

Аппаратура и программное обеспечение для наземной и морской модификаций ДНМЭ

Алаев В.Н., Давыденко Ю.А., Жуган П.П., Мальцев С.Х.,
ООО «Сибирская научно-производственная компания», г. Иркутск

Введение

«Сибирская геофизическая научно-производственная компания» является разработчиком и патентообладателем эффективной методики поисков залежей углеводородов, называемой дифференциально-нормированным методом электроразведки (ДНМЭ). Метод основан на выявлении аномалий ВП, возникающих над залежами углеводородов под воздействием восстановительной обстановки. Существуют три модификации метода: первая - для наземных дипольных зондирований, вторая - для установки с двумя приемными линиями и генераторной петлей, третья - для морских дипольных зондирований. В морской технологии используются измерения в движении, что позволяет сочетать высокую информативность и производительность. При геологической интерпретации данные ДНМЭ комплексированы с данными каротажа и сейсморазведки. На основе комплекса ДНМЭ-сейсморазведка бурением более 150 скважин в различных геологических условиях подтверждено более 80% верных прогнозов на суше и более 90% на море.

ДНМЭ относится к импульсным методам электроразведки. После более чем двух десятков лет успешных работ аналоговой аппаратурой в 1997 году разработчики метода совершили переход на цифровую аппаратуру. За основу было взято сейсмическое 24-разрядное сигма-дельта АЦП фирмы Crystall CS5321. Были разработаны оригинальные входные цепи для измерения первой и второй пространственной разности потенциалов. Для того чтобы иметь возможность на стадии преобразования максимально поднять соотношение сигнал/помеха было принято решение сохранять весь массив исходных данных. В результате, был создан уникальный программно-измерительный комплекс, предназначенный для сбора, хранения и обработки данных электромагнитных зондирований, который с минимальными изменениями может быть адаптирован для любого импульсного метода. Для хранения информации на платформе Microsoft SQL Server была создана база данных (БД), объединяющая **реляционную БД и файловую БД**. На настоящий момент для работы с этой базой данных разработано и адаптировано более трех десятков приложений, которые и составляют программно-измерительный комплекс ДНМЭ. Комплекс доказал свою пригодность к обработке и хранению значительных объемов полевых дан-

ных - несколько тысяч точек зондирования за полевой сезон. Обработка полевого материала проводится в автоматическом режиме.

Параллельно интенсивно развивалась силовая аппаратура. Разработан тиристорный коммутатор, который более 20 лет успешно эксплуатируется в наземных условиях. Для морских работ разработана значительно более мощная модификация. За последние 5 лет внедрен транзисторный коммутатор, отличающийся высокой надежностью и позволяющий получать значительно более «чистый» фронт выключения токового импульса.

1. Силовая аппаратура программно-измерительного комплекса ДНМЭ

1.1 Транзисторный инвертор

Назначение

Транзисторный инвертор предназначен для питания током линии АВ или магнитного диполя при проведении наземных полевых работ электроразведочными методами. Прибор предназначен для работы в комплекте аппаратуры ДНМЭ. Он преобразует постоянный ток генератора в разнополярные импульсы с интервалом, равным длительности импульса. Во время интервала мощность генератора переключается на балластное сопротивление, входящее в комплект генераторной установки. Источником силового питания транзисторного инвертора, как правило, служит генератор постоянного или переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Можно использовать трехфазные электростанции переменного тока с напряжением 380В.

Краткие технические характеристики

- Входное постоянное напряжение до 500В или переменное напряжение до 380В
- Питание прибора - 9-18В
- Максимальный ток коммутации - 100А.
- Минимальный ток коммутации - 3А
- Рабочие частоты фиксированные - 1, 0.5, 0.25, 0.125 Гц
- Максимальный ток потребления управляющих цепей - 0.5 А
- Масса прибора - 17 кг

Устройство и работа прибора

Структурная схема прибора показана на рис.1. Расположение основных узлов в транзисторном инверторе показано на рис.2.

