

Мальцев Александр Дмитриевич,
преподаватель ВАС

Одоевский Сергей Михайлович,
профессор ВАС

Анализ помеховой обстановки в спутниковых радионавигационных системах

Рассмотрим основные типы непреднамеренных и организованных помех, воздействующих на приемные устройства современных систем навигации. Анализ проведем для приемных устройств систем GPS и ГЛОНАСС.

На входные цепи приемного устройства системы GPS могут воздействовать несколько видов помех. Прежде всего, это непреднамеренные (или организованные) помехи, несущие частоты которых совпадают с полосами частот сигналов GPS.

Как известно, сигналы диапазона L1 занимают полосу $1575,42 \pm 12$ МГц, а диапазона L2 находятся в полосе $1215 \div 1240$ МГц. Идут работы по использованию диапазона $1176,45$ МГц.

Ширина полосы частот сигнала с использованием C/A-кода составляет ± 1 МГц относительно несущей частоты. Приемники, работающие с использованием P(Y)-кода, занимают полосу частот ± 10 МГц относительно несущей. Устройства без применения кода в общем случае также занимают полосу частот ± 10 МГц относительно несущей.

Воздействие помехи достаточной мощности в полосе пропускания приемного уменьшает отношение сигнал/шум, что приводит к снижению точности измерений координат, а иногда и к полному блокированию работы абонентских устройств.

Другим типом помех являются мешающие сигналы на частотах, кратных гармоникам несущей частоты. Они могут быть достаточно сильными, особенно если постановщик помех находится в непосредственной близости от приемника. Источниками помех могут быть вторые гармоники сигналов запроса дальности отечественных систем РСБН.

Весьма вероятно возможность постановки организованных помех как бортовой аппаратуре GPS, так и аппаратуре GPS контрольно-корректирующих станций, а также приемникам линий передачи данных, по которым передаются сигналы контроля целостности и дифференциальные поправки.

Используемые сейчас морские линии передачи данных созданы, как известно, на основе всенаправленных радиомаяков и излучают сигналы в диапазоне от $283,5$ до 325 кГц. На них могут воздействовать помехи от разрядов статического электричества в периоды действия осадков в виде снега или дождя.

Известные авиационные линии передачи данных используют для передачи и другой информации диапазон частот $112 \div 118$ МГц. Основной недостаток исполь-

зуемого диапазона - перегруженность излучениями других радиосредств.

Поскольку все орбитальные комплексы GPS работают на одной частоте, помехи, вызывающие срыв слежения за сигналом одного аппарата, будут вызывать срыв слежения и за сигналами других бортов, что приводит к невозможности корректного определения координат.

Система ГЛОНАСС работает в диапазоне L1 с полосой пропускания $\pm 5,11$ МГц, (или с полосой $\pm 0,511$ МГц). Номиналы несущих частот расположены в полосе частот 1602-1615,5 МГц, а сигналы ГЛОНАСС диапазона L2 находятся в полосе частот 1246-1256,5 МГц.

Максимальный уровень сигнала стандартной точности, принимаемого потребителем, в диапазоне L1 не превышает - 155,2 дБВт. Номинальный уровень сигнала в диапазоне частот L1 - 161 дБВт.

В качестве основного возможного источника неорганизованных помех ГЛОНАСС можно рассматривать средства низкоорбитальных систем подвижной спутниковой связи, занимающие полосы частот выше 1610 МГц (системы Иридиум,

Другие источники помех в основном аналогичны тем, которые оказывают влияние на каналы системы GPS.

Например, известны источники помех для сигналов ГЛОНАСС в диапазонах так и L2 от радиоловительских передатчиков (Digipeaters) в диапазоне 1240...1243,25 МГц, предназначенных для передачи цифровых данных. Сеть таких передатчиков охватывает Западную Европу.

Применяются также любительские радиостанции в диапазоне частот от 1242 до 1242,7 МГц, а также любительские телевизионные передатчики в диапазоне частот от 1243,25 до 1260 МГц.

В качестве источников помех необходимо также рассматривать обзорные РЛС управления воздушным движением и аэродромные РЛС с несущими частотами в диапазоне 2816...2889 МГц, а также сигналы систем VORTAC, TACAN, DME.

Необходимо отметить, что система ГЛОНАСС, сигналы орбитальных которой излучаются на различных частотах, будет более устойчивой к воздействию немодулированной несущей или узкополосного сигнала.

