



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1330598 A1

(51) 4 G 01 V 3/12

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4023594/31-25
(22) 03.01.86
(46) 15.08.87. Бюл. № 30
(71) Институт радиотехники и электроники АН СССР
(72) Л.В. Булахова, М.Г. Голубцов, М.Е. Калитина, В.Н. Курский, В.И. Путилина и Ю.Б. Синдлер
(53) 550.83(088.8)
(56) Котельников Б.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. - М.: Госэнергоиздат, 1956.

Авторское свидетельство СССР
№ 1130818, кл. G 01 V 3/12, 1984.

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ГЕОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

(57) Устройство относится к области геоэлектроразведки и может быть использовано для исследования горизонтально-слоистых структур земной коры. Целью изобретения является повышение эффективности работы. В устройство введены датчик и схема оценки электромагнитной обстановки. При определении благоприятной помеховой обстановки вырабатывается сигнал разрешения на выдачу зондирующего сигнала. 5 ил.

(19) SU (11) 1330598 A1

Изобретение относится к измерительным устройствам для активной геоэлектрической разведки с использованием искусственно создаваемых электромагнитных полей и может применяться для исследования горизонтально-слоистых структур земной коры при выполнении электроразведочных работ.

Цель изобретения - повышение эффективности работы измерительного устройства для геоэлектроразведки в условиях, неизвестных по своим спектральным свойствам, и изменяющихся во времени геомагнитных помех.

На фиг. 1 приведена блок-схема устройства; на фиг. 2-5 - временные диаграммы.

Устройство (фиг. 1) содержит генератор 1 зондирующего сигнала, линию 2 задержки, блок 3 ключей, блок 4 весовой обработки, блок 5 усреднения, первый блок 6 памяти, блок 7 вычисления коэффициента корреляции, первую схему 8 сравнения, формирователь 9 импульсов, пиковый детектор 10, схему 11, блок 12 логарифмирования, накапливающий сумматор 13, вторую схему 14 сравнения, коммутатор 15, регистратор 16, датчик 17 электромагнитного поля, АЦП 18, демультиплексор 19, блок 20 управления, второй блок 21 памяти, анализатор 22 спектра, делитель 23, сумматор 24, блок 25 извлечения квадратного корня, блок 26 вычисления вероятности ошибки различения сигналов, третью схему 27 сравнения, третий блок 28 памяти, схему 29 индикации.

Предлагаемое устройство позволяет производить оценку текущей помеховой обстановки и выбирать благоприятные моменты пуска генератора зондирующего сигнала, этим обеспечивается возможность работы измерительной части устройства только в то время, когда результаты измерения являются достоверными, что повышает эффективность его работы.

Очевидно, что достоверность результатов каждого зондирования зависит от степени благоприятности помеховой обстановки с точки зрения наилучшего выделения полезного сигнала. При благоприятной помеховой обстановке в каждом цикле зондирования происходит включение сигналов только с большими весовыми коэффициентами,

т.е. сигналов, наиболее сходных с ожидаемым опорным сигналом. В связи с этим в отличие от прототипа, где каждый шаг в цикле зондирования начинается в произвольный момент времени, в предлагаемом устройстве перед каждым включением генератора зондирующего сигнала производится оценка текущей помеховой обстановки. В зависимости от результатов этой оценки генератор зондирующего сигнала включается или его пуск откладывается на определенное время. В качестве критерия, по которому оценивается помеховая обстановка, используется вероятность ошибки различения сигналов, характеризующих строение исследуемого геофизического разреза и свидетельствующих о наличии или отсутствии особенностей в строении изучаемой структуры. Такой особенностью является, например, тонкий слой с аномальными электрическими свойствами (повышенной или пониженной электропроводностью). При наличии такого слоя в исследуемой структуре ожидаемый полезный сигнал будет $S_1(t)$, при отсутствии - $S_0(t)$.

Устройство работает следующим образом.

