

Анализ информационных технологий при построении дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигнала для моделирования и поддержки дистанционного управления функционированием комплекса мобильных объектов в сложной помеховой обстановке

Кононов А.Д., e-mail: kniga126@mail.ru

Кононов А.А., e-mail: kniga16@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

***Аннотация.** На основе логико-математического сопоставления различных информационных технологий, основанных на сравнении рассчитанных характеристик снижения уровня импульсных помех, предлагаются схемы дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигналов для повышения эффективности деятельности человека в режиме дистанционного управления комплексом технологических машин различного назначения.*

***Ключевые слова:** модель, информационные системы, команды, радиоуправление, селекция сигнала, дешифратор.*

Введение

В реальных системах связи и управления прием осуществляется в условиях воздействия внешних помех, поступающих на вход приемника из радиоканала, и внутренних шумов самого приемного устройства, приводящих к искажениям информационного сигнала. Даже при весьма высоком отношении мощностей сигнала и помехи нет полной гарантии абсолютной достоверности приема команд управления, речь может идти лишь об обеспечении определенной вероятности достоверного приема.

Для исследования и сравнительной оценки помехоустойчивости различных информационных систем передачи двоичных сигналов необходимо установить ее количественную меру. С точки зрения потребителя системы дистанционного управления движущимися мобильными объектами помехоустойчивость удобно оценивать по степени обеспечения функциональных задач автоматизированной системы управления какими-либо рабочими агрегатами в целом при заданных уровнях и характере сигнала и помехи [1–4].

Однако при этом анализ проблемы помехоустойчивости становится весьма сложным, что вынуждает обычно ограничивать область рассмотрения этой проблемы самой системой передачи информации

либо ее отдельными звеньями. Надо также учитывать, что во многих информационных системах передачи данных широко применяются каналы универсального назначения, рассчитанные на возможность их использования различными потребителями. Поэтому при оценке помехоустойчивости таких информационных систем область рассмотрения обычно ограничивают самим каналом радиопередачи (КРУ), а анализ производят, например, с точки зрения обеспечения требуемой достоверности передачи сообщения по каналу связи при заданных уровнях и характере сигнала и помех. Такая оценка не может быть однозначной для любых систем, поскольку допустимый характер и степень соответствия зависят от назначения информационной системы. Поэтому возможны различные критерии оценки соответствия принимаемых команд управления переданным и соответствующие им критерии оптимальности приемных устройств.

1. Методы подавления импульсных помех в каналах радиопередачи мобильными объектами

Аддитивные помехи, возникающие в каналах радиопередачи мобильными объектами (МО), по электрической и статистической структуре в работах [5-8] были разделены на флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи. На основе анализа основных типов помех [5-8] в КРУ МО можно сделать вывод, что наиболее распространенным типом помех, воздействующих на приемное устройство по основному и неосновным каналам, являются помехи импульсного типа.

Спектр импульсной помехи шире спектра полезного сигнала. Этот факт используется во многих устройствах для подавления импульсных помех. Для определения потенциальных возможностей таких устройств [7] проводится анализ характеристики подавления Q_1

$$Q_1 = \frac{U_{\text{вхн}}}{U_{\text{вхс}}} \sqrt{\frac{\tau_n}{\tau_c}} \quad (1)$$

и снижения помехоустойчивости Q_2 из-за расширения спектра неимпульсных помех при подавлении импульсных

$$Q_2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \beta_{\text{ш}}(f) y_{\text{ш}}(f) S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} y_{\text{с}}(f) S(f) df}, \quad (2)$$

где τ_i – длительность посылки принимаемого сигнала;

$S(f)$ – спектр импульсной помехи;

$y_u(f)$ и $y_y(f)$ – соответственно частотные характеристики широкополосного и узкополосного трактов;

$\beta_u(f)$ – максимум эффекта на выходе приемника при единичной гармонической составляющей на его входе.

При постоянной спектральной плотности суммы неимпульсных помех в области частот приема с частотными характеристиками широкополосного и узкополосного трактов (Δf и ΔF соответственно) выражение (2) принимает вид:

$$Q_2 = \frac{2}{\pi} \ln \frac{\Delta f}{\Delta F} \cdot \frac{S_{\Delta f}}{S_{\Delta F}}. \quad (3)$$

Эффективным методом защиты от импульсных помех является метод селекции по длительности. Если помеховый импульс короче импульсов команды, то такие помехи могут быть обнаружены и подавлены при помощи селектора по длительности. Данный метод по своей эффективности близок к методу запираания приемного устройства.

