

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА РАДИОМЕТЕОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. П. Онуфриев, М. Ф. Лагутин

Харьков

Наиболее полные и систематические данные о ветровом режиме на высоте 80—110 км в настоящее время дает метод радиолокации метеорных следов. Сравнительная простота метода и используемой аппаратуры, а также его применимость в любое время суток и года, независимо от метеорологических условий, говорит о перспективности данного метода.

Разработка и внедрение в практику эксперимента автоматических устройств обработки информации позволяет значительно повысить производительность труда при определении параметров дрейфа метеорных следов, обеспечивает высокую объективность измерений и исключает погрешности обработки за счет ошибок оператора (как при съеме информации с фотопленки, так и при подготовке ее к обработке на ЦВМ, когда числа на перфоноситель записывает оператор с помощью перфоратора с клавишным управлением).

Общая постановка задачи

Современная комплексная метеорная станция должна решать следующие задачи:

- 1 Обнаружение метеорного отражения и регистрация момента его появления.
- 2 Определение положения отражающей области в пространстве.
- 3 Определение радиальной скорости дрейфа метеорного следа.
- 4 Определение пространственной ориентации следа (измерение радиантов метеоров).
- 5 Определение скорости метеоров (для целей метеорной астрономии)

Первые три задачи являются типичными для современных радиолокационных комплексов, и решения их достаточно для изучения циркуляции верхней атмосферы. В дальнейшем основное внимание будет уделено решению этой проблемы.

Процесс обработки радиолокационных сигналов и полученных при этом данных можно разделить на два этапа: этап извлечения первичной радиолокационной информации (первичная обработка) и этап обработки данных по первичной информации (вторичная обработка).

Обработка радиолокационных сигналов на первом этапе возлагается на ряд радиотехнических устройств: антенну, приемник, устройства фильтрации и измерения параметров сигналов. Последнее, как правило, занимает значительное место в общем комплексе

радиотехнической аппаратуры РЛС и определяет многие ее технические характеристики.

При проектировании реальных систем обработки сигналов наряду с потенциальными возможностями, определяемыми теорией синтеза оптимальных радиолокационных сигналов и методов их обработки [1—3], приходится учитывать технические трудности, которые возникают при создании реальных устройств. Такие факторы, как сложность, стоимость, габариты, вес и эксплуатационная надежность систем ограничивают в ряде случаев реализацию теоретического идеала и вызывают изменения оптимальных структурных схем устройств. Поэтому рациональное построение систем первичной обработки сигналов, удовлетворяющих поставленным задачам и отвечающих одновременно требованиям простоты и высоким эксплуатационным характеристикам, может быть выполнено только при совместном использовании результатов общей теории и опыта технической реализации отдельных устройств и схем таких систем [3].

Извлечение радиолокационной информации обеспечивается путем измерения различных параметров отраженного от ионизированного метеорного следа сигнала. Дальность и скорость дрейфа определяются путем измерения соответственно времени запаздывания и сдвига частоты между отраженным и зондирующим сигналами.

Базой для автоматизации процессов обработки радиометеорной информации могут служить в первую очередь цифровые вычислительные машины, а также другие устройства (аналоговые и дискретные) специального назначения. С точки зрения надежности, экономичности и габаритности аппаратуры предпочтение необходимо отдавать цифровым вычислительным устройствам.

Аппаратура

На рис. представлена блок-схема системы автоматической обработки радиометеорной информации «Дрейф-1». Радиолокационный комплекс работает в когерентно-импульсном режиме и состоит из радиопередающего устройства (РПер. У), радиоприемного устройства (РПр. У), синхронизирующего генератора (СГ), устройства обнаружения метеорного отражения (УОМО), устройства преобразования информации (УПИ), устройства вывода информации (УВИ) и документирующих устройств: ленточного перфоратора (ПЛ) и цифрпечатающей машины (ЦПМ).

