



Аппаратурный электроразведочный комплекс "ЦИКЛ-7"

Секачев М.Ю., Балашов Б.П., Саченко Г.В., Вечкапов О.П., ООО "НТФ "ЭЛЬТА-ГЕО", г. Новосибирск;
Захаркин А.К., Тарло Н.Н., ФГУП СНИИГГиМС, г. Новосибирск;
Могилатов В.С., Злобинский А.В., Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск

1. Аппаратура ЦИКЛ-7 предназначена для проведения электроразведочных работ методами переходных процессов. Семейство электроразведочной аппаратуры «ЦИКЛ» хорошо известно в России и за ее пределами.

Цикл-2, выпускавшийся совместно организациями: СНИИГГиМС и СибОКБ, (1975 - 1990 гг. - 100 комплектов) позволял проводить электроразведочные работы методами ЗСБ и МПП. Высокое качество измерений достигалось хорошо проработанным измерительным трактом и аппаратной цифровой фильтрацией сигнала на поздних временах.

Цикл-4, вобрав в себя лучшие отработанные элементы технологий измерений, имел более качественные характеристики не только благодаря более современной элементной базе, но также, получив более оптимальную технологию измерения - интегрирование входного сигнала на расширяющихся интервалах. Цикл-4 выпускался совместно СНИИГГиМС и СибОКБ (1990 - 1992 гг. - 10 комплектов).

В 1992 г. была выпущена первая малогабаритная аппаратура семейства Цикл - «Цикл-Микро». В этой аппаратуре коренным образом была изменена концепция построения аппаратуры с точки зрения электроники. Малые габариты были получены благодаря переходу к построению измерителя на базе однокристального микроконтроллера. Цикл-Микро выпускался СНИИГГиМС (1990 - 1996 гг. - 25 комплектов).

Дальнейшее уменьшение размеров (до одной платы), расширение возможностей, улучшение качества измерения и помехозащищенности, было реализовано в аппаратуре «Цикл-5», предназначенной для методов МПП, ЗСБ и ВП. Эта аппаратура уже не могла работать без компьютера, но благодаря тому, что все результаты измерений передавались в компьютер, кроме расширенных возможностей по обработке измеряемого сигнала, появилась возможность более точно диагностировать работоспособность аппаратуры и параметры работы измерительного канала в процессе измерений.

Одним из заметных для того времени достижений можно считать реализацию возможности регистрации сигнала со времени 0,4 мкс. Хотя реальные полевые данные, получаемые на петлях малых размеров, не позволяли продвинуться на

времена менее 3 - 5 мкс, наличие возможности регистрации более ранних времен оказывалось весьма полезным при исследовании собственных процессов элементов тракта «возбуждение измерение».

Расширенный временной диапазон регистрации, неплохие показатели скорости выключения тока в реальных петлях, разработанный ряд коммутаторов тока различной мощности - все эти составляющие позволяли считать Цикл-5 аппаратурой широкого спектра применения с возможностью исследования геологического разреза от единиц метров до километров.

Цикл-5 выпускался СНИИГГиМС (1997 - 2004 гг. - 30 комплектов).

Аппаратура «Цикл-6» - следующий этап развития в расширении возможностей и улучшение качества измерений. Кроме отработанного измерительного тракта на основе интегрирования сигнала аппаратура получила второй измерительный канал - для измерений ЗСБ и ВП - на базе 24-разрядного дельта-сигма АЦП.

Измерительный канал с интегрированием адаптирован к измерению спадающих сигналов МПП и ЗСБ, для измерения же сигналов ВП, значительных по уровню на большом протяжении времени, в Цикл-5 применялась технология искусственного ослабления входного сигнала. Введение канала с 24-разрядным АЦП позволило повысить точность измерения сигналов ВП. Также измерения с равномерным шагом в дальнейшем легко обрабатываются с помощью цифровых фильтров, в частности, фильтра подавления промышленных помех 50 Гц.

