

Реализация программно-аппаратного метода в модуляционных РМС

П.А. Ечин, Е.В. Федосеева, А.А. Молотков

Муромский институт Владимирского государственного университета, 602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23

E-mail: rt@mivlgu.ru

Описывается алгоритм реализации цифровой обработки сигнала на выходе квадратичного детектора в модуляционных радиометрических системах.

The algorithm of realization of digital processing of a signal on an exit of the square-law detector in modulation radiometric systems is described.

Отрицательное влияние несинфазностей опорных напряжений на достоверность результатов измерений в модуляционных РМС, побуждает к разработке и внедрению специальных решений, направленных на стабилизацию фазовых соотношений опорных сигналов, либо отслеживание их изменений с последующей поправкой выходного сигнала в радиометрических системах с модуляционным принципом приема.

В качестве такого решения может быть использована реализация в РМС программно-аппаратного метода (ПАМ) низкочастотной обработки выходного сигнала квадратичного детектора. Данный метод основан на применении микроконтроллера для управления работой РМС и обработке выходного сигнала на НЧ, что делает такой метод современным и эффективным [1].

Структурная схема классического модуляционного радиометра [2] с ПАМ приведена на рис.1.

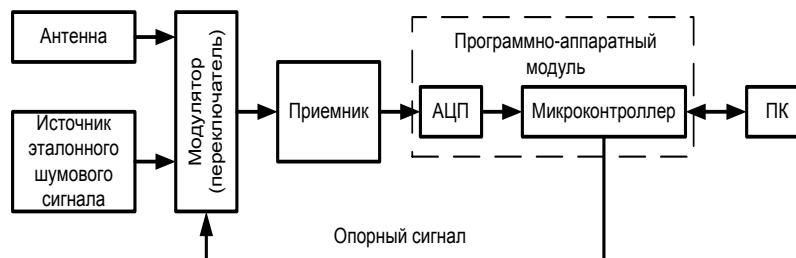


Рис.1. Структурная схема реализации программно-аппаратного метода в классическом модуляционном радиометре.

Структурная схема, приведенная на рис.1, является относительно общей и отражает только степень замещения цифровой схемой аналогового тракта обработки сигнала. При этом предполагается, что сигнал с выхода блока «Приемник» представляет собой выходной сигнал квадратичного детектора усиленный УПТ для обеспечения нормальной работы АЦП на входе «Программно-аппаратного модуля».

Применение такой схемы (рис.1) позволяет программно реализовать функции всех блоков, необходимых после квадратичного детектирования:

-гребенчатый фильтр, аппаратная реализация которого связана с определенными известными трудностями;

-синхронный детектор, включающий в себя функции временного разделения сигналов, взаимной задержки сигналов и компенсации (взаимного вычитания);

-генератор опорного напряжения, синхронизированный внутренним тактовым генератором контроллера и имеющий выход для управления работой входного модулятора радиометра.

Использование микроконтроллера для выполнения всех вычислительных операций низкочастотного преобразования сигнала вместо непосредственной подачи сигнала с АЦП в ПК (и реализации вычислительных операций в ПК) вызвано тем, что в работе с портами в ПК могут возникать случайные временные задержки, что недопустимо при выполнении данного метода компенсации (синхронного детектирования при модуляционном приеме). Таким образом, ПК необходим здесь только для представления результатов измерения в удобном для дальнейшего использования виде и управления работой микроконтроллера.

Реализация функции гребенчатого фильтра здесь будет выполнена следующим образом. Известно, что форма огибающей выходного сигнала квадратичного детектора будет представлять собой униполярный меандр [3], уровень которого в пределах каждого полупериода пропорционален мощности шумов полезного и эталонного сигналов на входе радиометра (рис.2).