Плата управления и защиты формирует и обрабатывает сигналы, поступившие от других узлов, а также управляет ими. Вся необходимая информация отображается на дисплее. Панель управления служит для изменения режима работы прибора. GPS синхронизация синхронизирует момент пропускания тока в питающей линии с сигналом точного времени, поступившим от GPS приемника. В случае отсутствия GPS приемника прибор может работать автономно и выдавать синхронизирующий сигнал для приемной части аппаратуры. Силовой модуль преобразует поступающее на него постоянное напряжение в импульсы положительной и отрицательной полярности.

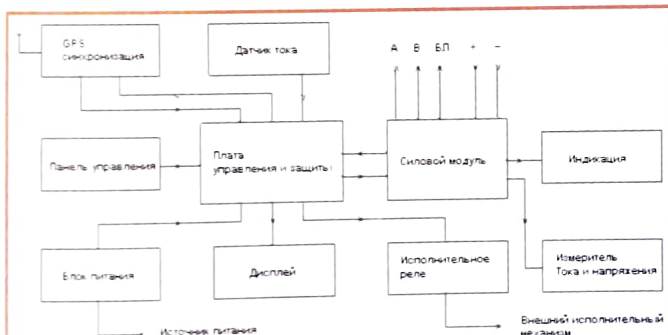


Рис. 1. Структурная схема инвертора.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРО- И СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

сти и коммутирует ток между питающей линией и балластом. Индикация, датчик тока, измеритель тока и напряжения служат для контроля текущего состояния силовой части аппаратуры. В случае аварийной ситуации исполнительное реле, управляемое системой защиты, дает команду на внешнее устройство. Питается прибор от низковольтного источника тока, как правило, от бортовой сети автомобиля, через гальванически развязанный блок питания.

Плата управления и защиты

Ее основой является программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС — Programmable Logic Device — PLD) американской фирмы ALTERA. Главным отличительным свойством ПЛИС является "жесткая" логика и возможность ее настройки на выполнение заданных функций самим пользователем и таким образом реализовать достаточно сложные проекты. Для программирования или изменения логики работы используется САПР MAX+PLUS II, представляющей собой интегрированную среду для разработки цифровых устройств на базе программируемых логических интегральных схем фирмы ALTERA.

Программа, загруженная в логическую интегральную схему, реализует следующие функции:

- Формирование управляющих сигналов;
- Защитные функции;
- Обработку сигналов, поступивших с панели управления;
- Вывод информации о текущем рабочем процессе и состоянии системы защиты через микроконтроллер на дисплей.

Формирование управляющих сигналов

Сигнал, синхронизированный с сигналом точного времени от GPS, преобразуется таким образом, чтобы получить необходимую форму тока, нужной длительности и полярности, в питающей линии. При автономной работе (без GPS) используется тактовая частота от высокостабильного кварцевого генератора U1 с нужным коэффициентом деления, а также формируется синхронизирующий сигнал для приемной части аппаратуры.

Защитные функции

При возникновении аварийной ситуации в модуле, изменении заданных значений тока (I_{min} и I_{max}) или превышении напряжения (U_{max}) формируется сигнал ошибки, который выключает исполнительное реле и снимает с силового модуля все управляющие сигналы. Источник ошибки запоминается и выводится на дисплей. Для измерения заданных значений тока (I_{min} и I_{max}) используется компенсационный датчик на эффекте Холла LT 100-S. Он применяется для электронного преобразования постоянного, переменного и импульсного тока в пропорциональный выходной ток и имеет гальваническую развязку между силовой и измерительной цепями.

Обработка сигналов

Производится обработка сигналов об изменении режимов прибора, поступающие с панели управления.

Вывод информации

Вывод информации о текущем рабочем процессе и состоянии системы защиты производится на дисплей.

