



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010145243/28, 14.01.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.01.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
10.04.2008 CN 200810103695.0

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2012 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 27.11.2013 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5043667 A, 27.08.1991. CN 101017205 A, 15.08.2007. US 4862089 A, 29.08.1989. WO 2001020366 A1, 22.03.2001. RU 2084929 C1, 20.07.1997.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 10.11.2010

(86) Заявка РСТ:
CN 2009/000049 (14.01.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/124446 (15.10.2009)

Адрес для переписки:

191002, Санкт-Петербург, а/я 5, ООО
"Ляпунов и партнеры", пат.пов. Е.Г.Ильмер,
рег.№ 1144

(72) Автор(ы):

**ХЭ Чжаньсян (CN),
СУНЬ Вэйбинь (CN),
ВАН Юнтао (CN),
ТАО Дэцян (CN),
ХУ Цзучжи (CN),
ЛО Вэйфэн (CN),
ЧЖАН Юэ (CN)**

(73) Патентообладатель(и):

**ЧАЙНА НЭШНЛ ПЕТРОЛЕУМ
КОРПОРЕЙШН (CN),
БГП ИНК., ЧАЙНА НЭШНЛ
ПЕТРОЛЕУМ КОРПОРЕЙШН (CN)****(54) СПОСОБ СБОРА ДАННЫХ ПОСРЕДСТВОМ ТРЕХМЕРНОГО РЕГУЛЯРНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МАССИВА МАЛЫХ ЯЧЕЕК ИНТЕГРИРОВАНИЯ**

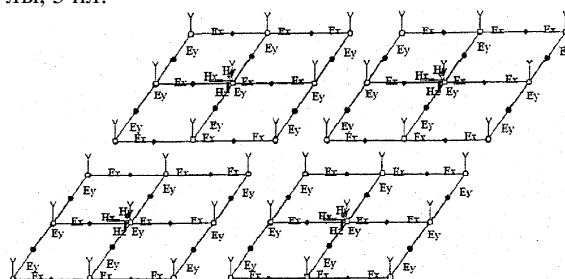
(57) Реферат:

Изобретение относится к разведке нефтяных месторождений. Сущность: способ предусматривает следующие шаги: выставляют электроды в рабочей области в виде решетки из малых ячеек, все станции для измерения двух компонентов (E_x , E_y) электрического поля записывают синхронно и с одинаковыми настройками временные ряды данных естественного электромагнитного поля. Записанные данные обрабатывают, чтобы устранить помехи и получить очищенные от

помех данные. Для краевых и центральной точки к величине для данной точки прибавляют одинаковый компонент с двух смежных точек, чтобы вычислить среднее значение изменяющихся во времени характеристик электрического поля для всех точек наблюдения. Для угловых точек при вычислении среднего значения в качестве смежных берут одноименные компоненты электрического поля для двух точек, расположенных по направлению ячейки, причем компоненты электрического поля,

полученные на максимальном удалении, принимают в качестве новых значений электрического поля. В результате обработки данных наблюдения на предшествующих этапах получают новые временные ряды данных, в которых устранены шумы и гальванический эффект, и эти данные обрабатывают известным способом для вычисления кажущихся сопротивлений и фазовых кривых. Технический результат: повышение точности и надежности. 9 з.п. ф-

лы, 5 ил.



Фиг. 1

RU 2500002 C2

RU 2500002 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01V 3/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010145243/28, 14.01.2009**

(24) Effective date for property rights:
14.01.2009

Priority:

(30) Convention priority:
10.04.2008 CN 200810103695.0

(43) Application published: **20.05.2012 Bull. 14**

(45) Date of publication: **27.11.2013 Bull. 33**

(85) Commencement of national phase: **10.11.2010**

(86) PCT application:
CN 2009/000049 (14.01.2009)

(87) PCT publication:
WO 2009/124446 (15.10.2009)

Mail address:

191002, Sankt-Peterburg, a/ja 5, OOO "Ljapunov i partnery", pat.pov. E.G.II'mer, reg.№ 1144

(72) Inventor(s):

**HE Zhanxiang (CN),
SUN Weibin (CN),
WANG Yongtao (CN),
TAO Deqiang (CN),
HU Zuzhi (CN),
LUO Weifeng (CN),
ZHANG Yue (CN)**

(73) Proprietor(s):

**CHINA NATIONAL PETROLEUM
CORPORATION (CN),
BGP INC.,CHINA NATIONAL PETROLEUM
CORPORATION (CN)**

(54) METHOD OF COLLECTING DATA THROUGH THREE-DIMENSIONAL REGULAR ELECTROMAGNETIC ARRAY OF SMALL INTEGRATION CELLS

(57) Abstract:

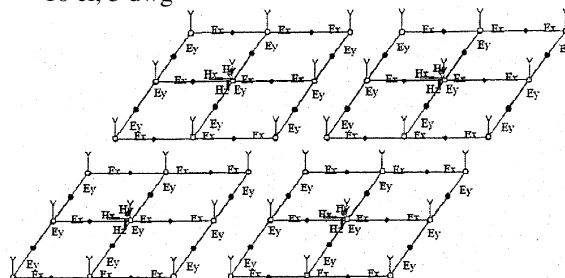
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: method comprises the following steps: applying electrodes in a working area in form of an array of small cells; all stations for measuring two components (E_x , E_y) of the electric field record synchronously and with the same settings data time series of the natural electromagnetic field. Recorded data are processed to eliminate interference and obtain interference-free data. For the peripheral and central points, the same component from two adjacent points is added to the value for said point in order to calculate the average value of time-varying characteristics of the electric field for all observation points. For corner points, when calculating the average value, the adjacent components taken are the like components of the electric field for two points located on the direction of the cell, wherein components of the

electric field obtained at maximum distance are taken as new values of the electric field. Processing observation data at previous steps yields new data time series in which noise and the galvanic effect are eliminated, and said data are processed using a known technique for calculating apparent resistance and phase curves.

EFFECT: high accuracy and reliability.

10 cl, 5 dwg



Фиг. 1

RU 2 500 002 C2

RU 2 500 002 C2

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования, который позволяет эффективно подавлять и устранять шумы за счет замкнутого электрического поля, а также позволяет устранять гальванический эффект путем двумерной фильтрации временных рядов.

Предпосылки к изобретению

В настоящее время магнитотеллурический способ широко применяется при разведке месторождений нефти и газа, руд, подземных запасов воды. До сих пор использовались одноточечный (линейный) и поперечный (двумерный) способы зондирования. Линейный способ сбора данных предусматривает следующие шаги для каждой из точек наблюдения:

1) устанавливают приемную станцию для непрерывного измерения четырех (E_x , E_y , H_x , H_y) или пяти (E_x , E_y , H_x , H_y , H_z) взаимно перпендикулярных компонент электромагнитного поля во времени;

2) камерально преобразованием Фурье над временными данными получают энергетический спектр каждой из компонент поля;

3) по энергетическому спектру оценивают тензор импеданса;

4) наконец, вычисляют кажущиеся сопротивления и разности фаз. Двумерный способ сбора данных отличается тем, что данные собирают вдоль некоторой линии, т.е. требуется разместить множество приемных станций для непрерывного измерения во времени двух (четырех, пяти) взаимно перпендикулярных компонент электромагнитного поля. Обработывают данные так же, как и для одноточечного зондирования.

Вышеописанные способы дают превосходные результаты применительно к простым подземным структурам, например линейным и плоским геологическим образованиям. Однако, в случае сложной объемной над- и подземной структуры они не отвечают предъявляемым требованиям ни по спектру решаемых геологических задач, ни по точности интерпретации. В частности, во-первых, сложно эффективно подавить и устранить гальванический эффект, поэтому он существенно влияет на результаты разведки, вплоть до порождения ложных структур. Во-вторых, сложно эффективно подавить шумы, которые отрицательно влияют на качество данных. Наконец, указанные способы не в состоянии справиться с проблемой, возникающей при постановке в сравнительно протяженный массив единственной магнитной станции. В этом случае расстояние между станцией и различными точками наблюдения меняется в широких пределах, что нежелательно на местности, где наблюдаются существенные изменения магнитного поля.

Краткое описание изобретения

В настоящем изобретении предлагается способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования, который позволяет эффективно подавлять и устранять шумы за счет замкнутого электрического поля, а также позволяет устранять гальванический эффект путем двумерной фильтрации временных рядов, в результате чего можно резко повысить качество собираемых данных.

Подробнее, заявляемый способ предусматривает следующие шаги.

(Шаг 1) Электроды выставляют в рабочей области в виде решетки из малых ячеек. В центре малой ячейки устанавливают станцию для измерения двух компонент (E_x , E_y) электрического поля. Электроды для измерения компонент электрического поля

ставят L-образно в угловых точках решетки, T-образно в краевых и крестообразно в серединных. Станцию для измерения двух (H_x , H_y) или трех (H_x , H_y , H_z) взаимно перпендикулярных компонентов магнитного поля устанавливают в центр минимальной ячейки. Направления H_z и H_y параллельны направлениям одноименных компонент электрического поля.

Для шага (1) способа измерения посредством решетки из малых ячеек каждая из них представляет собой модуль из 2×2, 3×3, 4×4 или 5×5 точек решетки. При этом модуль 2×2 называется минимальной ячейкой. Модуль 3×3 подразделяется на 4 минимальные ячейки, а модуль 4×4 - на 9 минимальных ячеек.

В угловых и краевых точках малой ячейки, а также в средних точках отрезков, соединяющих всякие две смежные точки наблюдения, расположены заземленные точки (M, N) приемных электродов, а также общих электродов смежных точек наблюдения. В центр ячейки электроды не устанавливаются.

