

Применение аналоговых перемножителей сигналов для демодуляции сигналов ЧМ и узкополосной ЧТ

Юрий Ежков (г. Омск)

Для демодуляции узкополосных ЧМ- и ЧТ-сигналов автор предлагает использовать аналоговые перемножители в сочетании с кварцевыми резонаторами. Достоинствами схемы являются высокая крутизна преобразования и стабильность параметров при малой мощности потребления.

Для построения демодуляторов сигналов ЧМ и ЧТ возможно применение микросхем на основе аналоговых перемножителей сигналов (АПС), схемы которых достаточно хорошо известны [1...3]. Использование кварцевых резонаторов (КР) для формирования необходимых частотно-фазовых характеристик в таких демодуляторах позволяет расширить область применения АПС.

В переносных и портативных средствах радиосвязи задача снижения потребляемой мощности зачастую одновременно требует схемотехнических решений, содержащих минимум элементов и обеспечивающих малое потребление мощности. В приёмных устройствах традиционно применяется преобразование частоты, позволяющее обеспечивать основное необходимое усиление на сравнительно низкой промежуточной частоте (ПЧ).

Традиционно для фильтрации по соседнему каналу в тракте последней (и возможно, единственной) ПЧ применяется узкополосный (кварцевый или электромеханический) фильтр с полосой пропускания, которая немного шире спектра пропускаемого сигнала – на величину суммарной нестабильности частот передающего и приёмного

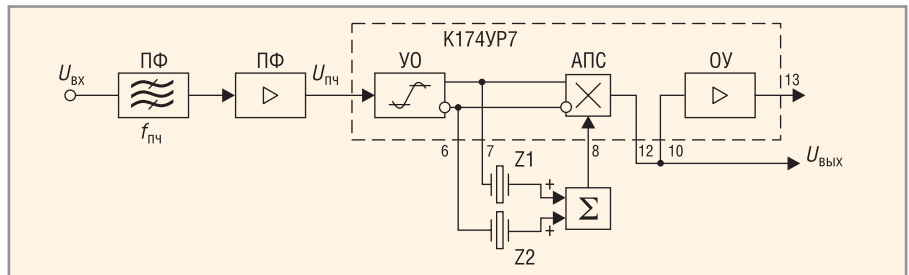


Рис. 1. Структурная схема тракта демодулятора сигналов F1B с малой девиацией частоты

ПФ – полосовой фильтр; УПЧ – усилитель промежуточной частоты; УО – усилитель-ограничитель; АПС – аналоговый перемножитель сигналов; ОУ – операционный усилитель