Интеллектуальный силовой модуль IGBT SKiIP

Основным узлом прибора

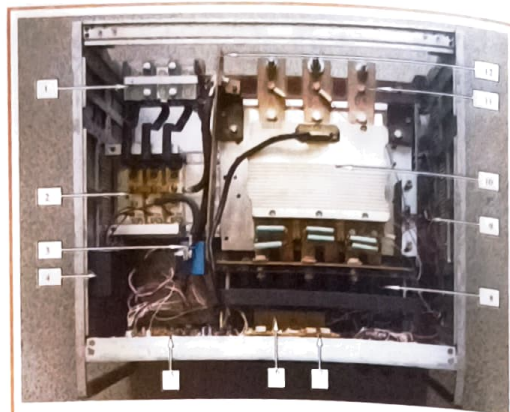


Рис. 2 Расположение основных узлов в транзисторном инверторе.

1. Колодка подключения переменного трехфазного напряжения 380V.
2. Блок полупроводящего выпрямителя
3. Датчик тока
4. Блок управления выпрямителем
5. Плата управления и защиты
6. Исполнительное реле
7. Приборная плата
8. Блок высоковольтных конденсаторов
9. Блок вентиляторов
10. Силовой модуль SKiIP
11. Шины подключения балласта и линии.
12. Шины подключения внешнего высоковольтного выпрямителя

является инвертирующий 3-фазный мост, упрощенная схема которого приведена на рис.3. Мост состоит из шести коммутационных транзисторов (VT1- VT6), рассчитанных на ток не менее 100 А и напряжение не менее 1200 В. Транзисторы VT1 и VT2 служат для переключения тока в линии АВ. VT5 и VT6 служат для переключения тока на балласт. Транзисторы VT3 и VT4 общие и работают в обоих случаях.

График (рис.4) иллюстрирует прохождение тока в питающей линии АВ и балласте. Тактовая частота синхронизирована с сигналом PPS от приемника GPS. Сигнал SINX вырабатывается самим прибором при отсутствии GPS синхронизации.

Интеллектуальные силовые модули объединяют в одном устройстве 3-фазный мостовой силовой каскад, драйвер и устройство защиты. Минимальные длины линий связи позволяют получить низкие значения распределенных индуктивностей, что уменьшает уровень переходных перенапряжений и уровень EMI. Хорошая тепловая связь элементов модуля повышает надежность работы схемы защиты.

1.2 Тиристорный инвертор

Назначение

Тиристорный инвертор предназначен для питания током линии при проведении морских работ электроразведочными методами в комплексе аппаратуры ДНМЭ. Он преобразует