Радиопередающее устройство [4] работает на волне около 9 м. В нем реализована схема с модуляцией возбуждения и последующим усилением радиоимпульсов на тетрадах без анодной манипуляции. В выходных каскадах применяются лампы ГУ-47Б. Во всех каскадах возбудителя вплоть до кварцевого автогенератора осуществляется импульсная модуляция по экранной сетке. Выходная импульсная мощность передатчика составляет 50—70 *квт.*

Радиоприемное устройство выполнено по супергетеродинной схеме [5]. Выход приемника содержит два канала: амплитудный, состоящий из обычного амплитудного детектора и видеусилителя, и фазовый. Фазовый канал состоит из каскада УПЧ-ограничителя, схемы формирования опорного напряжения, фазового детектора и видеусилителя. Опорное напряжение для фазового детектора формируется из напряжений задающего генератора передатчика и местного гетеродина путем выделения на сместителе комбинационной частоты, когерентной с промежуточной частотой сигнала.

Для синхронизации работы различных узлов радиолокационной станции применен высокостабильный синхронизирующий генератор (СГ) [6], который генерирует:

1) импульсы с частотой повторения 150 кГц (используются в качестве счетных импульсов в канале измерения дальности УВИ);

2) импульсы с частотами повторения 30 и 1,5 кГц для управления работой УОМО и УПИ;

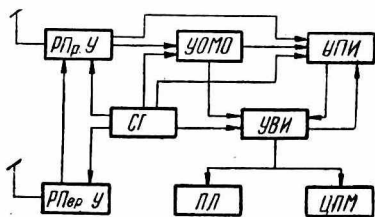
3) импульсы с частотами повторения 2; 1; 0,5 кГц (используются в качестве счетных импульсов в канале измерения периода доплеровского смещения частоты УВИ);

4) кодовую последовательность $T = 2$ мсек, каждый пятый импульс вдвойне $\Delta t = 167$ мсек для управления РПер. У и УПИ;

5) бланкирующие импульсы (100 мксек для одиночного импульса и 300 мксек для вдвойне) для управления РПр. У и УОМО.

Для получения необходимой сетки частот из опорной кварцеванной частоты 150 кГц применяются делители на потенциальных триггерах, набор коэффициентов деления которых 1:5; 1:4; 1:3; 1:2. Работая в непрерывном счетном режиме, делитель управляет вентилем таким образом, что из входной серии импульсов вентиль пропускает только те импульсы, которые соответствуют выбранному коэффициенту деления данного делителя, т. е. осуществляется параллельный перенос входных импульсов на выход, что обеспечивает максимальную стабильность работы всего синхрогенератора.

При цифровой обработке радиометеорной информации важнейшей задачей является надежное выделение метеорного эха на фоне помех и шумов. Основное затруднение заключается в том, что как и большинство помех, метеорные отражения представляют собой кратковременные пакеты импульсов.



Блок-схема системы автоматической обработки радиометеорной информации: РПрУ — радиопередающее устройство; УОМО — устройство обнаружения метеорного отражения; УПИ — устройство преобразования информации; УВИ — устройство вывода информации; ПЛ — перфоратор ленточный; ЦПМ — цифрпечатающая машина.

РПерУ — радиопередающее устройство; СГ — синхронизирующий генератор; УОМО — устройство обнаружения метеорного отражения; УПИ — устройство преобразования информации; УВИ — устройство вывода информации; ПЛ — перфоратор ленточный; ЦПМ — цифрпечатающая машина.

Задачу обнаружения отраженного от ионизированного следа сигнала решает устройство обнаружения метеорного отражения (УОМО). В нем реализован простой и достаточно надежный вариант помехозащиты:

1. Выделение всех выбросов, амплитуды которых превышают заданный пороговый уровень.

2. Проверка, комбинируются ли эти выбросы в кодовую последовательность с априорно известными параметрами.

