

3. Бартолини Р. А. Оптическая запись. Информационно-поисковые системы с высокой плотностью записи данных.— ТИИЭР, 1982, т. 70, № 6, с. 74—84.
4. Слюсарев Г. Г. Методы расчета оптических систем.— Л.: Машиностроение, 1969.
5. Борн М., Вольф Э.: Основы оптики.— М.: Наука, 1973.
6. Заявка на пат. № 2235448 (Франция). Устройство оптического считывания информации с дифрагирующей дорожки носителя информации в виде диска или ленты/К. Брико, И.— К. Леуро.— Оpubл. 28.02.75.
7. Пат. № 3876842 (США). Аппаратура для чтения плоских носителей записи/Г. Бохус.— Оpubл. 8.04.75.
8. Горбунков В. М., Судаков В. П., Таценко Т. Ю. Расчет распределения энергии в дифракционном изображении точки оптических систем с большой апертурой.— ОМН, 1979, № 8.
9. Маршалль А., Франсон М. Структура оптического изображения.— М.: Мир, 1964.
10. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений.— М.: Физматгиз, 1963.
11. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство.— М.: Мир, 1982.
12. Вычислительная оптика: Справочник.— Л.: Машиностроение, 1984.

*Поступила в редакцию
14 августа 1984 г.*

УДК 681.3.02

**А. Н. БЕЛОВ, Е. А. ВЕРШИНИН, В. М. ВУКОЛИКОВ, И. Г. ВЫСКРЕБЦОВ,
А. Н. ВЫСТАВКИН, Д. С. ДОБРЯК, А. Д. МОРЕНКОВ,
А. Я. ОЛЕЙНИКОВ, А. В. ЭЛБАКИДЗЕ**

(Москва)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТОКОВ СЛУЧАЙНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

В радиофизических экспериментах зачастую необходимо оценивать в полевых условиях параметры потока случайных импульсов. Ниже описывается разработанный в ИРЭ АН СССР комплекс средств, позволяющий в автоматизированном режиме производить регистрацию и анализ характеристик потока выбросов естественных радиопомех в широкой полосе.

Естественные радиопомехи имеют сложную структуру и представляют собой негауссовый нестационарный случайный процесс. При решении вопросов электромагнитной совместимости для различных средств приема радиосигналов необходимо оперативно определять параметры радиопомех, вариации которых значительны [1].

При разработке комплекса учитывались результаты более ранних исследований, а также ряд соображений, излагаемых ниже. Характеристики входного информационного потока, регистрацию которого должен обеспечивать комплекс, были установлены следующим образом [2]. Выбросы естественных радиопомех имеют в большинстве случаев квазиколоколообразную огибающую. Интерес для исследований представляют статистические характеристики амплитуд этих выбросов и временных интервалов между ними. Длительность одного выброса не превышает 1 мс с вероятностью 95%, поэтому минимальный временной интервал, который целесообразно оценивать, не может быть меньше 1 мс. Максимальный интервал ограничен 20 с из-за влияния нестационарности потока выбросов на статистические оценки. Средняя частота следования выбросов на десяти секундных интервалах в рабочем диапазоне порогов регистрации не превышает 20 выбросов в секунду [1]. Динамический диапазон амплитуд импульсов составляет около 100 дБ. Весь этот диапазон, как показывает опыт, в экспериментах можно исследовать по частям — для выбросов малых и больших амплитуд. Результаты предшествующих исследований,