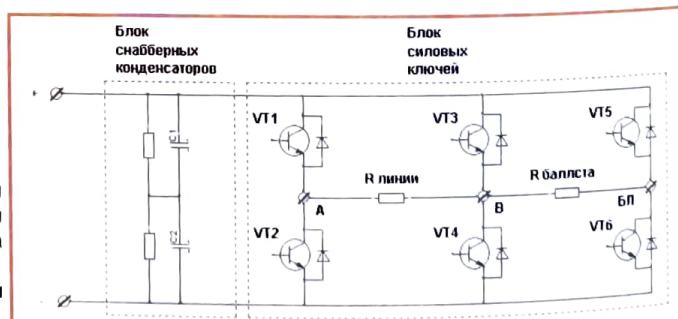


Рис. 3. Инвертирующий 3-фазный мост



Рис. 4 График работы силовых ключей



Рис. 5 Структурная схема мощной генераторной установки

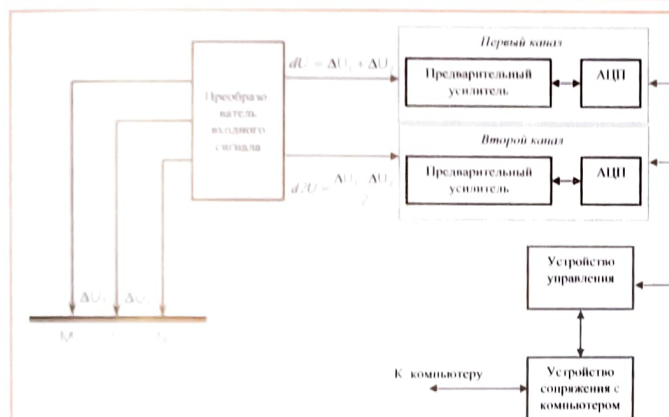


Рис. 6. Схема электрическая функциональная.
М, О, N – точки заземления датчика поля
 ΔU_1 – разность потенциалов между точками М и О
 ΔU_2 – разность потенциалов между точками О и N

постоянный ток в разнополярные импульсы с интервалом, равным длительности импульса (рис. 4). Во время интервала мощность генератора переключается на балластное сопротивление, входящее в комплект генераторной установки (рис. 5).

Является источником электроэнергии для питания силовых цепей прибора от трехфазного выпрямителя с выходным напряжением до 550 В, полной максимальной мощностью до 500 кВА.

Краткие технические характеристики

- Питание цепей управления прибора от блока питания 220В
- Максимальный ток коммутации – 1000А
- Температура окружающей среды 0...40 °С
- Сопротивление изоляции токоведущих частей двухполярного ключа относительно корпуса и между цепями, электрически не связанными между собой, не менее - 0,5Мом
- Длительность тактовых импульсов – 4 или 8 сек.
- Минимальное время выключения тока АВ или магнитного дipoля- 500 мкс.
- Максимальный ток потребления управляющих цепей – 0.5 А.

II. Приемная аппаратура

Измеритель разности потенциалов геофизический ИРПГ (далее измеритель) предназначен для проведения геофизических исследований дифференциально-нормированным методом электроразведки (ДНМЭ). В этом методе электроразведки для изучения геоэлектрических и поляризационных свойств земной коры используются дифференциально-нормированные параметры, которые представляют собой отношение разностей потенциалов электромагнитного поля.

Принцип работы прибора основан на измерении разностей потенциалов и преобразовании их по заданным алгоритмам с целью получения дифференциально-нормированных параметров. Управление измерителем осуществляется программным путём с помощью портативного персонального компьютера. Результаты измерений преобразуются в цифровой код и передаются в компьютер, где обрабатываются и используются в дальнейшем для изучения геоэлектрических свойств разреза.

Работа измерителя осуществляется следующим образом (рис. 6).

Сигнал с датчика поля, в качестве которого используется трёхточечная приёмная (измерительная) установка с гальваническим заземлением, поступает на вход преобразователя входного сигнала. Входные цепи выполнены на операционных усилителях с высоким входным сопротивлением. В преобразователе происходит формирование двух сигналов по формулам, представленным на рисунке. Далее сигналы поступают на два канала, выполненные по идентичной схеме. В предварительном усилителе производится компенсация дрейфа нуля усилительного

тракта (балансировка) и усиление сигнала. АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровой код. Далее сигнал в отсчетах АЦП через устройство сопряжения поступает в компьютер, где производится дальнейшая обработка сигнала.

Отличительной особенностью измерителя является то, что формирование двух сигналов dU и $d2U$, их усиление и оцифровка осуществляется раздельными каналами. Данный преобразователь входного сигнала является оригинальным устройством, которое используется только в ДНМЭ. ИРПГ прошел аттестацию и внесен в государственный реестр средств измерений под номером 42970-09.

Технические характеристики аппаратуры

- Рабочие условия применения: температура окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40 °С;
- Датчик поля – трёхточечная заземлённая линия (М, О, N);
- Количество каналов измерения - 2, 3 - суша, 6 – море;
- Интерфейс для подключения к компьютеру - последовательный (USB).

