

Электроразведочный комплекс AGE-xxl – 10 лет внедрения и развития

■ Кругляков Е.А., ООО «Фирма «КруКо»

ООО «Фирма «КруКо»» разрабатывает и, изготавливает и внедряет геофизическую аппаратуру и программное обеспечение, а также выполняет полевые электроразведочные работы с момента своего основания в 1992 г.

Начиная с 2004 года, наша фирма серийно выпускает «Аппаратурный электроразведочный комплекс для исследования геологических объектов AGE-xxl», а с 2013 года – «Аппаратурный радиотелеметрический электроразведочный комплекс AGE-xxl для исследования геологических объектов» (Сертификат Соответствия № РОСС RU.ME67.H00686).

В состав комплекса входят:

- Автономные полевые низкочастотные (до 500 Гц) 24-канальные измерители AGE-xxl-24M с радиоуправлением;
- Автономные полевые широкополосные (до 500 кГц) малоканальные (1, 2 или 4 канала) измерители AGE-xxl-h с радиоуправлением;
- Универсальные коммутаторы тока UCS-02M различной мощности (максимальные токи от 0.5 до 300 Ампер);
- Различные по конструкции датчики магнитного поля, обеспечивающие линейность частотных характеристик в диапазоне до 1000 Гц;
- Центральный контроллер радиотелеметрии и другие сервисные устройства.

Технические характеристики комплекса позволяют использовать его при поиске нефтегазовых и рудных месторождений любыми электроразведочными методами с искусственным возбуждением поля в диапазоне частот от постоянного тока до 500 кГц.

С подробными техническими характеристиками аппаратуры и технической документацией можно ознакомиться на нашем сайте kruggeo.ru, а в данной статье мы представим обзор основных функциональных возможностей комплекса и расскажем о его применении.

Немного истории

Коллектив разработчиков комплекса сформировался в середине 90-ых годов. Основой коллектива стали создатели цифровых электроразведочных станций ЦЭС-2, ЦЭС-МГД, ЦЭС-3, после фактического развала «ВНИИГеофизики» продолжившие свою деятельность в ООО «Фирма «КруКо»». В результате, дальнейшее развитие получили такие особенности прежней измерительной аппаратуры, как:

- Многоканальность;
- Гальваническая развязка каналов;
- Обязательность непрерывной цифровой записи первичного полевого материала;
- Обязательность непрерывной цифровой записи тока на генераторной установке.

Первыми измерителями, выпущенными ООО «Фирма «КруКо»», были 8-канальные измерители ЦЭС-М, которые использовали 16-разрядные АЦП фирмы «L-Card», устанавливаемые в «корзину» РС-АТ. Как оказалось, эти «бортовые» измерители стали последними измерителями данного типа в линейке аппаратуры, выпускаемой ООО «Фирма «КруКо»». Вся последующая измерительная аппаратура выпускалась как «полевая». Измерители ЦЭС-М работали в Прикаспийском отделении НВНИИГГ, в Саратов-

нефтегеофизике, в Казанской Геофизической экспедиции, московском «Северо-Западе» и в Казахстане. До 2001-2002 года они являлись основной измерительной аппаратурой ООО «Геонефтегаз» - организации, выполнявшей много работ на нефть и газ в России и Казахстане.

Особенностью разработки аппаратуры и программного обеспечения для электроразведки в нашей фирме было то, что фирма и сама выполняла полевые электроразведочные работы. Выполняя различные заказы на работы любыми методами электроразведки при поиске нефтегазовых и рудных месторождений, мы расширяли все время возможности своего аппаратурно-программного комплекса для решения новых задач.

Первый вариант полевого 24-канального измерителя АПК-24Э с 22-разрядным АЦП появился в 1999 году, но 2-летний опыт эксплуатации первых экземпляров измерителя привел к необходимости выполнения новой разработки. Таким образом, в 2003 году была выпущена первая серия 24-канальных измерителей AGE-xxl-24, а в 2004 году был получен первый сертификат соответствия на производство комплекса AGE-xxl. Измерители подключались к полевым компьютерам через стандартный LPT-порт, который обеспечивал передачу непрерывного потока данных от 24 каналов с дискретизацией 1 мс. Все данные записывались в «электронный диск» полевого компьютера с последующей перезаписью на жесткий диск после окончания регистрации.