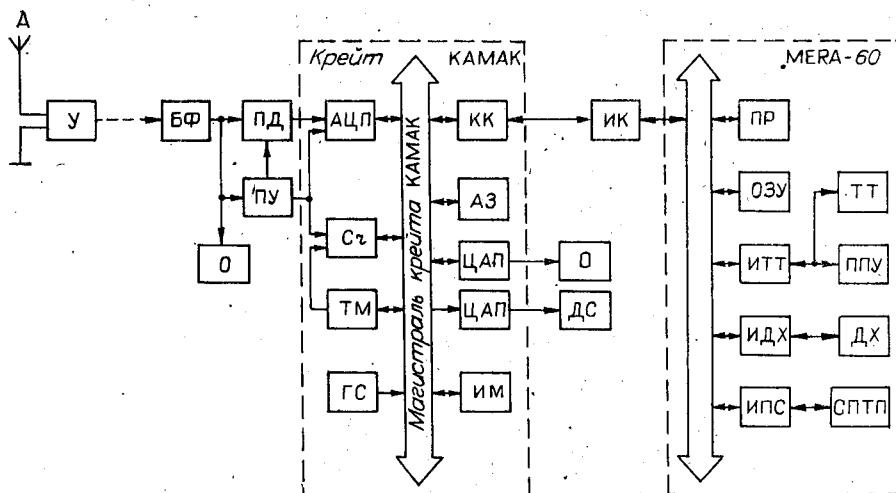


Рис. 1. Структурная электрическая схема комплекса:

А — вертикальная электрическая антенна, У — согласующий антенный усилитель, БФ — блок диапазоновых фильтров, ПД — пиковый детектор, ПУ — пороговое устройство, О — осциллограф, АЦП — аналого-цифровой преобразователь 712, Сч — счетчик* 401, ТМ — таймер 730А, ГС — генератор слов 233, КК — контроллер крейта, ИК — устройство согласования КК с каналом микроЭВМ, АЗ — модуль аппаратного загрузчика, ЦАП — цифроаналоговые преобразователи 2ЦАП10, ИМ — индикатор состояния магистрали крейта, ДС — графопостроитель Н-306, ПР — процессор микроЭВМ «Электроника-60», ОЗУ — оперативное запоминающее устройство, ТТ — видеотерминал, ППУ — почтронное печатающее устройство, ИТТ — интерфейс ТТ и ППУ, ДХ — устройство памяти на гибких дисках, ИДХ — интерфейс ДХ, СПТП — устройство перфорации и считывания перфоленты, ИПС — интерфейс СПТП.

проводившихся продолжительное время без автоматизированного комплекса, позволяют утверждать, что измерения потока выбросов необходимо производить сеансами в разное время суток. Достаточно надежные оценки статистических характеристик получаются при регистрации не менее 10^3 импульсов за сеанс и при квантовании амплитуд импульсов на 500—1000 уровней. Таким образом, при кодировании амплитуды импульсов и интервалов между импульсами двоичным кодом входной информационный поток представляет собой последовательность блоков данных объемом до $(10 \times 10^4 + 15 \times 10^4)$ бит, следующих через интервалы, назначаемые в соответствии с методикой измерений, причем скорость поступления данных в каждом блоке может составлять от 25×10^3 до 1 бит/с. В качестве носителя информации для регистрации поступающих за время сеанса измерения данных была выбрана перфолента (в первую очередь из-за простоты соответствующих аппаратных средств).

Технические средства комплекса (рис. 1) можно разделить на две части: средства приема и подготовки сигналов и средства регистрации, обработки данных, документирования и визуализации результатов. Прием естественных радиопомех производится на выносную вертикальную электрическую антенну А, соединенную через согласующий антенный усилитель У коаксиальным кабелем с блоком диапазоновых фильтров БФ. Принятые сигналы запускают пороговое устройство ПУ, а их амплитуды фиксируются пиковым детектором ПД (см. рис. 1). На рис. 2, а приведена более детальная структура средств подготовки принимаемых сигналов, а функционирование этих средств поясняется рис. 2, б. Пороговое устройство (см. рис. 2, а) состоит из последовательно соединенных регулируемого усилителя РУ, порогового элемента П, формирователя стандартного импульса Ф и двух ждущих мультивибраторов ЖМ1 и ЖМ2. Постоянная времени заряда пикового детектора обеспечивает заряд запоминающей емкости до пикового значения амплитуды регистрируемого импульса практически за время его фронта. Собственная постоянная времени разряда ПД сделала очень большой (более 4 с) для повышения точности запоминания амплитуды импульса. Поэтому цепь разряда ПД выполнена принудительной. В связи с тем что амплитуда импульсов может достигать максимума не обязательно в его первом квазиполупериоде (см.