Практическая работа с двумя вариантами измерительного канала расширяет возможность маневра в методике измерения. Опыт работ не позволил отдать безусловное предпочтение более современному дельта-сигма АЦП. Измерительный канал с интегрированием сигнала обладает рядом привлекательных свойств, и в дальнейших разработках он также будет использоваться.

2. В базовый комплект аппаратуры Цикл-7 входят:

- измеритель;
- генератор тока (коммутатор);
- компьютер;
- приемный датчик;
- генераторная петля;

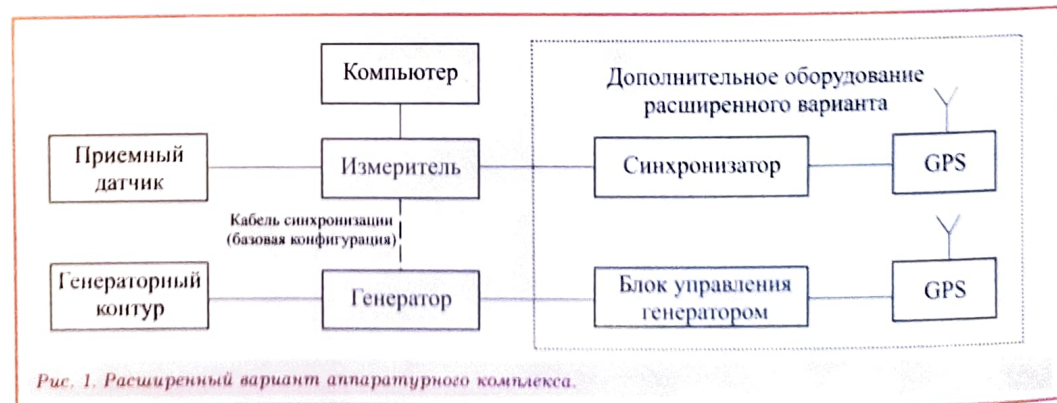


Рис. 1. Расширенный вариант аппаратного комплекса.

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

-аккумуляторы питания измерительной части и системы возбуждения.

В такой конфигурации измеритель связан с генератором коротким кабелем синхронизации (0,5м), по которому передаются сигналы управления генератором и значение тока в генераторной петле. Эта конфигурация, наиболее распространенная, применяется с генераторными петлями от 20х20 м. до 500х500 м. при исследовании глубин до 500-800 м. Задачи, решаемые этой конфигурацией, связаны с поиском рудных объектов, геокартированием, гидрогеологией, инженерной геологией.

Расширенный вариант аппаратного комплекса без источников питания (рис. 1) включает в себя дополнительно блок управления генератором и комплект для синхронизации от спутников GPS. Этот комплект позволяет работать с любыми заранее предусмотренными соотношениями ток-пауза и менять в ходе работы временные диаграммы без необходимости фазирования измерителя с генератором. Подобный вариант используется, как правило, при проведении электроразведочных работ методами ЗСБ и ВП, при проведении площадных съемок, когда измеритель и генератор разнесены на значительное расстояние. В этом варианте отсутствует возможность измерять значение тока в генераторном контуре и используется генератор со стабилизацией тока.

3. Структурная схема измерителя представлена на рис. 2.

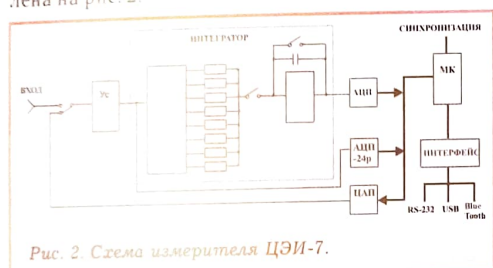


Рис. 2. Схема измерителя ЦЭИ-7.