Всякие две смежные точки наблюдения малой ячейки соединены общим электродом. Поскольку малая ячейка представляет собой замкнутый контур, сумма разностей потенциалов, регистрируемых измерительной станцией, в любой момент времени равна нулю.

Расстояние между каждой из точек наблюдения в минимальной ячейке и магнитной станцией составляет 0,5L или 0,707L, где L - длина стороны минимальной ячейки.

(Шаг 2) Во время сеанса записи все измерительные станции синхронно и с одинаковыми настройками пишут временные ряды данных естественного электромагнитного поля.

Частота выборки задается сообразно исследуемому частотному диапазону. Для высоких частот задают высокую частоту выборки при сравнительно коротком сеансе, для средних - среднюю частоту выборки и длительность сеанса, а для низких частот - низкую частоту выборки при сравнительно продолжительном сеансе записи.

(Шаг 3) Записанные данные обрабатывают, чтобы устранить помехи и получить очищенные от помех данные.

Шумоподавляющая обработка представляет собой коррекцию по замкнутому контуру записанных данных для каждого момента времени и предусматривает следующие шаги:

- 1) определить невязку в каждом замкнутом контуре для каждой точки наблюдения в данном контуре;
- 2) произвести коррекцию в каждом малом контуре;
- 3) опознать пораженные помехами данные;
- 4) вычислить данные без помех на основании правила замкнутого контура для потенциального поля.

При подавлении шумов, если весь контур целиком в некоторый момент времени подвергается воздействию помех, а невязка превышает заданную максимальную величину, то данные для этого момента отбрасываются. Затем производят коррекцию для внешнего контура малой ячейки, после чего можно вычислить данные, очищенные от помех.

Данные наблюдений считаются очищенными от помех, когда невязка по любому контуру меньше наперед заданной максимально допустимой величины.

(Шаг 4) Для краевых и центральной точки, принимая записывающую точку в качестве центральной, к величине для данной точки прибавляют один и тот же компонент с двух смежных точек, чтобы вычислить среднее значение изменяющихся во времени характеристик электрического поля для всех точек наблюдения. Для

угловых точек при вычислении среднего значения в качестве смежных берут одноименные компоненты электрического поля для двух точек, расположенных по стороне ячейки по направлению обхода. Полученные величины принимают в качестве новых значений компонент электрического поля.

5 Под двумя смежными точками понимаются две точки, лежащие на одной прямой по обе стороны отданной точки наблюдения.

Для угловой точки в качестве смежных берутся точки, лежащие на одной прямой по ту же сторону.

10 (Шаг 5) В результате обработки данных наблюдения на предшествующих этапах получают новые временные ряды данных, в которых устранены шумы и гальванический эффект. Эти данные обрабатывают традиционным способом для вычисления кажущихся сопротивлений и фазовых кривых.

15 Указанный традиционный способ, упомянутый на шаге (5), предусматривает вычисление энергетического спектра и тензора импеданса, чтобы получить кажущиеся сопротивления, фазовые кривые и другие вычисляемые данные для каждой точки. При этом компоненты магнитного поля относятся к тому же полю, которое наблюдается в центральной точке.

20 Далее традиционный способ из шага (5) предусматривает анализ энергетического спектра и оценку тензора импеданса для временных рядов, полученных с электродов, находящихся на различном расстоянии от данной точки наблюдения, чтобы вычислить кривые кажущегося сопротивления топологической последовательности для данной записывающей точки.

25 Наконец, традиционный способ на шаге (5) предусматривает построение кривых кажущегося сопротивления для разноудаленных относительно данной точки наблюдения электродов в логарифмическом масштабе по обеим осям и анализируют характер их расхождения, чтобы определить, поражены ли они воздействием гальванического эффекта. Кривая кажущегося сопротивления, снимаемая с самого дальнего электрода, в наименьшей степени подвержена гальваническому эффекту. Если все кривые совпадают с кривой для самого дальнего электрода, гальванический эффект отсутствует. Если кривые для ближних электродов смещены относительно кривой для самого дальнего электрода, гальванический эффект налицо. Как правило, сила гальванического эффекта пропорциональна разносу кривых.

35 Краткое описание чертежей

Фиг.1 схематически показывает установку ячеек системы сбора данных согласно настоящему изобретению.

40 Фиг.2 схематически показывает L-образную, T-образную и крестообразную установку электродов согласно настоящему изобретению.

Фиг.3 схематически показывает вычисление электрических полей в краевой и центральной точках для одного направления.

45 Фиг.4 схематически показывает вычисление электрических полей в угловой и краевой точках для одного направления.

Фиг.5 схематически показывает малую ячейку А размером 3х3 точки.

Подробное описание предпочтительных вариантов изобретения

50 Ниже подробно описываются этапы заявляемого способа применительно к прилагаемым чертежам.

(Шаг 1): выставляют в рабочей области решетку измерительных электродов с малыми ячейками

Каждая малая ячейка представляет собой модуль 2×2, 3×3, 4×4 или 5×5 точек.

