



использовании площадной технологии являются работы на Ковыктинском газоконденсатном месторождении и прилегающих территориях.

Прогнозирование условий проходки глубоких скважин - как на этапе проектирования, так и в процессе бурения стало возможным с внедрением новой технологии электромагнитных зондирований с телеметрическими регистрирующими системами. Специфика данной задачи осложняется наличием мощного источника помех - электрогенераторы и силовые установки, используемые в процессе бурения. Ситуации со значительным усложнением технологии бурения, увеличением затрат имеют место в случае наличия в разрезе горизонтов с АВПД, а также зон интенсивного поглощения бурового раствора. Результаты работ методом ЗСБ позволяют выделять интервалы разреза в которых могут быть встречены коллекторы, оценивать их насыщение и прогнозировать возможные осложнения.

По результатам работ с повышенной пространственной плотностью на площадках проектных скважин глубокого бурения строятся детальные геоэлектрические разрезы и послойные карты проводимости (рис. 6).

3. Мониторинговые наблюдения по сети с

повышенной пространственной плотностью наблюдений. Пример решения новых геоэкологических задач - мониторинговое изучение осадочного чехла в районе крупных промышленных комбинатов, где происходит интенсивное техногенное взаимодействие в системе окружающая среда - горизонты-коллекторы (источники сырья) - производство - резервуары для утилизации отходов. Реализованные алгоритмы подавления помех позволяют получать качественный материал в районах, изучение которых методами электроразведки ранее было крайне затруднено или невозможно. Повышенная пространственно-временная плотность наблюдения, которая достигается при использовании телеметрических систем регистрации, обеспечивает увеличение объемов регистрируемых данных, позволяет существенно улучшить отношение сигнал-помеха и повысить точность оценки геоэлектрических параметров. При этом не снижается производительность работ и их технологичность. Получаемые по результатам ЗСБ карты и разрезы позволяют представить объемную геоэлектрическую модель, следить за эволюцией коллекторов во времени и изменением их флюидонасыщения.

Телеметрическая электроразведочная станция «ПИКЕТ»

Агафонов Ю.А., Поспеев А.В., Шарлов М.В., ФГУНПП «Иркутскгеофизика», г. Иркутск;
Стефаненко С.М., НПП «СибГеоСистемы», г. Новосибирск

Введение

Нестационарные электромагнитные зондирования показали свою высокую эффективность и заняли достойное место в комплексе работ по изучению строения осадочного чехла наряду с сейсморазведкой и другими методами структурной геофизики. Особое значение электроразведка имеет в сложных геологических условиях, где невозможно получение однозначных геологических результатов с применением сейсмических методов. Практика проведения исследований в Восточной Сибири за последние 2-3 десятилетия наглядно демонстрирует массу примеров успешного решения непростых задач при использовании комплекса методов наземной геофизики.

Возможности аппаратуры нового поколения позволяют с высокой производительностью и качеством решать традиционные задачи по изучению геоэлектрического строения осадочного чехла и кристаллического фундамента, выделению зон коллекторов на этапах региональных и поисковых исследований. Кроме того, появилась возможность решения геологических, геоэкологических и инженерных задач в условиях высокого уровня промышленных электромагнитных помех, которые присутствуют в промышленных районах.

Развитие электромагнитных методов с использованием контролируемых источников поля определяется совершенствованием, как средств регистрации, так и способов обработки данных.

В данной статье рассматривается одно из перспективных направлений развития метода зондирования становлением поля, основой которого является создание высокоэффективного

помехозащищенного инструмента предоставляющего широкие возможности для организации профильных и площадных систем наблюдений со сложными зондирующими установками.

Принцип работы телеметрической регистрирующей системы «ПИКЕТ»

Телеметрическая регистрирующая система «ПИКЕТ» (рис. 1.) является основой для создания сетей наблюдения с повышенной пространственно-временной плотностью. Применительно к особенностям регистрации электромагнитных сигналов решена задача интеграции специфического измерительного тракта на основе АЦП со значительной глубиной аналого-цифрового преобразования и эффективных средств работы с цифровыми данными.

