



(51) МПК  
*G01V 3/08* (2006.01)  
*H01B 7/04* (2006.01)  
*H01B 11/10* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016108156, 10.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 10.03.2016

Дата регистрации:  
 11.04.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.03.2016

(45) Опубликовано: 11.04.2017 Бюл. № 11

Адрес для переписки:  
 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 28, а/я 1362, пат. пов.  
 РФ Сафиной М.Б.

(72) Автор(ы):

Копытенко Евгений Анатольевич (RU),  
 Самсонов Борис Владимирович (RU),  
 Муллагалин Ильяс Захибович (RU),  
 Муллагалиев Тимур Ильдарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
 "НГТ-Инжиниринг" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: "Метод подавления шумов и  
 помех в электронных системах", 1979, с. 318.  
 RU 2308106 C1, 10.10.2007. Статья "Передача  
 сигналов нескольких приложений по одному  
 кабелю". Журнал сетевых решений/LAN.  
 Номер 01, 2007. RU 2308106 C1, 10.10.2007.  
 ЕА 10674 В1, 30.10.2008.

(54) Способ и устройство передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах

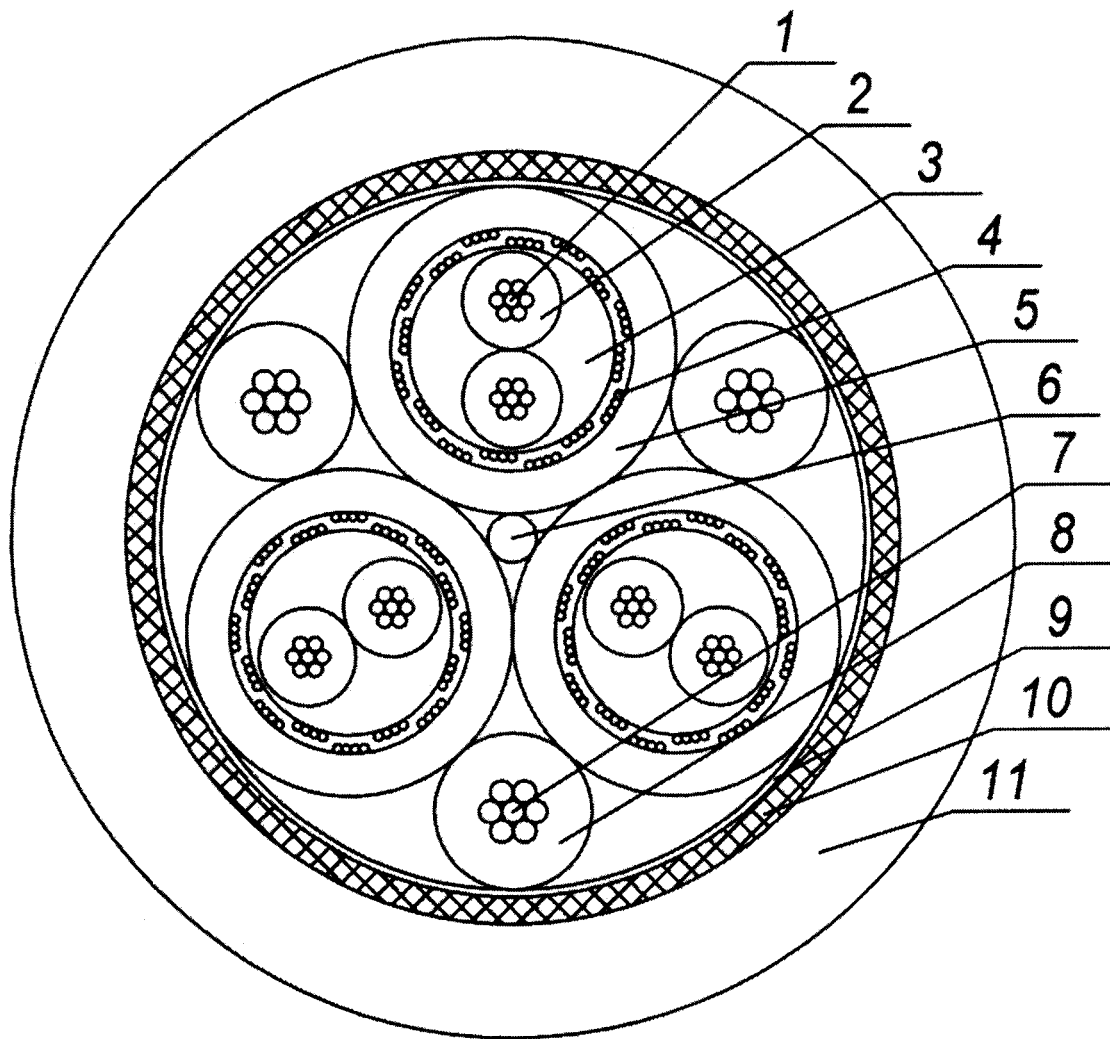
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электроразведки магнитотеллурическим методом с использованием индукционных датчиков магнитного поля Земли. Способ передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах, включающий передачу по кабелю с датчика магнитного поля - ДМП на блок сбора данных - БСД собственно сигналов, а с блока БСД - в датчик ДМП - электропитания, отличается тем, что дополнительно включает передачу управляющих команд с блока БСД на датчик ДМП, причем