Сообразно количеству приборов в центр каждой минимальной ячейки (2×2) устанавливают измерительную станцию на два или три компонента магнитного поля. Ячейку 3×3 точки можно поделить на 4 минимальные ячейки, ячейку 4×4 точки - на 9 минимальных ячеек. Угловые и краевые точки магнитными измерительными станциями не оборудуются (см. фиг.1).

Электроды для измерения компонентов электрического поля выставляют по следующему правилу: L-образно в угловых точках, T-образно в краевых точках и крестообразно в центральных точках (см. фиг.2). В угловых, краевых и средних точках отрезков, соединяющих всякие две смежные точки наблюдения, расположены заземленные точки (M, N) приемных электродов, а также общих электродов смежных точек наблюдения. В центр ячейки электроды не устанавливают. Таким образом, всякие две смежные точки наблюдения малой ячейки соединены общим электродом. Поскольку малая ячейка представляет собой замкнутый контур, сумма разностей потенциалов, регистрируемых в ячейке измерительной станцией, в любой момент времени равна нулю.

Для измерения двух (H_x, H_y) или трех (H_x, H_y, H_z) взаимно перпендикулярных компонент магнитного поля в центре минимальной ячейки устанавливают магнитную рейку, причем направления H_x и H_y параллельны направлениям одноименных компонент электрического поля. Расстояния между каждой из точек наблюдения в минимальной ячейке и магнитной станцией мало различаются и равны $0,5L$ или $0,707L$, где L - длина стороны минимальной ячейки.

(Шаг 2): запись данных

Во время сеанса записи все измерительные станции синхронно и с одинаковыми настройками пишут временные ряды данных естественного электромагнитного поля, причем частоту выборки можно задавать тройко:

для высоких частот задают высокую частоту выборки при сравнительно коротком сеансе, для средних - среднюю частоту выборки и длительность сеанса, а для низких частот - низкую частоту выборки при сравнительно продолжительном сеансе записи.

(Шаг 3): камеральная обработка для устранения помех

Данные для каждого момента времени подвергают коррекции по замкнутому контуру, которая предусматривает следующие шаги:

1) определить невязку в каждом замкнутом контуре для соответствующей точки наблюдения;

2) произвести коррекцию в каждом малом контуре;

3) опознать пораженные помехами данные и вычислить данные без помех на основании правила замкнутого контура для потенциального поля. Если величина поправки меньше заданной величины допуска, считается, что помехи в данных отсутствуют. Если поправка превышает допуск, это означает, что помехи воздействуют на весь контур, поэтому данные для этого момента времени следует отбросить. После завершения учета поправок для всего контура малой решетки можно получить новый ряд данных.

(Шаг 4): обработка для устранения гальванического эффекта

Далее обрабатывают новые временные ряды, полученные в результате вышеописанной процедуры подавления шумов. Для краевых и центральной точки, где в качестве центральной используют записывающую точку, к величине для данной точки прибавляют одинаковый компонент с двух, трех или четырех смежных точек, чтобы вычислить среднее значение изменяющихся во времени характеристик электрического поля для всех точек наблюдения; для угловых точек при вычислении

среднего значения в качестве смежных берут одноименные компоненты электрического поля для двух или трех точек, расположенных по направлению обхода ячейки; в качестве новых значений компонентов электрического поля принимают величины, полученные для самых дальних электродов. Такая обработка, фактически, имеет целью отфильтровать в пространственных координатах гальванический эффект на высоких частотах.

Для данных, снимаемых с электродов, расположенных на различных расстояниях от каждой из точек наблюдения, проводят анализ энергетического спектра и оценку тензора импеданса, чтобы вычислить последовательность топологий кривых кажущегося сопротивления для данной точки. Кривые кажущегося сопротивления для разноудаленных относительно данной точки наблюдения электродов строят в логарифмическом масштабе по обеим осям и анализируют характер их расхождения, чтобы определить дальность воздействия гальванического эффекта. Как правило, кривая кажущегося сопротивления, снимаемая с самого дальнего электрода, в наименьшей степени подвержена гальваническому эффекту. Если все кривые совпадают с кривой для самого дальнего электрода, гальванический эффект отсутствует. Если кривые для ближних электродов смещены относительно кривой для самого дальнего электрода, гальванический эффект налицо. Как правило, сила гальванического эффекта пропорциональна разности кривых.

(Шаг 5): для новых временных рядов данных, полученных в результате вышеописанных шагов, вычисляют традиционным способом энергетический спектр и тензор импеданса для получения для каждой точки кажущегося сопротивления, фазовых кривых и других вычисляемых величин. При этом компоненты магнитного поля относятся к тому же полю, которое наблюдается в центральной точке. В вычисляемых результатах подавлены шумы и гальванический эффект, в результате чего существенно повышается качество электромагнитных данных, собираемых в областях, для которых характерны сильные помехи и гальванический эффект.