По управляющему сигналу, поступающему с выхода блока 20 управления, открывается выход 1' демультиплексора 19 и на вход анализатора 22 спектра с выхода АЦП 18 от датчика 17 электромагнитного поля поступает реализация помехи $n_k(t)$, k - номер реализации (интервал $[0, T_i]$ на фиг. 2). Второй выход демультиплексора 19 в это время закрыт, и сигнал на входе линии 2 задержки отсутствует интервал $[0, T_i]$ на фиг. 3. На выходе анализатора 22 спектра формируются сигналы, соответствующие оценкам спектральной плотности помехи $N(\omega_i)$ на отдельных частотах ω_i ($i=1, 2, \dots, L$) где L - количество анализируемых частот). Эти сигналы поступают на первый вход делителя 23, на второй вход которого одновременно с выхода второго блока 21 памяти поступают сигналы, соответствующие значениям весовой функции $C(\omega_i) = 1/16\pi |S(\omega_i)|^2 \Delta\omega_i$, где $\Delta S(\omega_i) = S_1(\omega_i) - S_0(\omega_i)$, $S_1(\omega_i)$ и $S_0(\omega_i)$ - значения спектральных функций сигналов $S_1(t)$ и $S_0(t)$ на анализируемых частотах, $\Delta\omega_i = \omega_i - \omega_{i-1}$.

интервал между соответствующими анализируемыми частотами.

Значения весовой функции заносятся во второй блок 21 памяти перед началом эксперимента. Для каждой частоты ω_i на выходе делителя 23 формируются сигналы, соответствующие

отношению $\frac{C(\omega_i)}{N(\omega_i)}$, которые накапли-

ваются в сумматоре 24, сигнал на выходе которого соответствует сумме

$\sum_{i=1}^L \frac{C(\omega_i)}{N(\omega_i)}$. Сигнал с выхода сумматор

24 поступает на вход блока 25 извлечения квадратного корня и далее на вход блока 26 вычисления вероятности ошибки различения, определяемой следующим соотношением:

$$Q = \frac{1}{2} - \left[1 - \operatorname{erf} \sqrt{\sum_{i=1}^L \frac{C(\omega_i)}{N(\omega_i)}} \right],$$

$$\text{где } \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

Далее с выхода блока 26 сигнал заносится в блок 28 памяти, откуда он поступает на вход схемы 29 индикации, которая позволяет визуализировать величину текущей вероятности ошибки различения сигналов. Одновременно сигнал с выхода блока 26 поступает на вход схемы 27 сравнения, где он сравнивается с заранее установленным уровнем θ_0 . Если сигнал на выходе блока 26 превышает пороговый уровень интервал $[T_1, T_2]$ на фиг. 4, то на выходе схемы 27 формируется сигнал, поступающий на вход блока 20 управления, на выходе которого появляется управляющий сигнал. Этот сигнал, поступающий на вход демультиплексора 19, оставляет его первый выход открытым, а второй выход закрытым. После этого на вход анализатора 22 спектра в течение следующего интервала времени опять поступает реализация помехи $n_{k+1}(t)$ (интервал $[T_1, T_2]$ на фиг. 2), сигнал на вход линии 2 задержки в это время не поступает (интервал $[T_1, T_2]$). Затем в блоках 21-26 повторяется оценка текущей вероятности ошибки правильного различения сигналов, соответствующее ей значение фиксируется в блоке 28 памяти, выводится на экран схемы 29 индикации, а также срав-

нивается с порогом θ_0 в схеме 27 сравнения. Если вероятность ошибки превышает порог, управляющий сигнал с выхода блока 20 управления поступает на вход демультиплексора 19, выход 1' которого при этом остается открытым, а выход 2' закрытым, а оценка вероятности θ повторяется для новой реализации помехи. Если сигнал на выходе блока 26 ниже порогового уровня (интервал $[T_2, T_3]$ на фиг. 4), то на выходе схемы 27 сравнения появляется сигнал, поступающий на вход блока 20 управления, на выходе которого формируется управляющий сигнал, поступающий на вход демультиплексора 19 и генератора 1 зондирующего сигнала. Этот сигнал закрывает первый выход и открывает второй вход демультиплексора 19, а также включает генератор 1 зондирующего сигнала. Производится зондирование исследуемого геофизического разреза. На вход линии 2 через АЦП 18 поступает реализация сигнала отклика $y_m(t)$ (интервал $[T_2, T_3]$ на фиг. 3, m - номер реализации). В этом время сигнал на входе анализатора 22 спектра отсутствует (интервал T_2, T_3 на фиг. 2). Сигнал отклика представляет собой смесь помехи $n_m(t)$ и сигнала $S_0(t)$, являющегося сверткой зондирующего сигнала $S(t)$ с импульсной характеристикой среды

$$g(t), \text{ т.е. } y_m(t) = n_m(t) + \int_{-\infty}^{\infty} \hat{S}(t)g(t -$$