передачу собственно сигналов, управляющих команд и электропитания осуществляют по трем отдельным экранированным парам витых проводников, заключенным в общую оболочку кабеля. Техническим результатом заявленного изобретения является разработка способа передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах за счет увеличения соотношения сигнал-шум, в том числе при передаче данных от нескольких первичных преобразователей магнитного поля к системам регистрации и сбора. 3 з.п. ф-лы, 1 табл., 1 ил.

RU 2 615 914 C1

RU 2 615 914 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01V 3/08* (2006.01)  
*H01B 7/04* (2006.01)  
*H01B 11/10* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016108156, 10.03.2016**

(24) Effective date for property rights:  
**10.03.2016**

Registration date:  
**11.04.2017**

Priority:

(22) Date of filing: **10.03.2016**

(45) Date of publication: **11.04.2017** Bull. № 11

Mail address:

**450000, g. Ufa, ul. Lenina, 28, a/ya 1362, pat. pov.  
RF Safinoj M.B.**

(72) Inventor(s):

**Kopytenko Evgenij Anatolevich (RU),  
Samsonov Boris Vladimirovich (RU),  
Mullagalin Ilyas Zakhibovich (RU),  
Mullagaliev Timur Ildarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"NGT-Inzhiniring" (RU)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR SIGNAL TRANSMISSION IN ELECTRICAL EXPLORATION  
MAGNETOTELLURIC SYSTEMS**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: method of signal transmission in electrical exploration magnetotelluric systems, including transmission of signals from a magnetic field sensor (MFS) to a data collection unit (DCU) via a cable and of power from the DCU to the MFS, is characterized in that it further includes transmission of control commands from the DCU to the MFS. And the transmission of actual signals, control commands and

