

УДК 621.396.969

В.И. Головки, А.А. Верховская, О.Н. Кукушкин,
Н.В. Михайловский, А.В. Потапов

ПРИНЦИПЫ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАДАРНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ МАТЕРИАЛА В РЕАКТОРАХ И ЕМКОСТЯХ

Прорыв в решении проблемы бесконтактного определения уровня материала в реакторах и емкостях различного назначения связан с реализацией непрерывной радиолокации. Определение уровня поверхности материала базируется на обработке амплитудно-частотного спектра радиолокационного сигнала и параметров функционирования радара (типа РДУ-Х2), поступающих в АСУ ТП по цифровому интерфейсу.

Информация от каждого радара передается с объекта наблюдения для программно-алгоритмической обработки средствами вычислительной техники (СВТ) в виде трех сигналов:

- цифровой по последовательному интерфейсу RS-485;
- аналоговый по токовому выходу в диапазоне 0..20 мА;
- аналоговый по напряжению в диапазоне 0..2 В.

Для обработки данных, поступающих от радара, необходимо в режиме реального времени обеспечить выполнение следующих функций: корректное получение цифровых и аналоговых сообщений; выделение данных из принятого потока информации и их сортировку; масштабирование и фильтрацию данных об уровне материала; ведение протокола изменения исходных данных для реализации указанных функций; ввод и оперативное изменение следующих параметров обработки выходных сигналов радара:

- исходных параметров для фильтрации техногенных помех;
- порядка усреднения и расчета характеристик спектра сигнала;
- коэффициентов градуировочных зависимостей для определения расстояния по спектру.

Основной информационный сигнал представляет последовательность пакетов сообщений размером по 420 байт. Каждое сообщение включает поле заголовка размером по 2 байта; поле

информационного сигнала размером 256 байт (содержит 128 последовательных дискретных значений огибающей биений излученного и отраженного радиосигнала для контроля функционирования радара); поле спектра информационного сигнала размером 128 байт (содержит 64 значения спектральных составляющих амплитудно-частотного спектра радиосигнала для определения расстояния до поверхности материала, а также анализа радиолокационной ситуации в зоне наблюдения с целью отстройки от помех); поле параметров работы радара размером 36 байт.

Скорость передачи цифрового сигнала 9600 бод. Интервал между сообщениями не превышает двух секунд.

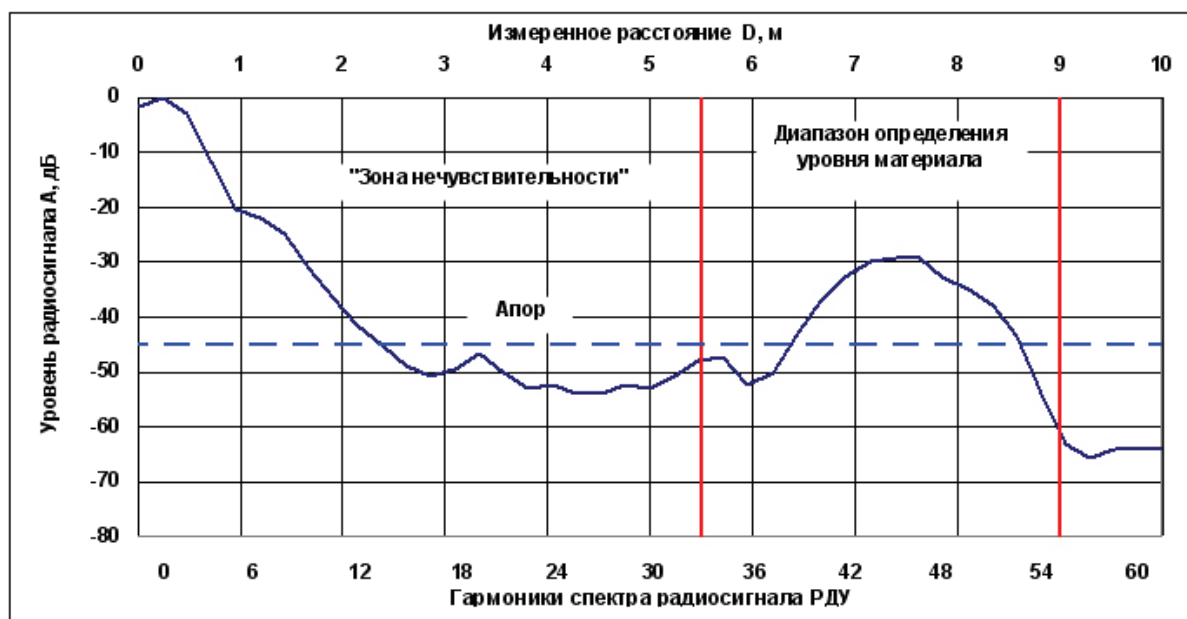
Выделение из информационного потока пакетов сообщений производится следующим образом. Данные длиной $2l$ (где l – длина пакета) принимаются в буфер. Находится первая от начала комбинация заголовка. Если комбинация заголовка находится более чем через l байт, то пакет сообщений радара считается найденным.