Основные особенности телеметрической системы «ПИКЕТ»:

- одновременная регистрация сигналов становления электромагнитного поля от

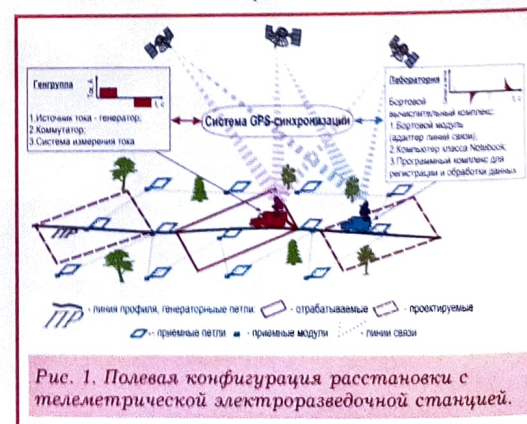


Рис. 1. Полевая конфигурация расстановки с телеметрической электроразведочной станцией.

нескольких приемников поля (возможно использование приемников любых типов - петля, линия и др.) пространственно отдаленных друг от друга;

- расположение усилительных трактов и аналого-цифрового преобразователя непосредственно у приемного датчика (приемной петли или линии), что позволяет избавиться от использования проводных кондукторов для передачи аналоговых сигналов на вход измерителя, повысить качество записываемого материала и помехозащищенность аппаратуры;

- запись и сохранение в цифровом виде всех реализаций сигнала с арифметическим шагом дискретизации для последующей математической обработки;

- наличие встроенных в измерители приемников GPS, позволяющих получать координатную информацию с высокой точностью и учитывать реальную геометрию установок;

- высокоточная система синхронизации источника тока и измерительной системы на основе GPS (под синхронизацией понимается получение бортовым модулем станции электронного сигнала, свидетельствующего об отключении тока в генераторной петле и дающего команду начала регистрации);

- небольшие габариты и вес полевых модулей, обеспечивающие мобильность станции, позволяющие располагать приемные петли в стороне от дорог и организовывать наблюдения в полосе шириной до 5 км относительно профиля наблюдений в условиях пересеченного рельефа и плохой проходимости с высокой производительностью;

- возможность подключать 10 и более измерителей, расстояние между которыми может достигать 1 км и, соответственно, возможность эффективно выполнять сложные площадные и профильные наблюдения с повышенной пространственно-временной плотностью;

- развитый программный комплекс, обеспечивающий получение, обработку и представление данных на всех этапах работы.

Комплекс предназначен для функционирования в операционных системах семейства Windows, входящие в него программы обладают информативным и удобным для пользования унифицированным графическим интерфейсом.

Техническое описание телеметрической электроразведочной станции «Пикет»

Электроразведочная станция «Пикет» предназначена для регистрации сигналов становления электромагнитного поля при проведении работ методом зондирования становлением поля либо другими методами электромагнитных зондирований. Полевые измерения проводятся в зонах с различными климатическими условиями, при температурах от -45 до 60°C.

Основные компоненты телеметрической измерительной системы: бортовой модуль, в составе персонального компьютера и адаптера линий связи; полевые модули (измерители); устройство синхронизации и управления коммутатором. Повышенная мобильность станции обеспечивается автономными регистраторами - полевыми модулями, которые связаны цифровыми двухпроводными линиями связи. Схема подключения станции приведена на рис. 2.

Бортовой вычислительный комплекс (БК), выполненный на базе персонального компьютера класса Notebook предназначен для управления работой станции, оперативного контроля, сбора,

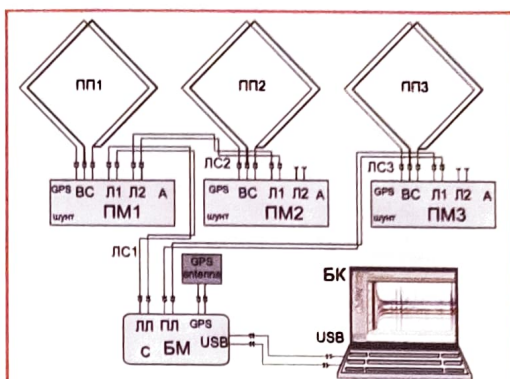


Рис. 2. Схема подключения телеметрической электроразведочной станции «Пикет».