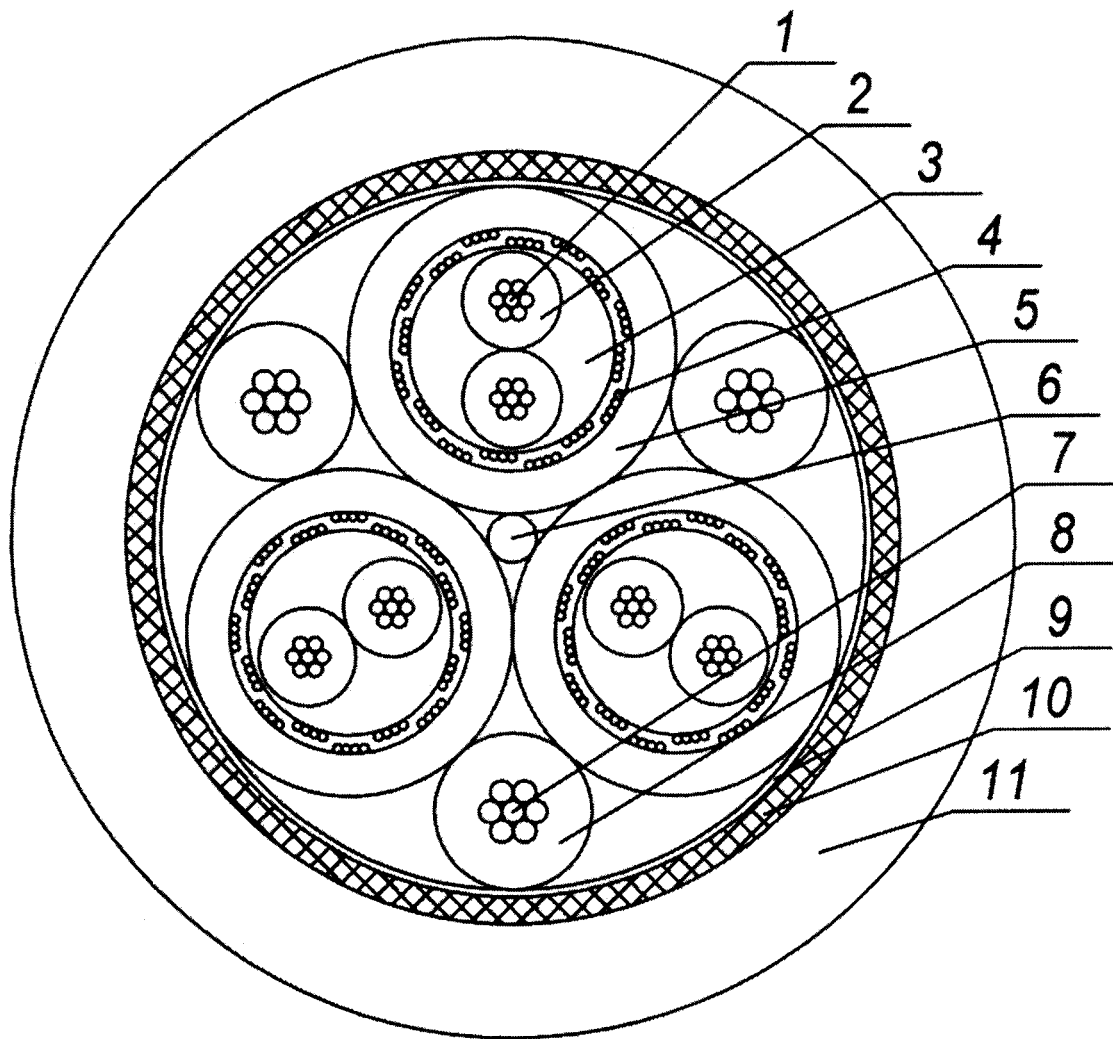
power is done via three separate shielded pairs of twisted conductors enclosed in a common cable jacket.

EFFECT: development of a method for signal transmission in electrical exploration magnetotelluric systems by increasing the signal-to-noise ratio including the transmission of data from several primary transducers of magnetic field to the detection and collection system.

4 cl, 1 tbl, 1 dwg

RU 2 615 914 C1

RU 2 615 914 C1



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к области электроразведки магнитотеллурическим методом с использованием индукционных датчиков магнитного поля Земли.

Современные геофизические измерительные системы строятся на принципе достаточного усиления аналогового сигнала непосредственно вблизи первичного преобразователя физического поля для дальнейшей передачи аналогового сигнала по стандартным каналам связи к устройству сбора данных. Стандартные способы соединения первичных преобразователей физических полей с отнесенными системами сбора данных предполагают использование низкочастотных экранированных кабелей с одной точкой заземления около приемника информации. Широкое внедрение цифровой техники в измерительный процесс предполагает использование цифровых микросхем, в том числе и в составе первичных преобразователей. В частности, высокочувствительные индукционные датчики магнитного поля серии IMS компании ООО «ВЕГА» используют в составе аналогового предварительного усилителя цифровую часть, управляемую посредством цифровых сигналов из Блока Сбора Данных (БСД) VMTU-10 (Поляков С.В., Резников Б.И., Шлюгаев Ю.В., Щенников А.В., Копытенко Е.А., Самсонов Б.В. Линейка индукционных датчиков магнитного поля для геофизических исследований. - Сейсмические приборы. Научный журнал ИФЗ РАН, 2016. Т. 52, №1, с. 5-27 <http://si.ifz.ru/soderzhanie/tom-52-nomer-1-2016/>).