Таким образом, используя тот или иной метод для борьбы с импульсными помехами, возможно получить полное или частичное их подавление. При полном подавлении помехи на вход дешифратора приемного устройства поступает сигнал, мало чем отличающийся от переданного. При этом вероятность ошибочного приема на выходе дешифратора может быть сколь угодно малой. При частичном подавлении помехи вероятность ошибочного приема принимает какое-то конечное значение. Исходя из этого, задача создания помехоустойчивой схемы дешифратора является не менее важной, чем задача создания самого радиоприемника с помехоустойчивостью, близкой к потенциальной. На практике при приеме полезные импульсы подвергаются различным искажениям, которые могут вызвать большую или меньшую ошибку в зависимости от вида модуляции и метода декодирования. В этом плане на основании анализа различных источников [4–8] наиболее перспективными являются системы радиуправления с использованием для передачи команд частотной и кодовой селекции сигналов.

2. Анализ структурных моделей подавления импульсных помех

В общем виде дешифратор для канала с частотным признаком сигнала может быть реализован в соответствии с функциональной схемой, изображенной на рис. 1.

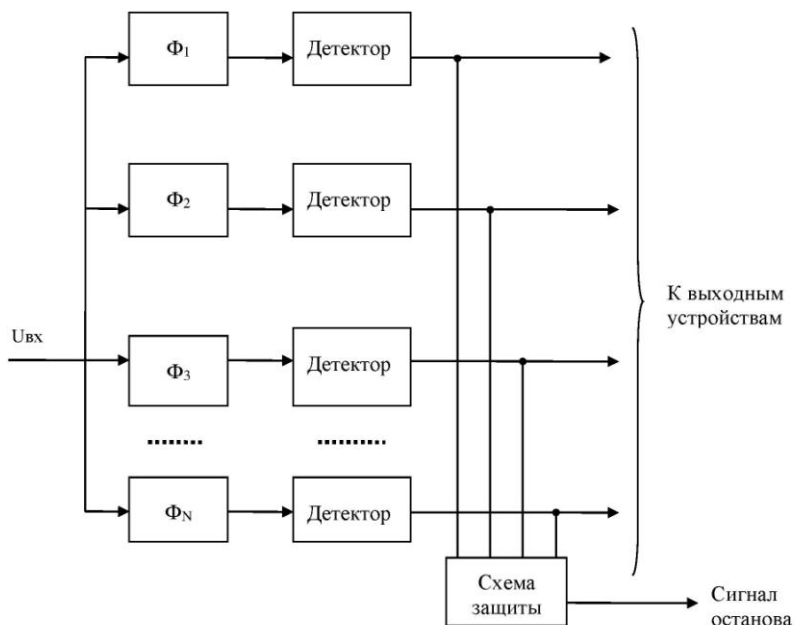


Рис. 1. Структурная модель дешифратора системы подавления помех с частотной селекцией в канале радиоуправления мобильными объектами

Напряжение $U_{вх}$, снимаемое с выхода радиоприемника и представляющее собой для каждого момента времени сумму низкочастотных колебаний, поступает на разделительные фильтры $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$, а затем напряжения, снимаемые с фильтров поступают в соответствующие детекторы, где выделяются постоянные составляющие. В решающем устройстве происходит преобразование и передача полученного сигнала к исполнительным устройствам. Параллельно сигналы поступают на схему защиты, построенную по принципу присутствия одновременно передаваемых частот, которая вырабатывает «сигнал останова» в случае нарушения правильного функционирования канала радиоуправления мобильными объектами.

Для канала с кодово-импульсной модуляцией (КИМ) дешифратор может быть построен в соответствии с функциональной схемой, изображенной на рис. 2, где обозначено:

ФИС – формирователь импульса синхронизации;
 ФАК – формирователь адреса команды;
 ГСИ – генератор синхронизирующих импульсов;
 ПК – преобразователь кода;
 ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
 АК – аналоговый коммутатор.

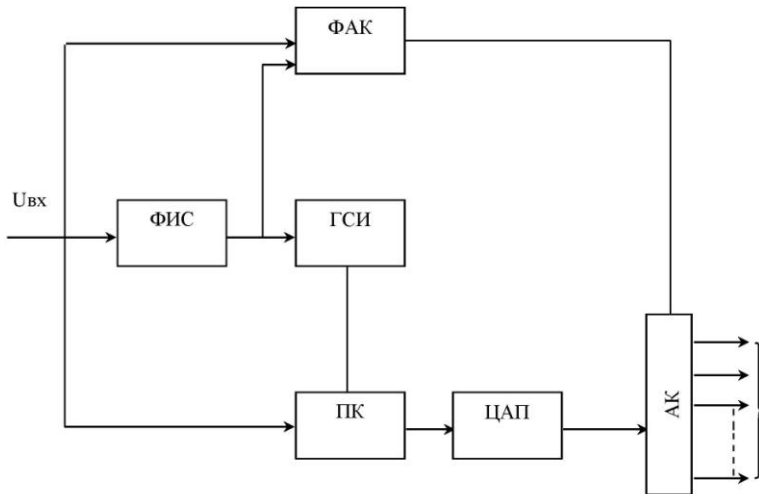


Рис. 2. Структурная модель дешифратора системы подавления помех канала радиуправления мобильными объектами с кодово-импульсной модуляцией