На фиг.1 показан вариант осуществления настоящего изобретения.

(1) Выставляют в рабочей области электроды в виде измерительной решетки из малых ячеек 3×3 точки. Трехмерный электромагнитный регулярный массив образован 36 станциями для измерения компонентов электрического поля и 16 станциями для измерения компонентов магнитного поля. В измерительной решетке имеется 4 малые ячейки размером 3×3 точки каждая. Размеры решетки - 250×250 м. Узлы ячейки А (т.е. точки наблюдения) имеют номера $A_{11}, A_{12}, A_{13}; A_{21}, A_{22}, A_{23}; A_{31}, A_{32}, A_{33}$ (см. фиг.5). Аналогично нумеруются узлы ячеек В, С и D. Узлы A_{11}, A_{31}, A_{13} и A_{33} представляют собой угловые точки, длины электродов для E_x и E_y составляют 125 м.

Например, для угловой точки A_{11} с L-образно выставленными электродами электрическими диполями будут $X_{M_{11}}-X_{N_{11}}$, причем $X_{M_{11}}$ расположен в точке A_{11} , а $X_{N_{11}}$ расположен в средней точке между A_{11} и A_{12} . Электрическими диполями E_y будут $Y_{M_{11}}-Y_{N_{11}}$, где $Y_{M_{11}}$ расположен в точке A_{11} , а $Y_{N_{11}}$ - в средней точке между A_{11} и A_{21} . Аналогичным образом могут быть выставлены электроды в прочих точках. A_{12}, A_{21}, A_{23} и A_{32} представляют собой краевые точки с T-образно выставленными электродами. Электрические диполи вдоль края имеют длину 250 м, а диполи, обращенные внутрь ячейки - 125 м. Например, для краевой точки A_{12} электрическими диполями для E_x будут $X_{M_{21}}-X_{N_{21}}$, причем $X_{M_{21}}$ имеет общий электрод с диполем $X_{M_{11}}$ для точки A_{11} , а $X_{N_{21}}$ - с диполем $X_{M_{13}}$ для точки A_{13} .

Аналогичным образом могут быть выставлены электроды в прочих точках. A_{22}

представляет собой центральную точку с крестообразно выставленными электродами. Длина электрических диполей для компонент E_x и E_y составляет 250 м.

Электрическими диполями для E_x будут $X_{M_{22}}-X_{N_{22}}$, причем $X_{M_{22}}$ представляет собой среднюю точку между A_{21} и A_{22} , а $X_{N_{22}}$ - среднюю точку между A_{22} и A_{23} . Для E_y диполями будут $Y_{M_{22}}-Y_{N_{22}}$, причем $Y_{M_{22}}$ представляет собой среднюю точку между A_{22} и A_{22} , а $X_{N_{22}}$ - среднюю точку между A_{22} и A_{32} , причем в средней точке A_{22} измеряют взаимно перпендикулярные компоненты H_x и H_y магнитного поля.

(2) Запись данных: во время сеанса записи все измерительные станции синхронно и с одинаковыми настройками пишут временные ряды данных естественного электромагнитного поля, причем частоту выборки можно задавать сообразно исследуемому диапазону частот. После того как выставлены малые ячейки А, В, С и D, задают следующим образом три частоты выборки: для высоких частот задают высокую частоту выборки, для средних - среднюю частоту выборки, а для низких частот - низкую частоту выборки. Все измерительные станции пишут временные ряды данных естественного электромагнитного поля одновременно.

(3) Записанные данные обрабатывают для устранения помех, чтобы получить очищенные данные. Для этого берут камерально временные ряды и корректируют данные таким образом, чтобы для каждого момента времени свести невязку по контуру для каждой малой ячейки к нулю.

Пусть ε - максимальная допустимая погрешность, и пусть сначала производится коррекция для замкнутого контура минимальной ячейки $A_{11}-A_{12}-A_{22}-A_{21}-A_{11}$. Имеем по контуру 8 разностей потенциалов, а именно суммируем разность V_{11}^X для точки A_{11} в направлении X direction, полуразность V_{12}^X для точки A_{12} в направлении X, разность V_{12}^Y для точки A_{12} в направлении Y, полуразность V_{22}^Y для точки A_{22} в направлении Y, полуразность V_{22}^X для точки A_{22} в направлении X, разность V_{21}^X для точки A_{21} в направлении X, полуразность V_{21}^Y для точки A_{21} в направлении Y, разность V_{11}^Y для точки A_{11} в направлении Y:

$$D_v = V_{11}^X + V_{12}^X + V_{12}^Y + V_{22}^Y + V_{22}^X + V_{21}^X + V_{21}^Y + V_{11}^Y$$

Если точность измерений высока, то $|D_v| < \pm \varepsilon$.

Однако для фактических записанных данных сумма едва ли окажется нулевой из-за различных помех. Поэтому требуется произвести коррекцию и распределить ошибку равномерно по каждой цепи.