Любой электрический сигнал, передаваемый по проводам, излучается в окружающее пространство в виде электромагнитной волны и одновременно принимается приемником первичного преобразователя (в случае магнитотеллурических - аудиоманнитотеллурических (МТ АМТ) зондирований это индукционный датчик магнитного поля). В то же время входные каскады систем сбора данных, как правило, имеют высокое входное сопротивление. Эти каскады совместно с длинными проводами, соединяющими аналоговый выход первичного преобразователя и БСД, образуют довольно чувствительную антенную систему, способную принимать электромагнитные сигналы в широком диапазоне частот. Эти сигналы смешиваются на входных каскадах БСД с полезным сигналом от первичного преобразователя, тем самым уменьшая общее соотношение сигнал-шум всей системы сбора данных, следовательно, уменьшается эффективность магнитотеллурического метода в целом.

Наиболее близкими по технической сущности к заявляемым объектам являются способ и устройство передачи сигнала с помощью экранированных соединительных проводов ("Методы подавления шумов и помех в электронных системах". Г. Отт., Изд. Мир, 1979, с. 318). Передача данных в этом способе осуществляется по аудиокабелю, содержащему пары скрученных токопроводящих жил, заключенных в экраны из медной плетеной проволоки (например, кабель LCL-26). Каждая экранированная витая пара изолирована от другой экранированной витой пары. Изолирующий материал оплеток термически спаян, образуя единый кабель. Кабель оптимизирован для работы с низкочастотными малошумящими аудиоустройствами (микрофонами), но не приспособлен для передачи управляющих сигналов, что весьма существенно для обеспечения эффективности предлагаемого способа и устройства. К недостаткам кабеля и, соответственно, осуществляемого с его помощью способа относится сравнительно высокий уровень шумов при одновременной передаче сигналов от нескольких сближенных аудиоустройств. Возможность механического разделения кабеля увеличивает уровень шумов, а низкая механическая прочность кабеля в целом приводит к невозможности его применения в условиях полевых геофизических работ.

Решаемой задачей предлагаемой группы изобретений является разработка способа и устройства - кабеля, эффективных для передачи сигналов в электроразведочных

магнитотеллурических системах за счет увеличения соотношения сигнал-шум, в том числе при передаче данных от нескольких первичных преобразователей магнитного поля к системам регистрации и сбора. Предлагаемые способ и устройство-кабель позволяют полностью реализовать возможности магнитных датчиков и уменьшить погрешность метода МТ АМТ в определении кажущегося сопротивления Земли, так как приспособлены в том числе для передачи управляющих команд.

Поставленная задача решается тем, что способ передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах, включающий передачу по кабелю с датчика магнитного поля - ДМП на блок сбора данных - БСД собственно сигналов, а с блока БСД - в датчик ДМП - электропитания, отличается тем, что дополнительно включает передачу управляющих команд с блока БСД на датчик ДМП, причем передачу собственно сигналов, управляющих команд и электропитания осуществляют по трем отдельным экранированным парам витых проводников, заключенным в общую оболочку кабеля.

Заземление всех экранов кабеля производят в одной точке БСД вблизи входного каскада блока БСД.

Соединяют Землю электропитания электронной схемы ДМП с "нулем" источника питания в БСД дополнительным проводником большего диаметра, а ДМП калибруют с помощью встроенного калибровочного устройства и еще двух дополнительных проводников большего диаметра, установленных в кабеле под общей оболочкой.

Одновременно используют два или три датчика ДМП и один кабель соответственно с шестью или девятью экранированными парами витых проводников, заключенными в общую оболочку кабеля.

Поставленная задача решается также тем, что кабель для передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах, содержащих датчик магнитного поля ДМП и блок сбора данных БСД, включающий параллельные изолированные друг от друга экранированные пары витых проводников, отличается тем, что имеет заключенные в общую оболочку по крайней мере три экранированные пары витых проводников.

Одна экранированная пара витых проводников выполнена с возможностью передачи собственно сигналов, другая - передачи управляющих команд, третья - электропитания, за счет соединения с помощью каждой из указанных пар витых проводников симметричных выхода датчика ДМП и входа блока БСД.

Заземление всех экранов кабеля произведено в одной точке БСД вблизи входного каскада блока БСД.

Кабель имеет дополнительно три проводника большего диаметра, один из которых соединяет Землю электропитания электронной схемы ДМП с "нулем" источника питания в БСД, а два других предназначены для калибровки ДМП с помощью встроенного калибровочного устройства.

Кабель имеет заключенные в общую оболочку параллельные изолированные друг от друга шесть или девять экранированных пар витых проводников для передачи собственно сигналов, управляющих команд и электропитания при одновременном использовании соответственно двух или трех датчиков ДМП.