Измеритель перед каждым циклом измерений выполняет тестовые калибровочные измерения, позволяющие, во-первых, определить работоспособность измерителя, во-вторых, компенсировать температурные и временные изменения статических характеристик измерительного тракта. Каждый цикл измерений начинается с предварительного измерения, в котором определяются параметры входного сигнала. По предварительно измеренному входному сигналу управляющая программа выбирает оптимальные параметры измерения:

- коэффициент усиления буферного усилителя;
- выходной сигнал ЦАП для компенсации

входного смещения;

- оптимальные коэффициенты передачи интегратора для всех интервалов интегрирования.

Тестовые и рабочие измерения выполняются по одинаковым алгоритмам: входной сигнал через буферный усилитель поступает на вход интегратора. Результат интегрирования на определенном временном интервале кодируется АЦП и считывается микроконтроллером. Коэффициент передачи интегратора на каждом i -м интервале интегрирования определяется предварительно в тестовом цикле. Результат интегрирования относится к середине интервала интегрирования. Шкала времен измерения для этого измерительного тракта является псевдо-логарифмической и определяется последовательностью интервалов интегрирования. Базовая длительность интервала интегрирования не превышает $1/8$ времени измерения (20 точек на декаду). Пользователь может выбрать другую плотность шкалы - от 4 до 80 точек на декаду.

Второй вариант измерительного тракта, на основе дельта-сигма АЦП, имеет равномерный шаг шкалы времен измерения (от 25 мкс до 20 мс). Сигнал с выхода буферного усилителя поступает на вход АЦП и далее результат кодирования считывается микроконтроллером.

Дальнейшие преобразования сигнала производятся в компьютере, в который микроконтроллер передает данные по одному из интерфейсов. Пользователь в зависимости от имеющегося компьютера выбирает один из 3-х интерфейсов - RS232, USB или беспроводный Blue Tooth, который наиболее подходит в случае использования наладочного компьютера. Управляющая программа измерителя работает в среде Windows, включая Windows XP.

Кроме имеющихся в варианте Цикл-6 способов обработки измеренного сигнала добавлены дополнительные возможности по фильтрации сигнала, измеренного с равномерным шагом, а также по усреднению нескольких измеренных кривых с разными временными диапазонами. Появилась возможность текущей визуализации реализаций измеренного сигнала с выводом кривой текущего среднего, полученного по выбранному алгоритму усреднения.

4. В комплексе Цикл-7 разработана линейка генераторов тока, ориентированных на разный диапазон глубин исследования. Их характеристики приведены в таблице 1.

5. Аппаратура комплектуется дополнительным оборудованием и программными средствами, что позволяет считать ее электроразведочной системой или, используя известную терминологию, «аппаратурно-методическим комплексом»:

Таблица 1. Характеристики генераторов тока.

Тип, Характеристика	Напряжение, В	Ток, А	Вес, кг
1. ГТЭ-1 - малогабаритный генератор мощностью 1 кВт для рудных, геокартировочных, гидрогеологических задач с глубиной исследования до 500-800 м. Синхронизация по кабелю.	80	20	3
2. ГТЭ-4 - малогабаритный генератор мощностью 4 кВт для рудных и нефтяных задач с глубиной исследования до 1000м. Синхронизация по кабелю и от спутникового синхронизатора. Может комплектоваться стабилизатором тока для площадных работ.	200	40	6
3. ГТЭ-45 - генератор мощностью 45 кВт для нефтепоисковых работ методами ЗСБ и ВП. Синхронизация по кабелю и от спутникового синхронизатора. Может комплектоваться стабилизатором.	500	100	40

Таблица 2. Характеристики датчиков типа ПДИ

	ПДИ-20	ПДИ-50	ПДИ-100	ПДИ-500
Эффективный момент, кг	400	2500	10000	250000
Полоса пропускания, кГц	200	50	10	1
Габаритные размеры, мм	0,8×0,8	0,9×0,9	0,9×0,9	4×4 (монтаж)

5.1. ПДИ - компактный приемный индукционный датчик, представляющий собой многовитковую приемную рамку небольших размеров со встроеным малошумящим предусилителем. Выпускается линейка таких датчиков, характеристика которых приведена в таблице 2.