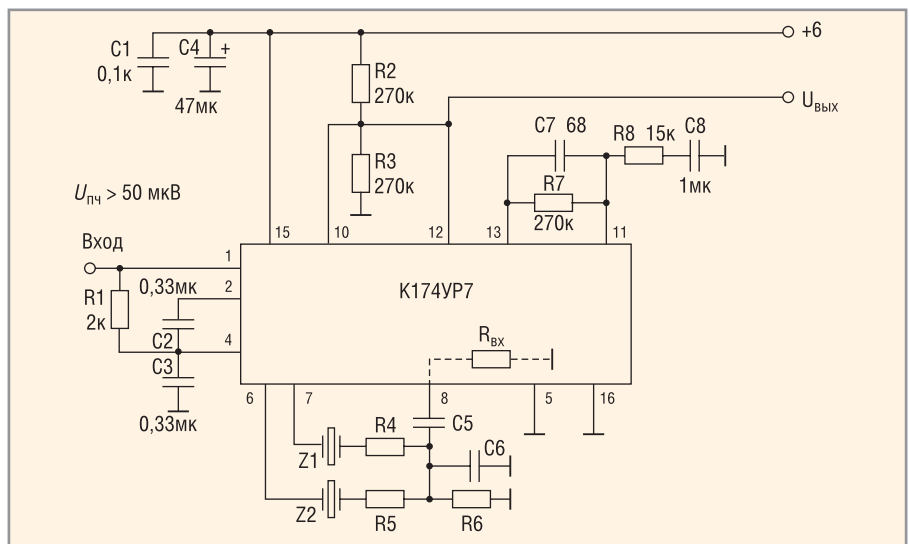


Рис. 2. Принципиальная схема демодулятора сигналов F1B с малой девиацией частоты

устройств (рис. 1). На выходе тракта ПЧ включается демодулятор соответствующего сигнала. В данном случае по приведённой структурной схеме может быть реализован тракт демодулятора сигналов узкополосной ЧТ (F1B) 50ЧТ-125, 5ЧТ-20 (скорость телеграфии $B = 50$ и 5 Бод, разнос частот нажатия-отжатия $f_1 - f_0 = 2\Delta f = 125$ и 20 Гц соответственно). В профессиональных радиоприёмниках одно из стандартных значений ПЧ $f_{ПЧ} = 128$ кГц. Для работы на этой частоте и выше, вплоть до 250 кГц, эффективно использование ИМС K174УР7, содер-

жащей в своём составе усилитель-ограничитель УО, аналоговый перемножитель сигналов АПС и операционный усилитель ОУ [1, 2]. В целом представленная структура позволяет построить демодулятор сигналов ЧТ (рис. 2) с высокой крутизной детекторной характеристики (рис. 3...5), которая является результатом амплитудно-фазового преобразования частотной модуляции за счёт АПС и КР с резонансными частотами $f_{ПЧ} - \Delta f, f_{ПЧ} + \Delta f$. Симметричность детекторной характеристики в полосе $[f_{ПЧ} - \Delta f, f_{ПЧ} + \Delta f]$ будет зависеть от идентичности фа-

зовых характеристик цепей, состоящих из соответствующих КР и входных сопротивлений следующих за ними элементов сумматора; наиболее важное условие – равенство их добротностей ($Q_1 = Q_2$).

Линейность детекторной характеристики в некоторых пределах можно регулировать (см. рис. 4) при помощи элементов коррекции (резисторы R4...R6 на схеме рис. 2). Фазосдвигающие интегрирующие или дифференцирующие цепи C5, C6, R6, R_{ВХ} позволяют корректировать положение характеристики на частотной оси (см. рис. 4). В области условного нуля ($U_{\text{ВЫХ}} = 3,5$ В) линеаризация детекторной характеристики необходима в случае демодуляции сигналов ЧТ с девиацией, значительно меньшей Δf (например, в неперестраиваемом демодуляторе сигналов ЧТ с различной девиацией). При этом в области нуля крутизна повышается, однако максимальная амплитуда выходного сигнала может снижаться. Отметим, что спектр демодулируемых сигналов попадает в полосу пропускания схемы КР-АПС, поскольку за пределами линейного участка её селективные свойства не определяются добротностью КР. Аналогичные результаты (см. рис. 5) были получены при демодуляции сигналов 5ЧТ-20 и соответствующих резонансных частотах кварцевых резонаторов $f_H = 127\,990$ Гц, $f_B = 128\,010$ Гц; при этом крутизна детекторной характеристики такого демодулятора достигает 0,2 В/Гц. В режиме демодуляции 5ЧТ-20 возникают проблемы, вызванные недостаточной термостабильностью характеристик КР и возрастающими требованиями к стабильности генераторов опорных частот на приёмной и передающей сторонах.

Остальные параметры определяются паспортными данными ИМС К174УР7: для нормальной работы схемы входное напряжение $U_{\text{ПЧ}}$ должно превышать 50 мкВ; ток, потребляемый собственно демодулятором, не более 0,8 мА. Элементы R1...R3, R7, R8, C1...C4, C7, C8 определены типовой схемой включения [1, 2]. Зарубежным аналогом российской микросхемы К174УР7 является ТСА770.

