

## СИСТЕМЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

УДК 681.325 : 550.837

М. Н. БУХАРОВ, А. Н. ВЫСТАВКИН, В. В. КОНДРАТЬЕВ,  
В. А. КУЗНЕЦОВ, А. Д. МОРЕНКОВ, А. Я. ОЛЕЙНИКОВ,  
А. Н. РЕВТОВ, Н. А. ТИХОМИРОВ, А. В. ЭЛБАКИДЗЕ  
(Фрязино Московской обл.)

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ В СОСТАВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МГД-ГЕНЕРАТОРА

**Введение.** Для исследования строения и свойств земной коры в современной геофизике широко применяются методы, связанные с получением информации об особенностях распространения в ней электромагнитных полей. В последние годы в нашей стране для решения задач поиска полезных ископаемых, прогнозирования землетрясений, изучения глубинного строения земной коры получил развитие метод зондирования искусственно возбужденным полем с помощью мощных магнетогидродинамических (МГД) генераторов импульсного действия [1, 2]. При этом электромагнитное поле после прохождения через земную кору фиксируется системой цифровых электроразведочных станций (ЦЭС), удаленных на несколько десятков километров от генератора. Для отработки этой методики был создан комплекс аппаратных и программных средств на основе электроразведочной станции 1ЦЭС-МГД [3] и экспериментального образца станции управления и обработки (СУО) ЦЕНТР-МГД, которая совместно с устройством сопряжения с МГД-генератором образует систему управления и сбора данных.

СУО ЦЕНТР-МГД предназначена для выполнения следующих основных функций: 1) анализ состояния естественного электромагнитного поля (ЕЭМП) Земли в диапазоне частот 0,04—5 Гц и прогнозирование его уровня для выбора оптимального момента пуска МГД-генератора; 2) синхронизация работы удаленных станций 1ЦЭС-МГД; 3) управление пуском МГД-генератора; 4) сбор и регистрация данных об импульсе генерируемого тока и о других параметрах; 5) экспресс-обработка данных и представление информации оператору-геофизику.

Реализация всех этих функций в СУО ЦЕНТР-МГД обеспечивается микроЭВМ «Электроника 60» и аппаратурой КАМАК.

С целью унификации аппаратных и программных средств, упрощения технического обслуживания и эксплуатации, выполнения требований к полевой геофизической аппаратуре СУО построена с использованием аппаратных средств станции 1ЦЭС-МГД и размещена в автофургоне этой станции на шасси автомашины ЗИЛ-131.

© 1990 Бухаров М. Н., Выставкин А. Н., Кондратьев В. В., Кузнецов В. А., Моренков А. Д., Олейников А. Я., Ревтов А. Н., Тихомиров Н. А., Элбакидзе А. В.

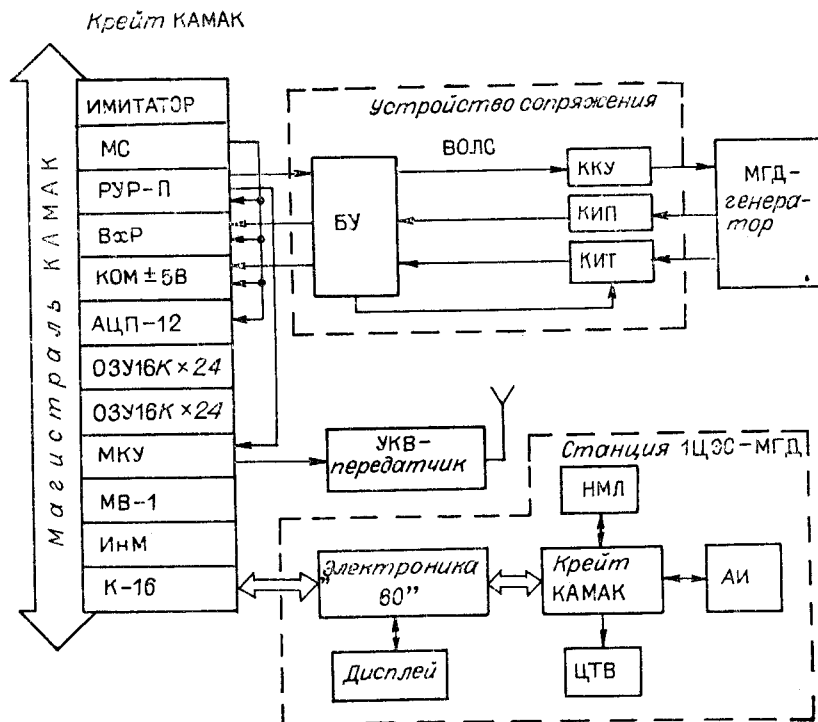


Рис. 1. Структурная схема системы управления и сбора данных

Для связи СУО с МГД-генератором разработано устройство сопряжения на базе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Это устройство решает следующие задачи:

