УДК 550.8.08; 550.837

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ОМАР-2 ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Давыдов В.А. **–** Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Приведено описание и технические характеристики опытной малогабаритной аппаратуры регистрации ОМАР-2 для электромагнитных исследований. Рассмотрены различные модификации приборов и их отличия по решаемым задачам.

Электроразведочная аппаратура, регистрация данных, электромагнитные исследования.

MEASURING EQUIPMENT OMAR-2 FOR ELECTROMAGNETIC METHODS OF RESEARCHES

Davydov V.A. – Institute of Geophysics UB RAS, Yekaterinburg

Abstract. The description and technical characteristics of a pilot compact data-acquisition equipment of OMAP-2 series for electromagnetic researches are resulted. Various updatings of devices and their difference on solved problems are considered.

Electrical exploration equipment, data logging, electromagnetic researches.

Введение

Разработкой экспериментальной геофизической аппаратуры для научных и практических задач в Институте геофизики УрО РАН занимаются с момента его возникновения. Значительный объем спроектированных и изготовленных приборов составляют электроразведочные приемники и генераторы. Из наиболее известных решений можно вспомнить аппаратуру частотных зондирований АЧЗ-78, измерительную аппаратуру «Кора», созданную для эксперимента по зондированию земной коры Урала с применением МГД-генератора (Астраханцев, 1988), аппаратуру метода заряда АМЗ-1 (Бобровников, 1986) и аэроэлектроразведочный геофизический комплекс АММЗ-2 (Человечков и др., 2012) для поисков сульфидных руд. Разработанные в Институте геофизики измерители вызванной поляризации ЭВП-802 прошли государственные испытания, зарегистрированы в Госреестре средств измерений (№13381-92) и переданы в серийное производство. После известных событий 90-х годов интерес к нестандартному научному оборудованию значительно сократился. К последней мелкосерийной модели, выпущенной в ИГФ УрО РАН, следует отнести индукционную аппаратуру МЧЗ-8 (Байдиков, Человечков, 2011). Несмотря на это, в институте продолжаются работы по изготовлению и модификации индивидуальных образцов электромагнитных датчиков (Сокол-Кутыловский, 2009) и разработке электроразведочных программно-аппаратных комплексов для научных работ (Коноплин, 2008).

Аппаратура

Одним из образцов универсальной измерительной аппаратуры для электромагнитных методов разведки являются 2-канальные широкополосные приемники серии ОМАР-2. Аппаратура обеспечивает усиление, аналого-цифровое преобразование и запись геофизических сигналов в частотном диапазоне 1–48 000 Гц. Она позволяет выполнять исследования методами аудиомагнитотеллурического зондирования (АМТЗ), радиокомпарации и пеленгации сверхдлинноволновых радиостанций (радиокип СДВР), переменного естественного электрического (ПЕЭП) и магнитного поля (ПЕМП), а также применяться в качестве малоканальной сейсмической или сейсмоэлектрической станции. К входам можно подключать заземленные и незаземленные электрические линии, индукционные магнитные антенны, сейсмоприемники и другие геофизические датчики сигналов.

Функционально аппаратура состоит из аналогового приемного блока и цифрового регистратора сигналов. Приемный блок осуществляет согласование с датчиками, формирование необходимой амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), усиле-

ние, индикацию уровня сигнала и детектирование. В устройстве применена специальная схема включения датчиков для расширения динамического диапазона измеряемых сигналов и снижения уровня промышленных помех. Предусмотрена возможность создавать маркеры в записи (отметки момента). Регистратор производит аналого-цифровое преобразование и запись сигналов в цифровой форме. В качестве регистратора выступает портативный компьютер (*Notebook*) или цифровое записывающее устройство. В состав регистрирующих устройств входит специальный аудио-процессор, с помощью которого осуществляется оцифровка, преобразование и запись сигналов.

В настоящее время большое распространение получили 5-канальные аудио-процессоры с высоким разрешением (*5.1 Channel High Definition Audio Codec*). Они содержат 16/20/24-разрядные АЦП с независимыми частотами дискретизации 44,1/48/96 кГц, что позволяет в реальном времени оцифровывать сигналы частотой до 48 кГц. Результат запоминается на жестком диске или флэш-памяти (*SD*-карте) регистратора в виде файла стандартного формата цифровой аудиозаписи в импульсно-кодовой модуляции. Дальнейшая обработка сигналов производится с помощью специализированных компьютерных программ.

Приемный блок аппаратуры позволяет работать в течение двух недель без подзарядки аккумуляторов. Мобильные ноутбуки нового поколения с мало потребляющими процессорами (нетбуки) работают в автономном режиме до восьми часов, а портативные цифровые регистраторы – более двадцати часов. Длительность записи зависит от величины памяти регистратора и составляет не менее двенадцати часов.