Заявляемый способ реализуется с помощью разработанного и изготовленного авторами кабеля, поперечное сечение которого представлено на Фиг. 1, где:

1. Токопроводящая жила (ТПЖ) витой пары, диаметр - 0.48 мм
2. Изоляция витой пары
3. Оболочка-заполнитель

4. Экран витой пары
  5. Оболочка витой пары
  6. Заполнитель
  7. Токопроводящая жила (ТПЖ) проводника, диаметр - 0.75 мм
  8. Изоляция проводника
  9. Сердечник
  10. Грузонесущий элемент
  11. Оболочка
- В таблице 1 приведены параметры кабеля.

Таблица 1

№	Наименование элементов кабеля	Материал элемента кабеля, размеры	Диаметр, мм
1.	ТПЖ витой пары	Проволока медная мягкая ММ 7х0,16 мм (0,15 мм <sup>2</sup> )	0,48
2.	Изоляция витой пары	Полиэтилен 107-02К Δ=0,3 мм	1,08
3.	Оболочка-заполнитель	Сэвилен 11306-075	2,26
4.	Экран витой пары	Проволока медная мягкая ММ 64х0,1 мм	2,66
5.	Оболочка витой пары	Термоэластопласт Δ=0,47 мм	3,60
6.	Заполнитель	Водоблокирующая нить	0,54
7.	ТПЖ проводника	Проволока медная мягкая ММ 7х0,25 мм (0,35 мм <sup>2</sup> )	0,75
8.	Изоляция проводника	Полиэтилен 107-02К Δ=0,49 мм	1,73
9.	Сердечник	Со скрепляющей обмоткой пленкой ПЭТ-Э	7,90
11.	Оболочка	Термоэластопласт Δ=1,0 мм	9,9

Соответственно электроразведочная магнитотеллурическая система в целом для реализации заявляемого способа, включающая датчик магнитного поля - ДМП и блок сбора данных - БСД, соединенные кабелем, содержащим параллельные изолированные друг от друга экранированные пары витых проводников, отличается тем, что кабель имеет заключенные в общую оболочку по крайней мере три экранированные пары витых проводников - собственно сигнальную, управляющую и питающую, каждая из которых соединяет симметричные выходы датчика ДМП и входы блока БСД.

Заземление всех экранов кабеля произведено в одной точке БСД вблизи входного каскада блока БСД. Кабель имеет дополнительно три проводника большего диаметра, один из которых соединяет Землю электропитания электронной схемы ДМП с "нулем" источника питания в БСД, а два других предназначены для калибровки ДМП с помощью встроенного калибровочного устройства. Система может включать два или три датчика ДМП и один кабель, имеющий заключенные в общую оболочку соответственно шесть или девять экранированных пар витых проводников.

Благодаря специализированному кабелю для соединения ДМП и БСД, содержащему три независимые пары витых проводников, заключенные в три изолированных экрана, увеличивается соотношение сигнал-шум магнитотеллурических электроразведочных измерительных систем. Экраны кабеля соединяются в одной точке БСД вблизи входного каскада блока БСД, а именно непосредственно в БСД в ответной части входного разъема БСД. Из этой же точки производится заземление всей измерительной системы в целом единственным штырем заземления. К данной точке отдельным проводником большего диаметра подводится электрическая земля усилителя ДМП. Заземление

измерительной системы вместе с экраном БСД осуществляется в этой единственной точке. При этом уменьшаются наводки на сигнальные проводники, в том числе за счет снижения влияния скачков потребляемого тока при работе цифровых устройств БСД. Способ позволяет полностью реализовать возможности датчиков ДМП и уменьшить погрешность метода МТ АМТ в определении кажущегося сопротивления Земли.

Соединение симметричных входа и выхода ДМП и БСД парами витых проводников кабеля осуществляется следующим образом:

усилитель преобразователя ДМП соединен с дифференциальным усилителем БСД первой - сигнальной парой витых проводников для передачи аналоговой информации;

вторая пара витых проводников используется для цифрового управления ДМП (положения «вкл/выкл» усилителя ДМП логическая 1) из БСД;

третья пара витых проводников - для подведения двухполярного питания +/-12В из БСД.