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРО- И СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Измеритель работает под управлением персонального компьютера и выполняет следующие основные функции:

- измерение, преобразование сигналов и передача их в персональный компьютер;
- запуск измерений с помощью внешней синхронизации;
- установка коэффициентов усиления раздельно по каждому каналу;
- сдвиг уровня постоянной составляющей (балансировку) раздельно по каждому каналу;
- Требования к персональному компьютеру:
- частота центрального процессора - не менее 1 ГГц;
- оперативная память - не менее 512 МВ;
- место на жестком диске - не менее 20 МВ;
- операционная система - Windows ®2000/XP.

2.1 Основные параметры и характеристики

- Диапазон измерений разности потенциалов - от 0,005 до 4,5 В положительной и отрицательной полярностей при коэффициенте усиления равном 1 (Максимальная чувствительность в 1 мкВ достигается при больших коэффициентах усиления за счет обработки статистически значимой серии измерений)

- Предел допускаемой относительной погрешности, $\pm 1\%$ не более

- Коэффициент усиления измерителя дискретный- 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128;

- Допускаемое отклонение коэффициентов усиления от номинальных значений, не более- $\pm 0,5\%$.

- Номинальная ступень шага квантования -0,7 мкВ.

- Входное сопротивление по постоянному току, не менее- 100 Мом.

- Время установления рабочего режима, не более- 15 мин.

- Питание измерителя осуществляется от источника постоянного напряжения- от 10,5 до 15,0 В.

- Потребляемая мощность, не более- 5 Вт.

- Габаритные размеры составных частей измерителя, мм

блок измерительный «МОСТ»- 225×165×60

адаптер линии связи «АЛС»-140×115×35

устройство синхронизации «УС» -140×115×35

Масса составных частей измерителя, кг

блок измерительный «МОСТ»- 1,2

адаптер линии связи «АЛС»- 0,2

устройство синхронизации «УС»- 0,3

- Показатели надежности измерителя:

средняя наработка на отказ, не менее- 5000 ч

средний срок службы не менее- 5 лет.

2.2 Аппаратная часть

Внешний вид аппаратуры показан на рис. 7.

Измерительный блок «МОСТ»

Измерительный блок «МОСТ» выполняет следующие функции: преобразование разностей потенциалов; балансировку каналов; усиление сигнала; аналого-цифровое преобразование; буферизацию данных; передачу данных в линию связи.

Адаптер линии связи «АЛС»

Адаптер линии связи обеспечивает передачу и буферизацию данных и команд между ПК и блоком МОСТ. Кроме этого, к АЛС возможно подключение источников синхронизации различных типов. Для подключения модулей у АЛС имеются две ЛИНИИ СВЯЗИ, к каждой из которых может быть подключено до четырех двухканальных блоков МОСТ. Для подключения источников синхронизации имеется один вход с оптической развязкой и один вход, совместимый с уровнями RS232

(используется для подключения устройства синхронизации УС). Разъем «RS232» содержит вход для перепрограммирования микрокода АЛС, а также вход для подключения устройства синхронизации. Разъем USB позволяет подключать АЛС к персональному компьютеру с помощью стандартного кабеля. Также через этот разъем производится питание АЛС.

Устройство синхронизации (УС)

Устройство синхронизации является источником синхросигнала для обеспечения работы измерителя в комплексе электроразведочной аппаратуры. Для временной привязки синхросигнала используется сигнал со встроенного приемника GPS.

2.3 Программа сбора

Назначение

Программа сбора предназначена для проведения полевого эксперимента в рамках метода ДНМЭ. Программа сбора является частью программного комплекса ДНМЭ и выполняет сбор данных, получаемых от измерительного модуля и сохранение их в файлы *.ad1 на жесткий диск в ПК. Программа сбора имеет два режима работы: «просмотр поля» и «работа». Кроме этого, программа сбора позволяет настраивать параметры измерительного тракта модуля, а также получать информацию об его состоянии.

В режиме «Просмотр» измерительный модуль используется в качестве электронного осциллографа, что позволяет визуально анализировать сигнал, поступающий на входы прибора. В режиме просмотра доступна функция «ручной» балансировки каналов (кнопка «Balance»).