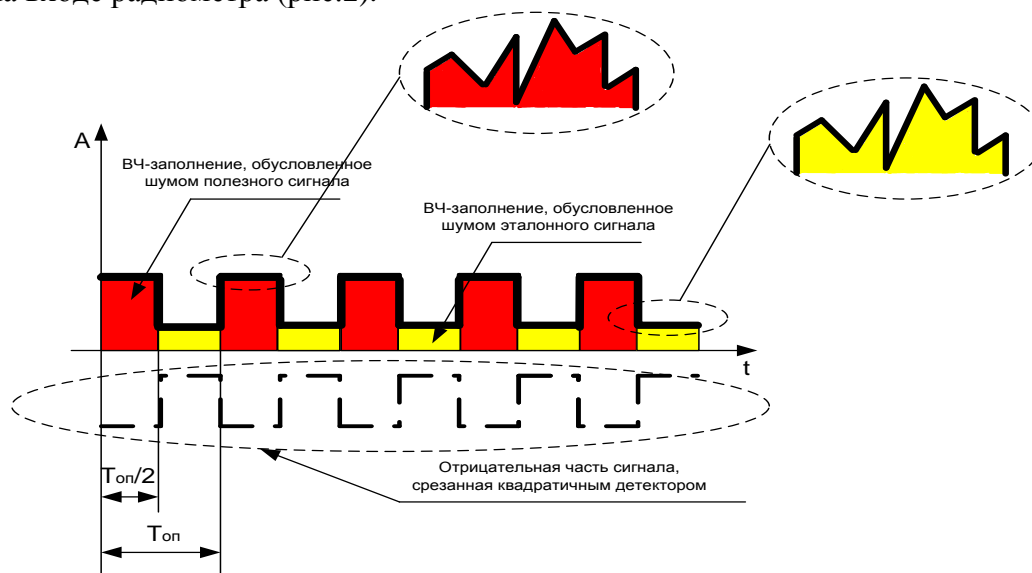


Рис.2. Вид сигнала на выходе квадратичного детектора (на входе АЦП ПАМ).

Значение амплитуды выходного сигнала квадратичного детектора, как видно из рис.2, будет непостоянным в пределах каждого полупериода (флуктуирует), что обусловлено шумовым характером входных сигналов радиометра. Работу микроконтроллера можно организовать так, чтобы за каждый полупериод проводилось измерение нескольких значений амплитуды сигнала с последующим нахождением среднеарифметического этих значений. Полученный результат затем был бы принят в качестве постоянного значения амплитуды в течение полупериода опорного сигнала. Другими словами микроконтроллер воссоздает униполярный меандр идеальной формы, амплитудой которого является среднеарифметическое значение флуктуаций за каждый полупериод. Если измерять, например, 3 значения уровня флуктуирующего сигнала за полупериод опорного напряжения, то частота дискретизации определяется как:

$$T_{\text{дискр}} = \frac{T_{\text{оп}}/2}{3} = \frac{T_{\text{оп}}}{6}, \quad (1)$$

$$f_{\text{дискр}} = f_{\text{оп}} \times 6. \quad (2)$$

Модель описанного метода в программной среде Mathcad, приведена на рис.3.

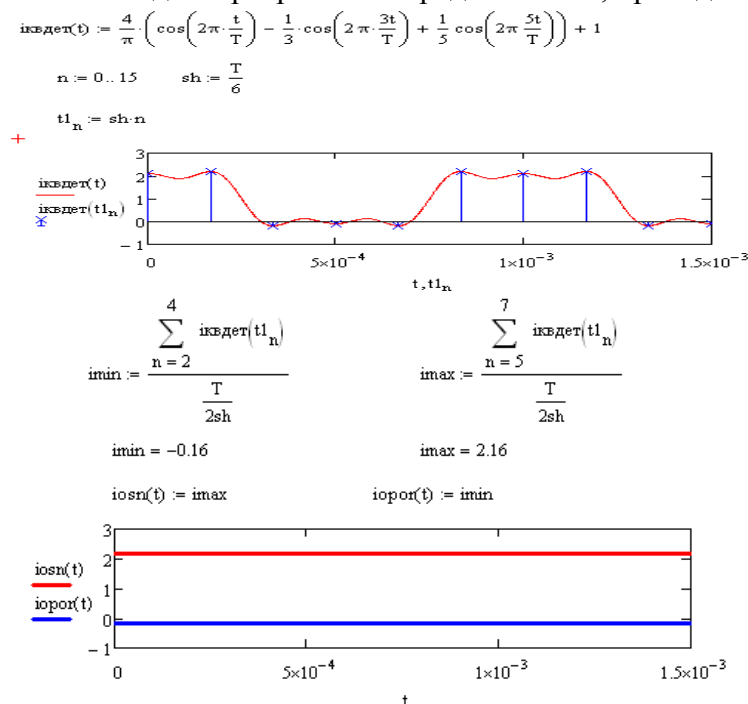


Рис.3. Принцип ПАМ в Mathcad.