Имеем:

$$V_{11}^X_0 = V_{11}^X + D_v/8,$$

$$V_{12}^X_0 = V_{12}^X + D_v/8,$$

$$V_{21}^X_0 = V_{21}^X + D_v/8,$$

$$V_{22}^X_0 = V_{22}^X + D_v/8,$$

$$V_{11}^Y_0 = V_{11}^Y + D_v/8,$$

$$V_{12}^Y_0 = V_{12}^Y + D_v/8,$$

$$V_{21}^Y_0 = V_{21}^Y + D_v/8,$$

$$V_{22}^Y_0 = V_{22}^Y + D_v/8.$$

В результате проведения коррекции всех временных рядов получают исправленные ряды для первого контура. Аналогичным образом проводят коррекцию для других контуров в данной малой ячейке. Если вычисленная сумма слишком велика, т.е. превышает ε - максимально допустимую потенциальную невязку по контуру (что

свидетельствует о воздействии сильных помех в данный момент времени), то устанавливают, на какую цепь главным образом приходится помеха, а затем используют значения для других цепей того же контура, чтобы вычислить значение для той цепи, которая обусловила большую разность потенциалов. Если данные для
 5 всех цепей в замкнутом контуре заметно разнятся, следует вовсе отбросить запись для данного момента времени.

Коррекцию других замкнутых контуров производят поочередно, причем поправки для общих границ и узлов можно вычислять совместно. Например, электрическое поле
 10 E_x для центральной точки представляет собой сумму первоначально записанной величины и всех значений поправок для всех замкнутых контуров. Наконец, для контроля действенности коррекции вычисляют невязку для внешнего контура малой ячейки. В результате коррекции получают новый набор временных рядов. Кажущиеся
 15 сопротивления и фазовые кривые для каждой точки, полученные вычислением энергетического спектра электромагнитного поля и тензора импеданса для каждой точки наблюдения, можно сравнить с исходными кривыми.

(4) Для краевых и центральной точки записывающую точку используют как центральную, к величине для данной точки прибавляют одинаковый компонент с двух
 20 смежных точек, чтобы вычислить среднее значение изменяющихся во времени характеристик электрического поля для всех точек наблюдения. В результате коррекции получают новые временные ряды данных. Например, для данных электрического поля E_x для точки A_{12} по трем точкам A_{11} , A_{12} и A_{13} вычисляют
 25 среднее значение электрического поля

$$E_x^{12-3} = (E_{11} + E_{12} + E_{13}) / 3$$

и принимают его в качестве величины электрического поля для точки A_{12} . Для электрического поля E_x для центральной точки A_{22} по трем точкам A_{21} , A_{22} и A_{23}
 30 вычисляют среднее значение

$$E_x^{22-3} = (E_{21} + E_{22} + E_{23}) / 3$$

и принимают его в качестве значения электрического поля для точки A_{22} .

Для угловых точек при вычислении среднего значения в качестве смежных берут
 35 одноименные компоненты электрического поля для точек, расположенных по направлению обхода ячейки. Например, для электрического поля E_x для угловой точки A_{11} вычисляют среднюю величину

$$E_x^{11-12} = (3E_{11} + E_{12}) / 4$$

по точкам A_{11} , A_{12} или

$$E_x^{11-13} = (4E_{11} + E_{12} + E_{13}) / 6$$

40 по точкам A_{11} , A_{12} , A_{13} и принимают одну из них в качестве значения электрического поля для точки A_{11} и так далее.

Таким образом, можно вычислить новые значения компонентов электрического поля для каждой точки наблюдения для электродов, расположенных на различном
 45 расстоянии от точки. Значения, рассчитанные для самых дальних электродов, можно принять в качестве новых значений наблюдаемой характеристики электрического поля.

Чтобы установить величину гальванического эффекта в конкретной точке, можно
 50 вычислить вышеупомянутым способом энергетический спектр и последовательность топологий кажущегося сопротивления и фазовых кривых для данной точки. Строят в логарифмическом масштабе по обеим осям кривые кажущегося сопротивления для электродов, находящихся на различных расстояниях от той же точки наблюдения.

Например, строят три кривые кажущегося сопротивления для точки A_{11} , чтобы установить характер их расхождения. Если все три кривые совпадают, гальванический эффект отсутствует. Если же кривые для ближних электродов оказываются значительно выше или ниже кривых для дальних электродов, налицо гальванический эффект.

(5) Обработка новых временных рядов традиционным способом. В этих рядах подавлены шумы и гальванический эффект в результате шумоподавляющей коррекции во времени и фильтрации в пространстве, что позволяет получать новые срезы кажущихся сопротивлений и фазовые кривые с повышенной точностью и надежностью.

