

Жураев А.М.

*старший преподаватель кафедры «Системы аэронавигации»
Ташкентский государственный технический университет имени*

Ислама Каримова

Узбекистан, г. Ташкент

Мухаммад Олим Х.У.

*ассистент кафедры «Системы аэронавигации»
Ташкентский государственный технический университет имени*

Ислама Каримова

Узбекистан, г. Ташкент

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОСТАНЦИИ ОБЧ СВЯЗИ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО ЭФФЕКТА

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые вопросы, связанные с усовершенствованием РС с целью улучшения качества связи в пределах выбранного канала связи, в том числе для уменьшения влияния доплеровского сдвига.

Ключевые слова: Эффект Доплера, спутниковые системы, наземные станции, заход на посадку, навигационные системы, дифференциальные поправки, воздушное движение, КОСПАС/SARSAT, DGPS, GNSS, ОБЧ-диапазон, интерфейс.

Juraev A. M.

*senior Lecturer of the Department of Air Navigation Systems
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov*

Uzbekistan, Tashkent

Mukhammad Olim H.U.

*assistant of the Department of Air Navigation Systems
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov*

Uzbekistan, Tashkent

IMPROVEMENT OF A COMMUNICATION'S VHF-RADIOSTATION WITH INDEMNIFICATION OF DOPPLER EFFECT'S INFLUENCE

Abstract: In given clause are considered the questions connected to improvement VHF-radio station with the purpose of improvement of communication's quality within the limits of the chosen channel of communication, including for reduction of Doppler effect's influence.

Key words: Doppler Effect, satellite systems, ground stations, approach, navigation systems, differential corrections, air traffic, COSPAS/SARSAT, DGPS, GNSS, VHF band, interface.

В связи с уменьшением шага сетки частот с 25 кГц до 8,33кГц стали более сильно проявляться различные негативные эффекты, такие как доплеровский сдвиг частот. Доплеровский эффект используется и как полезное явление в таких системах как КОСПАС/SARSAT, однако для речевой связи он приводит к нежелательным эффектам, итогом которых является потеря части информации или ухудшение качества связи.

Известно, что доплеровский сдвиг частот можно оценить по формуле.

$$f_{\text{д}} \approx \frac{W \cos \theta \cos \varphi}{\lambda}$$

где φ и θ – углы, определяющие взаимное положение движущихся объектов.

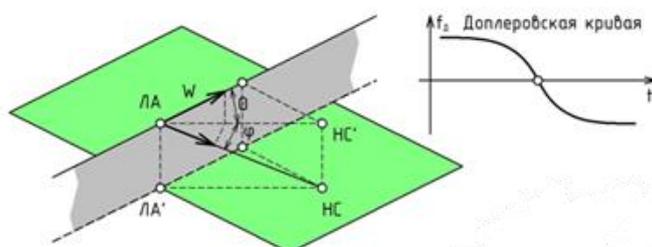


Рис. 1. Модель для оценки величины доплеровского сдвига.

Для нашего случая (рис.1) рассмотрим следующий пример:

«Пусть наземная радиостанция расположена на пути следования воздушного судна, при этом доплеровский эффект будет максимальным.

С учетом частотного диапазона ОВЧ радиостанций ($f=118...136,975$ МГц) можно провести анализ для выявления величины доплеровского сдвига».

Угол между осью ЛА и направлением на РС можно найти из выражения

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{D_{\max}}$$

Если предположить, что максимальная дальность действия будет равна 300 км и высота полета 10 км, то $\operatorname{tg} \varphi \approx 0,033$, отсюда следует что $\varphi = 1,9^\circ$, а $\cos \varphi = 0,99$, т.е. $\cos \varphi \approx 1$. Таким образом, для величины доплеровского сдвига можем записать

$$f_d \approx \frac{W}{\lambda} = (87...127) \text{Гц}$$

Это частота доплеровского сдвига является максимальной, если учесть, что наземная РС расположена на максимальном, для диапазона ОВЧ, отдаленном расстоянии от ЛА, но возможен также вариант, как два летящих навстречу друг другу ЛА.

В этом случае $\cos \varphi \approx 1$, а радиальная скорость сближения (удаления) объектов составит $W_R \approx 2W$. Исходя из этого, можем записать $f_d \approx 0,5$ кГц, и в этом случае смещение уже будет существенно и приведет к ухудшению качества связи.

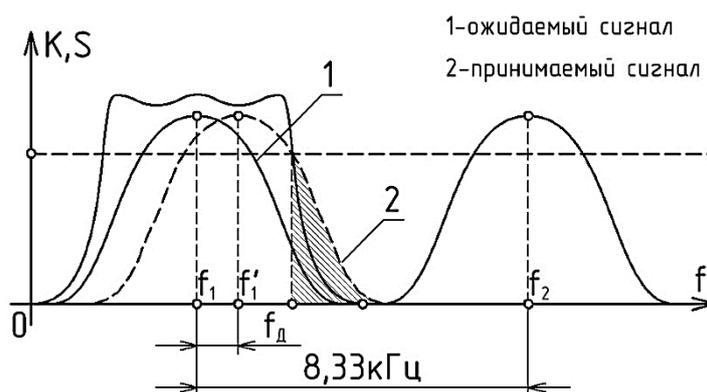


Рис. 2. Влияние доплеровского эффекта на качество связи, связанное с ограниченностью полосы пропускания приемного тракта радиостанции.