Функции синхронного детектирования будут выполняться путем запоминания среднеарифметического значения амплитуды сигнала за первый полупериод управляющего напряжения и вычитания из него значения амплитуды сигнала за второй полупериод.

Переход на программно-аппаратную реализацию некоторых функций радиометра, осуществляемых ранее аналоговыми устройствами, дает следующие преимущества перед последними:

- значительное упрощение схемы по количеству блоков и элементов, что так же повышает стабильность работы системы;
- появление широких возможностей обработки сигнала (гибкость метода выходной обработки сигнала, возможность вариаций, подстроек), что позволяет добиться максимального качества работы системы (здесь же возможность проведения исследований);
- удобное управление «оцифрованными» процессами радиометра с ПК.

Алгоритм реализации ПАМ в классическом модуляционном радиометре, в соответствии с вышеизложенным, в виде функциональной схемы приведен на рис.4.

Сигнал с выхода квадратичного детектора (при необходимости усиленный до заданного уровня УПТ) поступает в АЦП, установленный на входе программно-аппаратного модуля (рис.4). В АЦП происходит оцифровка аналогового сигнала, при этом частота дискретизации, определяющая количество временных выборок сигнала, в нашем случае (шесть выборок за период опорного напряжения) равна увеличенной в 6 раз частоте опорного сигнала, т.е. $6 \cdot f_{оп}$. Последовательность выборок с выхода АЦП, представляющих собой закодированные двоичным кодом значения амплитуды аналогового сигнала в фиксированные моменты времени, заполняет пространство специальной оперативной памяти. Запись выборок в память происходит в строгой последовательности синхронно с работой АЦП, причем при записи каждой новой выборки адрес ячейки памяти автоматически увеличивается на единицу. Такой

порядок записи данных облегчает в последствии организацию алгоритма чтения значений из памяти.

