*Технические науки*

Бухтиярова А.В., ДГТУ, МИТС21

**Использование пространственно-временного метода для измерения**

**доплеровского сдвига частоты в спутниковых сетях связи**

Известно, что существуют способы расчёта доплеровского смещения частоты через разность фаз между принятым и опорным радиосигналами. Но данные методы обладают недостаточной точностью [1-2], так как на высоких частотах, используемых в ССС, даже малая погрешность в измерении разности фаз вносит большую погрешность в расчёт доплеровского смещения частоты.

Эффект Доплера [3] заключается в изменении частоты принимаемого электромагнитного колебания, обусловленном относительной скоростью взаимного перемещения излучателя и приёмника этих колебаний. В глобальных (спутниковых сетях связи (ССС)) эффект Доплера приводит не только к изменению несущей частоты радиосигнала, но и вызывает деформацию спектра передаваемого сообщения [4-5].

В настоящее время, величину доплеровского смещения частоты рассчитывают заранее, используя параметры высокоточной орбиты ИСЗ [6-7]. Этот процесс требует значительных затрат времени и вычислительных мощностей. В свою очередь, вычисление высокоточной орбиты ИСЗ является нетривиальной задачей, методы решения которой до сих пор совершенствуются.

Наиболее важной, в данном контексте, является задача повышения скорости измерений, а также их точности в отношении доплеровского смещения частоты. Одним из возможных решений данной задачи является применение голографического интерферометра, который входит в состав дефлекторно-оптической системы и используется в качестве чувствительного элемента в приемнике, что позволяет повысить чувствительность системы в целом. Оценка чувствительности голографического интерферометра на основе пространственно-спектрального метода голографической интерферометрии к нормальным и тангенциальным перемещениям отражателя в его оптической схеме, используемого в голографическом устройстве измерения уровня дисперсии в ОВ, показывает, что данный интерферометр регистрирует уровень дисперсии с точностью порядка 10-3÷10-4.

Структурная схема такой системы изображена на рисунке 1. В состав структурной схемы входят следующие конструктивные элементы: 1 – световой поток, падающий на входную плоскость оптического дефлектора; 2 – дифрагированный световой поток; 3 – акустическая волна в материале акустооптического кристалла; 4 – излучатель ультразвука; 5 – оптическая система из двух тонких собирающих линз; 6 – задняя фокальная плоскость выходной линзы оптической схемы дефлектора; 7 – интерференционно-голографический преобразователь; 8 – устройство обработки параметров интерферограммы; *u* – входной контакт излучателя ультразвука 4.



Рисунок 1 – Структурная схема оптической системы с голографическим интерферометром в качестве чувствительного элемента

Такая система позволяет значительно повысить точность измерения угла сдвига фаз между двумя радиосигналами, тем самым повышая точность расчета доплеровского смещения частоты, а, следовательно, скорость и точность синхронизации в ССС.

Дефлекторно-оптическая система, обеспечивает больший угол отклонения оптического луча и повышенную разрешающую способность оптического дефлектора. А использование голографического интерферометра в качестве чувствительного элемента дефлекторно-оптической системы позволяет повысить точность измерения угла сдвига фаз между двумя радиосигналами до 10-4-10-6 доли градуса. Функционирование данной системы подробно изложено в работе [8].

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. Кологривов В. Н. Эффект Доплера в классической физике // Учебно-методическое пособие. М.:МФТИ. 2012. 32 c.

2. Грицутенко С.С., Сидоренко А.С. Компенсация эффекта доплера в OFDM-сигнале // Известия Транссиба / Омскй гос. ун-т путй сообщения. 2012. №3(11). C. 100-105.

3. С. П. Панько, М. Г. Поляк Исследование битовых ошибок, обусловленных эффектом Доплера // Космические аппараты и технологии. 2018. №2 (24). C. 105-110.

4. Скляр Б. Цифровая связь.Теоретические основы и практическое применение // М. : Издательский дом "Вильямc". 2003. 1104 с.

5. Браницкий А.В., Ким В.Ю., Полиматиди В.П., Пучков В.А. Методика измерения доплеровского смещения частоты многолучевого сигнала. // Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред / Материалы VII всероссийской научной конференции. Муромский институт (филиал) ФГБОУВО «ВГУ им. А. Г. и Н. Г. Столетовых». 2016. С. 126-132

6. Дереча Е. В., Привалов Д. Д. Исследование алгоритма фазовой синхронизации GMSK-сигналов для низкоорбитальных систем спутниковой связи // Техника радиосвязи. Омск: ОМНИИП. №2 (33). 2017. С. 87-95.

7. Звездина М. Ю., Прыгунов А. Г., Трепачёв В. В., Прыгунов А. А., Самоделов А. Н. Исследование условий экспонирования эталонной голограммы голографического интерферометра.// Физические основы приборостроения./ Издание НТЦ УП РАН. том 1. № 2. 2012. C. 65–71.

8. Прыгунов А. Г., Зуйков А.П., Байров В. А., Бедретдинов А. Д. Дефлектор оптического излучения с повышенным разрешением // Вестник научных конференций. 2019. № 4-2 (44). C. 100-104.