Режим «Работа» является основным режимом функционирования программы сбора. После нажатия кнопки «Start» происходит запуск процесса сбора данных. В процессе запуска происходит следующее:

1) создается файл *.ad1, в который будут помещаться данные, полученные от измерительного модуля;

2) настраиваются параметры измерительного тракта, согласно заданным в окне «Setup» настройкам;

3) начинается прием данных от модуля. Первые четыре накопления не пишутся в файл, а используются для накопления истории необходимой для работы автоматики;

4) полученные данные отображаются на экране;

5) на экран выводится текущее состояние приемного тракта и некоторые параметры принимаемого сигнала, а также время до конца записи в файл.

Для задания параметров работы программы и настроек измерительного тракта в программе



Рис. 7 Наземная комплектация аппаратуры ДНМЭ

сбора предусмотрено окно «Setup». Окно «Setup» имеет три вкладки «Основные настройки», «Контроль измерений» и «Метрология».

Вкладка «Основные настройки» позволяет задавать параметры измерительного канала и параметры записи получаемых данных в файл. При подключении к ПК аппаратуры МОСТ-2 возможно использование только двух каналов (в случае использования этой программы). Поэтому только одна пара каналов остается не заблокированной. Два набора RadioButton позволяют задавать коэффициенты усиления, независимо на обоих измерительных каналах. Для изменения усиления в процессе измерения следует нажимать кнопку «Применить». Реакция на это действие может запаздывать на 4 накопления. В силу особенностей алгоритмов обработки не следует злоупотреблять этой возможностью.

Вкладка «Контроль измерений» содержит три группы: «Контроль наличия сигнала», «Автоматическая балансировка» и «APY». Функцию «APY» применяется в морской модификации. Функция «Контроль наличия сигнала» необходима для корректного создания файлов исходной информации *.ad1, а также для оповещения оператора о сбоях во время работы. Под сигналом в данном случае понимается момент выключения тока в линии. Первые три параметра задают длину оператора, начало и конец поиска сигнала. Четвёртый параметр задаёт нижний порог критерия надёжности обнаружения сигнала, в случае перехода которого сигнал считается не обнаруженным. Для уменьшения жесткости условий контроля сигнала, можно выключить часть каналов из анализа. Это можно сделать, нажав кнопку «Дополнительно». Если оба параметра в появившемся окне равны нулю, то любой сбой по любому каналу приведёт к остановке измерений. Сбои могут выражаться в нарушении определения полярности сигнала и в понижении уровня надёжности выделения сигнала.

Группа «Автоматическая балансировка» позволяет управлять параметрами процесса балансировки. Балансировка нужна для удержания сигнала в рабочем диапазоне прибора. В полях «Интервал балансировки» задаётся промежуток данных, по которому будет определяться отклонение сигнала от «нуля», которое, соответственно, и будет убираться. Предлагается два типа балансировки: периодическая и балансировка по необходимости. Рекомендуется использовать балансировку по необходимости, так как излишнее количество изменений балансировки ведёт

ухудшению качества записи.

Вкладка «Метрология» позволяет отображать и редактировать калибровочные параметры каждого прибора. Помимо этого, коэффициенты усиления можно подгружать из специально подготовленного текстового файла. Параметры, отображенные на этой вкладке, сохраняются в ini-файле, в разделе текущего прибора.

Общая схема блок-схема обработки данных в программно-измерительном комплексе показана на рис. 8.