С другой стороны, очевидно, что сигналы с медленно меняющейся по случайному закону немодулированной несущей оказывают большее влияние на прием сигналов ГЛОНАСС.

В целом, вследствие того, что аппаратура ГЛОНАСС имеет пока сравнительно ограниченное применение, ее электромагнитная совместимость с другими радиоэлектронными средствами изучена в меньшей степени.

Интегрированный приемник ГЛОНАСС/GPS, отличающийся своей более широкой полосой частот, может оказаться менее эффективным в борьбе с помехами, чем приемник с отдельными каналами ГЛОНАСС и GPS.

Мероприятия по защите от рассмотренных типов помех определяются условиями применения абонентских устройств. В некоторых типовых вариантах применения абонентских устройств вероятность воздействия помех достаточно низ-

ка. Например, неправдоподобно, чтобы наземный телевизионный передатчик мешал приемнику GPS на борту судна, пересекающего океан.

Но в некоторых случаях влияние помех достаточно серьезное и необходимо применять определенные методы борьбы с помехами.

Одним из организационных методов является четкое разграничение диапазонов сигналов спутниковых навигационных систем и других радиоэлектронных систем. Регулирование всего спектра частот, ликвидация противоречий обеспечивается на международной основе подразделениями Международного союза электросвязи. Международный союз электросвязи рассматривает сигналы GPS и ГЛОНАСС, как сигналы Радионавигационной спутниковой службы, использующей радиоизлучения передатчиков для целей определения положения, скорости и других параметров в интересах навигации. Радионавигационная спутниковая служба занимает все эти диапазоны на первичной основе. Этот статус обеспечивает защиту диапазона от влияния оборудования других служб. Однако международный оператор спутниковой связи Инмарсат, при поддержке Европейского бюро по радиосвязи, предложил передать часть диапазона 1559-1610 МГц Подвижной спутниковой службе. Это предложение, в частности, означает, что участок 1559-1567 МГц частично перекрывает полосу GPS. Существующие гражданские приемники GPS в этом случае не смогут работать в соответствии с заданными требованиями. Но особенно болезненным это было бы для системы ГЛОНАСС.

К техническим средствам борьбы с помехами можно отнести:

- использование внешних или внутренних обнаружителей помех;
- создание специальных схем подавления помех (фильтров, развязок, алгоритмов обработки и т.д.);
- создание приемников, использующих маневр частотами всех доступных сигналов как GPS, так и ГЛОНАСС;
- использование пространственной избирательности синтезируемых антенных
- использование информации автономных и других систем на борту подвижных средств для сужения полосы пропускания следящих трактов приемников;
- взаимодействие с создателями транспортных средств, проведение работ по обеспечению электромагнитной совместимости бортового оборудования и аппаратуры навигации.

В борьбе с помехами получены определенные результаты. Так, использование некоторых из указанных выше путей подавления помех позволило получить коэффициент подавления порядка 35 дБ. Известны цифровые подавители помех компенсационного типа с квадратурной обработкой разности между входным сигналом и соответствующей копией оценки помехи. Опубликованы результаты построения схем слежения за частотой и фазой сигнала, обеспечивающих точность и помехозащищенность измерений радионавигационного параметра, а также соотношения, связывающие точность его измерений со спектральными характеристиками помех.

Литература

1. Спутниковая связь и навигация. Интеграция услуг.- Технологии и средства связи, 2000, №5 - С.48-51.
2. Спутниковая связь и навигация. Интеграция услуг.- Технологии и средства связи, 2000, №6 - С.58-61.
3. Навигационное обеспечение подвижных абонентов систем мобильной связи на основе спутниковых радионавигационных систем.- Успехи современной радиоэлектроники, 2001, №9 - С.3-26 .
4. Интегрированные навигационные системы.- Мобильные системы, 2004, №9 -
5. ~~Позиционирование~~ Позиционирование абонентов в GSM-сетях.- Мобильные системы 2004, №3 -
6. ~~Ю.А.Тромаков~~ Тромаков, А.В. Северин, В.А.Шевцов. Технологии определения местоположения в GSM и UMTS: Учеб. Пособие.- М.: Эко-Трендз, 2005.- 144 с.: ил.
7. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС.- М: Горячая линия-Телеком, 2005.- 272 с.