

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ КРАЙНЕВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

А.Н. Богдановский, М.Б. Козелкова
(представил д.т.н. С.В. Козелков)

Предложена методика адаптивного приема крайневыхочастотных (КВЧ) радиосигналов в канале с частотно-селективными замираниями. В базовом алгоритме в зависимости от величины фазовых искажений в нелинейных радиоканалах осуществлен адаптивный переход от когерентного приема к автокорреляционному, что позволило повысить помехоустойчивость радиотехнических средств.

Введение. Наиболее важным фактором, который необходимо принимать во внимание, когда оценивается работа спутниковых линий связи КВЧ диапазона, является влияние атмосферных эффектов на энергетику радиосигнала [1 – 3]. Особую актуальность представляют фундаментальные и прикладные исследования КВЧ диапазона выше 10 ГГц [1]. Рядом стран ведутся исследования по влиянию тропосферного слоя на качество передаваемой информации по спутниковым каналам связи. Примером может служить космическая программа “Италсат” (Италия), одной из задач, которой являлось проведение ряда экспериментов, связанных с изучением распространения радиоволн КВЧ диапазона [4]. Эти измерения представляют интерес для конструирования радиотехнических средств (РТС), работающих на очень высоких частотах. Эксперименты по данной программе проводились на частотах 20, 40 и 50 ГГц [4]. Одним из параметров измерений являлось определение фазовых искажений. Измерения спутником “Сирио”, показали наличие фазовых искажений $5 - 10^\circ$ в полосе частот 500 МГц [4]. Эта величина значительно превосходит значения, предсказываемые классической теорией Ван-де-Халста [1, 4]. Даже если значения фазовых искажений сами по себе и не столь велики, представляется весьма важным то, что их физические причины все еще остаются совершенно неизвестными. Поэтому измерение фазовых искажений проводилось и спутником “Италсат” на частоте 40 ГГц посредством модуляции несущей синусоидальным сигналом частоты 505 МГц [4]. Информация об искажениях фазы является фундаментальной для определения предельных характеристик будущих связных систем с высокой пропускной способностью [1].

Как на современных, так и на вновь создаваемых радиотехнических

средствах, работающих в КВЧ диапазоне, необходимо учитывать влияние тропосферного слоя и по возможности более эффективно снижать данное влияние, вследствие чего повышать качество принимаемого сигнала.

Особый интерес вызывают исследования влияния частотно-селективных замираний на изменение фазы радиосигнала, прошедшего атмосферный слой Земли. При этом представляется целесообразным для повышения помехоустойчивости РТС применять алгоритм адаптации при приеме и обработке сигнала, прошедшего тропосферный слой Земли с частотно-селективными замираниями, на базе которого предлагается методика обнаружения КВЧ радиосигналов, что и является **целью данной статьи**. Предлагаемый алгоритм позволит наиболее эффективно использовать свойства когерентного приема при отсутствии на трассе прохождения сигнала частотно-селективных замираний и, наоборот, использовать автокорреляционный метод при их наличии на трассе распространения.

Описание методики. Базовый для методики обнаружения алгоритм

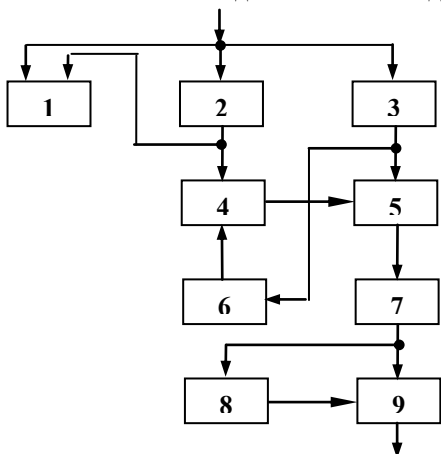


Рис. 1. Алгоритм адаптивного приема радиосигналов

адаптивного приема сигналов работает следующим образом (рис. 1), где 1 – анализатор, 2 – блок восстановления (БВ) несущей, 3 – полосовой фильтр, 4 – коммутатор сигналов, 5 – перемножитель, 6 – блок линии задержки, 7 – интегратор, 8 – блок тактовой синхронизации, 9 – решающий блок. На вход РТС воздействует аддитивная смесь сигнала и белого шума [1, 5]:

$$U(t) = A \cos [\omega_0 t + \varphi(t) + \varphi_0] + \zeta(t), \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала; $\varphi(t)$ – меняющаяся фаза; ω_0 – круговая частота сигнала; φ_0 – мгновенная начальная фаза; $\zeta(t)$ – составляющая шума.

Смесь $U(t)$ поступает на сигнальный вход анализатора 1, на вход блока 2 восстановления несущей и на вход входного фильтра 3. Сигнал $U(t)$, пройдя входной полосовой фильтр 3 (полоса пропускания которого достаточно широка по сравнению с $1/T$), поступает на сигнальный вход перемножителя 5 и на вход линии 6 задержки, пройдя которую задержанный на такт сигнал

$$U(t-T) = A \cos [\omega_0 (t-T) + \varphi(t-T) + \varphi_0] + \zeta(t-T), \quad (2)$$

поступает на первый вход коммутатора 4 сигналов.

С входа демодулятора сигналов сигнал $U(t)$ поступает в блок 2 восстановления несущей, откуда восстановленное опорное колебание

$$G(t) = A \cos (\omega_0 t + \varphi_0) \quad (3)$$

поступает на второй вход коммутатора 4 сигналов, а также воздействует на опорный вход анализатора 1.