Все приложения запускаются Менеджером приложений, работа которого синхронизирована с реляционной БД. Перед началом полевых работ посредством Формуляра оператора в реляционной БД заполняются обязательные поля - заказчик, площадь работ и профили; указываются операторы, измерительные приборы и соответствующая им калибровочная информация. Запись и анализ характеристик приборов выполняется с помощью группы программ, объединенных в блок Калибровка прибора. С помощью другой группы программ - Сбор данных с иных приборов, привязка наблюдений - осуществляется сбор геодезической, гидрографической и прочей информации, выполняется привязка системы источник - приемник в пространстве. Перед записью полевого наблюдения в Формуляре оператора в реляционной БД создается уникальная запись, соответствующая номеру наблюдения на данной точке, и в файл CURFILE.INI записывается путь, по которому в файловой БД будет сохраняться первичная информация и результаты ее обработки. Информация о переходных процессах с приемной линии оцифровывается дельта-сигма АЦП, обладающим большим динамическим диапазоном. АЦП управляется Программой сбора данных, которая сохраняет весь набор первичных данных в бинарных файлах (исходниках) на жестком диске. С помощью набора программ: Обработка первичных данных, расчет кривых - выполняются различные процедуры по увеличению соотношения сигнал/помеха и формируются кривые дифференциально-нормированных параметров (ДНП), которые записываются в реляционную БД. Кривые и вся информация, касающаяся наблюдения, визуализируется с помощью модуля Просмотр БД, редактирование и конвертация. В этом модуле реализованы такие возможности, как: сравнение рядовых и контрольных наблюдений, построение планов графиков ДНП, конвертация

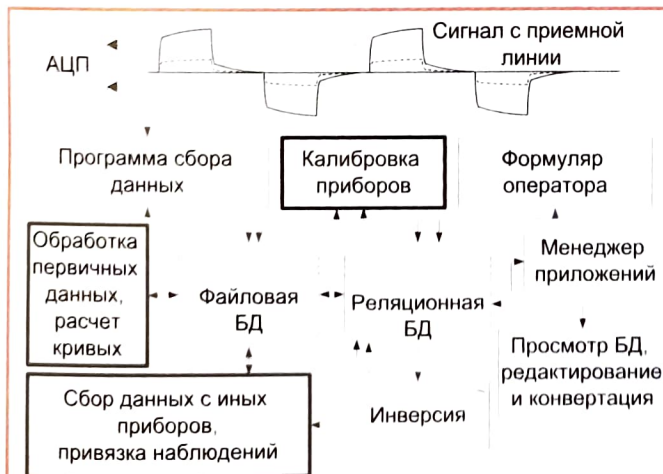


Рис. 8. Общая блок-схема обработки данных

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРО- И СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Для морской и наземной модификации наборы программ: Сбор данных с иных приборов, привязка наблюдений и Обработка первичных данных, расчет кривых - отличаются.

В наземной модификации (рис. 9) топограф проектирует положение установки на местности, используя растровые и векторные карты, а так же отснятые с помощью GPS-приемников треки дорог.



В реляционной БД сохраняется положение приемных и питающих электродов, а так же выполняется преобразование координат для решения прямой задачи.

Морская модификация программно-измерительного комплекса сложнее наземной, поскольку совместно с переходными процессами обрабатываются гидрографические данные (рис. 10). Перед прохождением профиля в морской модуль ГИС-привязка наблюдений, опрос иных приборов загружаются координаты проектных профилей, растровые и векторизованные карты. Во время записи данных на профиле в этот модуль собирают данные с нескольких GPS-приемников, эхолота и мультиметра, с помощью которого измеряется ток. Во время измерений переходных процессов этим модулем формируется пакет данных с гидрографической информацией, соответствующий измеряемому переходному процессу. Этот пакет поступает в Программу сбора данных, которая с помощью АЦП регистрирует переходные процессы.

Поскольку гидрографические данные поступают из различных источников, в файлах различных форматов и с различным шагом по времени, то программой Обработка гидрографии эти данные приводятся к единой временной сетке, в которой регистрируются переходные процессы. В результате, каждому переходному процессу ставится в соответствие гидрографическая информация, в которой обработаны и устранены всевозможные сбои, выполнены пересчеты координат и введены необходимые поправки. Все эти данные сопоставляются в модуле Деление на пикеты, где непрерывная запись по профилю разбивается на интервалы с требуемым шагом. На выходе этого модуля создаются файлы Dk, в которых гидрографические данные увязаны со сжатыми во временные окна переходными процессами, а так же файл Table.txt, где в заданных границах интервалов усреднена гидрографическая информация.