Промышленная применимость

Кажущиеся сопротивления, фазовые кривые для каждой точки и другие результаты можно получить путем вычисления энергетического спектра и оценки тензора импеданса, проводимых традиционным способом над данными, полученными согласно настоящему изобретению. При этом компоненты магнитного поля для каждой точки наблюдения в минимальной ячейке относятся к тому же полю, которое наблюдается в центральной точке. Настоящее изобретение позволяет подавить шумы и гальванический эффект, в результате чего существенно повышается качество электромагнитных данных, собираемых в областях, для которых характерны сильные помехи и гальванический эффект. Настоящее изобретение можно широко применять при сборе электромагнитных данных в самых разнообразных условиях как на суше, так и на море.

Формула изобретения

1. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования, отличающийся тем, что предусматривает следующие шаги:

(1) выставляют электроды в рабочей области в виде решетки из малых ячеек, в центре малой ячейки устанавливают станцию для измерения двух компонентов (E_x , E_y) электрического поля, также устанавливают станцию для измерения двух компонентов (E_x , E_y) электрического поля в каждом углу малой ячейки и в каждой краевой точке малой ячейки, причем электроды для измерения компонентов электрического поля ставят L-образно известным способом в угловых точках решетки, T-образно в краевых и крестообразно в серединных, а станцию для измерения двух (H_x , H_n) или трех (H_x , H_y , H_z) взаимно перпендикулярных компонентов магнитного поля устанавливают в центр минимальной ячейки, причем направления H_z и H_y параллельны направлениям одноименных компонент электрического поля;

(2) во время сеанса записи все измерительные станции синхронно и с одинаковыми настройками пишут временные ряды данных естественного электромагнитного поля, а частоту выборки задают сообразно исследуемому диапазону частот;

(3) записанные данные обрабатывают, чтобы устранить помехи и получить очищенные от помех данные;

(4) для краевых и центральной точки к величине компонентов электрического поля для данной точки прибавляют одинаковый компонент с двух смежных точек, чтобы вычислить среднее значение изменяющихся во времени характеристик электрического поля для всех точек наблюдения, для угловых точек при вычислении среднего значения в качестве смежных берут одноименные компоненты электрического поля для двух точек, расположенных по направлению ячейки, причем компоненты

электрического поля, полученные на максимальном удалении, принимают в качестве новых значений электрического поля;

5 (5) в результате обработки данных наблюдения на предшествующих этапах получают новые временные ряды данных, в которых устранены шумы и гальванический эффект, и эти данные обрабатывают известным способом для вычисления кажущихся сопротивлений и фазовых кривых.

10 2. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (1) каждая малая ячейка представляет собой модуль 2×2 , 3×3 , 4×4 или 5×5 точек, причем ячейку 3×3 точки делят на 4 минимальные ячейки, а ячейку 4×4 точки делят на 9 минимальных ячеек.

15 3. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (1) в угловых и краевых точках малой ячейки, а также в средних точках отрезков, соединяющих всякие две смежные точки наблюдения, расположены заземленные точки (M, N) приемных электродов, а также общих электродов смежных точек наблюдения, причем в центральной точке электрод не предусмотрен.

20 4. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (1) всякие две смежные точки наблюдения малой ячейки соединены общим электродом, и поскольку малая ячейка представляет собой замкнутый контур, сумма разностей потенциалов, регистрируемых измерительной станцией, в любой момент времени
25 равна нулю.

30 5. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на этапе (1) расстояние между каждой из точек наблюдения в минимальной ячейке и магнитной станцией составляет $0,5L$ или $0,707L$, где L - длина стороны минимальной ячейки.

35 6. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на этапе (2) для высоких частот задают высокую частоту выборки для получения сравнительно короткого сеанса, для средних частот задают среднюю частоту выборки, а для низких частот задают низкую частоту выборки, чтобы получить сравнительно
40 продолжительный сеанс записи.

7. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (3) шумоподавляющая обработка предусматривает следующие шаги:

40 1) определяют невязку в каждом замкнутом контуре для каждой точки наблюдения в данном контуре;

2) производят коррекцию в каждом малом контуре;

45 3) опознают пораженные помехами данные и вычисляют данные без помех на основании правила замкнутого контура для потенциального поля;

причем если весь контур целиком в некоторый момент времени подвергается воздействию помех, а невязка превышает заданную максимальную величину, то данные для этого момента отбрасывают, после чего производят коррекцию для
50 внешнего контура малой ячейки, и таким образом вычисляют данные, очищенные от помех.

8. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (3)

данные наблюдений считаются очищенными от помех, когда невязка по любому контуру меньше наперед заданной максимально допустимой величины.

5 9. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (4) под двумя смежными точками понимают две точки, лежащие на одной прямой по обе стороны от прямой линии наблюдения, а для угловой точки в качестве смежных берут точки, лежащие на одной прямой по одну сторону от прямой линии наблюдения.