За период с 2004 по 2011 годы комплекс AGE-xxl с 24-канальными линейными измерителями был внедрен вместе с программным обеспечением в ряде производственных организаций РФ и за рубежом (КНР, Казахстан, Индонезия). Всего за это время было выпущено около

сотни измерителей и более 20-ти мощных коммутаторов тока. Аппаратура успешно работала на морозе за Полярным кругом и в Африке (случались выходы из строя при перегреве за 60 градусов).

Современный состав и возможности комплекса AGE-xxl

Работа в тяжелых условиях и требование расширения частотного диапазона измерений привели в 2008-2010 годах к созданию нового поколения измерителей – автономных полевых широкополосных измерителей AGE-xxl-h с радиоуправлением. Они выпускались в 1, 2-х и 4-х канальном варианте в пластиковом и алюминиевом корпусах. В настоящее время поддерживается производство 2-х и 4-х канальной версии измерителя в однотипном алюминиевом корпусе.

Малоканальные автономные измерители стали востребованы при выполнении региональных работ ЗСБ с редким шагом по профилю (500 и более метров), а требование «телеметрии», появившееся во всех конкурсных технических заданиях, заставило найти оптимальное решение – все измерители поддерживают радиотелеметрию. Выкладывать «телеметрический» провод с установкой приборов с шагом 500 метров в тайге мы сочли неоптимальным. Наша радиотелеметрия не обеспечивает передачу всего потока данных. Она обеспечивает оперативное управление измерителями и возможность контроля путем получения сжатой информации о состоянии каналов и качестве сигналов. Решение «автономности» и радиоуправляемости измерителя было перенесено и на 24-канальный измеритель AGE-xxl. Так появился измеритель AGE-xxl-24M. Таким образом, все современные измерители содержат внутреннюю большую флэш-

память для записи данных и могут быть подключены к полемому компьютеру через USB-порт для задания программ регистрации и отбора полевых данных.

Полевые измерения выполняются полевыми измерителями AGE-xxl-24M и/или AGE-xxl-h с любым общим количеством измерительных каналов. Допускается применение любых датчиков электромагнитного поля. При использовании линейных измерителей AGE-xxl-24M возможна установка полевых усилителей FA-100 непосредственно возле датчиков поля для усиления аналогового сигнала до передачи по косе.

Управление аппаратурой комплекса и регистрация измеряемых сигналов осуществляются в режиме «реального времени» с помощью переносных полевых компьютеров типа «ноутбук», оснащенных необходимым программным обеспечением и имеющих соответствующие эксплуатационно-климатические характеристики. Управляющая программа работает в диалоге с оператором, позволяет провести тестирование измерительных каналов, установить различные усиления и выбрать режим регистрации. После выполнения регистрации выполняется экспресс-обработка и вывод «профильных» графиков параметров для оценки качества полевого материала.

Для всех измерителей также поддерживаются возможности полностью автономной регистрации или автономной регистрации с радиотелеметрией. При этом состояние измерительных каналов перед стартом регистрации оценивается с центрального пункта управления по радиоканалу. Перепись полевого материала может осуществляться после выполнения нескольких сеансов измерений. В качестве «синхронизатора» работы генераторной и изме-

рительной частей комплекса аппаратуры AGE-xxl используются сигналы точного времени системы GPS.

Отметим еще раз, что отличительной особенностью работы комплекса AGE-xxl является цифровая регистрация непрерывного во времени потока данных, получаемых от датчиков поля с постоянной временной дискретизацией. В результате работы комплекса на измерительной расстановке сохраняется «полевой файл», содержащий весь первичный полевой материал, обработка которого осуществляется программным комплексом WLF, в том числе и в полевых условиях.

Работа методом электротомографии с комплексом AGE-xxl

В последние годы мы выполняли значительные объемы электроразведочных работ этим методом при поиске битумов на незначительных глубинах (до 300 – 500 метров). Эти работы привели к развитию аппаратного комплекса, что повысило эффективность использования метода ЭТ.

Работы методом электрической томографии предполагают использование многоэлектродных установок, причем в большинстве аппаратурных реализаций применяются «умные» электроды – т.е. электроды, которые по команде от станции, могут быть как питающими, так и приемными. В этой связи используются «универсальные» многоэлектродные косы, по которым передается как ток в «рабочую» пару питающих электродов, так и измеряемые потенциалы от остальных измерительных электродов.