Помехоустойчивость демодулятора близка к потенциально возмож-

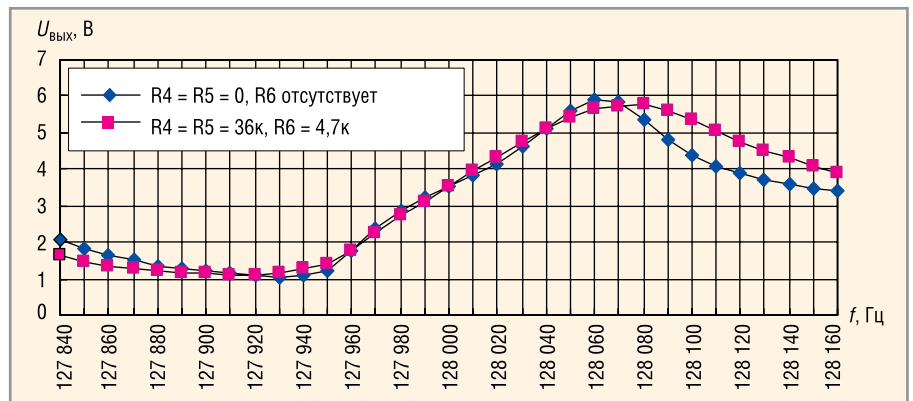


Рис. 3. Детекторная характеристика для демодуляции сигналов ЧТ

$B = 50$ Бод, $f_1 - f_0 = 125$ Гц, $f_0 = f_H = 127\,920 \pm 4$ Гц, $f_1 = f_B = 128\,035 \pm 4$ Гц

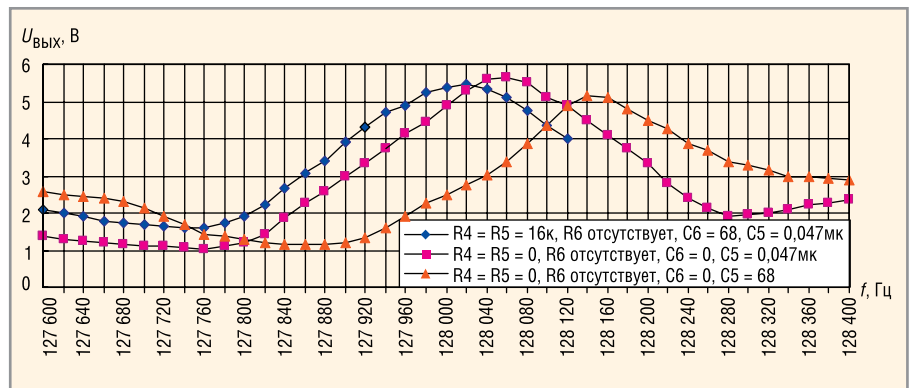


Рис. 4. Возможности изменения детекторной характеристики при неизменных кварцевых резонаторах

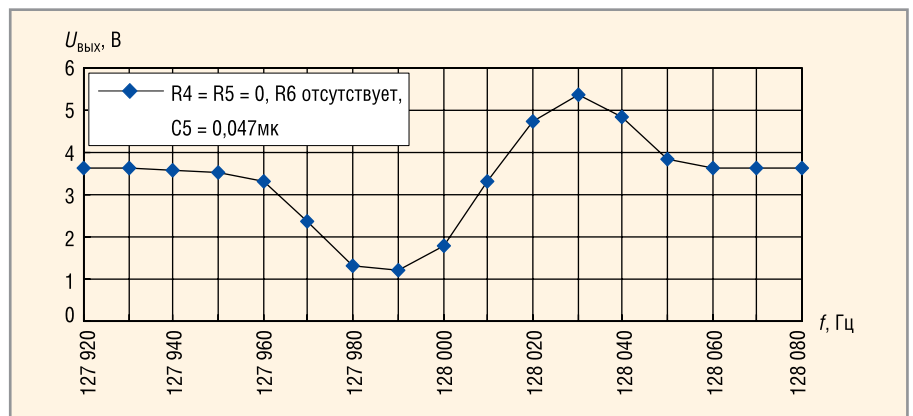


Рис. 5. Детекторная характеристика для демодуляции сигналов ЧТ

$B \leq 10$ Бод, $f_0 = f_H = 127\,990$ Гц, $f_1 = f_B = 128\,025$ Гц

ной при некогерентном приёме для схем с расфилтровкой, проанализированной в книге [4].

Возможно построение аналогичных устройств на основе отдельных ИМС АПС и ОУ, а также других ИМС на их основе. Следует учесть, что на других центральных частотах могут быть реализованы демодуляторы аналоговой ЧМ. При этом значение центральной частоты, резонансные частоты КР, крутизна и линейность детекторной характеристики оказываются взаимозависимыми параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник. Под ред. И.В. Новаченко, В.М. Петухова, И.П. Блудова, А.В. Юровского. М.: Радио и связь, 1989.
2. Атаев Д.И., Болотников В.А. Аналоговые интегральные микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник. М.: Изд. МЭИ, 1991. С. 129...130.
3. Радиоприемные устройства. Под ред. Л.Г. Барулина. М.: Радио и связь, 1984.
4. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. 2-е изд. М.: Сов. радио, 1970.

