

Секция №5, стендовый

УДК

**MULTIFUNCTION 4 AND 8 CHANNEL
ELECTROPROSPECTING INSTRUMENTS OF THE GENERATION 5+**

Ingerov I.¹, Rudak T.¹, Ermolin E.²

¹ – Advanced Geophysical Operations and Services Inc. (AGCOS), Toronto, Canada,

² – National Mineral Resource University (NMRU), Saint-Petersburg, Russia.

Appearance at the turn of the century of the 5th generation multifunction electroprospecting instruments has made significant contribution to the development of electroprospecting techniques. New properties of the equipment include - light weight, compact, low power consumption, simple operation, high accuracy of the recorded parameters. One of the defining features is the application of 24-bit ADC. Technological advancements in the microprocessor development and computer technology allowed significantly improving hardware capabilities of the 5th generation instruments, i.e. going to 5+. Super multifunction 4 and 8 channel receivers can be used in both autonomous and manual modes (operator control). Receivers have intuitive user interface implemented on touch-screen display and several communication modes with a PC, touchpads, and smartphone. Instruments have flexible configuration of electric and magnetic channels (channels are interchangeable), which allows to use same receiver for such seemingly incompatible methods - Electrical Profiling, IP, Electrotomography, TDEM, MT and MVP. Application of wideband high frequency ADCs and corresponding processors can significantly improve the frequency range of field investigations, as well as noise filtering capabilities. Data acquisition systems are equipped with a wideband electric and magnetic components EM field sensors, as well as a wideband portable transmitter.

Key words: electroprospecting, multifunction instruments, precision field tripods for magnetic sensors installation, low-noise non-polarizing electrodes.

Секция №5, стендовый

УДК

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ 4Х-8МИ КАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА ПОКОЛЕНИЯ 5+

Ингеров И.А.¹, Рудак Т.В.¹, Ермолин Е.Ю.²

¹ – Advanced Geophysical Operations and Services Inc., Торонто, Канада,

² – Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург.

Появившееся на рубеже веков 5е поколение многофункциональной электроразведочной аппаратуры дало принципиальный скачек в развитии электроразведочных методов. Новые свойства аппаратуры включают в себя – легкий вес, малые габариты и энергопотребление, простота в эксплуатации, высокую точность регистрируемых параметров. Одним из определяющих признаков является применение 24-х разрядного аналого-цифрового преобразователя. Развитие микропроцессорной базы, а также компьютерной техники позволяет в настоящее время существенно улучшить потребительские возможности аппаратуры 5-го поколения, т.е. перейти к поколению 5+. Супер многофункциональные 4-х и 8-ми каналные приборы могут быть использованы как в автоматическом режиме, так и под управлением оператора. Для этого они имеют эффективный сенсорный экран и удобный интерфейс связи с компьютером, планшетником или смартфоном. Приборы имеют гибкую систему конфигурирования электрических и магнитных каналов (каналы взаимозаменяемые), т.е. один и тот же прибор может быть использован для таких казалось бы не совместимых методов как электропрофилирование, ВП, электротоммография, ЗС, МТЗ и МВП. Применение высокочастотных АЦП и соответствующих процессоров позволяет существенно повысить частотный диапазон исследований, а также возможности фильтрации сигнала. Приборы комплектуются широко-диапазонными датчиками электрических и магнитных компонент ЕМ поля, а также переносным широкодиапазонным генератором.

Ключевые слова: электроразведка, многофункциональная аппаратура, прецизионные треноги для установки магнитных датчиков, малошумящие неполяризующиеся электроды.

