

Предисловие

Проблема обеспечения работоспособности аппаратуры потребителя глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) при наличии помех со второй половины восьмидесятых годов прошлого столетия рассматривается как одно из важнейших условий успешного развития ГНСС. При этом главной задачей является защита от воздействия внутрдиапазонных широкополосных и имитационных помех. В этой книге рассмотрены пути построения антенного подавителя помех.

В течение последних десятилетий было проведено очень большое число исследований и предложено множество способов выделения полезных сигналов навигационных спутников на фоне мощных помеховых сигналов с помощью антенного подавителя помех. При этом авторы подавляющего числа работ полагают, что полезный сигнал должен быть получен путём применения методов пространственно-временной фильтрации. Иными словами, используя выходные сигналы некоторой многоэлементной антенной системы, предлагаются способы их совместной фильтрации для выделения полезного сигнала, уровень которого является наибольшим по отношению к неподавленной составляющей помехи. Такой подход является традиционным: оптимальный приём сигнала в присутствии помех.

В настоящей книге показано, что задача приёма сигналов навигационных спутников в присутствии мощных помех должна быть решена другим способом. Выходной сигнал многоэлементной антенной системы образуется в результате умножения сигналов помех на матрицу, преобразующую помехи в выходные сигналы антенной системы. В том случае, когда число выходных сигналов антенной системы превышает число помех, нуль-пространство преобразующей матрицы не пусто. Поэтому умножение матрицы помех на любую матрицу, которую далее будем именовать весовой, входящую в нуль-пространство преобразующей матрицы, приводит к полному подавлению помех.

Автокорреляционная матрица выходных сигналов антенной системы имеет то же нуль-пространство, что и преобразующая матри-

ца. Поэтому весовая матрица на основе автокорреляционной матрицы может быть определена по тому же алгоритму, по которому определяется весовая матрица на основе преобразующей матрицы, которая, в отличие от автокорреляционной матрицы, на практике не известна.

Времена приёма сигнал каждой помехи различными антенными элементами антенной системы отличаются в связи с тем, что их фазовые центры разнесены в пространстве. Вследствие этого при умножении матрицы выборочных последовательностей помех на весовую матрицу образуется неустранимая помеха.

После умножения на весовую матрицу в выходном сигнале будет присутствовать сигнал видимого навигационного спутника, если его вектор распространения не входит в нуль-пространство преобразующей матрицы.

Эффективность подавления помех указанным способом практически не зависит от статистических свойств помех, распределение которых может не быть нормальным и, более того, может не быть равномерным.

Характеристики антенного подавителя помех во многом определяются применяемой антенной системой. Полезный сигнал навигационных спутников выделяется в присутствии неустранимой помехи, помех, источником которых являются отражения от близко-расположенных предметов, а также помех, вызванных несовершенством изготовления частей антенного подавителя помех на производстве. Поэтому основные вопросы, рассматриваемые далее, посвящены обоснованию принципа построения антенного подавителя помех (АПП) и его вариантам, отличающимся типом антенной системы и способам уменьшения влияния несовершенства его частей при их изготовлении.

АПП может успешно устранять узкополосные помехи. При этом большинство остаточных помех, которые появляются при подавлении широкополосных помех, будут отсутствовать. Однако подавление широкополосных помех одновременно с подавлением узкополосных помех менее эффективно. Узкополосные помехи могут и должны быть устранены известными методами, не предполагающими применение АПП. Поэтому в этой книге алгоритмы устранения монохроматических и узкополосных помех не рассматриваются.

Противодействие имитационным помехам осуществляется иными методами.

Обнаружение и устранение ложных сигналов оказывается возможным благодаря тому, что пространственное положение излу-

телей имитационных помех отличается от пространственного положения навигационных спутников.

Пространственное положение навигационных спутников известно с высокой точностью благодаря информации, содержащейся в альманахе или в оперативной информации, а также априорно известны координаты объекта размещения аппаратуры потребителя. Поэтому с необходимой точностью могут быть вычислены угол возвышения и азимут источника излучения. С помощью антенного подавителя помех могут быть определены угловые положения как навигационных спутников, так и постановщиков ложных сигналов. Угловое положение постановщиков имитационных помех всегда отличается от углового положения навигационных спутников. Поэтому антенный подавитель помех позволяет отличить и тем самым полностью изолировать ложные сигналы имитационных помех.

Этот метод идентификации ложных сигналов не может быть применен в то время, когда АПП выполняет подавление широкополосных помех. В этом случае может быть использован модифицированный алгоритм поиска сигналов навигационных спутников и ложного сигнала с последующей блокировкой последнего. Этот способ уступает в своей эффективности первому способу, но его использование возможно всегда. В том исключительном случае, когда идентификация ложных сигналов этим способом не может быть выполнена, может быть выдан предупредительный сигнал.

В книге с единой позиции рассмотрены основные проблемы, которые должны быть решены при разработке антенного подавителя помех. Даны рекомендации относительно его построения.

Все алгоритмы, приведенные в книге, проверены посредством тщательно проведенного компьютерного моделирования.