Амплитудная селекция отраженного сигнала осуществляется на входном пороговом устройстве УОМО. Анализ прошедших через селектор выбросов производится устройством черезпериодного сравнения. Оно реализовано на регистре сдвига, выполненном на статических триггерах и схемах совпадения. Частота тактовых импульсов сдвига принята равной 30 кГц.

Кроме выделения сигнала из помех в УОМО осуществляется формирование специального импульса наличия отражения (импульс «начало пакета») и импульса разрешения измерения. Для выделения импульса «начало пакета» серию очищенных от помех импульсов подают на разрешающий вход схемы запрета и на устройство задержки, время задержки которого равно периоду повторения полезного сигнала. Задержанный сигнал поступает на запрещающий вход схемы запрета. На ее выход пройдет только первый импульс пакета импульсов, очищенных от помех, так как спустя период на запрещающий вход схемы запрета поступят задержанные на период сигналы, которые запретят прохождение последующих импульсов пакета. Импульс «начало пакета» поступает в УПИ для управления работой канала преобразования информации о дальности.

Для уменьшения дифракционных ошибок при измерении периода доплеровского смещения частоты импульс разрешения этого измерения формируется с задержкой относительно импульса «начало пакета». Нами принята задержка 25 мсек, которая может быть изменена по желанию экспериментатора в пределах 10—50 мсек. Импульс разрешения измерения поступает в УПИ для управления работой канала преобразования информации о периоде Допплера.

В устройстве преобразования информации производится формирование строб-импульсов дальности и периода доплеровского смещения частоты.

Измерение наклонной дальности сводится к измерению времени запаздывания принятого сигнала по отношению к зондирующему цифровым методом и является одноразовым за время существования отражения. Подготовка схемы формирования строб-импульса дальности осуществляется импульсом «начало пакета» при наличии в обработанном отраженном сигнале сдвоенного импульса. Для повышения надежности измерения строб-импульс формируется между вторым сдвоенным зондирующим импульсом и вторым сдвоенным ответным. Чтобы исключить измерение дальности при

приеме отраженных сигналов от самолетов, схема формирования строб-импульса дальности стробируется на дальностях 0—100 км подачей импульсов 1,5 кГц из СГ.

При появлении двух и более одновременно существующих отражений вырабатывается потенциал запрета регистрации, который поступает в УВИ на схему запрета печати результатов.

Измерение радиальной составляющей скорости дрейфа метеорологического следа сводится к измерению периода доплеровских биений цифровым методом. Для этого из выходного сигнала фазового канала радиоприемного устройства выделяют гармоническую огибающую и по переходам ее через нуль формируют временной интервал (строб) пропорциональный периоду Доплера T_d . Формирование строба при наличии отражения может быть произведено лишь после поступления из УОМО импульса разрешения измерения. В зависимости от условий эксперимента можно формировать строб-импульс, длительность которого равна $T_d/2$ или T_d .

Первый вариант обычно реализуется при типичном структурном построении радиоприемных устройств [5]. В случае применения в фазовых каналах РПрУ умножения частоты [7] целесообразно реализовать второй вариант.

Для определения знака вектора скорости дрейфа метеорологического следа в обоих фазовых каналах произведено преобразование выходного сигнала фазовых детекторов в прямоугольные импульсы. По знаку фазового сдвига между ними выносят решение о знаке вектора скорости. Чтобы исключить преобразование информации во время печати результатов измерения, формирователи строб-импульсов дальности и Доплера управляются стробом «съем информации», поступающим с УВИ.

Основой построения устройства вывода информации является преобразователь «время-код». Составные части УВИ следующие:

1. Трехразрядные десятичные счетчики импульсов.
2. Логика управления счетчиками.
3. Программное устройство управления ленточным перфоратором (ПЛ) и цифropечатающей машиной (ЦПМ).
4. Логика управления программным устройством.