Многофункциональная электроразведочная аппаратура

Как уже отмечалось рядом авторов [1-5], можно выделить 5 поколений многофункциональной аппаратуры, обладающих четко выраженными отличительными признаками. Первое поколение было разработано и выпускалось в бывшем Советском Союзе 50-70-х годах прошлого столетия. Эта аппаратура имела 2 или 5 каналов, аналоговые усилители и фильтры. Регистрация электрического и магнитного полей выполнялась с помощью осциллографа на чувствительную фотобумагу. Аппаратура была простой по устройству, легкой, переносной, имела умеренное энергопотребление (батарея). Эта аппаратура (МТЛ-62, МТЛ-71) была выпущена во многих экземплярах и широко применялась на территории бывшего СССР для реализации методов: МТЗ, МТП, теллурических токов (ТТ), ЗС, ВЭЗ, ДЭЗ. Главной трудностью в эффективном применении этой аппаратуры была трудозатратная ручная обработка полевых записей. Второе поколение многофункциональной аппаратуры было создано в 60-х - начале 70-х годов прошлого столетия (ЦЭС-1, ЦЭС-2). Регистрация ЭМ поля в этой аппаратуре осуществлялась на бытовую магнитную ленту (ширина 6.25 мм) в виде цифрового кода с помощью прецизионного магнитофона. Обработка полевых записей осуществлялась на специальных вычислительных центрах на цифровых ЭВМ. Несмотря на значительный шаг вперед (цифровая регистрация, обработка данных на ЭВМ) аппаратура имела существенные недостатки: сложная электронная схема, реализуемая на транзисторной элементной базе, значительные габариты и вес, требующие установки аппаратуры в кузове грузового автомобиля; большое энергопотребление (более 200 Вт). Аппаратура ЦЭС-1 и ЦЭС-2 была выпущена тиражом более 700 экземпляров и широко использовалась на территории бывшего СССР в 70-90х годах прошлого столетия для выполнения полевых работ методами МТЗ, ЗС в дальней зоне, ЗС в ближней зоне и частотных электромагнитных зондирований. Аппаратура 1-го и 2-го поколений использовала в качестве датчиков магнитных компонент ЭМ поля кварцевые вариометры, что существенно

ограничивало частотный диапазон измерений (со стороны высоких частот). Аппаратура была практически не пригодна для поисков рудных объектов.

Существенный прогресс был достигнут в начале 80-х годов прошлого столетия с созданием аппаратуры 3-го поколения. Главной особенностью этой аппаратуры было наличие бортового персонального компьютера, который не только тестировал аппаратуру и выполнял запись на твердотельный носитель, но и позволял производить обработку данных в полевых условиях. Другим существенным шагом вперед было применение индукционных катушек в качестве датчиков магнитных компонент поля. Еще одним преимуществом являлось способность выполнять работы по системе с удаленной базовой точкой, что существенно повышало качество полевых материалов. В то же время аппаратура была достаточно громоздкой, обладала значительным весом и энергопотреблением. 4-е поколение аппаратуры было создано в конце 80-х годов прошлого столетия и реализовало в себя все лучшие черты предыдущего поколения. В то же время аппаратура стала относительно малогабаритной и переносной. В состав аппаратуры входил 16-ти разрядный цифровой регистратор, имеющий 8-16 каналов, вмонтированный компьютер, водонепроницаемую клавиатуру и дисплей. Выносные усилители, соединенные кабелями с регистратором, обеспечивали предварительное усиление ЭМ сигнала. 5-е поколение многофункциональной аппаратуры было внедрено в практику полевых работ на рубеже столетий. Благодаря высоким технологическим свойствам, несколько тысяч приборов этого поколения успешно используются по всему миру по сей день. Отличительными чертами этого поколения аппаратуры являются: малые размеры, малый вес (менее 5кг), 24х разрядный аналого-цифровой преобразователь, высокоэффективные цифровые фильтры помех, регистрация сигнала на съемную твердотельную память и малое энергопотребление (6-10Вт).

Развитие и миниатюризация электронной элементной базы сделали возможным приступить к созданию многофункциональной аппаратуры, реализующей в одном приборе, казалось ранее не совместимые функции, как например методы МТЗ и ВЭЗ. Многофункциональные 4-х и 8-ми каналные приемники Гепард показаны на Рис. 1а) и 1в). Приборы имеют высокую чувствительность, очень малый уровень собственных шумов (менее 0.1 мкВ), очень широкий частотный диапазон (50000-0.0001Гц). Электронная структура приемников включает в себя все элементы, характерные для 5-го поколения многофункциональной аппаратуры: коммуникационная плата, аналоговые усилители на каждый канал, 24-х разрядный аналого-цифровой преобразователь, плата основного процессора, плата синхронизации, калибровочная плата, интернет плата, SD карт ридер/райтер, сенсорный экран, выполняющий роль дисплея и клавиатуры. Дополнительно каждый канал имеет плату фильтров, на который установлены режекторные фильтры первой гармоники промышленной частоты (50/60 Гц), а также четных и нечетных гармоник этой частоты, попадающих в частотный диапазон прибора. На плате также установлены переключаемые фильтры верхних и нижних частот. Усиленная аналоговая фильтрация позволяет использовать прибор в городских условиях, на территории работающих горных предприятий и вблизи мощных линий электропередач. Еще одной отличительной особенностью прибора является гибкая конфигурация каналов. То есть каждый канал может работать как электрический, так и магнитный. Электронное переключение производится с экрана прибора. Удобный интерфейс позволяет выбрать применяемый метод и параметры регистрации электромагнитного поля с дисплея прибора, или записать их в полевом лагере на SD карточку с помощью персонального компьютера. Такое устройство прибора и программного обеспечения к нему позволяет экономически и геологически эффективно реализовать практически все наземные и подводные геофизические методы (исключая георадар).