С сигнального входа анализатора 1 полосовой фильтр одного канала выделяет нижнюю спектральную составляющую

$$U_n(t) = A \cos [\omega_0 t + \varphi_n + \varphi_0] + \zeta(t), \quad (4)$$

а полосовой фильтр другого канала – верхнюю спектральную составляющую

$$U_v(t) = A \cos [\omega_0 t + \varphi_v + \varphi_0] + \zeta(t). \quad (5)$$

В одном канале, пройдя ограничитель, сигнал $U_n(t)$ поступает на первый вход фазового детектора, а в другом канале, пройдя ограничитель, сигнал $U_v(t)$ поступает на первый вход фазового детектора. На вторые входы фазовых детекторов поступает опорное колебание $G(t)$. Фазовые детекторы выполнены на основе интегральных перемножающих схем, поэтому на выходе интеграторов 15 формируют напряжения, пропорциональные величинам $\Delta\varphi_1 = \varphi - \varphi_n$ на выходе интегратора другого канала. В вычитателе значения этих напряжений вычитаются, причем результирующее напряжение на выходе вычитателя пропорционально величине фазовых искажений

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 = 2\varphi - \varphi_n - \varphi_v, \quad (6)$$

напряжение сравнивается с допустимым значением $V\Delta\varphi_{\text{доп}} = 50^\circ$ в пиковом детекторе. Тогда отметим следующее.

1. При наличии на трассе распространения радиоволн частотно-селективных замираний величина $\Delta\varphi \neq 0$, отсюда $V\Delta\varphi \geq V\Delta\varphi_{\text{доп}}$, на выходе пикового детектора образовывается управляющее напряжение $V = 1$, которое, поступая на третий вход коммутатора 4, переводит его в автокорреляционный режим работы. При этом сигнал с первого входа коммутатора сигналов $U(t - T)$, пройдя коммутатор сигналов 4, поступает на опорный вход перемножителя 5. Произведение сигналов $U(t)$ и $U(t - T)$ интегрируется в интеграторе 7, на выходе которого имеется

$$I_1 = \int_{(n-1)T}^{nT} \{A \cos [\omega_0 t + \varphi(t) + \varphi_0] + \xi(t)\} \times \{A \cos [\omega_0(t - T) + \varphi(t - T) + \varphi_0] + \xi(t - T)\} dt = 0,5A^2T \cos [\varphi(t) - \varphi(t - T)] + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3. \quad (7)$$

В последующем решающий блок 9, синхронизируемый блоком 8

тактовой синхронизации, принимает решение по величине и знаку I_1 .

2. При отсутствии на трассе распространения радиоволн частотно-селективных замираний величина $\Delta\varphi \approx 0$, отсюда $V\Delta\varphi < V\Delta\varphi_{\text{доп}}$, на выходе пикового детектора образуется управляющее напряжение $V = 0$, которое, поступая на третий вход коммутатора 4 сигналов, переводит его на когерентный режим работы. При этом сигнал $G(t)$ с второго входа коммутатора 4 сигналов, пройдя его, поступает на опорный вход перемножителя 5. Произведение сигналов $U(t)$ и $G(t)$ интегрируется в интеграторе 7, на выходе которого имеется

$$I_2 = \int_{(n-1)T}^{nT} \{A \cos [\omega_0 t + \varphi(t) + \varphi_0] + \xi(t)\} A \cos (\omega_0 t + \varphi) dt = 0,5A^2 T \cos \varphi + \theta. \quad (8)$$

В последующем решающий блок 9, синхронизируемый блоком 8 тактовой синхронизации, принимает решение по величине и знаку I_2 .

Вывод. Разработанную методику адаптивного приема крайневысокочастотных радиосигналов в канале с частотно-селективными замираниями предлагается использовать при построении приемников систем передачи информации по тропосферным радиоканалам для обнаружения КВЧ радиосигналов. В дальнейшем в плане развития малопунктного управления баллистико-навигационного обеспечения перспективных орбитальных комплексов предлагается разработать методику использования априорной информации при оценивании параметров движения космических аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепляков И.М., Роцин Б.В., Фомин А.И., Вейцель В.А. Радиосистемы передачи информации. – М.: Радиосвязь, 1982. – 264 с.
2. Ипполито Л. Дж. Влияние условий атмосферного распространения радиоволн на космические системы // ТИИЭР. – 1981. – Т. 69, № 6. – С. 29 – 58.
3. Крейн Р.К. Прогноз влияния осадков на спутниковые системы связи // ТИИЭР. – 1977. – Т. 65, № 3. – С. 210 – 231.
4. AIAA 11th Communication Satellite Systems. – Conferens, San Diego, California, 1986. – P. 298 – 307.
5. Окунев Ю.Б. Теории фазоразностной модуляции. – М.: Связь, 1979. – 240 с.

Поступила 16.05.2003

БОГДАНОВСКИЙ Алексей Николаевич, нач. отдела контроля космического пространства Центра приема научной информации (Евпатория). Окончил Пушкинское ВУРЭ ПВО в 1986 году. Область научных интересов – системы передачи информации.

КОЗЕЛКОВА Мария Борисовна, окончила Крымский ГМИ в 1985 году. Область научных интересов – медицинское приборостроение.
