

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 4824

(13) U

(46) 2008.10.30

(51) МПК (2006)

G 01V 1/00

G 01V 3/00

(54)

УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

(21) Номер заявки: u 20080391

(22) 2008.05.14

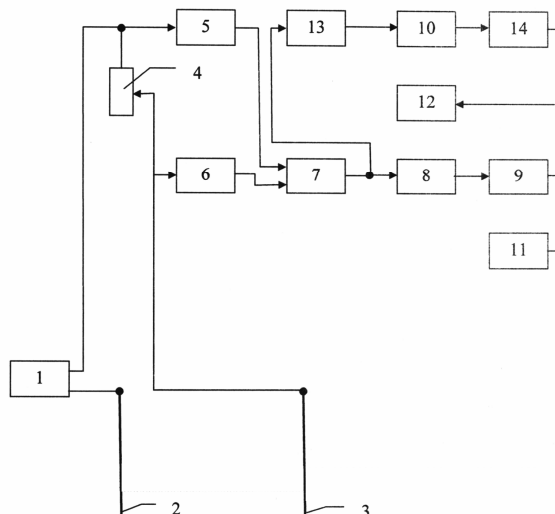
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Военная академия Республики Бе-
ларусь" (ВУ)

(72) Авторы: Воинов Валерий Васильевич;
Карпович Елена Леонидовна; Шавров
Геннадий Петрович (ВУ)

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

(57)

Устройство обнаружения источника микросейсмических волн, содержащее введенные в грунт первый и второй электроды, первый и второй регулируемые усилители, дифференциальный усилитель, квадратичный детектор, первый интегратор и первый индикатор, в котором первый полюс источника тока подключен к первому электроду; переменный резистор нагрузки подключен ко второму полюсу источника тока и второму электроду; вход первого регулируемого усилителя соединен со вторым полюсом источника тока, а его выход соединен с первым входом дифференциального усилителя; вход второго регулируемого усилителя соединен со вторым электродом, а выход соединен со вторым входом дифференциального усилителя, выход дифференциального усилителя, квадратичный детектор, первый интегратор и первый индикатор соединены последовательно в порядке перечисления, отличающееся тем, что в него включены регулируемый источник питания, согласующее устройство, второй интегратор, пороговое устройство и второй индикатор, включенные последовательно в порядке перечисления, причем вход согласующего устройства соединен с выходом дифференциального усилителя.



ВУ 4824 U 2008.10.30

(56)

1. А.с. СССР 1182462, МПК G 01V 3/00, 1985.
 2. Патент РБ на полезную модель 1862, МПК G 01V 3/00, 2004.
 3. Бикингом М.Дж. Шумы в электронных приборах и системах. - М.: Мир, 1986. - С. 168-171.
 4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1964. - С. 255-262.
-

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

Известно устройство, реализующее способ предсказания времени наступления землетрясения [1], включающее источник тока, введенные в грунт электроды и устройство измерения мощности шума тока в земной коре.

Однако недостатком известного устройства является низкая чувствительность, и с его помощью невозможно обнаруживать поверхностные источники микросейсмических волн малой мощности.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому устройству является устройство обнаружения источника микросейсмических волн, содержащее введенные в грунт первый и второй электроды, источник тока, переменный резистор нагрузки, первый и второй регулируемые усилители, дифференциальный усилитель, квадратичный детектор, интегратор и индикатор, в котором первый полюс источника тока подключен к первому электроду; переменный резистор нагрузки подключен ко второму полюсу источника тока и второму электроду; вход первого регулируемого усилителя соединен со вторым полюсом источника тока, а его выход соединен с первым входом дифференциального усилителя, вход второго регулируемого усилителя соединен со вторым электродом, а выход соединен со вторым входом дифференциального усилителя; выход дифференциального усилителя, квадратичный детектор, интегратор и индикатор соединены последовательно в порядке перечисления.

Однако недостатком известного устройства является низкая чувствительность из-за наличия составляющей шума, вызванной дрейфом переходного сопротивления контактов электроды-грунт.

Задачей полезной модели является повышение чувствительности устройства.

Техническим результатом осуществления полезной модели является повышение чувствительности на 15-20 %.

Для решения поставленной задачи при осуществлении полезной модели в устройство, содержащее введенные в грунт первый и второй электроды, первый и второй регулируемые усилители, дифференциальный усилитель, квадратичный детектор, первый интегратор и первый индикатор, в котором первый полюс источника тока подключен к первому электроду; переменный резистор нагрузки подключен ко второму полюсу источника тока и второму электроду; вход первого регулируемого усилителя соединен со вторым полюсом источника тока, а его выход соединен с первым входом дифференциального усилителя; вход второго регулируемого усилителя соединен со вторым электродом, а выход соединен со вторым входом дифференциального усилителя, выход дифференциального усилителя, квадратичный детектор, первый интегратор и первый индикатор соединены последовательно в порядке перечисления, включены регулируемый источник питания, согласующее устройство, второй интегратор, пороговое устройство и второй индикатор, включенные последовательно в порядке перечисления, причем вход согласующего устройства соединен с выходом дифференциального усилителя.