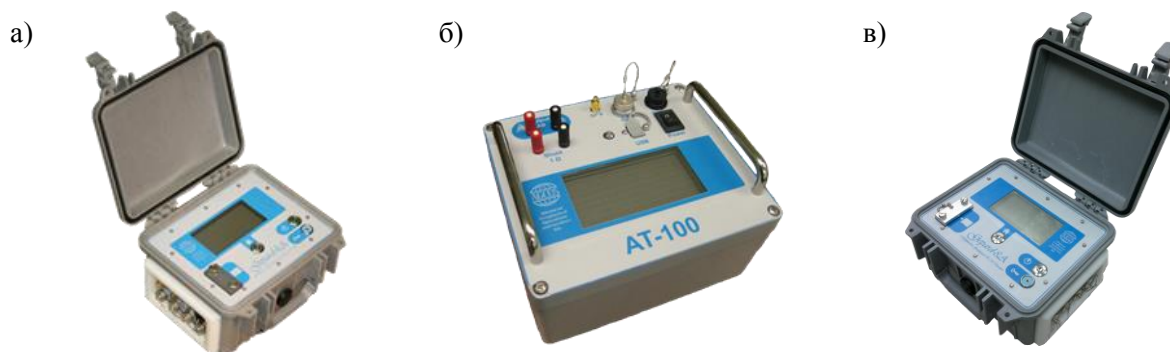


Рис. 1. Многофункциональная геофизическая ЭМ аппаратура; а) 4-х каналный GEPARD-4А; б) многофункциональный геофизический источник тока АТ-100; в) 8-ми каналный GEPARD-8А.

Для реализации методов использующих искусственное электромагнитное поле приборы Гепард комплектуются переносными, широкодиапазонным геофизическим генератором тока АТ-100 (Рис. 1б). Генератор имеет мощность 100 Вт, питается от батареи 12В и может подать в нагрузку (электрическая линия, незаземленная петля) стабилизированный ток от 0,001-1.0 А. Частотный диапазон генератора составляет 50000-0.001. Частотный ряд заполняется очень плотно последовательным умножением на 2^n базовых частот: 1.00-1.22-1.33-1.50-1.66Гц. Данная особенность генератора позволяет получать детальные амплитудные и фазовые кривые в методах частотных зондирований, спектрального ВП, CSAMT и других. Режим работы генератора может задаваться с дисплея или записываться с помощью ПК на съемную SD карту.

Датчики магнитного и электрического поля и полевые принадлежности

Датчиками магнитного компонент электромагнитного поля являются: для АМТ диапазона индукционный датчик AMS -15 (частотный диапазон 50000-1Гц), для МТЗ диапазона датчик AMS-37 (диапазон 500-0.0001Гц). Внешний вид датчиков показан на Рис. 2. Каждый датчик имеет магнитный сердечник, секционированную медную катушку, экран электрического поля, малошумящий предусилитель и калибровочную обмотку. Для полевых измерений датчики могут закапываться или забуриваться в землю.



Рис. 2. Индукционные магнитные датчики; а) AMS-15; б) AMS-37.

Для высокопроизводительной, всесезонной установки датчиков на любом грунте предпочтительней использовать специальные прецизионные треноги. Треноги выпускаются 3-х видов: вертикальные, горизонтальные и наиболее эффективные - трехосные. Треноги легко и быстро переводятся из транспортного положения в рабочее и обратно. Индукционные датчики хранятся в треногах как во время измерений, так и во время транспортировки. Для удобной транспортировки треног они комплектуются специальными сумками, рюкзаками и станинами. Применение треног позволяет обеспечить высокую точность установки магнитных датчиков в любое время года и на любом грунте, термостабилизировать индукционные датчики, а также существенно (в 2-3 раза) повысить производительность полевых работ.