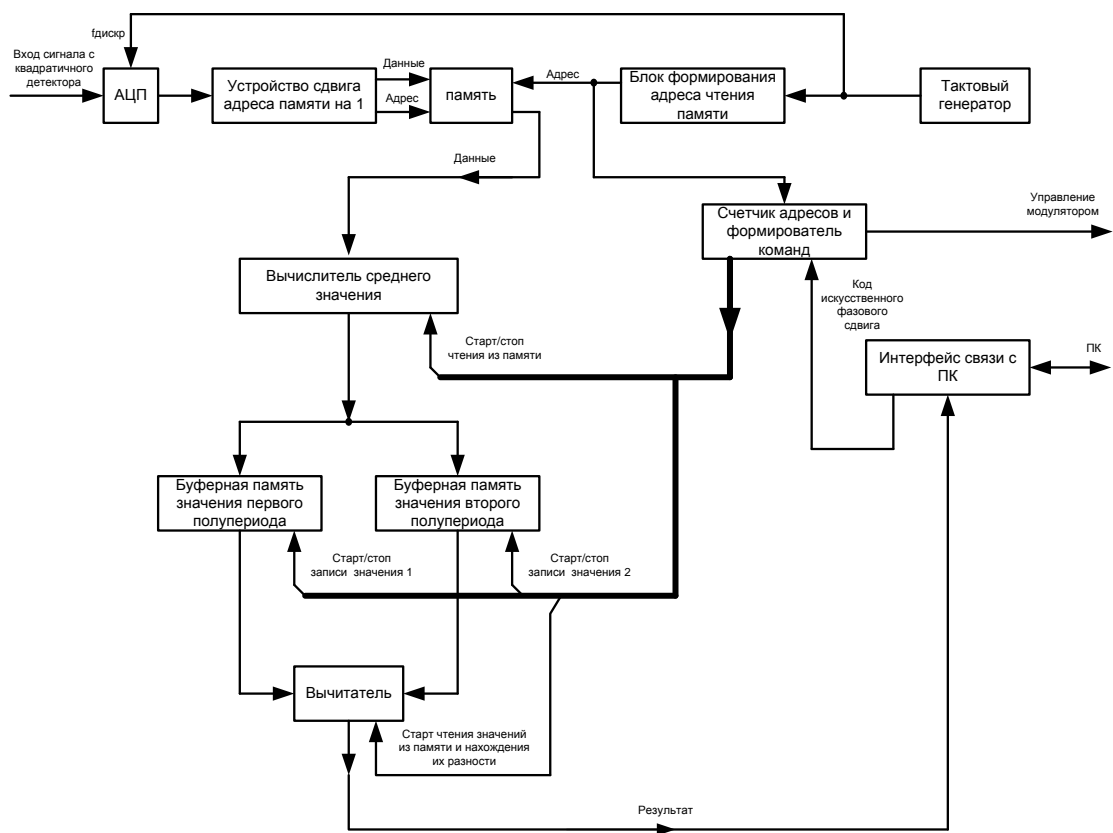


Рис.4. Функциональная схема программно-аппаратного модуля для работы в схеме классического модуляционного радиометра.

По заполнению памяти тремя значениями уровней оцифрованного сигнала (тремя выборками), соответствующими первому полупериоду опорного напряжения (прием полезного сигнала), в блок вычисления среднеарифметических значений поступает команда считывания этих трех значений из памяти и нахождения их среднеарифметического значения. Результат вычисления сохраняется в буферной памяти значения первого полупериода. То же самое происходит и после записи в память следующих трех выборок, соответствующим второму полупериоду опорного сигнала (ко входу радиометра подключен ГШ). Результат вычисления среднеарифметического значения так же заносится в буферную память значения второго полупериода.

После заполнения обоих буферных блоков памяти, формируется команда вычитателю прочитать значения буферов и найти их разность. Результат вычитания, поступает через специальный интерфейсный блок в ПК, где отображается в виде осциллограммы, амплитуда которой в пределах каждого периода опорного сигнала равна результату вычитания.

Помимо отображения данных, с ПК так же в целях исследования или настройки работы радиометра может следовать команда изменения фазы синхронного детектирования относительно фазы сигнала управления модулятором на входе. В данном модуле (рис.4) такому искусственному фазовому сдвигу соответствует

изменение (сдвиг) порядка чтения данных из памяти блоком нахождения среднего значения. Более наглядно этот процесс отображает рис.5.

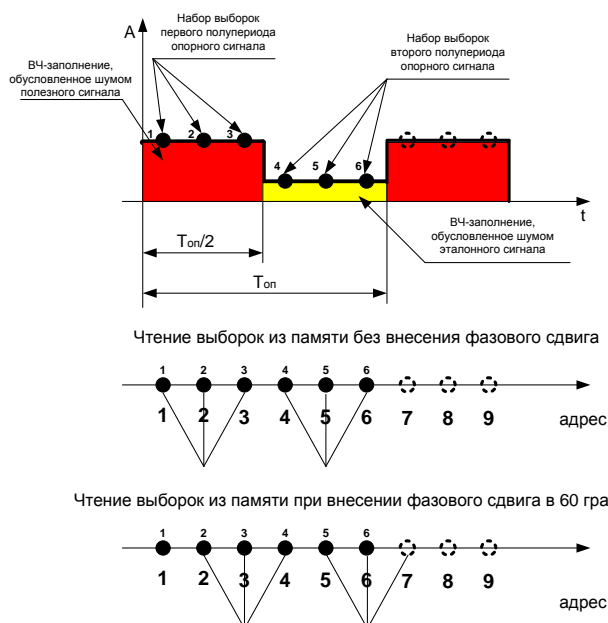


Рис.5. Принцип реализации процедуры искусственного фазового сдвига.

Как видно из рис.5, минимальный шаг искусственно вносимого фазового сдвига (для случая 6-ти выборок на период) составляет $360/6=60$ градусов.

Таким образом, цифровая последетекторная обработка радиометрической информации имеет неоспоримые преимущества перед аналоговой.

Литература

1. Ечин П.А., Федосеева Е.В., Молотков А.А. Программно-аппаратная реализация синхронного детектирования в модуляционных радиометрах СВЧ//Проектирование и технология электронных средств. 2011. № 1 С. 30-33.
2. Фалин В.В. Радиометрические системы СВЧ. – М.: Луч, 1997. - 440с.
3. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. – М.: Наука. – 416 с.