Кабель предпочтительно содержит также три проводника большего диаметра (7 по Фиг. 1).

Сердечник (6) - это, как правило, вспененный полимерный материал, выполняющий роль заполнителя-уплотнителя и элемента жесткости. В некоторых случаях это элемент регулировки плавучести кабеля. Для предохранения кабеля от механических повреждений все токопроводящие жилы и экраны заключены в общую защитную оболочку (11) повышенной прочности.

При проведении магнитотеллурических зондирований могут использоваться одновременно, например, три датчика ДМП. В таком случае кабель имеет девять пар витых проводников. Каждый из трех датчиков ДМП подключается к своей «тройке» пар витых проводников 1 кабеля (Фиг. 1), заключенных в металлический проводящий экран 4 (Фиг. 1), который, в свою очередь, отделен изоляционной оболочкой 5 (Фиг. 1). Выводы аналоговых сигналов от каждого датчика ДМП, их электропитание и цифровое управление осуществляются посредством подключения соответствующей пары витых проводников к блоку БСД системы регистрации и сбора данных.

Объединение изолированных экранированных витых токопроводящих жил в одной оболочке позволяет конструировать оптимизированные малошумящие системы сбора геофизических данных.

В блоке БСД все металлические экраны соединяются с Землей в одной точке. Такая коммутация и разделение сигнальных, управляющих и питающих проводников позволяет подавлять наводимые шумы до 80 дБ и не требует использования нескольких

управляющих кабелей, что является огромным преимуществом при использовании кабеля в жестких полевых условиях.

Для калибровки вынесенных датчиков и обеспечения соединения электрического земляного провода электронных схем первичных магнитных преобразователей и блока сбора данных проводят их соединение с помощью дополнительных проводников более толстого сечения и меньшего электрического сопротивления 7 (Фиг. 1). Эти проводники позволяют передавать электрический нулевой потенциал питающего напряжения к первичному преобразователю с минимальными потерями, тем самым улучшая помехозащищенность способа в целом.

Для предохранения кабеля от механических повреждений все токопроводящие жилы и экраны заключаются в общую защитную оболочку 11 (Фиг. 1), позволяющую использовать один специализированный кабель при раскладывании в полевых условиях.

Первоначально предложенный способ передачи сигналов был опробован авторами в 2011 г. При этом соединение первичных преобразователей магнитного поля с



системами регистрации и сбора данных в соответствии с предлагаемым способом производилось отдельными проводами, которые затем связывались изоляционной лентой в единый кабель. Первые испытания продемонстрировали уменьшение уровня шумов. Однако получаемый кабель был механически не прочен и выходил из строя.

5 Кабель также распадался на отдельные провода, что усложняло проведение работ и способствовало увеличению уровня шумов.

В 2012 г. авторами был разработан и изготовлен специализированный кабель, поперечное сечение которого приведено на Фиг. 1. Предложенные способ и устройство передачи сигналов были опробованы в 2012 г. при проведении магнитотеллурических зондирований в рамках комплексных геофизических разведывательных работ, проводившихся компанией ООО «Геопрогноз» на ряде поисковых участков полуострова Ямал. При проведении работ использовался комплекс аппаратуры VMTU-10 производства компании ООО «ВЕГА». Работы проводились в два этапа.

10

На первом этапе для соединения первичных магнитных преобразователей и БСД использовался типовой низкочастотный кабель марки КМ-9 с девятью токопроводящими жилами, заключенными в один общий экран с типовой схемой электрических соединений. Получаемые по магнитотеллурическим данным индикаторы мощности пород коллекторов не соответствовали результатам испытания пробуренных скважин. Причиной неудовлетворительных результатов является то, что в кабеле КМ-9 все токонесущие жилы: сигнальные, питательные, управляющие и калибровочные - сплетены внутри общего экрана в один жгут. Соответственно, скачки тока потребления при работе цифровых устройств внутри БСД давали максимальный вклад в некоррелированный шум, проникавший в измерительный тракт по проводам питания.

