

В.А. Минаев, Д.Ф. Хисамов
**БЕЗОПАСНОСТЬ И СОВРЕМЕННАЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БОРЬБА**

На рубеже нового тысячелетия мир столкнулся с глобальной опасностью – информационным оружием. В условиях стремительной информатизации государств, активного внедрения новейших информационных технологий, расширения мировой компьютерной сети Internet, внедрения широкополосных систем связи с составными сигналами резко обострились проблемы защиты от информационного оружия.

Обеспечение надежной защиты информационного ресурса государства, внедрение высоких информационных технологий и современных телекоммуникационных инфраструктур на сегодняшний день стали высшим приоритетом в политике национальной безопасности России, США и других ведущих стран мира.

Информационное оружие принципиально отличается от всех других средств ведения войны тем, что с его помощью непрерывно днем и ночью ведутся необъявленные, невидимые миру информационные войны.

Из существующих видов информационной войны наибольшую опасность, особенно в военное время, представляет радиоэлектронная борьба (РЭБ). Возможные последствия от применения средств РЭБ применительно к вооруженным силам (ВС) можно классифицировать как:

- блокировка доведения приказов или их искажение на пуск ракет;
- нарушение управления действиями частей и подразделений ВС, включая РВСН в ходе их боевого применения;
- разрушение или искажение информации о планах боевого применения, хранящейся в базах данных автоматизированных систем боевого управления, информационно-расчетных систем и пусковых установок;
- исключение возможности подготовки данных для перенацеливания ракет;
- исключение возможности расчета поражающих зон подвижными пусковыми установками при их развертывании в позиционных районах;
- блокировка или нарушение функционирования стартовых установок ракет;
- создание аварийных ситуаций, способных привести к уничтожению или взрыву ракет и ядерных боеприпасов.

Анализ применения средств РЭБ в ходе антитеррористических операций показывает, что противник в состоянии создавать эффективные помехи линиям военной радиосвязи практически в любом диапазоне волн, во всех звеньях управления войсками и оружием. Средства автоматизации и ЭВМ позволяют ему оптимизироваться по сигналу в реальном времени и

создавать помехи, по мощности превышающие сигнал в течение всего сеанса связи.

Опыт ведения боевых действий на Северном Кавказе убедительно доказал, что успех в боевых действиях в значительной степени определялся способностью систем связи и управления войсками и оружием эффективно проводить подавление радиоэлектронных средств противостоящей стороны.

Одним из главных усилий в этом направлении является создание широкополосных систем связи, инвариантных к РЭП противника, то есть переход к системам связи со сложными, составными сигналами.

В работах по данной тематике процесс синхронизации отождествляется с поиском сигнала на временной оси и определением его задержки относительно сигнала местного генератора. Эта процедура обычно производится после того, как в системе установлена тактовая синхронизация.

Известные к настоящему времени алгоритмы синхронизации можно разбить на следующие группы:

- последовательный шаговый поиск;
- полихотомический поиск;
- методы, основанные на алгебраических особенностях синхросигналов;
- беспойсковая синхронизация.

В работах, относящихся к первой группе, описываются способы синхронизации, при которых точки области неопределенности просматриваются последовательно в некотором заранее выбранном порядке или путем случайного зондирования. Для каждой точки области неопределенности вычисляется корреляционный интеграл принимаемого и опорного сигналов и по значению этого интеграла принимается решение о наличии или отсутствии синхронизации. Разновидностью шагового поиска является поиск с задержанным решением, методы последовательного анализа и методы многоэтапных процедур поиска.

Полихотомический поиск предполагает индивидуальное исследование точек области неопределенности путем деления ее на части. С помощью некоторой процедуры определяют, в какой части находится точка синхронизации, найденная область снова делится на части и т.д. При делении на две части описанная процедура реализует известный принцип дихотомии, для реализации которой достаточно иметь один обнаружитель. Полихотомия является естественным обобщением дихотомии при делении области неопределенности на q частей. При реализации этого способа потребуется $(q - 1)$ обнаружителей или $(q - 1)$ - канальный корреляционный приемник. Авторами показано, что полихотомические методы превосходят шаговый метод.

К третьей группе относятся алгоритмы, в которых задача синхронизации сводится к задаче декодирования кода, словами которого являются все циклические перестановки исходной последовательности. При этом на первый план выступают неполные алгоритмы, которые позволяют восстановить кодовое слово по правильно принятым отдельным кодовым символам или отрезку синхропоследовательности. Например, при приёме M -последовательности, генерируемой K -разрядным линейным рекуррентным регистром (ЛРР), для ввода системы в синхронизм достаточно безошибочно принять отрезок из K символов и использовать его в качестве начального заполнения местного опорного генератора. Обычно такой отрезок из K символов называют “зачетным отрезком” (ЗОТ), а сам метод - синхронизацией по “зачетному отрезку”. В ряде случаев для увеличения вероятности правильной синхронизации исправляют ошибки в зачетном отрезке (мажоритарный способ) или K правильных символов вычисляют по определенным правилам с помощью других символов (метод подстановки).

Алгебраические методы при умеренных шумах в канале могут более, чем на порядок, сократить время поиска, по сравнению с шаговым методом.

Наконец, беспойсковая синхронизация реализуется при помощи согласованного фильтра или многоканального корреляционного приемника, опорными сигналами которого являются все фазовые сдвиги синхропоследовательности. Время поиска при этом методе равно периоду синхропоследовательности. Если длина последовательности N велика, то конструкция согласованного фильтра или многоканального коррелятора становится слишком громоздкой и практически нереализуемой. В этом случае для определения фазы за время, равное длительности периода сигнала, можно воспользоваться методами “быстрых” преобразований Фурье.

Исследования показали, что только метод ЗОТ позволяет войти в синхронизм в течение одного периода, в то время как остальные методы требуют для этих целей более десятка периодов синхропоследовательности (СП).

Следовательно, для синхронизации коротких последовательностей на каналах низкого качества оптимальным, с точки зрения времени поиска, будет метод дихотомии (полихотомии), а для синхронизации аperiodических (превышающих длительность сеанса связи) последовательностей - метод синхронизации по “зачетному отрезку”. При этом метод ЗОТ более прост в реализации в перспективной технике связи.

В системах, инвариантных к РЭП, используются аperiodические СП, длина которых намного превышает длительность сеанса связи и составляет обычно величину $N \leq 2^{50}$. Следовательно, из всех известных методов для

синхронизации могут быть использованы только алгебраические, основанные на “зачетном отрезке”.

Анализ трудов отечественных и зарубежных специалистов по синхронизации последовательностей, называемых иногда псевдошумовыми, шумоподобными или M -последовательностями, показывает, что большинство авторов при выводе количественных и качественных соотношений исходят из предположения о независимости ошибок в канале связи. Это объясняется тем, что модель биномиального канала удобна с точки зрения аналитических расчетов, позволяет получать простые выражения для оценки основных параметров системы синхронизации. Однако реальные каналы в общем случае, как известно, нестационарны, несимметричны и обладают памятью, поэтому известные оценки не могут удовлетворить инвариантные к РЭП системы связи. Более того, количественные и качественные оценки синхронизации ПСП известны только для каналов хорошего и удовлетворительного качества. Это объективно вытекало из возможностей средств специальной связи, которые при вероятности ошибки на символ $P \geq 0,1$ становились неработоспособными. Построение инвариантных к РЭП систем связи потребовало решение задачи синхронизации на каналах заведомо низкого качества.