Мы не поддерживаем такую технологию по «идейным» и практическим соображениям. По нашему мнению, разделение электродов и кос на измерительные и питающие обеспечивает ряд преимуществ, а именно:

- Качество измерительных и питающих электродов по своим задачам должно быть разным;
- Разделение кос позволяет использовать различные варианты геометрии установок без каких-либо ограничений;
- Разделение кос позволяет физически «разнести» в пространстве измерительную и питающую аппаратуру;
- Разделение кос позволяет более эффективно работать, используя различный шаг по косам (особенно при малоканальной измерительной аппаратуре);
- Разделение кос позволяет работать на более высоких частотах (нет взаимовлияния, характерного для «универсальной» косы), что повышает как производительность работ, так и, возможно, качество измерений.

Выполнять работы методом электротомографии теоретически возможно с одноканальной или малоканальной аппаратурой. При этом теоретически возможно обеспечивать «ручное» переключение (коммутацию) как питающих, так и приемных электродов. Однако, при такой реализации падает производительность, качество (за счет коммутации измерительных линий) и надежность работ. Имея в нашем арсенале надежные полевые 24-канальные измерители AGE-xxl-24, мы предпочитаем коммутировать только питающие электроды. Понятно, что увеличение числа питающих электродов (а вместе с тем длины и веса питающей косы) имеет разумные пределы, определяемые, в том числе, плотностью измерений (шагом по косе). Поскольку мы не выполняем инженерных изысканий, то при создании аппаратуры для коммутации электродов мы ограничились «волшебным» числом 25.

Теоретически метод электротомографии позволяет выполнять работы при изучении сколь угодно больших глубин,

оставаясь, однако, в пределах возможного для методов «постоянного тока». При этом для изучения больших глубин необходимы большие разности и значительные токи в питающих диполях, что серьезно влияет на экономическую эффективность работ. В настоящее время мы не имеем заказов на такие работы и ограничиваемся работами на ВЧР (до 300-400 м), наиболее характерными для применения метода электротомографии.

Итак, особенностями «нашей» технической реализации метода являются:

- Разделение измерительных и питающих кос и электродов;
- Использование в измерительной установке 24-канальных измерителей и отказ от коммутации измерительных электродов;
- Автоматическая коммутация питающих электродов в ограниченных пределах (до 25 штук в питающей косе);
- Ограничение по питающему току до 0.5 Ампера.

Последние работы методом электротомографии (600 погонных км профиля, август-октябрь 2014г., Самарская обл.) выполняли 2 независимых отряда. Каждый отряд использовал следующий состав комплекса AGE-xxl:

Генераторная установка:

- Коммутатор тока UCS-02M-TOMO (25 электродов, токи до 0.5 А);
- Одноканальный измеритель AGE-xxl-1 для управления UCS и регистрации тока;
- Полевой компьютер;
- Питающая коса с шагом 50 метров на 10 электродов – 2 штуки;
- Питающие электроды – 20 штук;
- Аккумулятор 12В для силового питания UCS.

Измерительная установка:

- Полевой измеритель AGE-xxl-24 – 2 штуки;
- Полевой компьютер – 2 штуки;

- Измерительная коса с шагом 25 метров на 25 электродов – 4 штуки;
- Аккумулятор для рабочего питания AGE-xxl и компьютера – 2 штуки;
- Измерительные электроды – 50 штук;

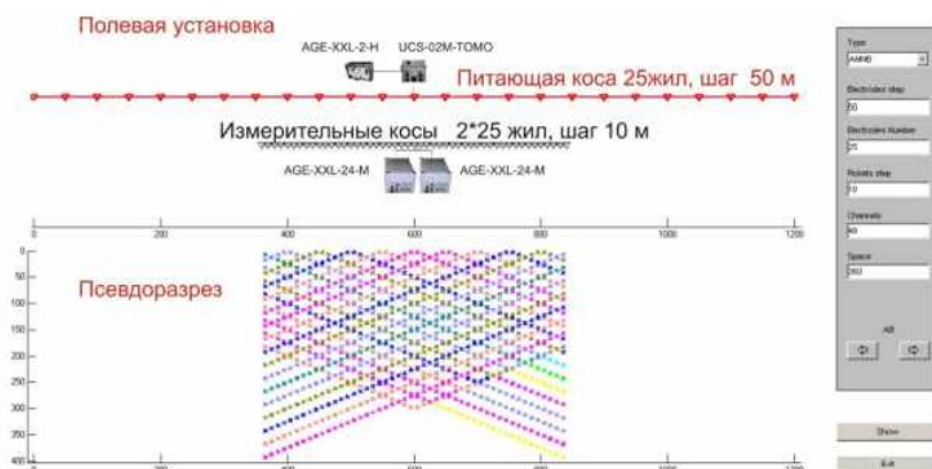
Работы выполнялись с «обычной» осевой установкой по профилю с параметрами:

- Питающая база – 950 метров, шаг 50 м;
- Приемная база – 600 метров, шаг 25 м;
- Перемещение установки на 600 м по профилю.