Напряжение $U_{\text{вх}}$, снимаемое с выхода радиоприемника и определяемое совокупностью двоичных кодов, поступает на формирователь адреса команды ФАК, формирователь импульса синхронизации (ФИС) и преобразователь последовательного кода в параллельный (ПК). После преобразователя, сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где вырабатывается сигнал, пропорциональный $2^0, 2^1, 2^2, \dots$. В аналоговом коммутаторе (АК) происходит распределение полученного сигнала управления в соответствии с сигналом адреса команды. После коммутатора сигнал поступает на выходные схемы перед исполнительными устройствами. Работа радиоканала синхронизируется с помощью генератора синхронизирующих импульсов (ГСИ).

При прохождении сигнала по каналу управления возможно подавление части команд (пропуск команды). Вероятность подавления, очевидно, может быть определена соотношением

$$P_n = \frac{n_n}{n_1}, \quad (4)$$

где n_n – число подавленных команд;

n_1 – число переданных помех.

Однако могут возникать и те команды, которые не передавались (ложные команды). Вероятность образования ложной команды определяется по формуле

$$P_{\Delta}(t) = M(t), \quad (5)$$

где M – среднее число ложных команд в единицу времени.

В основе функционирования приемников радиопередачи лежит принцип сравнения по порогу. Помехоустойчивость приемника во многом зависит от порогового устройства. В отсутствие команд радиопередачи на вход приемника будут действовать только помехи. Если помеха будет превышать напряжение порога, то на выходе дешифратора появится ложная команда. Чем больше напряжение порога, тем меньше ложных команд будет проникать на выход дешифратора. В то же время, чем больше напряжение порога, тем чаще команда управления будет подавляться помехой («теряться в помехах»). Таким образом, пороговое напряжение является связующим звеном между P_n и M . На практике при работе технологических машин появление ложной команды более опасно, чем ее пропуск (подавление). Поэтому величина порогового напряжения здесь выбирается выше оптимального, то есть больше той величины, когда $P_n = P_{\Delta}$.

С учетом изложенного для повышения эффективности и безошибочности работы системы в режиме дистанционного управления необходима защита дешифратора от образования ложной команды. Для этого можно для передачи команд использовать только часть возможных комбинаций. В командах с частотными признаками может использоваться защита по постоянному числу одновременно передаваемых частот. В каналах с кодово-импульсной модуляцией возможно применение различных помехоустойчивых кодов.

Заключение

Основными достоинствами частотного разделения каналов является экономное использование полосы пропускания группового канала и возможность объединения нескольких каналов для передачи

более широкополосного сигнала. К недостаткам относятся наличие переходных помех, обусловленных нелинейностями характеристик группового тракта, и возможность накопления этих помех.

Системы с кодово-импульсной модуляцией обладают высокой помехозащищенностью, пригодны для использования в каналах с высоким уровнем шума, а качество работы информационных систем не критично к изменениям характеристик группового тракта.

Полученные результаты могут быть полезны при поиске и моделировании оптимальных методов неискаженной передачи информации для систем дистанционного управления работой технологических машин различного назначения в сложной помеховой обстановке.

Список литературы

1. Кононов, А.Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №2. – С. 46 – 50.

2. Сирота, А.А. Методические основы моделирования конфликта сложных систем / А.А. Сирота, Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов // Материалы XI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2011. – С. 27 – 31.

3. Кононов, А.Д. Специализированное вычислительное устройство для реализации алгоритма управления мобильными объектами / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», – Воронеж, 2013. – Т.2. – С. 179 – 183.

4. Тихонов, В.И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

5. Алгазинов, Э.К. Методы адаптивной защиты летательных аппаратов от средств поражения с оптико-электронными системами наведения и основные принципы их компьютерного моделирования / Э.К. Алгазинов, Ю.Л. Козирацкий, А.А. Донцов // Материалы XV Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2015, – Т.1. – С. 176 – 181.

6. Поздняк, С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И. Поздняк, В.А. Мелитицкий. – М.: «Сов. радио», 1974. – 480 с.

7. Гильмутдинов, В.И. Система эффективного интерфейса исходных данных с вычислительным устройством / В.И. Гильмутдинов, А.А.Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2018. – № 3(13). – С. 6 – 10.

8. Гильмутдинов, В.И. К вопросу использования пространственно-временных характеристик сигнала в системах передачи информации через магнитоактивную среду / В.И. Гильмутдинов, А.А.Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2019. – № 1(15). – С. 7 – 11.