- 1) согласование входных и выходных цепей станции с датчиками и устройствами управления МГД-генератора, в том числе преобразование снимаемых с датчиков аналоговых сигналов в код и передача их в ЭВМ;
- 2) гальваническая развязка станции от цепей МГД-генератора, находящихся во время работы под высоким (до 5 кВ) быстроменяющимся потенциалом;
- 3) необходимое удаление станции от МГД-генератора для защиты аппаратуры от электромагнитных наводок и выполнения требований техники безопасности.

Решение этих задач обеспечивается использованием в устройстве сопряжения оптоволоконных систем «Электроника МС 4101» и «Электроника МС 8201» [4].

**Функциональное описание системы (рис. 1).** СУО ЦЕНТР-МГД образована подключением (через контроллер К-16) соответствующей аппаратуры КАМАК в составе одного крейта к микроЭВМ «Электроника 60», используемой в станции 1ЦЭС-МГД. При этом анализ состояния ЕЭМП, регистрация и визуализация данных осуществляются с помощью устройств, входящих в состав аппаратуры 1ЦЭС-МГД: автономного измерителя (АИ), накопителя на магнитной ленте (НМЛ) типа ИЗОТ-5300 и цветного телевизора (ЦТВ). Состав аппаратуры КАМАК в СУО ЦЕНТР-МГД определяется требованиями обеспечения необходимой точности отработки временных интервалов в канале команд управления, необходимого быстродействия в канале сбора данных, возможности достаточно гибкого изменения режимов управления и сбора при обеспечении высокой надежности работы. В связи с этим в СУО применены специально разработанные устройства, обеспечивающие синхронизацию работы аппаратуры СУО (модуль синхронизации МС), синхронизацию и управление работой всего электроразвездочного комплекса (модуль регистров управления реле — программируемый РУР-П), а также проверку работо-

способности всей аппаратуры СУО (модуль ИМИТАТОР). Все остальные модули промышленного производства: 31-канальный коммутатор аналоговых сигналов КОМ  $\pm 5$  В, 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь АЦП-12, 24-разрядный входной регистр ВхР, оперативные запоминающие устройства емкостью 16 К 24-разрядных слов ОЗУ 16 К  $\times$  24, модуль реального времени МВ-1, а также разработанный для применения в станциях 1ЦЭС-МГД модуль кодового управления УКВ-радиостанцией — МКУ.

Применение модулей МС и РУР-II позволяет реализовать аппаратную выработку управляющих команд (в заданные заранее моменты времени), а также обеспечить аппаратное управление вводом и преобразованием данных. При этом в цикле пуска МГД-генератора ЭВМ запитана лишь сбором данных в буферную память по сигналам запроса, поступающим от модулей ВхР и АЦП-12.

Применение имитатора позволяет осуществить отладку аппаратуры и программного обеспечения СУО, а также проводить тестирование СУО в процессе эксплуатации, не прибегая к использованию такого сложного и громоздкого устройства, каким является МГД-генератор.

Устройство сопряжения СУО с МГД-генератором состоит из трех гальванически развязанных каналов: измерения тока нагрузки (КИТ); измерения параметров работающего генератора (КИП); команд управления (ККУ).

Канал измерения тока содержит: 1) измерительный блок для усиления сигнала, снимаемого с шунта нагрузки, и преобразования его в 12-разрядный двоичный код (частота преобразования 10 кГц); 2) калибратор, обеспечивающий дистанционную проверку работы и калибровку всего канала при различных коэффициентах усиления измерительного блока; 3) устройство управления для дистанционного изменения режимов работы и коэффициентов усиления измерительного блока; 4) две оптоволоконные системы «Электроника МС 4101» для передачи данных в СУО и для передачи команд управления в измерительный блок.

Канал измерения параметров генератора содержит: 1) измерительный блок для усиления аналоговых сигналов, снимаемых с датчиков; 2) оптоволоконную систему «Электроника МС 8201», обеспечивающую преобразование сигналов в код и передачу их в СУО.