Возможны несколько путей решения этой проблемы. Можно добиться улучшения качества с помощью учета информации от других бортовых систем, например, таких как ДИСС, СВС, ИНС и другие, но в использовании этого

метода много недостатков. В частности, отсутствие полной информации (например, неизвестны точные расположения всех НРС и под какими углами по отношению к ЛА они расположены). Таким образом, компенсация негативного эффекта будет неполной.

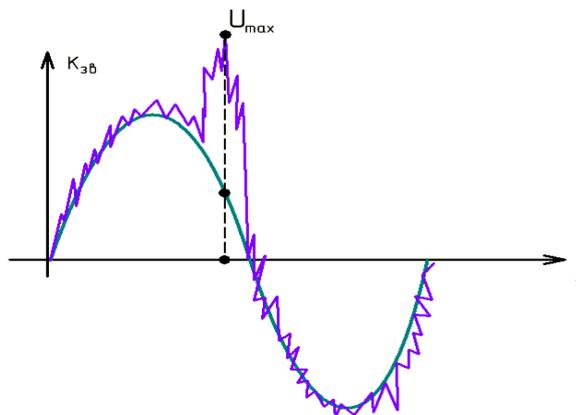


Рис. 3. Смесь сигнала с шумом

Для устранения влияния доплеровского сдвига можно предложить введение в состав радиостанции автоматической подстройки частоты. Систему лучше расположить в блоке синтезатора сетки частот (при этом в самом синтезаторе лучше использовать DDS, т.к. по сравнению с ФАПЧ он имеет более высокую скорость перестройки) который будет управляться микроконтроллером типа AVR.

При этом саму подстройку можно выполнить в двух вариантах:

- по максимуму сигнала (по амплитуде);
- по максимальному значению сигнал/шум.

Второй вариант предпочтительнее, т.к. если сигнал максимален, — это еще не означает, что мы принимаем максимум самого сигнала. Вполне вероятно, что максимум обусловлен наличием в сигнале шума, и возможно, что соотношение сигнал/шум при этом составляет 1:1 или ниже (см. рис.3).

В этом случае качество связи оставляет желать лучшего.

При втором варианте исполнения (по максимальному значению сигнал/шум) качество сигнала будет наилучшим т.к. сигнал будет выбираться

при минимальных помехах и максимальных значениях сигнала по отношению к шуму.

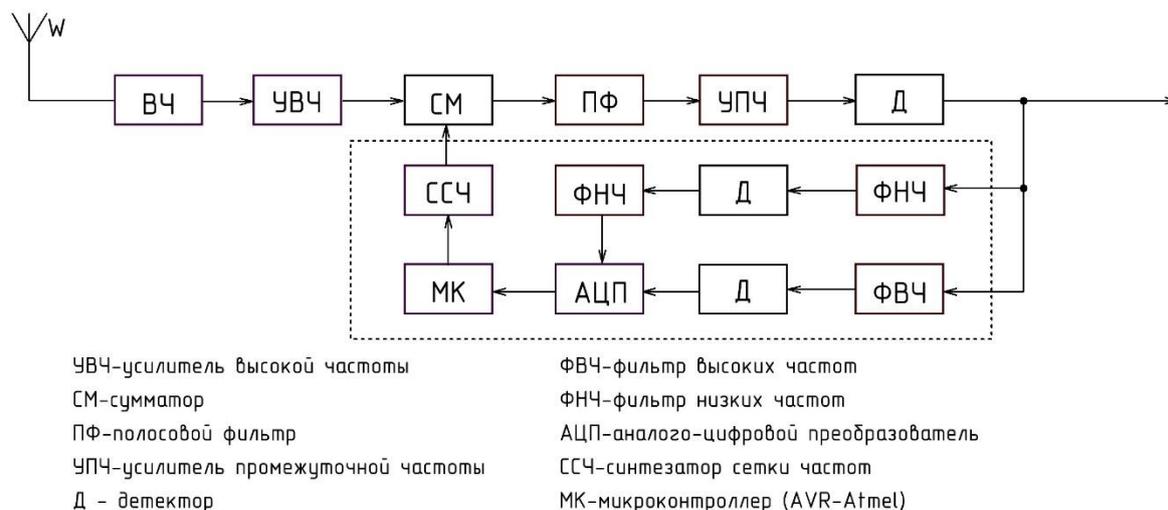


Рис. 4. Структурная схема синтезатора сетки частот с компенсацией доплеровского эффекта.

Структурная схема предлагаемой модернизации, реализующей этот принцип, приведена на рис.4. При этом диапазон подстройки необходимо ограничивать, так как без введения ограничений система может захватить сигнал соседней станции. Можно предложить также ряд дальнейших улучшений, однако это выходит за рамки данной статьи.

Использованные источники:

1. Авиационная электросвязь. Том III: Системы связи. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Изд. 2-е. – ИКАО, 2007 г.
2. Кшиштоф В. Системы подвижной радиосвязи. – М.: 2006 г.
3. Бочкарев В.В., Кравцев В.Ф., Крыжанский Г.А. Концепции и системы CNS/АТМ в гражданской авиации. – М.: Академкнига, 2003.
4. Силяков В.А., Краснюк В.Н. Системы авиационной связи. – СПб.: 2004 г.
5. Харисов В.Н., Перов А.И., Болдин В.А. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. – М.: ИПРЖР, 1998.

6. <http://www.cospas-sarsat.org> (сайт организации КОСПАС/SARSAT).