06.30

здесь  $\langle i_1^2 \rangle$ ,  $\langle i_2^2 \rangle$  - дисперсии флуктуаций тока в межэлектродных промежутках между первым и вторым, первым и третьим электродами соответственно.

В заявляемом устройстве величины  $\langle i_1^2 \rangle$ ,  $\langle i_2^2 \rangle$  измеряются поочередно.

Первый диод 6 пропускает половину переменного тока - положительный полупериод. Второй диод 7 пропускает вторую половину - отрицательный полупериод. Узкополосный фильтр 5 предназначен для снижения уровня шума наводки в измерительной цепи. Поскольку частота тока источника переменного тока 4 значительно превышает частоту микросейсмических волн значения дисперсии тока  $\langle i_1^2 \rangle$ ,  $\langle i_2^2 \rangle$ , измеренные на выходе интеграторов первого 20 и 21 соответствуют одному и тому же временному промежутку, равному одинаковому времени интегрирования первого 20 и второго 21 интеграторов. На выходе первого логарифмического усилителя 22 действует напряжение

$$u_{22} = \alpha \ln \langle i_1^2 \rangle, \quad (5)$$

а на выходе второго 23 -

$$u_{23} = \alpha \ln \langle i_2^2 \rangle, \quad (6)$$

где  $\alpha$  - коэффициент пропорциональности.

Напряжение на выходе третьего дифференциального усилителя 16 равно

$$u_{16} = u_{22} - u_{23} = \alpha \eta. \quad (7)$$

Регулировкой коэффициентов усиления регулируемых усилителей 14-17 устанавливают  $\alpha$  равным 1.

На выходе источника эталонного напряжения 24 действует напряжение

$$u_{24} = 3 \ln I_1. \quad (8)$$

На выходе четвертого 17 дифференциального усилителя напряжение равно

$$u_{17} = \eta - 3 \ln \frac{I_2}{I_1}. \quad (9)$$

Величина  $k_1-k_2$  в формуле (3) учитывается градуировкой индикатора 25. Поэтому напряжение на его выходе равно

$$u_{25} = D_u. \quad (10)$$

Собственный шум межэлектродного промежутка появляется из-за наличия в грунте, как и в любом другом резистивном материале [5], дефектов структуры. При этом максимальное шумовое напряжение, которое может действовать в устройстве прототипе равно

$$u_{\Pi} = u_{13} + u_{12}, \quad (11)$$

где  $u_{13}$  - шумовое напряжение на первом 1 и третьем 3 электродах;  $u_{12}$  - шумовое напряжение на первом 1 и втором 2 электродах. Очевидно, что

$$u_{13} = u_{12} + u_{23}, \quad (12)$$

где

$$u_{12} = \frac{I_1}{I_2} u_{13}, \quad u_{23} = \frac{I_2 - I_1}{I_2} u_{13}. \quad (13)$$

Подстановка (12), (13) в (11) и расчет дисперсии шумового напряжения [6] дает

$$\langle u_{\Pi}^2 \rangle = \left( 4 \left( \frac{I_1}{I_2} \right)^2 + \left( \frac{I_2 - I_1}{I_2} \right)^2 \right) \langle u_{13}^2 \rangle. \quad (14)$$

В формуле (14) учтен наиболее благоприятный для устройства прототипа случай, когда флуктуации потенциалов всех электродов независимы.

Поочередное измерение мощности шума тока заявляемым устройством обеспечивает максимальный уровень собственного шума

## BY 7272 U 2011.06.30

$$\langle u_3^2 \rangle = \left( \left( \frac{l_1}{l_2} \right)^2 + \left( \frac{l_2 - l_1}{l_2} \right)^2 \right) \langle u_{13}^2 \rangle. \quad (15)$$

Таким образом, собственный шум заявляемого устройства меньше, чем у устройства прототипа в  $n$  раз:

$$n = \frac{\langle u_{\Pi}^2 \rangle}{\langle u_3^2 \rangle} = \frac{4l_1^2 + (l_2 - l_1)^2}{l_1^2 + (l_2 - l_1)^2}. \quad (16)$$

Среднее значение  $n$ , зависящее от  $l_1$  равно:

$$\langle n \rangle = \frac{2}{l_2} \int_0^{0,5l_2} \frac{4l_1^2 + (l_2 - l_1)^2}{l_1^2 + (l_2 - l_1)^2} dl_1 = 1,58. \quad (17)$$

Таким образом, за счет включения узкополосного фильтра, вход которого подключен к второму полюсу источника переменного тока, а выход соединен с входом первого диода и выходом второго диода, и соединения входа второго диода с входом третьего регулируемого усилителя и неподвижным контактом второго переменного резистора обеспечивается снижение уровня собственного шума в среднем в полтора раза.