На основе обработки информации, содержащейся в RS-сигнале СВТ, производится согласно разработанному алгоритму построения спектра принятого радиосигнала. Спектр представляет собой полигон (рис. 1), вершинами которого являются 64 значения амплитуд (в дБ) спектральных гармоник радиосигнала. По верхней оси абсцисс откладывается расстояние P (м) до засыпи шихты. На нижней оси абсцисс откладываются номера гармоник спектра. По оси ординат откладываются амплитуды гармоник спектра частот сигнала A (дБ). Вертикальными красными линиями выделена анализируемая часть спектра – «диапазон определения уровня материала».

Слева указана «зона нечувствительности» радара. Эта часть спектра используется для диагностики состояния элементов антенны и крепления радара, а также обнаружения техногенных помех. Горизонтальной пунктирной линией изображается уровень порога идентификации отраженного от поверхности засыпи радиосигнала. Над линией располагается надпись «Апор».

Обработка переданного по цифровому интерфейсу спектра информационного сигнала производится для каждого радара автономно. В алгоритме использованы методы цифровой обработки радиолокационной информации, некогерентное накопление (усреднение) спектра, вычисление и анализ его характеристик, а

также определение расстояния до цели по частоте средневзвешенной ведущей гармоники спектра.



Настройки режима работы РДУ N				Параметры функционирования РДУ N			
номер РДУ		9		напряжение питания СВЧ генератора		3,5	В
положение ключей настройки ВДМ		11110000		максимальная амплитуда сигнала		657	мВ
чувствительность		15	дБ	коэффициент усиления сигнала		5,0	дБ
постоянная времени		10	с	вымышленный уровень шума		55	дБ
шаг гармоник спектра		0,250	м	порог обнаружения цели		15	дБ
Градуировка	- смещение	18,250	м	средневзвешенная частота		7835	Гц
"расстояние - ток"	- наклон	-0,8125	м / мА	величина выходного тока		14,32	мА
Градуировка	- смещение	-0,208	м	зона нечувствительности		5,5	м
"расстояние - частота"	- наклон	0,250	м / кГц	предельное определяемое расстояние		9,0	м
минимальная температура СВЧ		30	град С	число усредняемых спектров		10	
предельная температура СВЧ		60	град С	расстояние до поверхности шихты		7,82	м
температура СВЧ модуля		35,0	град С	уровень засыпи		3,27	м

Карман фона статичный / активный

Рисунок 1 - Амплитудно-частотный спектр радиосигнала РДУ-Х2 на ДП 9

При необходимости подавления техногенных помех, зафиксированных в спектре, оператор выдает команду «фон активный», что сопровождается соответствующим сообщением. При этом значения амплитуд текущего спектра уменьшаются на величину соответствующих амплитуд фонового спектра. Возврат в режим просмотра текущего спектра производится командой «фон пассивный», которая также сопровождается соответствующим сообщением.

Выходной токовый сигнал при работе радиолокационной аппаратуры в штатном режиме должен находиться в стандартном диапазоне 4..20 мА. При выводе радара из строя идентифицируется нулевое значение тока. Кроме того, по токовому выходу фиксируется

превышение предельно допустимой температуры сверхвысокочастотного модуля и, вследствие этого, автоматическое отключение радара. При этом выходной ток периодически (~ 10 с) принимает значения от 1 до 3 мА. Сигнал выходного тока после аналогоцифрового преобразования также подвергается цифровой фильтрации для отклонения высокочастотных помех.

Работа радаров с изложенными принципами обработки сигналов на протяжении пяти лет обеспечила надежное определение уровня поверхности шихты в 20-ти точках колошника доменной печи объемом 5000 м³.

Получено 17.03.2008 г.