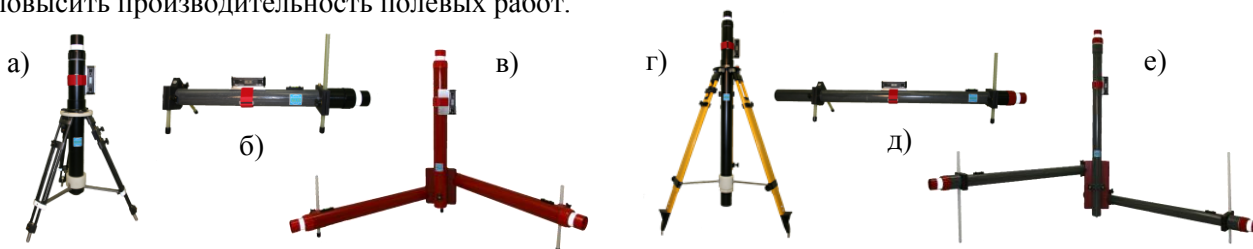


Рис. 3. Прецизионные полевые треноги для индукционных магнитных датчиков; а) TRI-1/30; б) TRI-1/30/1; в) TRI-3/30; г) TRI-1/50/1; д) TRI-1/50; е) TRI-3/50.

В качестве датчиков электрических компонент поля используются электрические линии длиной 1-100 м, выполненные из гибкого многожильного экранированного провода. В зависимости от используемого метода, заземление линий осуществляется стальными, латунными или пористыми неполяризуемыми электродами. Аппаратура комплектуется пористыми электродами трех видов (Рис. 5): на медной, свинцовой и серебряной основе.



Рис. 4. Малошумящие неполяризуемые электроды; а) ACE-84 (медный); б) ALCE-84A (свинцовый); в) ASCE-84AG (серебряный).

Самыми стабильными, малозумящими являются серебряные электроды. Однако, эти электроды также и самые дорогие в производстве. Каждый электрод состоит из пористой мембраны определенной формы, обладающей большой контактной поверхностью, герметичного цилиндра, металлического стержня с контактным проводом. Внутреннее пространство цилиндра заполнено специальным гелем, содержащим соль металла.

На Рис. 5 показан пример выполнения 4-х канальной аппаратурой Гепард детальных полевых работ методом магнитовариационного профилирования (МВП). В качестве датчиков магнитных компонент поля используются индукционные катушки AMS-15, катушки устанавливаются в трехосных прецизионных треногах (H_x , H_y , H_z) и вертикальных одноосных (H_z). 4-х канальная конфигурация прибора позволяет выполнять регистрацию поля в двух точках одновременно.



Рис. 5. Применение многофункциональной ЭМ системы при полевых работах методом МВП.

Выводы

Разработана и выпускается многофункциональная система регистрации электромагнитных полей поколения 5+. Система позволяет реализовать на практике коммерчески и геологически эффективно практически все наземные и подводные электроразведочные методы, исключая георадар. Система состоит из 4-х или 8-ми канальных многофункциональных регистраторов, широкодиапазонного генератора, датчиков электрических магнитных компонент поля, треног для установки магнитных датчиков поля и вспомогательного оборудования.

1. Fox L. Recent trends in electroprospecting hardware and software development // Notes of the (St. Petersburg) Mining Institute. 2005. №162. p. 9-14
2. Fox L. Fifth generation of multifunctional equipment – ten years in the market // The 19th International Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Beijing, China, Abstracts. 2008. Vol.1, p. 432-436
3. Ingerov I. Method of multifrequency magnetovariational profiling (MVP) // EMS-2011, St. Petersburg, Russia, Abstracts. 2011. Vol.2, p. 449-454
4. Ingerov O. Application of electroprospecting for hydrocarbon exploration // Notes of the (St. Petersburg) Mining Institute. 2005. №162. p. 15-25
5. Ingerov O. Current trends in the development of electroprospecting hardware set for ground and marine surveys // EMS-2011. St. Petersburg, Russia, Abstracts. 2011. Vol.1, p. 86-101