Условные обозначения:

ПП1 - ПП3 - приемные модули;
ЛС1 - ЛС4 - цифровые линии связи (витая пара);
ПМ1 - ПМ3 - полевые модули;
BC - вход сигнала, Л1, Л2 - вход линий связи,
GPS - встроенные приемники и антенны системы GPS,
шунт - разъем для подключения шунтирующего сопротивления, А - аккумулятор;
БМ - бортовой модуль (адаптер линий связи);
ЛЛ - вход левой линии связи, ПЛ - вход правой линии связи,
С - система синхронизации на основе GPS,
USB - интерфейс; БК - бортовой компьютер.

и обработки принимаемой пространственной и геофизической информации.

Адаптер линии связи предназначен для согласования шины USB с линиями связи, организации передачи команд и сбора данных от полевых измерителей и синхронизации измерений с коммутатором тока. Сбор данных происходит одновременно с двух линий связи, что позволяет организовывать произвольное подключение полевых модулей.



Рис. 3. Полевой измеритель телеметрической станции «ПИКЕТ».

Полевые модули (рис.3) располагаются непосредственно у приемных петель (ПП) и посредством линий связи соединяются последовательно в цепочку. Основу регистрирующего тракта составляет двадцатичетырехразрядный дельта-сигма АЦП фирмы "Crystal Semiconductor Corporation". Предусмотрено два независимых входа для регистрации сигналов от разных секций приемной петли или от разных приемников. В случае возникновения паразитного колебательного процесса в приемной петле («звон петли») возможно подключение шунтирующего сопротивления на разъем «шунт».

Технические характеристики измерителей:

- шаг дискретизации сигнала по времени арифметический - 31, 250, 500 мкс,

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



1, 2, 4, 8, 16 мс;

- количество коммутируемых каналов на входе - 2;
- вход сигнала - дифференциальный (симметричный);
- максимальный входной сигнал (U_{max}) - не менее 5,5 В;
- коэффициент усиления предварительного усилителя (K_y) - 1, 4, 16, 64, 256, 512, 2048, 8096, 32768;
- количество разрядов аналого-цифрового преобразователя равно 23 плюс знак;
- максимальное количество отсчетов при регистрации входного сигнала - 14000.

Программа «Регистрация ЗСБ»

Полнота использования возможностей, предоставляемых аппаратурой, напрямую зависит от качества применяемого программного обеспечения. Неотъемлемой частью телеметрической станции «Пикет» является программа «Регистрация ЗСБ» (рис. 4). Можно перечислить следующие основные функции программы: управление работой драйвера станции, задание параметров регистрации сигналов, визуализация получаемых пространственных и геофизических данных, экспрессная обработка, осреднение, расчет трансформант сигналов, сохранение информации.

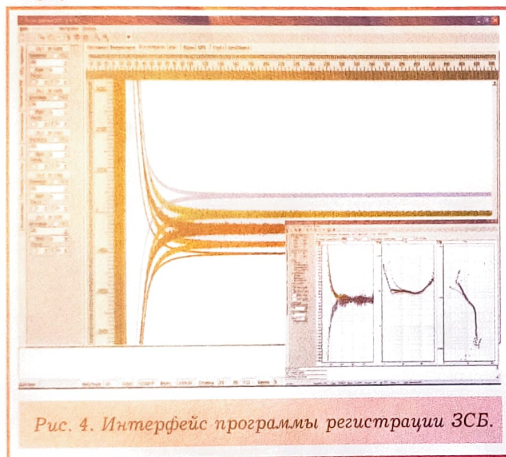


Рис. 4. Интерфейс программы регистрации ЗСБ.

К основным настройкам регистрирующей системы относятся общие параметры регистрации, такие как шаг дискретизации сигнала, количество регистрируемых импульсов, число отсчетов в каждом импульсе и др. Для каждого канала существует возможность задать собственные параметры - усиление, коммутацию шунтирующего сопротивления, выбрать одну из двух секций приемных петель (датчиков поля). Также настраиваются параметры тестирования (определяется набор тестов), опрос GPS приемников, параметры визуализации.

Программа «Регистрация ЗСБ» обладает мощными возможностями визуализации получаемых данных. На соответствующих вкладках визуализируется в реальном времени регистрируемый сигнал единичных импульсов по всем каналам, все накопленные реализации по всем каналам, спектр сигналов. Кроме этого, отображается информация, получаемая от встроенных в модули GPS-приемников, а также с помощью оригинального ГИС-компонента, визуализируется карта участка работ с запроек-тированной и реальной сетью наблюдения.