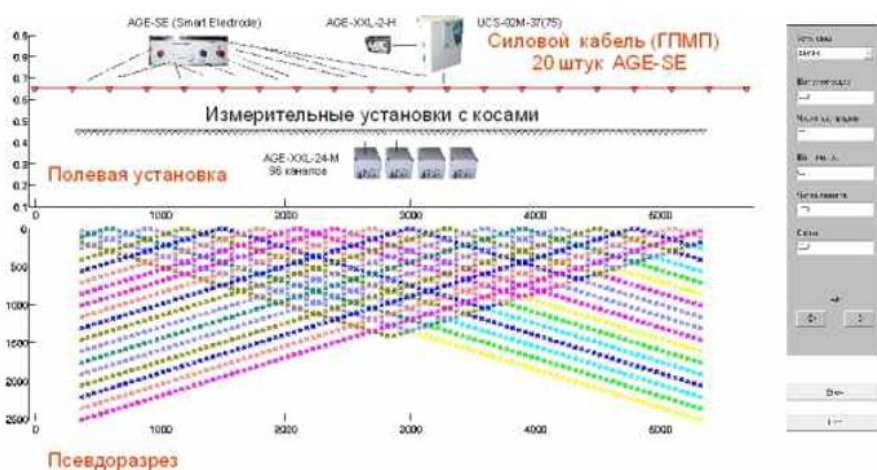
Летом 2015 г. метод ЭТ будет опробован на нефтяном объекте. Для этого предполагается изготовить порядка 20-ти штук силовых контакторов (переключатель на 2 положения) с микропроцес-

сорным управлением для реализации «умных» силовых электродов - устройств AGE-SE. Первая серия AGE-SE уже в производстве и рассчитана на токи до 10 ампер.

На линии АВ длиной до 5-6 км (нитка ГППП) будут смонтированы 10-20 силовых заземлений, возле каждого из которых будет располагаться AGE-SE. Генераторная установка на коммутаторе UCS-02M-37 обеспечит программу выдачи тока в «рабочую» пару силовых заземлений, причем управление переключением AGE-SE будет осуществляться специальной токовой посылкой (без дополнительных управляющих линий связи).



Комплекс AGE-XXL в профильном варианте ЭТ при токах до 0.5 Ампер



Комплекс AGE-XXL в профильном варианте ЭТ с большими токами

Обработка данных комплекса AGE-xxI

Вместе с аппаратным комплексом мы предлагаем программное обеспечение для обработки данных электроразведки. Программный пакет WLF создавался для выполнения исследовательской деятельности, проектирования полевых работ, обработки полевых данных и анализа результатов при проведении электроразведочных работ с использованием аппаратного электроразведочного комплекса AGE-xxI. Данная версия пакета может применяться для обработки и анализа материалов, полученных частотными или временными методами электроразведки с искусственными источниками поля. Обработываемые данные могут быть получены любыми аппаратными средствами, при выполнении наземных и скважинно-наземных электроразведочных работ во всем поисковом диапазоне: от локальных детальных работ на ВЧР до глубинных региональных нефтепоисковых работ.

Развитие пакета WLF происходило и продолжается в настоящее время не поэтапно, а непрерывно по все направлениям сразу. Это вызвано следующим - WLF постоянно используется разработчиками для обработки, анализа и интерпретации конкретных электроразведочных данных, причем эти данные поступают из полевых отрядов «нефтяной» и «рудной» тематики. Число поддерживаемых пакетом измерительных технологий постоянно увеличивается. Пакет используется разработчиками как готовая платформа для любых экспериментов с обработкой и анализом данных. Иногда следы таких экспериментов остаются в инструментарии комплекса надолго и, соответственно, попадают в описание. Предусматривается, что все операции графического отображения данных,

которые необходимы для анализа, интерпретации и создания отчета должны быть реализованы средствами пакета. Документацию на пакет WLF также можно скачать с нашего сайта.

В заключение с сожалением отмечаем малую востребованность наших разработок в настоящей экономической ситуации в России. Современные комплексы AGE-xxI работают сейчас только в КНР, Казахстане и в нашей организации. Вместе с тем, наш коллектив разработчиков не стоит на месте и, несомненно, в ближайшие годы порадует нас новыми аппаратными разработками.

Подробнее об авторе



Кругляков
Евгений Александрович

Генеральный директор
ООО «Фирма «КруКо»