Канал команд управления содержит: 1) две оптоволоконные системы «Электроника МС 4101» для передачи команд управления из СУО в МГД-генератор и передачи сигналов исполнения этих команд из генератора в СУО; 2) схемы согласования входных и выходных цепей.

Связь всех каналов с СУО осуществляется через блок управления (БУ), который содержит устройства ручной выдачи команд управления в КИТ, приемные и передающие блоки оптоволоконных систем. Блок управления находится в автофургоне СУО.

**Программное обеспечение.** Оно состоит из двух пакетов программ: прогнозирования состояния ЕЭМП и управления циклом пуска МГД-генератора.

Программа прогнозирования осуществляет ввод данных, поступающих с автономного измерителя 1ЦЭС-МГД, и производит оценку ожидаемых значений средней спектральной плотности ЕЭМП в устанавливаемых оператором диапазонах частот на задаваемый временной интервал. При этом на экран цветного видеомонитора выводятся графики значений ЕЭМП в измеренных интервалах и результат прогнозирования на следующий интервал. Амплитудный спектр сигнала вычисляется методом быстрого преобразования Фурье, и для получения оценки энергетического спектра производится усреднение по частотам и реализациям. Оценка ожидаемых значений и доверительного интервала спектральной плотности на последующие моменты времени осуществляется по модели авторегрессии [5]. Результаты обработки могут регистрироваться на магнитную ленту. Образец результатов работы программ прогнозирования, представляемый оператору на экране видеомонитора, приведен на рис. 2.

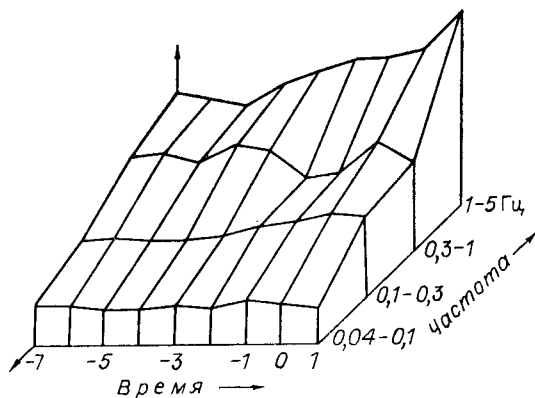


Рис. 2. Образец временного хода средней спектральной плотности ЕЭМП в четырех диапазонах частот:

0 — текущий момент времени;  
 +1 — ожидаемое значение ЕЭМП на время 4 мин вперед; —7 — —1 — предыстория хода ЕЭМП за время 28 мин (с шагом 4 мин)

Для работы этого пакета программ требуется ОЗУ ЭВМ объемом 28 Кслов.

Программа управления циклом пуска МГД-генератора обеспечивает выполнение следующих функций: 1) диалоговое взаимодействие оператора с ЭВМ, в ходе которого задается время начала исполнения цикла, времена аппаратной выдачи команд (для синхронизации удаленных станций 1ЦЭС-МГД и работы МГД-генератора); результаты диалога фиксируются в протоколе эксперимента; 2) сбор информации, поступающей от МГД-генератора; 3) оперативная обработка и представление информации на экране ЦТВ; 4) регистрация данных на магнитную ленту.

Этот пакет программ разработан в соответствии с одной из функционально-структурных схем рабочего программного обеспечения систем автоматизации экспедиционных радиофизических экспериментов [6]. Он имеет унифицированную структуру [7] и включает управляющую программу на Фортране, а также базовые программные средства для работы с устройствами и для выполнения отдельных видов обработки данных, написанных на Макроассемблере и Фортране. Для работы этого пакета программ требуется ОЗУ ЭВМ объемом 20 Кслов.

Оба пакета программ загружаются в память микроЭВМ с магнитной ленты и исполняются без операционной системы.

