

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

С.А. Тыщук

(представил д.т.н. С.В. Козелков)

В статье проведен анализ основных способов построения инвариантных радиотехнических систем в спутниковой связи и предложен путь обработки принимаемого радиосигнала на основе микропроцессорных систем.

На современном этапе развития телекоммуникационных технологий все больше внимания в технике спутниковой связи уделяется системам, способным обеспечить передачу больших объемов информации с заданной вероятностью ошибки, независимой ни от внутренних шумов радиоэлектронной аппаратуры, ни от внешней помеховой обстановки [1, 2].

Анализ методов проектирования и построения наземных радиотехнических систем (РТС) спутниковой связи [2,3] свидетельствует о принципиальной возможности построения систем инвариантных к различным воздействиям окружающей среды на основе варьирования тех или иных параметров приемных устройств. Инвариантной будем считать такую систему, которая удовлетворяет условию [3]:

$$P_{\text{доп}} \geq p = \text{invar } \Xi, \quad (1)$$

где p – вероятность ошибочного приема;

Ξ – помеха, $\Xi \in \xi$, где ξ – совокупность помех, $\xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n$;

$P_{\text{доп}}$ – максимально допустимое значение вероятности ошибочного приема в данной системе.

Учитывая, что на качество функционирования РТС влияют как внешние помехи, так и внутренние шумы, то вероятность ошибочного приема может быть определена как

$$P(N, \xi) = P(N, 0) + \delta(N, \xi), \quad (2)$$

где $\delta(N, \xi)$ – малая величина нелинейных искажений информационного сигнала.

В случае, если нелинейные инерционные процессы, возникающие в антенно - приемных устройствах РТС, могут быть компенсированы, то система становится относительно инвариантной к внешней помехе Ξ или инвариантной до ϵ , где ϵ – погрешность, вносимая аппаратной ошибкой, которая определяется выражением

$$\epsilon = \max | P(N, \xi) - P(N, 0) |. \quad (3)$$

Тогда относительная инвариантность системы в заданной помехо-

вой обстановке определяется условием

$$\varepsilon = \max_{\xi \in \Xi} |P(N, \xi) - P(N, 0)| = \min . \quad (4)$$

Таким образом, учитывая (4), приходим к понятию оптимальной абсолютно инвариантной системы, обеспечивающей наилучшую вероятность ошибочного приема по отношению к внутренним шумам при внешнем воздействии среды на распространение радиоволн.

Рассмотрим основные пути построения инвариантных систем в соответствии с приведенной классификацией [3].

1. Системы с постоянными параметрами, где передача и прием сигналов осуществляется при помощи неизменных во времени и не зависящих от внешних условий преобразований. Данные системы имеют ряд существенных недостатков, определяемых фиксированными значениями вероятности ошибочного приема:

- низкая скорость передачи информации;
- большие энергетические затраты (на передающей стороне);
- низкая адаптивность к внешним воздействиям.

2. Система с адаптивным приемником основана на алгоритме обработки сигнала на приемной стороне, учитывающем внешние воздействия на радиоканал. Однако, в данной системе имеется ряд недостатков:

- необходимо учитывать нелинейные инерционные процессы, протекающие в антенно-приемном тракте при обработке принимаемого сигнала;
- необходим канал анализа помеховой обстановки.

3. Адаптивные системы включают, как правило, так называемый «канал обратной связи» между передающей и приемной РТС. Данной системе также присущи определенные недостатки:

- необходимость обратной связи, что не всегда возможно в условиях работы РТС, разнесенных на большое расстояние;
- необходимость решения проблемы электромагнитной совместимости.

Учитывая особенности построения инвариантных систем, наиболее предпочтительную схему имеют РТС спутниковой связи, которые используют адаптивный прием.

На современном этапе развития технологий достигнута такая миниатюризация в микроэлектронике, которая позволяет реализовать цифровые радиоприемные устройства с высокой чувствительностью и избирательностью [4].

Рассмотрим одно из перспективных направлений обработки принимаемого радиосигнала (рис. 1). В данной реализации радиоприемного устройства предлагается использовать алгоритмы цифровой обработки сигнала на базе микропроцессорной техники. Так, при приеме радиосигнал с антенной системы (А) поступает в систему усиления сигнала (СУС), где осуществляется предварительная фильтрация, усиление и

преобразование его частоты. В аналогово-цифровом преобразователе (АЦП) производит трансформацию аналогового сигнала в цифровой код. Дискретный по уровню и времени сигнал попадает в цифровой процессор обработки сигнала (ЦПОС), в котором осуществляется преобразование принятого сигнала по заданному алгоритму, вводимому в ЦПОС из запоминающего устройства (ЗУ). Алгоритм реализует задачу поиска сигнала, фильтрацию (линейную или нелинейную, в зависимости от реальных условий функционирования радиоканала), детектирование и так далее. Обработанный сигнал поступает пользователю (П), в данном случае под пользователем понимаются устройства, необходимые для функционирования системы человек-машина. Перестройка приемника по каналам производится с помощью синтезатора частоты (СЧ). Предлагаемое приемное устройство может быть реализовано на основе ЦПОС типа

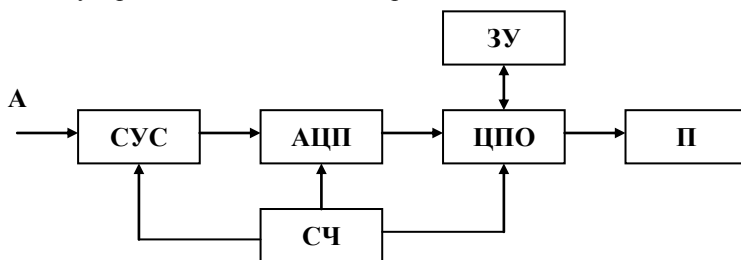


Рис. 1. Структурная схема современного цифрового приемника

TMS320C2x [4].

Таким образом, решение задачи инвариантного к помеховой обстановке приема радиосигналов на ближайший период развития радиосистем будет зависеть от разработки новых алгоритмов обработки на основе внедрения цифровой техники, а также интегральных схем во все узлы радиоприемных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. – Минск.: Высшэйшая школа, 1988. – 369 с.
2. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
3. Окунев Ю.Б. Теория фазоразностной модуляции. – М.: Связь, 1979, – 216 с.
4. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Харьков: Конус, 2001. – 398 с.

Поступила 4.03.2002

ТыЩУК Сергей Александрович, нач. фак. Харьковского военного университета. В 1984 году окончил Житомирское высшее училище радиоэлектроники ПВО. Область научных интересов – космические радиотехнические системы и комплексы.