Схемотехнически приемно-регистрирующее устройство выполнено довольно универсально, а отдельные модификации приемного блока введены для решения узких задач. Существует несколько вариантов прибора, ориентированных для работы конкретными геофизическими методами. Основные базовые характеристики аппаратуры ОМАР-2 приведены в таблице.

Таблица. Технические характеристики аппаратуры серии ОМАР-2

	ОМАР-2к	**ОМАР-2м**	**ОМАР-2Ф**	**ОМАР-2А**
Количество каналов	2	2	2	2
Входное сопротивление, МОм	0,01 / 1	4	0,01 / 2	1
Уровень шумов, нВ/√Гц	20	14	20	14
Ослабление синфазных помех, дБ	60	86	60	86
Диапазон усиления каналов, дБ	60	80	60	80
Соотношение сигнал/шум, дБ	90	100	90	100
Динамический диапазон, дБ	110	120	110	120
Диапазон частот, Гц	20–16 000	10–48 000	2000, 8000	1–48 000
Дополнительная фильтрация	нет	нет	есть	есть
Частота дискретизации, кГц	44,1	44,1 / 48 / 96	44,1 / 48	48 / 96
Разрядность АЦП	16	16/20/24	16	16/24
Основное назначение	Сейсмо-электрические исследования	АМТЗ	Амплитудно-фазовые индуктивные измерения	Электромагнитные импедансные измерения
Потребляемая мощность, мВт	100	300	100	500
Рабочий диапазон температур, °С	0…+50	–10…+50	0…+50	–10…+50
Вес приемника (с питанием), кг	1	2,5	2	3

Аппаратура ОМАР-2к была изготовлена как сейсмоэлектрическая станция для изучения подземных выработок пьезоэлектрическим методом. В модели присутствует разделение каналов по функциональной принадлежности: сейсмический канал с низким входным сопротивлением служит для подключения сейсмоприемника, а высокоомный электрический канал – для подключения короткой симметричной электрической антенны. Усиление и амплитудно-частотные характеристики каналов разные, каждый настроен под свой конкретный тип датчика. Работа сейсмоэлектрической станции ОМАР-2к была опробована на шахте «Северная» Березовского рудоуправления. Одна из задач заключалась в выделении геофизическими методами участков сгущения кварцевых жил, перспективных на золотоносное оруденение в торкретированных (цементированных) штреках. Наблюдения за результатами сейсмического возбуждения среды проводились в широкой полосе частот, при одновременной регистрации сейсмических и электрических сигналов. Результаты работ свидетельствуют о достаточно уверенной корреляции величины полученного пьезоэлектрического параметра с положением кварцевых жил (Давыдов, Бакаев, 2008).

Модель ОМАР-2м (рис. 1) более универсальна, она имеет два идентичных дифференциальных канала с высоким входным сопротивлением. К любому каналу можно подключать как низкоомные преобразователи (катушки, рамки, сейсмоприемники), так и высокоомные датчики сигналов (электрические антенны, гидрофоны). Во входных цепях присутствуют фильтры, корректирующие АЧХ каналов в зависимости от типа подключаемого датчика. Регулировка усиления каналов индивидуальная со стрелочной индикацией уровня сигнала по каждому каналу. Основная ориентация аппаратуры ОМАР-2м – это работа в качестве аудиомагнитотеллурической станции (Давыдов, 2011). Аппаратура использовалась для обнаружения областей максимального водопритока при изучении подземных вод на ряде объектов, в том числе в области распространения многолетней мерзлоты (Давыдов, 2014а).

Приемник ОМАР-2Ф в комплекте с электроразведочным генератором ФАГР-10 выступает как амплитудно-фазовая аппаратура индукционных методов исследований (рис. 2).

ОМАР-2Ф имеет встроенный резонансный датчик переменного магнитного поля, настроенный на фиксированные частоты: 500, 2000 и 8000 Гц. Дополнительные аналоговые фильтры позволяют повысить избирательность прибора на интересуемых частотах. Во второй канал приемника с генератора по двухпроводной линии поступает опорный сигнал, таким образом можно измерять амплитудные компоненты магнитного поля H_z, H_r, H_φ и их фазовые сдвиги на трех частотах. Сигналы после детектирования можно выводить на портативный мультиметр, что позволяет в ряде случаев обходиться без регистрирующего блока. Электроразведочный комплект приемника ОМАР-2Ф с генератором ФАГР-10

Рис. 1. Аппаратура ОМАР-2м с индукционным датчиком и цифровым регистратором МР-860

Рис. 2. Генератор ФАГР-10 и приемник ОМАР-2Ф для амплитудно-фазовых измерений

успешно испытан при комплексных геофизических работах по обследованию плотины Ельчевского пруда-отстойника (Федорова, Давыдов, 2014).