Файлы Dk в дальнейшем используются в модуле Визуализация контроля (Море), а так же для картирования по временным задержкам и гидрографическим данным. Модуль Визуализация контроля (Море) позволяет сопоставить результаты различных наблюдений на профиле, независимо от того, в каком направлении он проходил. Контроль осуществляется при повторном прохождении профиля.

Используя показания датчика тока и разности потенциалов между электродами на приемной линии во время пропускания тока, в модуле Расчет Rok вычисляется кажущееся сопротивление разреза. Результаты расчетов так же сопоставляются с гидрографическими данными и сохраняются в текстовых файлах в файловую БД.

С целью достижения стабильности работы измерительные модули ежемесячно калибруются (рис. 11). К модулю АЦП подключается Калибратор, в котором генерируется последователь-

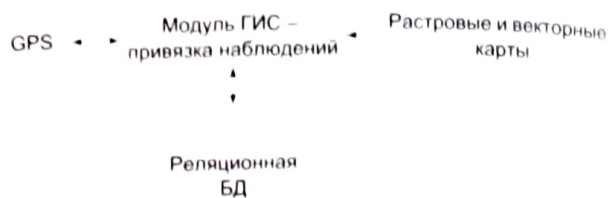


Рис. 9. Программы Сбор данных с иных приборов, привязка наблюдений в наземной модификации

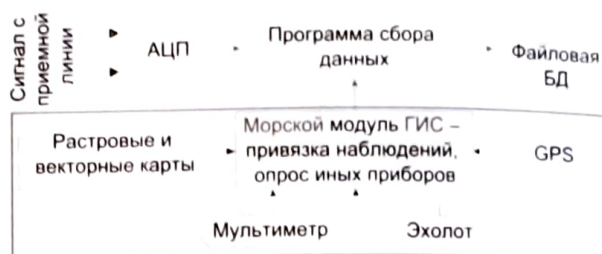


Рис. 10. Программы Сбор данных с иных приборов, привязка наблюдений в морской модификации

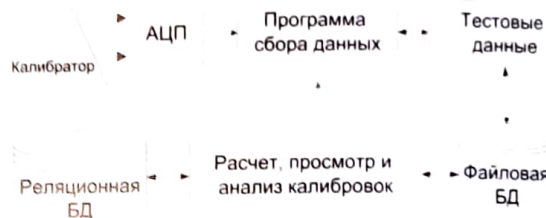


Рис. 11. Программы Калибровка приборов

ность разнополярных прямоугольных импульсов с известной амплитудой. В Программе сбора данных меняются коэффициенты усиления измерительного прибора. Для каждого коэффициента в Файловую БД записывается свой файл тестовых данных. Программой Расчета, просмотра и анализа калибровок рассчитываются калибровочные константы и сохраняются в БД и Файловой БД. Если отклонения превышают допустимые значения, то из Файловой БД файл с этими константами загружается в Программу сбора данных, которая при полевой записи сохраняет константы в файл исходных данных. В программе Расчета, просмотра и анализа калибровок есть возможность просмотра и расчета статистик по измеряемым характеристикам выбранного прибора.

Заключение

Аппаратура и программное обеспечение для наземной и морской модификаций ДНМЭ позволяют выполнять в промышленных масштабах высокоточные измерения с высокой производительностью полевых и камеральных работ. Сложившаяся структура программно-измерительного комплекса доказала свою высокую адаптивность к постоянно меняющимся требованиям. Дальнейшее развитие комплекса связано с совершенствованием отдельных модулей, а также с созданием сервисных приложений для геологического отдела, включающих статистический анализ и отображение данных в ГИС приложениях.