5.2. Устройство тестирования аппаратуры IDEM-TEST, позволяющее оперативно в полевых или лабораторных условиях комплексно проверить работоспособность аппаратуры (коммутатора и измерителя) и оценить качество настройки измерительного канала. Принцип тестирования основан на зондировании модели среды в виде эквивалента S-плоскости, как это делается при физическом моделировании на металлических моделях. Оценка качества измерения на тестовых моделях опирается на теоретические расчеты для этих моделей.

5.3. В аппаратный комплекс входит программа ПРОБА, предназначенная для

предварительной обработки полевых данных, их редакции (отсечение «ненужных» точек, сглаживание, робастное осреднение повторных измерений, «сшивка» разных режимов измерений, преобразование шкалы времен и т.д.). Кроме того, на основе трансформант возможен предварительный геофизический анализ результатов измерений, подготовка к интерпретации в системе ПОДБОР.

5.4. ПОДБОР - программный комплекс, предназначенный для интерпретации данных методов МПП-ЗСБ в рамках одномерной модели среды, когда результат зондирования на каждом пикете трактуется с позиции горизонтально-слоистой модели среды. В основе метода инверсии лежит строгая прямая задача ЗСБ. Автоматизированные алгоритмы определения параметров модели среды дают минимальное расхождение между полевой и теоретической кривыми зондирования. Программа обеспечена профильной и площадной рисовкой результатов интерпретации.

6. Аппаратура последних моделей ЦИКЛ-5 и ЦИКЛ-6 выпущена в количестве 35 комплектов разной конфигурации и успешно эксплуатируется в разных странах и на разных континентах: Россия, Казахстан, Армения, Украина, Израиль, ЮАР, Южная Корея, Перу.

Геолого-геофизические критерии выбора оптимальных условий взрыва на сейсморазведочных работах в Томской области

Закариев Ю.Ш., Рябошапка С.М., ЗАО НПП «ГеоСейсКонтроль», г. Москва;
Бабушкин А.Е., ФГУП «СНИИГГИМС», г. Новосибирск

Постоянно возрастающие требования заказчиков к качеству полевой сейсмической информации остро ставят перед подрядчиком проблему взрыва в оптимальных условиях, которая осложнена необходимостью предварительной зарядки скважин. Опытные работы на площади исследований, изучение волнового поля, ВЧР несомненно приводят к повышению качества первичной информации, но не решают полностью проблему оптимального выбора условий взрыва - наблюдения нередко бракуются заказчиком и вновь отрабатываются подрядчиком. Значительный объем таких повторов возникает из-за отсутствия информации о геологическом строении приповерхностной части ВЧР, что приводит не только к осложнению, удорожанию, сдерживанию производительности сейсморазведочных работ, но порой и к срыву сроков выполнения геологического задания полевого сезона.

Специалистами ЗАО НПП «ГеоСейсКонтроль» проанализирована накопленная в течение 2001-2004 гг. информация по выбору оптимальных условий в сейсмопартиях на территории Томской области (с привлечением геологических материалов о строении неоген-четвертичных отложений ВЧР) с целью поиска корреляционных связей между геофизическими и ландшафтно-геоморфологическими критериями.

1. Геологическое строение ВЧР запада Томской области.

Совместная интерпретация данных государственной геологической съемки масштаба 1:200000, гидрогеологических, инженерно-изыскательских работ: бурения колонковых, ручных

скважин и сведения из отчетов супервайзеров о породах взрывных скважин, позволили построить геологические разрезы и карту масштаба 1:50000 и получить достоверную информацию о строении и литологическом



Рис. 1. Карта расположения площадей.