Самыми большими возможностями и наибольшей автономностью в работе обладает модификация ОМАР-2А (рис. 3).

В состав этой модели включен целый комплекс аналоговых фильтров, позволяющий значительно повысить соотношение сигнал/шум при работе с различными типами генераторов в условиях индустриальных помех. Так в схему включены:

- дополнительный режекторный фильтр на 50 Гц (-40 дБ);
- ФВЧ второго порядка на 5, 50, 150, 250, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 и 20000 Гц;
- ФНЧ второго порядка на 25, 50, 150, 250, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000 и 40000 Гц;
- корректирующий фильтр АЧХ регистратора.

Кроме того, применена прецизионная схема детектирования сигналов, добавлена индикация перегрузки каналов и встроенный микровольтметр. Это позволило получить практически универсальный приемник для геофизических работ методами, использующими естественные и искусственные переменные поля.

Заключение

Разработка и модернизация опытной аппаратуры ОМАР-2 ведется достаточно давно. С помощью приборов этой серии проводились научно-исследовательские и производственные работы на хромитоносных массивах и золоторудных месторождениях, а также гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания. География работ включает Южный, Средний и Полярный Урал, Западную Сибирь, Дальний Восток и Монголию. Аппаратура зарекомендовала себя достаточно надежной в любых климатических условиях, в том числе – в зимний период.

Рис. 3. Внешний вид автономного универсального приемника ОМАР-2А

За последнее время с помощью аппаратуры ОМАР-2 проводились следующие работы:

- тестирование новых малогабаритных электрических и магнитных антенн для электромагнитных методов разведки (Давыдов, 2014в);
- разработка и опробование методик электромагнитных измерений разными методами на объектах с различным геологическим строением (Давыдов, Бакаев, 2008; Давыдов и др., 2010; Давыдов, 2014а, б);
- изучение геологической информативности электрометрических параметров, при зондировании и профилировании переменным током (Давыдов, 2013).

Перспективы дальнейшего развития серии ОМАР-2 связаны с переходом на прецизионную малошумящую элементную базу, разработкой и комплектацией аппаратуры новыми активными рамочными датчиками магнитного поля и малогабаритными электрическими емкостными антеннами, согласованными по АЧХ и усилению. Это позволит проводить импедансные измерения в движении, что значительно повысит производительность электромагнитных методов исследований.

Литература

Астраханцев Г.В. Индукционное зондирование при изучении контрастных по электропроводности сред. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 182 с.

Байдиков С.В, Человечков А.И. Аппаратура для высокочастотных индукционных зондирований МЧЗ-8 // Уральский геофизический вестник. 2011. № 1. С. 4–8.

Бобровников Л.З., Орлов Л.И., Попов В.А. Полевая электроразведочная аппаратура: Справочник. М.: Недра, 1986. 223 с.

Давыдов В.А., Бакаев В.П. Использование комплекса геофизических методов на шахте «Северная» Березовского рудника // Известия вузов. Горный журнал. 2008. № 8. С. 175–182.

Давыдов В.А., Муравьев Л.А., Бакаев В.П. Опытные геофизические работы на Полдневском месторождении демантоидов // Известия вузов. Горный журнал. 2010. № 6. С. 97–104.

Давыдов В.А. Опытная малогабаритная аппаратура регистрации ОМАР-2м для метода АМТЗ // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича: Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2011. С. 112–115.

Давыдов В.А. Обнаружение подземных пустот антропогенного характера с помощью геофизических методов // Инженерные изыскания. 2013. № 7. С. 52–57.

Давыдов В.А. Аудиомагнитотеллурическая съемка в движении // Геофизика. 2014а. № 2. С. 47–53.

Давыдов В.А. Электроразведка методом радиокип с использованием радиостанций системы дальней навигации РСДН-20 («Альфа») // Инженерные изыскания. 2014б. № 2. С. 65–70.

Давыдов В.А. Эквивалентные схемы и основные характеристики различных датчиков электромагнитных сигналов в широкой полосе частот // Уральский геофизический вестник. 2014в. № 1 (23). С. 46–54.

Коноплин А.Д. Разработка цифрового аппаратурно-методического комплекса для магнитотеллурических методов // Геофизические исследования Урала и сопредельных регионов: Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2008. С. 314–316.

Сокол-Кутыловский О.Л. Автопараметрический датчик магнитной индукции // Датчики и системы. 2009. № 1. С. 37–39.

Федорова О.И., Давыдов В.А. Диагностика грунтовых гидротехнических сооружений электрическими и сейсмическими методами на примере Ельчевской плотины // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 6. С. 44–55.

Человечков А.И., Ратушняк А.Н., Байдиков С.В., Астафьев П.Ф. Аэроэлектроразведка при поисках месторождений проводящих руд. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 72 с.