Преобразование длительности строб-импульсов дальности и Доплера в двоично-десятичный код 1—2—4—8 осуществляется с помощью трехразрядных десятичных счетчиков и логических устройств.

Результаты измерений документируются цифropечатающей машиной типа ЦПМ-1 и ленточным перфоратором ПЛ-20 при поступлении в программное устройство команды «разрешение съема информации» через логику управления программным устройством после завершения цикла измерения дальности и периода Доплера.

Разрешение на документирование информации дается только при одновременном соблюдении следующих условий:

1. Значения измеренного периода Доплера 20 мсек — 2 сек.

2. Значения дальности 100—600 км.

3. Отсутствие двух и более одновременно существующих отражений.

Выполнение третьего условия оправдано при использовании РЛС средней мощности, когда статистика «наложений» отражений невелика. В случае использования мощного передатчика необходимо применить многоканальное автоматическое устройство обработки информации со стробированием измерительных каналов по дальности.

Если период Допплера больше 2 сек, логическое устройство управления счетчиками выносит решение о «нулевой» скорости дрейфа метеорного следа и вырабатывает команду на ее печать.

При документировании результатов измерения на ЦПМ производится параллельная выборка результатов, а на ПЛ — последовательная, согласно программы перфорирования информации, которую задает программное устройство.

Программное устройство обеспечивает нанесение на перфоленду 1) информации о дальности и периоде Допплера с учетом знака скорости и специального кода «запись»; 2) специальной кодовой последовательности «интервал часа» для отделения каждого часа наблюдений от данных за последующие часы; 3) комбинации «граница» для отделения отдельных зон числового материала (в зону входят 6 часов наблюдений); 4) специальной кодовой последовательности «нерабочий час», если в данный час наблюдений не было.

На все время перфорирования в программном устройстве вырабатывается строб «съем информации», который поступает в УПИ и запрещает производство измерений во время документирования результатов. По завершению перфорирования вся система автоматической обработки информации устанавливается в исходное нулевое состояние и снимает запрет измерения. Система готова к новому циклу работы.

ВЫВОДЫ

1. Разработана цифровая система автоматической обработки радиометеорной информации «Дрейф-1» для «ветровых» измерений.

2. Обобщен опыт разработки и эксплуатации автоматического устройства «Дрейф-Э».

3. Описано основное структурное построение и взаимосвязь отдельных узлов и устройств цифровой обработки радиометеорной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Д. Ширман, В. Н. Голиков. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерение их параметров. Изд-во «Советское радио», 1963.

2. В. И. Тихонов. Статистическая радиотехника. Изд-во «Советское радио», 1966.

3. В. К. Слок а. Вопросы обработки радиолокационных сигналов. Изд-во «Советское радио», 1970.

4. М. Ф. Лагутиц, Т. П. Петручек, В. П. Онуфриев, Н. Ю. Беседовский. Импульсный передатчик метеорной РЛС. Тезисы докладов Украинского научно-технического семинара «Элементы и устройства радиолокационной техники», Одесса, 1969.

5. А. В. Арефьева, В. Н. Корпусов, И. А. Лысенко, А. Д. Орлянский, А. Н. Рябчиков, Н. Ф. Шуварилова. «Результаты излучения ветрового режима метеорной зоны радиолокационным методом», Геомагнетизм и Аэрoномия, т. IV, № 4, 1966.

6. В. П. Онуфриев, В. Н. Резник, О. А. Деняк. Высокостабильный синхргенератор для метеорного радиолокатора. Тезисы докладов XX Украинской Республиканской науч. о-технической конференции, посвященной Дню радио и Дню связистов, Киев, 1970.

7. Н. Ю. Беседовский, М. Ф. Лагутин, В. П. Онуфриев, Т. П. Петручек. Метод повышения разрешающей способности РЛС при измерении дрейфов метеорных следов. «Кометы и метеоры», № 17, 1970. Изд. Астроном. Совета АН СССР.