В телеметрической станции «Пикет» реализованы оригинальные экспрессные способы проверки работы, как регистраторов, так и самих приемников поля. Концепция работы системы тестирования позволяет проводить необходимые мероприятия непосредственно в любых полевых условиях и не требует привлечения дополнительного оборудования. Процесс измерения тестируемых параметров и регистрация тестовых записей оптимизирована для получения максимально информативных данных достаточных для оценки корректности работы регистраторов. Основа системы тестирования - генераторы тестовых сигналов, встроенные в полевые модули станции. Основные способы: тестирование напряжения питания модулей; измерение реальных коэффициентов усиления; измерение сопротивления приемной петли (линии); сбор шумов и оценка их уровня при выключенном источнике тока; регистрация тестовых сигналов заданной частоты и амплитуды, подаваемых в приемную петлю с встроенного генератора. Технология автоматического тестирования станции реализована в программе регистрации. Окно состояния тестируемых параметров приведено на рис. 5.

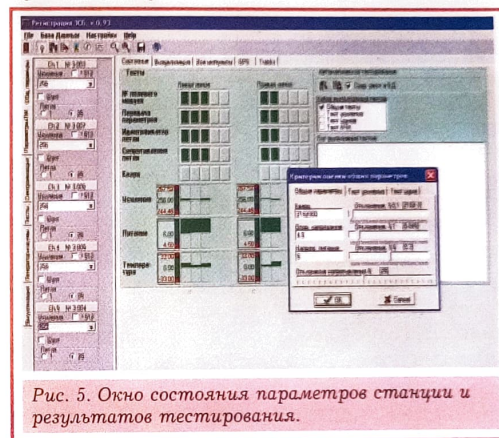
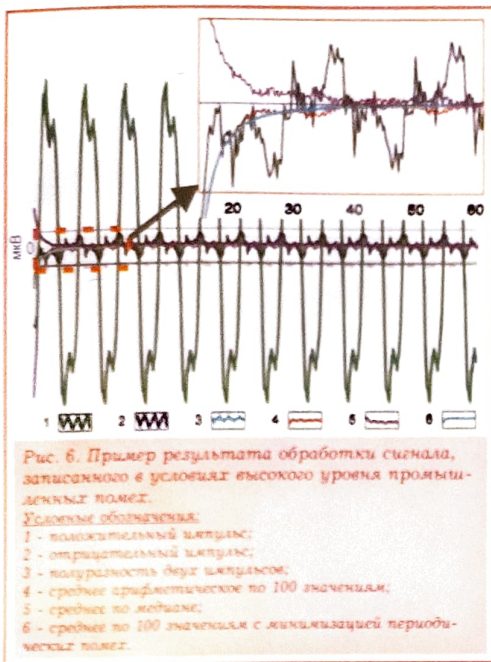


Рис. 5. Окно состояния параметров станции и результатов тестирования.

Для контроля состояния приемников поля разработана система установки микросхем-идентификаторов (ПЗУ) в разъемы, через которые приемные петли подключаются к полевым модулям. После изготовления петли и ее проверки производится измерение сопротивления секций и запись в ПЗУ нормального значения сопротивления. Кроме того, в память сохраняются уникальный номер петли, данные о количестве витков каждой секции, дата изготовления и ремонта, а также дополнительный комментарий. При подключении петель к модулям производится считывание параметров петли из микросхем-идентификатора. Номер петли и количество витков сохраняется в базе данных. Таким образом, четко контролируются данные о том, на каких приемных пикетах использовалась та или иная петля.

Программа предварительной обработки сигналов «ТЕМ-Processing»

Система цифровой регистрации с арифметическим шагом дискретизации и сохранение всех реализаций сигналов предопределяет использование эффективных средств осреднения накопленных массивов данных и подготовки итоговых кривых зондирования. Запись по «открытому каналу», без применения аналоговой фильтрации и суммирования накоплений позволяет получать максимально «чистые»



сравнение сигналов - цифровые осциллограммы во всех пунктах наблюдений. Предварительная обработка сигналов ЗСБ объединяет в себя процедуры для подготовки финальных кривых, включая анализ всех накоплений с помехами, просмотр сигналов, осреднение сигналов, подавление помех различной природы, интерпретацию временных сетки с геометрическим и арифметическим шагом, расчет коэффициентов дисперсии функций.

