

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ В КАНАЛАХ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

И.А. Федяев¹⁾, Ю.Б. Щемелева²⁾

1) магистрант, Донской государственный технологический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, avto23rus@mail.ru

2) к.т.н., доцент филиала Южного федерального университета в г. Геленджике, г. Геленджик, Россия, da-yula@yandex.ru

Аннотация: В данной работе описывается проблема организации межспутниковых линий связи. Осуществляется постановка задачи определения доплеровского сдвига частоты в каналах космической связи.

Ключевые слова: космическая связь, доплеровский сдвиг частот.

STATEMENT OF THE PROBLEM OF DETERMINING THE DOPPLER FREQUENCY SHIFT IN SPACE COMMUNICATION CHANNELS

I.A. Fedyaev¹⁾, Yu.B. Shchemeleva²⁾

1) Master's student, Don State Technological University, Rostov-on-Don, Russia, avto23rus@mail.ru

2) Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the branch of the Southern Federal University in Gelendzhik, Gelendzhik, Russia, da-yula@yandex.ru

Abstract: This paper describes the problem of the organization of inter-satellite communication lines. The problem of determining the Doppler frequency shift in space communication channels is being formulated.

Keywords: space communication, Doppler frequency shift.

Связь, в первую очередь, радиосвязь, в настоящее время и в ближайшем будущем будет являться одной из наиболее динамично развивающихся инфраструктурных областей современного общества с ее эволюцией от индустриального к информационному построению. Такая ситуация, как и постоянно растущий спрос на услуги связи, обуславливает увеличение числа абонентов. За последние несколько лет наиболее интенсивное развитие в мире в целом и в России в частности наблюдалось для развития сети подвижной радиосвязи (СПР). Такое положение дел связано с тем, что СПР является более удобной, чем другие сети связи по критериям персонализации и глобализации сетей связи. Это обеспечивает возможность глобальной связи и создает возможности для повышения эффективности информационного обмена практически на любом расстоянии между абонентами различных категорий.

Создание всемирной информационной инфраструктуры, объединяющей региональные и национальные сети связи в единую сеть, является основополагающей концепцией развития средств связи на современном этапе, включая и развитие СПР.

При этом связь должна стать не только глобальной, но и индивидуальной, что должно обеспечивать возможность доступа к сети связи любому потребителю (абоненту). В решении этой задачи, наряду с проводными (кабельными) системами связи немаловажная роль принадлежит наземным и спутниковым системам радиосвязи, обеспечивающим передачу и прием аналоговых и цифровых сигналов в любую точку поверхности Земли независимо от расстояния между абонентами.

Глобальное покрытие для сетей связи и возможность доступа к ним в любой точке возможны только на основе использования спутниковых систем связи (ССС), в которых организованы не только линии связи «ИСЗ-Земля» и «Земля-ИСЗ», но и межспутниковые линии связи.

Для обеспечения устойчивого глобального покрытия СПР в том числе и для наземных подвижных терминалов необходимо использование межспутниковых линий связи, для которых ограничивающим фактором применения является доплеровский сдвиг частоты, возникающий при взаимном движении объектов. При этом с учетом возможности и необходимости использования для межспутниковой связи *V*- и *W*-диапазонов частот (десятки и сотни гигагерц) величина доплеровского сдвига частоты может достигать единиц мегагерц. Такая величина сдвига частоты в каналах и линиях связи приводит к нарушению синхронизации и демодуляции сигналов.

Регламентом радиосвязи для СССР выделены дискретные диапазоны частот в пределах от 235 МГц до 275 ГГц. Эти диапазоны различны для фиксированных радиовещательных и подвижных служб, с некоторым исключением. Например, частично совпадают диапазоны частот космос-Земля фиксированной и радиовещательной служб. Для простоты описания используемых диапазонов частоты используются условные буквенные обозначения диапазонов частот, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Обозначения диапазонов частот в связи

Диапазон	Частота, ГГц	Служба радиосвязи
<i>L</i>	1,452-1,5 1,61-1,71	ПСС
<i>S</i>	1,93-2,70	ПСС
<i>C</i>	3,40-5,25 5,725-7,075	ФСС
<i>Ku</i>	10,70-12,75 12,75-14,80	ФСС
<i>Ka</i>	14,40-26,50 27,00-50,20	ФСС, ПСС (перспектива)
<i>Q/V</i>	40-74	-

Выбор диапазонов частот, используемых в ССС, определяется двумя основными факторами:

наличием «радиоокон прозрачности» полос частот, в которых затухание в атмосфере является наименьшим;

наличием технологии производства устройств для каналов радиосвязи в соответствующем диапазоне частот.

На начальной стадии развития ССС предпочтение отдавалось L, S и C-диапазонам частот. Выбор указанных диапазонов частот определяется двумя основными факторами:

существованием «радиоокон прозрачности» земной атмосферы, в котором затухание радиосигналов является наименьшим по сравнению с другими радиочастотными диапазонами;

возможностью создания радиоэлектронных систем для эксплуатации в космосе для данных диапазонов частот.