10 10. Способ сбора данных посредством трехмерного регулярного электромагнитного массива малых ячеек интегрирования по п.1, отличающийся тем, что на шаге (5) указанный известный способ предусматривает следующие шаги:

1) вычисляют энергетический спектр и тензор импеданса, чтобы получить кажущиеся сопротивления, фазовые кривые и другие вычисляемые данные для каждой точки, причем компоненты магнитного поля относятся к тому же полю, которое присутствует в центральной точке;

2) анализируют энергетический спектр и оценивают тензор импеданса для временных рядов, полученных с электродов, находящихся на различном расстоянии от данной точки наблюдения, чтобы вычислить последовательность топологий кривых кажущегося сопротивления для данной точки;

3) строят кривые кажущегося сопротивления для разноудаленных относительно данной точки наблюдения электродов в логарифмическом масштабе по обеим осям;

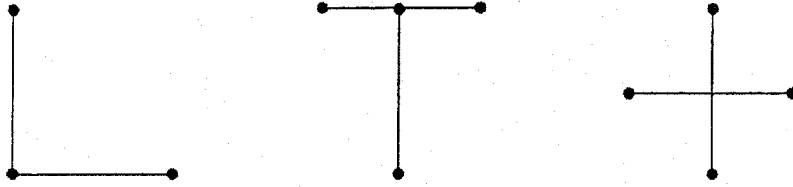
4) анализируют характер их расхождения, чтобы определить, поражены ли они воздействием гальванического эффекта: кривая кажущегося сопротивления, снимаемая с самого дальнего электрода, в наименьшей степени подвержена гальваническому эффекту, и если все кривые совпадают с кривой для самого дальнего электрода, гальванический эффект отсутствует, но если кривые для ближних электродов смещены относительно кривой для самого дальнего электрода, то гальванический эффект присутствует, причем, как правило, сила гальванического эффекта пропорциональна разности кривых.

35

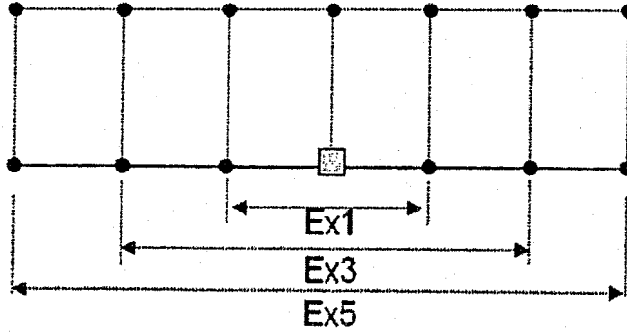
40

45

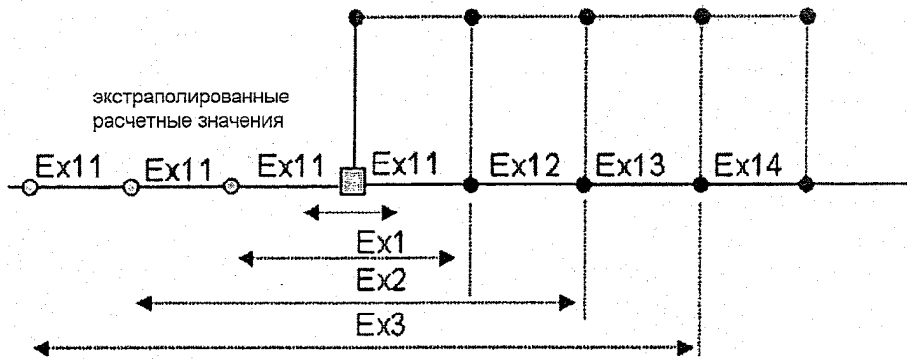
50



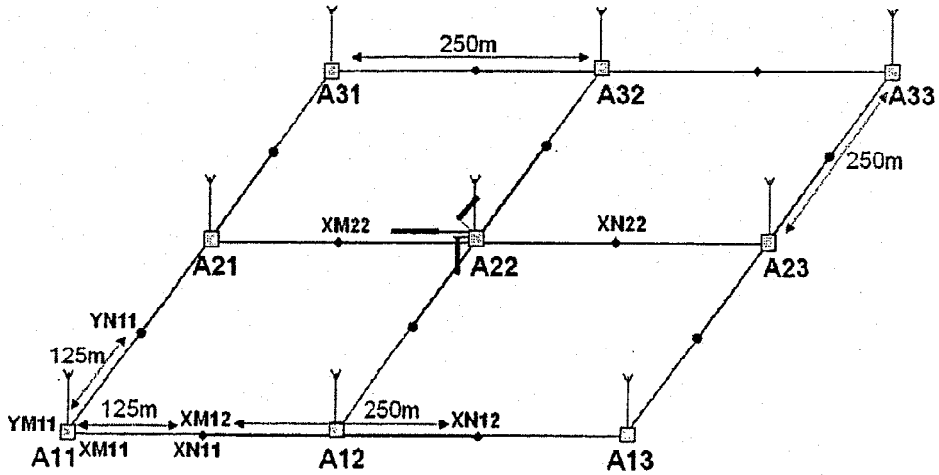
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5