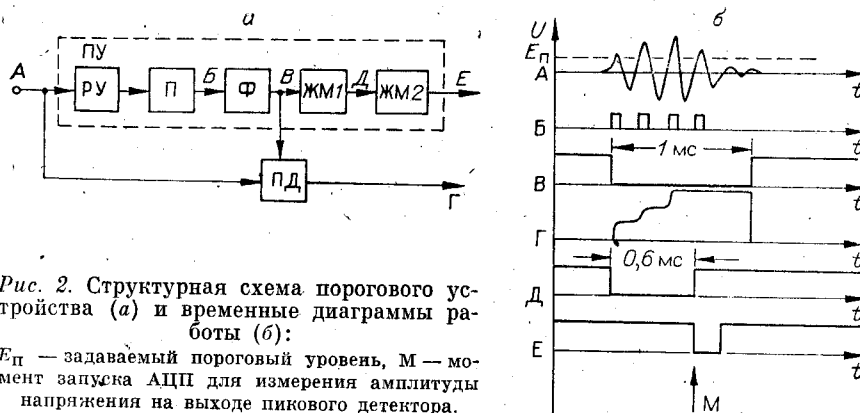


Рис. 2. Структурная схема порогового устройства (а) и временные диаграммы работы (б):

$E_{п}$ — задаваемый пороговый уровень, М — момент запуска АЦП для измерения амплитуды напряжения на выходе пикового детектора.

рис. 2, б), измерение амплитуды задерживается на время, равное примерно половине длительности исследуемых импульсов. Задержка запуска измерения осуществляется с помощью ЖМ1 на 0,6 мс. Для быстрого восстановления накопительная емкость ПД закорачивается электронным ключом, управляемым формирователем Ф. После этого пиковый детектор готов к фиксации амплитуды следующего импульса. ЖМ2 формирует импульс для запуска аналого-цифрового преобразователя.

Основой технических средств регистрации и обработки данных являются аппаратура в стандарте КАМАК и управляющий вычислительный комплекс МERA-60 производства ПНР, базирующийся на микроЭВМ «Электроника-60» (см. рис. 1). В состав аппаратуры КАМАК входят серийные модули производства объединения POLON (ПНР) и СКБ ИРЭ АН СССР, а также макетный модуль постоянной памяти с программой-загрузчиком рабочих программ в ОЗУ микроЭВМ. Для графического представления результатов обработки служит осциллограф, а для регистрации — графопроектор Н-306.

Основные технические характеристики комплекса следующие: рабочий диапазон частот по входным сигналам 3—200 кГц; динамический диапазон регистрируемых амплитуд 5 мВ/м — 5 В/м; разрешающее время регистрации 1 мс; максимальный регистрируемый временной интервал 32 768 мс; разрешающая способность регистрации при средней интенсивности потока выбросов радиопомех до 20 имп./с; внешний носитель данных регистрации — перфолента; максимальное время непрерывной регистрации при 20 имп./с — около 1 ч.

Комплекс размещается в автофургоне, оборудованном кондиционером, энергоснабжение осуществляется от дизельной электростанции. Антенна с антенным усилителем и аккумуляторами вынесена на 300 м от остальной аппаратуры.

Комплекс снабжен обширным математическим обеспечением, которое включает операционную систему реального времени RT-11 с трансляторами с языков Фортран-IV и Макроассемблер и программы регистрации, оперативной обработки и отображения информации. Требуемый объем оперативной памяти микроЭВМ — 20 Кслов.