$- \tau) d\tau = n_m(t) + S_{0,1}(t)$, с выхода линии 2 задержки сигналы поступают на вход блока 3 ключей и вторые входы блока 7 вычисления коэффициента корреляции. При этом сигнал на управляющем входе блока 3 отсутствует - ключи закрыты. На первый вход блока 7 вычисления коэффициента корреляции в это время поступает опорный сигнал $S^*(t)$, образец которого заносится в блок 6 памяти перед началом эксперимента. Сигнал $S^*(t)$ представляет собой некоторое приближение к ожидаемому сигналу $S_{0,1}(t)$, его весовой коэффициент считается равным 1. В блоке 7 вычисляется коэффициент корреляции опорного сигнала и реализации $y_m(t)$, на выходе появляется сигнал, соответствующий величине коэффициента корреляции, определяемого формулой

$$R(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^{2FT} S^*(t_i) y_m(t_r + \tau)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{2FT} [S^*(t_i)]^2 \sum_{t=1}^{2FT} [y_m(t_r + \tau)]^2}},$$

где F — верхняя частота в спектре зондирующего сигнала;

T — длительность зондирующего сигнала;

r — номер отсчета.

С выхода блока 7 этот сигнал поступает на первый вход схемы 8 сравнения, на другой вход которой поступает заданный положительный уровень C_0 . Если сигнал на выходе блока 7 вычисления превышает C_0 , т.е. степень корреляции полученной смеси $y_m(t)$ с опорным сигналом велика, то на выходе схемы 8 сравнения появляется сигнал, поступающий на вход формирователя 9 импульсов и на вход пикового детектора 10. Блоки 9 и 10 предназначены соответственно для фиксации момента достижения максимума коэффициента корреляции и для определения его величины. Сигнал с выхода блока 10 поступает на вход блока 4 весовой обработки, где производится вычисление весовых коэффициентов K_m по формуле

$$K_m = \left[\sum_{r=1}^{2FT} y_m'(t_r) - \sum_{r=1}^{2FT} y_m(t_r) S^*(t_r) \right]^{-1}.$$

Сигнал с выхода блока 9 через схему И 11 поступает на управляющий вход блока 3 ключей, открывая их. Сигнал $y_m(t)$ с выходов линии 2 задержки поступает в блок 4 весовой обработки, где он умножается на соответствующие весовые коэффициенты. После этого происходит накопление и усреднение накопленного сигнала в блоке 5, на выходе которого — имеем сигнал вида

$$y_1(t_r) = \frac{\sum_{m=2}^I K_m y_m(t_r) + S^*(t_r)}{\sum_{m=2}^I K + 1},$$

где I — количество накопленных реализаций на данный момент.

Полученный усредненный сигнал заносится в блок 6 памяти, где он служит опорным сигналом для следующей реализации. С выходов блока 6 полученный усредненный сигнал поступает на первые входы блока 7 вычисления коэффициента корреляции. После фиксации максимальной величины коэффициента корреляции в пиковом детекторе 10 сигнал с его выхода