Для работы при значительном уровне помех, вызванных электромагнитными помехами в условиях обработки TEM-Processing разработан специальный алгоритм. Он основан на автоматическом подборе амплитуд, фаз и частоты помехи и ее удалении из сигнала. Алгоритм для каждого из зарегистрированных импульсов поля становления. Примеры, иллюстрирующие эффективность работы алгоритма приведены на рис. 6. Как показывает опыт, достигается подавление амплитуды периодических помех более чем в 1000 раз.

В случае импульсных помех наилучший результат достигается с применением робастного алгоритма основанного на использовании М-оценок Хьюбера. Практическое применение алгоритмов робастных оценок показало, что для осложненных сигналов становления поля, характеризующихся наличием нормально распределенных данных, робастные оценки обладают наименьшей видимой дисперсией. В зависимости от количества и амплитуды выбросов робастные оценки характеризуются дисперсией на 30% - 40% меньшей дисперсии медианных оценок. Для данных, не осложненных «тяжелыми хвостами», робастные средние значения приближаются к среднеарифметическим. Практическое использование робастных оценок при импульсных помехах фактически двукратно повышает эффективное количество накоплений.

Как показал опыт цифровой математической обработки данных, визуально весьма сложно оценивать эффективность работы того или иного обрабатываемого алгоритма. Для сравнения разных способов обработки сигналов был разработан программный модуль. Оценка

соотношения сигнал/помеха производится каждый раз при обработке записей с целью выбора оптимального алгоритма осреднения и подавления помех. В специализированный блок программы TEM-Processing в качестве исходных данных поступают массивы, полученные при разных способах обработки и осреднения наблюдаемых сигналов. Критерием сигнала является его средняя величина в заданном временном интервале, помеха оценивается по величине стандартного отклонения. Отношение сигнал/помеха рассчитывается как отношение среднего и дисперсии сигнала.

Заключение

Разработка телеметрической электро-разведочной станции «ПИКЕТ» и программного комплекса позволила повысить информативность, качество данных и производительность работ методом ЗСБ. Применяемые алгоритмы подавления периодических и импульсных помех позволили значительно улучшить отношение сигнал/помеха, обеспечили возможность проведения работ в промышленных районах, электроразведочные исследования в которых с аппаратурой предыдущих поколений были крайне затруднены.

Литература

1. Агафонов Ю.А., Поспеев А.В. Программно-измерительный комплекс для работ методом ЗСБ // Геофизический вестник. 2001, №10, с. 8-11.
2. Агафонов Ю.А., Кондратьев В.А., Ольховик Е.А., Пашевин А.М., Поспеев А.В. Результаты применения новых технологий электромагнитных зондирований на юге Сибирской платформы // Разведка и охрана недр. 2004, №8-9, с. 26-28.





Геотех-06

Саратов,
5-6 сентября 2006 г.

**Научно-техническая конференция
«Современные технологии регистрации
геолого-геофизических данных при проведении
поисково-разведочных работ на нефть и газ»**

Снова собирает своих постоянных участников и всех заинтересованных в тематике конференции специалистов научных, разведочных, промысловых и производственных геофизических организаций России и ближнего зарубежья для знакомства с последними достижениями и обмена опытом.

Заявки на участие в конференции и тезисы выступлений принимаются до 25 августа 2006 г. В заявке необходимо указать Ф.И.О. участников, темы доклада, необходимость выставочных площадей.

Целевой сбор на проведение конференции 2000-00 за одного участника направляется безналичным перечислением по реквизитам:

Получатель - Саратовское региональное отделение межрегиональной общественной организации «Евро-Азиатское геофизическое общество», ИНН 6452051820, КПП 645201001, Р/с 40703810856070101637, в Саратовском ОСБ №8622 г. Саратов, БИК 046311649, к.сч. 30101810500000000649. Назначение платежа: «Целевой сбор на проведение конференции».

Организаторы конференции ждут старых друзей и приглашают новых участников.

Адрес: 410019, Саратов, ул. Крайняя, 129
Тел: (8452) 64-14-32; факс: (8452) 64-14-52;
e-mail: turlov@skbap.ru

ОРГКОМИТЕТ

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