К программам регистрации относятся программа-резидент и программа измерения.

Программа-резидент запускает программу измерения в указанное заранее время суток, фиксирует предварительно заданную длительность сеанса регистрации и записывает на перфоленту перед каждым сеансом заголовок — метку сеанса с датой проведения измерений и временем начала сеанса. В качестве часов для программы-резидента используются модуль Сч и таймер ТМ. В комплексе предусмотрена возможность прервать работу программы-резидента в любое свободное от регистрации время для проведения оперативных расчетов. Затем программа-резидент может быть запущена вновь. При этом будет выполняться ранее заданная

временная последовательность регистрации, так как таймер отключается лишь при выключении питания комплекса.

Программа измерения содержит несколько подпрограмм: подпрограммы чтения и записи в буферы ОЗУ ЭВМ данных регистрации, подпрограммы вывода данных регистрации из буферов на перфоленту, подпрограммы ожидания обслуживания прерывания при фиксации исследуемых импульсов и ряд вспомогательных подпрограмм. Работа программы измерения начинается с подпрограммы прерывания при превышении исследуемыми импульсами установленного порогового уровня. При этом запускается АЦП, который измеряет амплитуду выброса и выставляет запрос на прерывание. Программа измерения переходит на обслуживание подпрограммы чтения кодов АЦП и счетчика временных интервалов и записи этих кодов в один из буферов ОЗУ. Когда последний окажется заполненным, происходит переход к подпрограмме вывода данных. При выводе дается команда на включение перфоратора и обрабатывается задержка на 0,5 с для разгона электродвигателя. Если во время вывода одного из буферов происходит срабатывание порогового устройства от очередного входного импульса, то по прерыванию осуществляется переход к подпрограмме записи данных регистрации во второй буфер ОЗУ. При этом вывод приостанавливается. Подпрограмма записи одной пары данных регистрации в буфер ОЗУ с учетом задержек на обслуживание прерывания выполняется не более чем за 0,5 мс. Результат каждого измерения выводится на перфоратор ПЛ-80 за 50 мс, занимая процессор ЭВМ не более чем на 1 мс. Таким образом, прерывание подпрограммы вывода при записи данных регистрации обеспечивает режим регистрации информации без потерь при среднем потоке входных данных до 20 имп./с. Если после вывода одного буфера второй еще не заполнен, дается команда выключения перфоратора. В противном случае снова осуществляется переход к подпрограмме вывода. После окончания сеанса регистрации осуществляется прогон перфоленты, а на видеотерминал выводится сообщение о количестве зарегистрированных данных. Чтобы программы обработки обеспечивали запись информации со скоростью, определяемой скоростью регистратора, они выполнены на Макроассемблере.

Программа оперативной обработки обеспечивает выполнение следующих операций: ввод зарегистрированных данных; вычисление законов распределения амплитуд выбросов радиопомех и временных интервалов между ними; проверку по критерию χ^2 статистической гипотезы о непротиворечивости экспериментальных данных некоторым моделируемым распределениям; корреляционную обработку регистрируемой информации. Соответствующие программы так же, как и программы графического отображения и документирования результатов, написаны в основном на Фортране.

С применением описанного комплекса было зарегистрировано порядка 10^3 амплитуд выбросов естественных радиопомех и временных интервалов между ними. Регистрация производилась сеансами в весенне-летний период в европейской части СССР. В результате проведенной статистической обработки зарегистрированных данных с применением метода проверки гипотез по критерию χ^2 показано, что распределение амплитуд выбросов естественных радиопомех хорошо представляется логарифмически нормальным законом, а распределение временных интервалов между выбросами описывается пуассоновским потоком группированных точек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М. С. и др. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ.— М.: Наука, 1979.
2. Бухаров М. Н. и др. Унифицированная система автоматизации экспедиционных экспериментов.— Автометрия, 1980, № 4.

*Поступила в редакцию
1 июня 1984 г.*