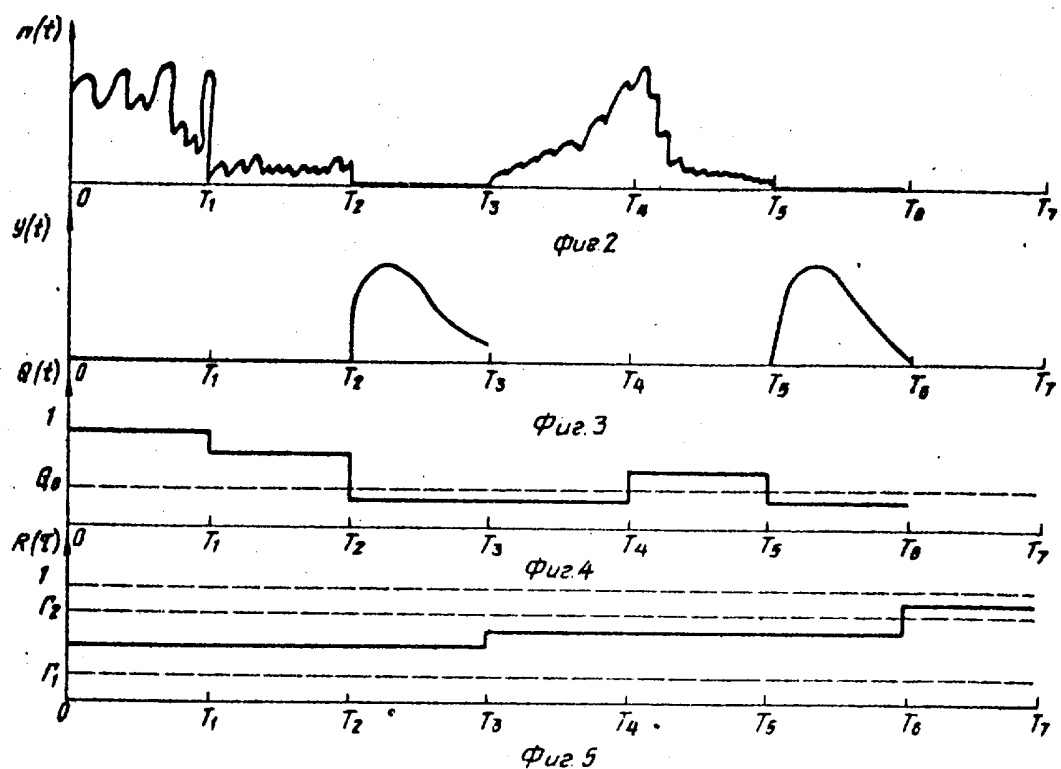
поступает на вход блока 12 логарифмирования, где максимальные величины коэффициента корреляции логарифмируются, а затем поступают на вход накапливающего сумматора 13. Полученное значение коэффициента корреляции сравнивается в схеме 14 сравнения с заданными границами Γ_1 и Γ_2 . При пересечении верхней границы Γ_2 (интервал $[T_3, T_4]$ на фиг. 5) с выхода схемы 14 сигнал поступает на управляющий вход коммутатора 15 и на второй вход схемы И 11, закрывая ее и заканчивая эксперимент с положительным результатом. Сигнал с выхода блока 6 через коммутатор 15 поступает в регистратор 16. При пересечении нижней границы Γ_1 сигнал с выхода схемы 14 сравнения поступает через схему И 11 только на управляющий вход блока 3 ключей, закрывая его и заканчивая эксперимент с отрицательным результатом, так как качество сигнала по мере накопления не улучшается.

Если ни одна из границ Γ_1 и Γ_2 не пересечена (интервал $[T, T_4]$ на фиг. 3), сигнал с выхода схемы 14 поступает на вход блока 19 управления, сигнал на выходе которого открывает первый выход и закрывает второй выход демультиплексора 19, т.е. начинается анализ текущей помеховой обстановки перед следующим зондированием исследуемой геофизической структуры.

Предлагаемое устройство позволяет повысить качество накопленного сигнала, поскольку заранее за счет предварительной оценки вероятности ошибки различения полезного сигнала обеспечивается рассмотрение реализаций, наиболее близких к полезному сигналу, т.е. наименее искаженных помехами. Кроме того, устройство позволяет экономить энергетические затраты за счет прекращения работы при неблагоприятной помеховой обстановке (т.е. когда вероятность ошибки различения полезного сигнала велика) и возобновления зондирования во время, когда условия для различения сигналов, характеризующих строение исследуемого геофизического разреза, являются оптимальными.

Ф о р м у л а и з о б р е ж е н и я

Измерительное устройство для геoeлектроразведки, содержащее генератор зондирующего сигнала, линию задержки, блок ключей, блок весовой обра-



Редактор М.Дылин

Составитель В.Немцев
Техред М.Ходанич

Корректор А.Тяско

Заказ 3580/49

Тираж 730

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4