**Алгоритм работы.** Вначале в ОЗУ микроЭВМ загружается программа прогнозирования уровня ЕЭМП. В реальном масштабе времени ведется прием и анализ информации в трех-четырех спектральных интервалах, и по результатам анализа программа в конце заданного временного интервала выдает прогноз уровня ЕЭМП на конец следующего временного интервала. Результат прогнозирования представляется оператору на экране цифрового дисплея ЭВМ в табличной форме и на экране ЦТВ в виде трехмерного графика. На основании этих данных оператор принимает решение о времени пуска МГД-генератора. После этого в ОЗУ микроЭВМ загружается программа управления и сбора. Выбранное время пуска, а также времена выдачи управляющих команд, количество аналоговых каналов сбора, времена начала и окончания сбора данных сообщаются этой программе в режиме диалога. В момент наступления заданного времени (отсчитываемого модулем МВ-1) начинает работать стабилизированный кварцем тактовый генератор в модуле МС, и на его выход начинают поступать тактовые импульсы требуемой частоты (в данном случае 1 кГц). Эти импульсы определяют моменты выработки модулем РУР-II управляющих команд в модуль МКУ и в МГД-генератор, а также синхронизируют работу тракта сбора данных — модулей КОМ ±5 В, АЦП-12, ВхР. Благодаря этому обеспечивается привязка импульсов синхронизации удаленных станций 1ЦЭС-МГД и тактов сбора информации от МГД-генератора к единой временной шкале, что необходимо для последующей интерпретации зарегистрированных станциями 1ЦЭС-МГД сигналов.

Данные, поступающие из модулей АЦП-12 и ВхР, накапливаются в модулях ОЗУ 16 К × 24 и после завершения цикла пуска МГД-генера-

тора и окончания сбора переписываются на магнитную ленту, выводятся на экран ЦТВ для визуальной оценки.

Опыт использования описанной системы показал, что она позволяет перевести исследования с применением МГД-генераторов на качественно новый уровень.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морохов И. Д., Велихов Е. П., Волков Ю. М. Импульсные МГД-генераторы и глубинное электромагнитное зондирование земной коры // Атомная энергия.— 1978.— 44, вып. 3.
2. Велихов Е. П. Плазма исследует недра // Наука в СССР.— 1986.— 3.— С. 14.
3. Безрук И. А., Глинский Б. М., Иванов В. М. и др. Система сбора и оперативной обработки электроразведочных данных // Проблемно-ориентированные вычислительные комплексы.— Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1986.
4. Анания М. А., Турсунов И. И. Оптоволоконные системы информационного обмена // Электрон. пром-сть.— 1984.— 3.— С. 27.
5. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление.— М.: Мир, 1974.
6. Бухаров М. Н., Олейников А. Я. Технология программирования систем автоматизации экспедиционных радиофизических экспериментов // Технология программирования: Тез. докл. Всесоюз. конф.— Киев: ИК АН УССР, 1986.
7. Бухаров М. Н., Моренков А. Д. Унификация сбора, регистрации, оперативной обработки данных и управления в радиофизических экспериментах // Информатика и вычислительная техника: Тез. докл. Всесоюз. семинара молодых ученых и специалистов.— М.: Наука, 1986.

*Поступила в редакцию 12 июля 1988 г.*

УДК 681.3

**Н. А. КУЦЕВИЧ, А. Я. ОЛЕЙНИКОВ**

*(Фрязино Московской обл.)*

#### **БАЗОВЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА НА ОСНОВЕ ПРИБОРНОГО ИНТЕРФЕЙСА**

**Введение.** В настоящее время системы автоматизации эксперимента (САЭ) в основном строятся на базе аппаратуры КАМАК. Расширяющийся выпуск приборов, имеющих выход на магистраль приборного интерфейса (МЭК 625.1, ГОСТ 26.003-80, «Канал общего пользования» — КОП) [1], и включение их в САЭ ставят вопрос о выборе наименее трудоемких средств программирования. Для его решения предлагается концепция базовых программных средств (БПС), сущность которой состоит в создании библиотеки программных модулей, позволяющих программисту обойтись без детального знакомства с логической организацией аппаратуры сопряжения и работать только с операторами, описывающими выполнение команд. При этом удобно иметь не библиотеку программ, а библиотеку их образующих модулей: неоднократно встречающиеся в разных программах модули записываются в библиотеку 1 раз. В качестве библиотеки используется пакет программ для модуля КАМАК — модуля приборного интерфейса (МПИ) [2].

**1. Организация САЭ на основе аппаратуры КАМАК и приборного интерфейса.** САЭ на основе приборного интерфейса может содержать приборы четырех типов: приборы-приемники (ПП), приборы-источники (ПИ), приборы-приемисточники (ПИП) и приборы-контроллеры (ПК) [3]. Наиболее сложными с точки зрения номенклатуры выполняемых операций являются приборы четвертого типа. В соответствии со стандартом они должны иметь возможность посылать универсальные, адре-