Основой формирования цифровых сигналов является генерирование двух сигналов (синфазного и квадратурного), которые содержат информацию об амплитуде и фазе сигнала, используемого для передачи информационного сообщения. Синфазная и квадратурная составляющие могут быть представлены соответственно с использованием следующих выражений:

- для синфазной составляющей $U_I(t) = A(t) \cos(\omega_0 \cdot t + \Phi(t))$,

- для квадратурной составляющей $U_Q(t) = A(t) \sin(\omega_0 \cdot t + \Phi(t))$,

где $A(t)$ - амплитуда сигнала; ω_0 - частота несущего колебания; $\Phi(t)$ - начальная фаза сигнала.

На рисунке 1 приведена базовая структурная схема квадратурного демодулятора. Приведенная схема фактически представляет собой квадратурный модулятор в обратном порядке. Принимаемый радиочастотный сигнал подвергается следующим преобразованиям:

- умножается на сигнал гетеродина для формирования синфазной составляющей (для канала I);

- умножается на сигнал гетеродина, сдвинутый на 90° для формирования квадратурной составляющей (для канала Q);

- в обоих каналах выполняется выделение низкочастотных составляющих, в параметрах которых заложено передаваемое сообщение.

Выполняемые при квадратурной демодуляции операции позволяют преобразовать принимаемый модулированный сигнал в соответствующие низкочастотные I - и Q -сигналы. В частности, низкочастотная фильтрация необходима, потому что квадратурное умножение, применяемое к принятому сигналу, ничем не отличается от умножения, используемого, например, в обычном амплитудном демодуляторе. Спектр принятого сигнала будет сдвинут вниз и вверх на значение частоты несущей $f_{нес}$. Следовательно, фильтр нижних частот необходим для подавления

высокочастотных составляющих, связанных со спектром, центрированным вокруг $2f_{нес}$.

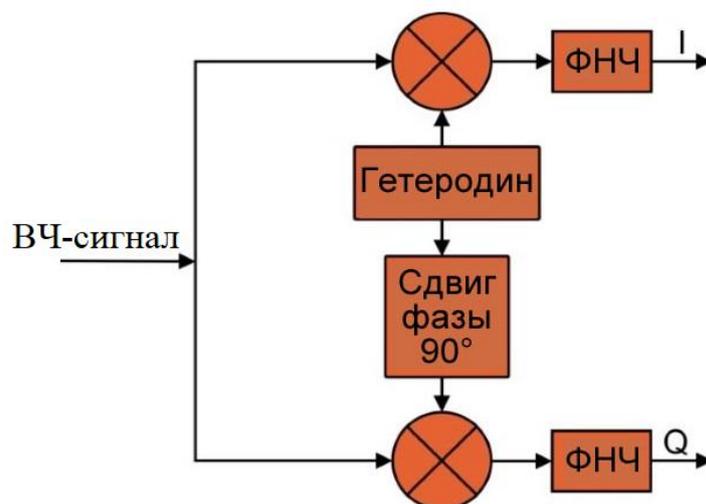


Рисунок 1 - Структурная схема квадратурного демодулятора

Как следует из приведенного выше анализа функционирования квадратурного демодулятора, последний фактически состоит из двух амплитудных демодуляторов. Однако обычная амплитудную демодуляцию неприменима для сигналов с квадратурной манипуляцией, так как в таких сигналах изменение амплитуды не несет передаваемой информации. В то же время использование двух амплитудных демодуляторов, на которые поступают гармонические сигналы одинаковой частоты и разностью фаз в 90° , позволяет выделить информацию о соотношении их амплитуд, которое и содержит передаваемую информацию. Данная информация содержится в соотношении фаз квадратурных составляющих принимаемого сигнала

Далее необходима разработка алгоритма определения доплеровского сдвига частоты в каналах космической связи.

Список использованных источников

1. Развитие средств связи в разрезе технического развития. Федяев И.А., Щемелева Ю.Б. В сборнике: Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России. Сборник трудов XII Всероссийской Школы-семинара, посвященной Году Науки и технологий. Геленджик, 2021. С. 156-160.
2. Сомов А. М., Корнев С. Ф. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов / Под ред.А. М. Сомова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 244 с.
3. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу.(Развитие спутниковых телекоммуникационных систем): учебное пособие / М. А.Быховский. - М.: Горячая линия-Телеком, 2017 - 440 с.
4. Горovenko Л.А., Москвитин А.А. Роль прикладных исследований в развитии новых технологий и основные проблемы

развития инноваций в России // Прикладные вопросы точных наук: Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей.- Армавир: ООО «Типография имени Г. Скорины», 2017. – С. 13-15.

5. Gorovenko L.A., Olkhovik O.P., Pavrozin A.V., Stadnik S.V. INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF A TECHNICAL HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION// International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 4.38. С. 1608-1611.

6. Железняков Ю.В., Иванов А.Б., Трофимов Р.В., Куприянов Н.А. Моделирование влияния флуктуаций полного электронного содержания на информационные возможности радиолокационной системы слежения за космическими объектами // Технологии получения и обработки информации о динамических объектах и системах. сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 125-128.