15

20

На втором этапе был применен предлагаемый способ уменьшения шумов с использованием заявляемого кабеля. Предложенный способ позволил с более высокой точностью реализовать возможности первичных магнитных преобразователей магнитотеллурических систем регистрации данных, тем самым уменьшить погрешность метода в определении распределения кажущегося сопротивления Земли с глубиной. При практической работе предложенным способом на каждой точке наблюдения уменьшилось время, требуемое для сбора статистически значимого объема магнитотеллурических данных, позволяющих устойчиво выполнить алгоритмы обработки магнитотеллурических данных и получить геоэлектрические разрезы, с большей точностью соответствующие разрезам, полученным при проведении сейсморазведочных наблюдений. Получаемые в этом случае по магнитотеллурическим данным индикаторы мощности пород коллекторов соответствовали результатам испытания пробуренных скважин.

25

30

35

Высокая помехозащищенность способа и устройства позволила авторам в 2013 и 2014 гг. проводить магнитотеллурические зондирования в непосредственной близости от источников электрических помех (линий электропередач, работающих буровых скважин, населенных пунктов).

40

#### (57) Формула изобретения

1. Способ передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах, включающий передачу по кабелю с датчика магнитного поля - ДМП на блок сбора данных - БСД собственно сигналов, а с блока БСД - в датчик ДМП - электропитания, отличающийся тем, что дополнительно включает передачу управляющих команд с блока БСД на датчик ДМП, причем передачу собственно сигналов, управляющих команд и электропитания осуществляют по трем отдельным экранированным парам

45

витых проводников, заключенным в общую оболочку кабеля.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что заземление всех экранов кабеля производят в одной точке БСД вблизи входного каскада блока БСД.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что соединяют Землю электропитания  
5 электронной схемы ДМП с "нулем" источника питания в БСД дополнительным проводником большего диаметра, а ДМП калибруют с помощью встроенного калибровочного устройства и еще двух дополнительных проводников большего диаметра, установленных в кабеле под общей оболочкой.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что одновременно используют два или три  
10 датчика ДМП и один кабель соответственно с шестью или девятью экранированными парами витых проводников, заключенными в общую оболочку кабеля.

15

20

25

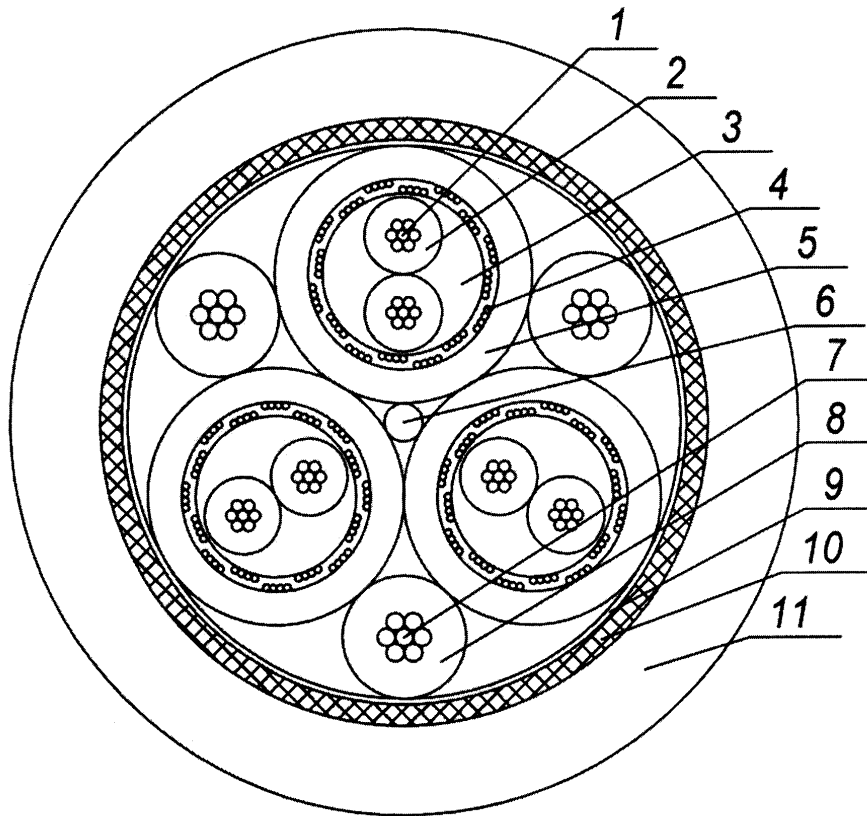
30

35

40

45

Способ и устройство  
передачи сигналов в электроразведочных магнитотеллурических системах



Фиг. 1

Копытенко Е.А. и др.