

Конкурсная работа

Создание бортового комплекса помехозащищенной быстродействующей связи для самолетов дальней авиации, военно-транспортной авиации, морской авиации ВМС РФ

В настоящее время стратегическим направлением развития дальней радиосвязи являются КВ-радиолинии. Короткие волны (3-30 МГц) могут распространяться на многие тысячи километров путем многократных последовательных отражений от ионосфера и Земли, и для этого не требуются передатчики большой мощности. Это уникальное свойство диапазонов КВ используют для построения систем дальней связи. Однако существующие КВ-радиолинии в силу своей физической природы (многолучевое распространение радиоволн, замирания) характеризуются высоким уровнем помех и являются нестационарными, что приводит к снижению устойчивости и надежности связи. Для повышения качества связи в адаптивных КВ-радиолиниях изменяют параметры радиосигналов: несущую (среднюю) частоту, мощность, длительность (скорость манипуляции), форму сигнала.

Одним из перспективных путей повышения надежности КВ-радиолиний является применение помехоустойчивых кодов с переменными параметрами. Параметры (избыточность) помехоустойчивого кода, а значит, и его исправляющая, и обнаруживающая способности, автоматически и целенаправленно изменяются вслед за изменением качества канала связи. Это расширяет диапазон качества используемых КВ-радиолиний и сокращает время доведения сообщений, причем кодовые методы повышения помехоустойчивости полностью реализуются на элементах цифровой техники: микроконтроллерах, ПЛИС и других, что делает их менее энергоемкими, менее габаритными и более дешевыми, чем другие методы.

С применением мощного помехоустойчивого кода в АО «КНИИТМУ» был разработан бортовой комплекс быстродействующей телекодовой связи Р-097М, который предназначен для размещения на борту летательного аппарата и обеспечения автоматизированного обмена в воздушной сети по радиоканалам конфиденциальной оперативно-командной информацией между оператором комплекса (или БЦВМ самолёта) и объектами различного базирования. В нем для обеспечения помехоустойчивости был использован каскадный код, внутренним кодом которого является двоичный код БЧХ (31, 16, 7) с коррекцией ошибок, а внешним – недвоичный код Рида-Соломона (РС) над полем Галуа $GF(2^8)$ с коррекцией ошибок и стиранием. Внешний код РС ($N, 16$) имеет два формата передачи: длинный код $N = 32$ и короткий код $N = 18$, которые выбирают в зависимости от качества канала связи. Объем информационной части составляет 256 бит.

Высокая эффективность разработанного комплекса обусловлена следующими факторами:

1. В качестве компонентных кодов каскадного кодирования выбраны коды, характеристики помехоустойчивости которых близки к наилучшим известным кодам.
2. Компонентный двоичный код БЧХ (31, 16, 7) корректирует трехкратные независимые ошибки, а компонентный недвоичный код РС корректирует до восьми ошибочных байт, т.е. корректирует пакеты ошибок. Поэтому комплекс хорошо работает как в каналах с независимыми ошибками, так и в каналах с группирующимися ошибками, в том числе, в таких сложных в помеховом отношении каналах, как КВ-радиоканалы.

3. Для цикловой синхронизации каскадного кода применяется оригинальная кодовая цикловая синхронизация, которая обеспечивает высокую вероятность установления синхронизации без передачи дополнительной специальной синхронизирующей последовательности, а только за счет избыточности самого помехоустойчивого кода.

4. Для кодирования и декодирования внутреннего кода БЧХ используются быстрые табличные преобразования, для кодирования кода РС – быстрые преобразования над конечными полями, а для декодирования кода РС – алгоритм, близкий к лучшему из известных в настоящее время алгоритму декодирования Гао. Это обеспечивает высокое быстродействие разработанного комплекса.

Основные технические характеристики комплекса Р-097М:

- 4 независимых канала приема и передача информации;
- Скорость передачи (приема) в канале воздушной связи при работе комплекса через совмещенные радиосредства, бит/сек: 4, 75, 150, 300, 1200, 2400, 4800, 16000;
- Вероятность правильного приема 1-блочного сообщения «Перевал» при однократной передаче по радиоканалу с вероятностью искажения элементарной посылки 10^{-2} : 0,98;
- Вероятность правильного приема 1-блочного сообщения «Чайка» при однократной передаче по радиоканалу с вероятностью искажения элементарной посылки 10^{-2} : 0,95;
- Взаимодействие с бортовыми вычислительными комплексами.

Комплекс полностью выполнен на отечественной элементной базе. Применение самых современных и перспективных достижений российской электроники – микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) – обеспечивает высокую надежность, стабильность и быстродействие комплекса Р-097М.

Были проведены контрольно-летные испытания самолета Ту-22МЗ, модернизированного комплексом Р-097М. В проведённых летных испытаниях была обеспечена связь в КВ диапазоне между самолетом и ЗКП дальней авиацией на максимальной дальности полёта, а так же связь в УКВ. Испытания завершились успешно. Заказчик и летный состав высоко оценили достоинства аппаратуры Р-097М. В настоящее время ведутся серийные поставки для модернизации самолетов Ту-22МЗ.

На сегодняшний день совместно с ПАО «Туполев» и ПАО «Ил» ведутся работы по установке комплекса Р-097М на самолеты Ту-95МС, Ил-38, Ил-76МД.

Заместитель главного конструктора по
системным вопросам – начальник сектора НИЦ-23

П.И. Зайцев