Схема заявляемого устройства приведена на фигуре.

Обозначения на фигуре следующие:

- 1 - регулируемый источник питания, например соединенные последовательно трансформатор и двухполупериодный выпрямитель;
- 2, 3 - первый и второй соответственно введенные в грунт электроды;
- 4 - переменный резистор нагрузки;
- 5, 6 - соответственно первый и второй регулируемые усилители, выполненные, например, на микросхемах К140УД8;
- 7 - дифференциальный усилитель, выполненный, например, на микросхеме К140УД4;
- 8 - квадратичный детектор, выполненный, например, на микросхеме К140УД7;
- 9, 10 - первый и второй интеграторы соответственно, выполненные, например, на микросхемах К140УД6, содержащих конденсатор в цепи обратной связи;
- 11, 12 - первый и второй индикаторы соответственно, например стрелочные;
- 13 - согласующее устройство, например усилитель, выполненный на микросхеме К140УД8;
- 14 - пороговое устройство, например компаратор на микросхеме К140УД1.

Принцип работы устройства состоит в следующем. При протекании тока по измерительной цепи падения напряжения на сопротивлениях R_H резистора нагрузки 4 и R_r межэлектродного промежутка, содержащего переходные сопротивления электрод-грунт, соответственно равны

$$U_H = \frac{\varepsilon R_H}{R_H + R_r}, \quad (1)$$

$$U_r = \frac{\varepsilon R_r}{R_H + R_r}, \quad (2)$$

где ε - ЭДС источника питания 1.

В выражениях (1) и (2) внутреннее сопротивление источника питания пренебрежимо мало. Проходящая в межэлектродном промежутке между первым 2 и вторым 3 введенными в грунт электродами микросейсмическая волна вызывает флуктуации сопротивления грунта и, как следствие, флуктуации напряжения (U_H) на резисторе нагрузки и электродах (U_r). Эти флуктуации регистрируются в качестве сигнала, свидетельствующего о наличии микросейсмических волн. Сигнал регистрируется на фоне естественных шумов измерительной цепи, среди которых выделяются шумы переходного сопротивления электроды-грунт [3].

Таким образом, можно считать величины U_H и U_r случайными. Линеаризация [4] этих величин для малых флуктуаций

$$U_H = \frac{\langle \varepsilon \rangle R_H}{\langle R_r \rangle + R_H} + \frac{\partial U_H}{\partial \varepsilon} \Delta \varepsilon + \frac{\partial U_H}{\partial R_r} \Delta R_r, \quad (3)$$

$$U_r = \frac{\langle \varepsilon \rangle R_r}{\langle R_r \rangle + R_H} + \frac{\partial U_r}{\partial \varepsilon} \Delta \varepsilon + \frac{\partial U_r}{\partial R_r} \Delta R_r, \quad (4)$$

где $\langle \varepsilon \rangle$ - среднее значение ЭДС за время измерения; $\langle R_r \rangle$ - среднее значение сопротивления грунта за время измерения; $\Delta \varepsilon$, ΔR_r - мгновенные отклонения обеих величин от среднего значения.

Подстановка в (3) и (4) значений производных при условии, что ε равно $\langle \varepsilon \rangle$ и R_r равно $\langle R_r \rangle$, приводит к выражениям:

$$U_H = \frac{\langle \varepsilon \rangle R_H}{\langle R_r \rangle + R_H} + \frac{R_H (\Delta \varepsilon)}{\langle R_r \rangle + R_H} - \frac{\langle \varepsilon \rangle R_H (\Delta R_r)}{(\langle R_r \rangle + R_H)^2}, \quad (5)$$

$$U_r = \frac{\langle \varepsilon \rangle \langle R_r \rangle}{\langle R_r \rangle + R_H} + \frac{\langle R_r \rangle (\Delta \varepsilon)}{\langle R_r \rangle + R_H} - \frac{\langle \varepsilon \rangle R_H (\Delta R_r)}{(\langle R_r \rangle + R_H)^2}. \quad (6)$$

Величины U_n и U_r усиливаются соответственно регулируемым усилителями 5 и 6, напряжения с выхода которых подаются на входы дифференциального усилителя 7. Коэффициенты усиления регулируемых усилителей 5 и 6 устанавливаются одинаковыми. Величина коэффициентов усиления обеспечивает нормальную работу дифференциального усилителя 7. При этих условиях напряжение на выходе дифференциального усилителя 7 равно:

$$U_7 = \alpha(U_r - U_n), \quad (7)$$

где α - коэффициент пропорциональности.

На основании (5) и (6):

$$U_7 = \alpha \left(\frac{(R_n - \langle R_r \rangle)(\langle \epsilon \rangle + \Delta \epsilon)}{\langle R_r \rangle + R_n} + \frac{2\langle \epsilon \rangle R_n (\Delta R_r)}{(\langle R_r \rangle + R_n)^2} \right). \quad (8)$$

Первое слагаемое выражения (8) описывает собственные флуктуации напряжения измерительной цепи как за счет флуктуации напряжения источника $\Delta \epsilon$, так и за счет разности сопротивлений нагрузки (R_n) и межэлектродного промежутка (R_r), т.е. шум измерительной цепи. Второе слагаемое отражает величину полезного сигнала, появляющегося за счет модуляции сопротивления межэлектродного промежутка (ΔR_r) микросейсмической волной.

Из выражения (7) следует, что минимизация собственных флуктуаций напряжения измерительной цепи связана с выбором режима ее работы, при котором

$$\langle R_r \rangle = R_n. \quad (9)$$

Учитывая последнее условие, а так же то, что

$$\Delta \epsilon \ll \epsilon, \quad (10)$$

преобразуем (8) к виду:

$$U_7 = \alpha \left(\frac{(R_n - R_r)\langle \epsilon \rangle}{2R_n} + \frac{\langle \epsilon \rangle (\Delta R_r)}{R_n} \right). \quad (11)$$

Здесь величина $(R_n - R_r)$ отражает уход сопротивления грунта от установленного (9) значения за счет нестабильности входящего в него переходного сопротивления электро-грунт. Это означает, что условие (9) строго не выполняется.

Напряжение U_7 подается на вход квадратичного вольтметра 8, выход которого соединен с входом интегратора 9.

Учитывая, что оба слагаемых выражения (11) являются независимыми случайными величинами, определим дисперсию флуктуаций напряжения U_7 , т.е. величину сигнала на выходе интегратора 9 при наличии дрейфа сопротивления межэлектродного промежутка:

$$U_9 = \langle U_7^2 \rangle = \alpha^2 \frac{(R_n - R_r)^2}{4R_n^2} \langle \epsilon \rangle^2 + \frac{\alpha^2 \langle \epsilon \rangle^2 D_{R_r}}{4R_n^2}, \quad (12)$$

где D_{R_r} - дисперсия флуктуации сопротивления межэлектродного промежутка.

В отсутствии дрейфа сопротивления межэлектродного промежутка, т.е. при строгом выполнении условия (9):

$$U_9 = \frac{\alpha^2 \langle \epsilon \rangle^2 D_{R_r}}{4R_n^2}. \quad (13)$$

Таким образом, выравнивание сопротивлений R_n и R_r , в случае изменения последнего, обеспечивает снижение уровня шума измерительной цепи.

Для регистрации изменения сопротивления межэлектродного промежутка сигнал с выхода дифференциального усилителя 7 через согласующее устройство 13 подается на вход второго интегратора 10. Согласующее устройство 13 обеспечивает нормальную работу второго интегратора 10.

BY 4824 U 2008.10.30

Если сопротивление межэлектродного промежутка не изменяется, то выходное напряжение дифференциального усилителя 7 (U_7) представляет собой стационарный центрированный случайный процесс, а напряжение на выходе интегратора 10 равно нулю.

При наличии плавного изменения сопротивления R_r напряжение на выходе второго интегратора 10 становится отличным от нуля, что приводит к срабатыванию порогового устройства 14, вход которого соединен с выходом второго интегратора 10. На выходе порогового устройства 14 появляется напряжение, которое индицируется вторым индикатором 12. Устранить дрейф сопротивления межэлектродного промежутка можно путем уменьшения выходного напряжения регулируемого источника питания 1. Уменьшение напряжения питания продолжают до прекращения показаний второго индикатора 12.

Поскольку величина сигнала (13) увеличивается при увеличении напряжения источника питания, а начиная с некоторого значения величины этого напряжения резко увеличивается шум, то повышение чувствительности означает рост отношения эталонного сигнала к шуму, что отражено в таблице.

Напряженность электрического поля межэлектродного промежутка, В/м	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
<u>Сигнал</u> Шум	0,5	0,83	1,01	1,23	1,74	1,5

Приведенные в таблице данные отражают свойства грунта, уровень почвенных вод, климатические условия и так далее. Поэтому регулировку измерительного устройства следует производить при каждой его установке. Вблизи основного значения напряженности электрического поля межэлектродного промежутка 0,5-0,6 В/м регулировка, как это следует из данных таблицы, обеспечивает повышение чувствительности на 15-20 %.

Таким образом, за счет того что в устройство обнаружения источника микросейсмических волн включены регулируемый источник питания, согласующее устройство, второй интегратор, пороговое устройство и второй индикатор, соединенные последовательно в порядке перечисления, а вход согласующего устройства соединен с выходом дифференциального усилителя, чувствительность устройства увеличивается минимум на 15 % по сравнению с устройством-прототипом.