

# **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТУРА ГРУБОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ НА ПРОЦЕСС КОРРЕКЦИИ ЧАСТОТНОГО СМЕЩЕНИЙ ПРИ ПРИМЕ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ**

*Зайцев И. А., магистрант гр.145201*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Козел В. М. – канд. тех. наук, доцент*

Работа посвящена установлению закономерностей влияния параметров метода синхронизации на время и качество коррекции частотного смещения.

Современные системы связи требуют большого расстояния связи, большой пропускной способности связи, хорошего качества.

Наибольшая энергетическая и спектральная эффективность передачи дискретной информации достигается при использовании методов фазовой манипуляции (M-PSK).

Технология M-PSK широко используется в цифровых системах связи, таких как системы микроволновой связи, системы спутниковой связи с широкополосным доступом, системы мобильной связи, кабельное телевидение и т. д.

В цифровых системах связи для обеспечения согласованной работы любая группа устройств нуждается в синхронизации определенных параметров. Синхронизация является важным аспектом в различных областях техники, включая системы связи, компьютерные сети, автоматизацию и др. Поскольку ошибки в синхронизации могут привести к сбоям в передаче данных и потере информации.

Для корректной демодуляции фазоманипулированных сигналов требуется обеспечить синхронизацию принятого сигнала по частоте и фазе с локально генерируемым колебанием (синхронизацию несущего колебания). Из этого следует, что синхронизация несущей является важным элементом в цифровых системах связи, использующим фазовую манипуляцию для эффективной передачи информации.

Однако в реальных условиях частота и фаза несущего колебания неизвестна. Это обусловлено особенностями распространения радиоволн, нестабильностью частоты опорных генераторов, изменяющимся местоположением передающего и приемного устройств, эффектом Доплера и т.п.

При приеме фазоманипулированных сигналов, используются различные методы синхронизации несущего колебания, которые позволяют осуществить коррекцию частоты и фазы локально генерируемого сигнала, для обеспечения согласованной работы устройств в системе связи.

Одним из таких методов является контур ФАПЧ. Однако при больших фазо-частотных сдвигах контур ФАПЧ плохо справляется со своей задачей. В некоторых случаях остается остаточное смещение.

Для недопущения таких случаев, облегчения работы для контура ФАПЧ и уменьшения времени на синхронизацию несущей, перед контуром ФАПЧ можно использовать различные техники со вспомогательными данными, например, передачу преамбул, или можно использовать контур грубой подстройки частоты.

При добавлении дополнительных контуров частотную синхронизацию необходимо разбить на грубую синхронизацию и точную синхронизацию (схема ФАПЧ), где грубая корректирует большие смещения порядка кГц или более, в то время как точная синхронизация корректирует остаточное смещение, если таковое осталось.

Использование контура грубой подстройки частоты (ГПЧ) является более энергоэффективным и универсальным по сравнению с другими практиками по улучшению качества принятой информации, так как не требует передачи служебной информации, и вся энергия направлена на передачу полезной информации.

Внедрение такого контура облегчает процесс синхронизации несущей, тем самым система связи, использующая данный модифицированный метод, способна функционировать в более сложной помеховой обстановке.

Основными параметрами, от которых зависит качество работы контура ГПЧ, являются размер БПФ и количество усредненных значений спектра.

Исследуем влияние параметров схемы ГПЧ на время и качество коррекции частотного смещения. Для этого смоделируем систему связи (рисунок 1) в Simulink.

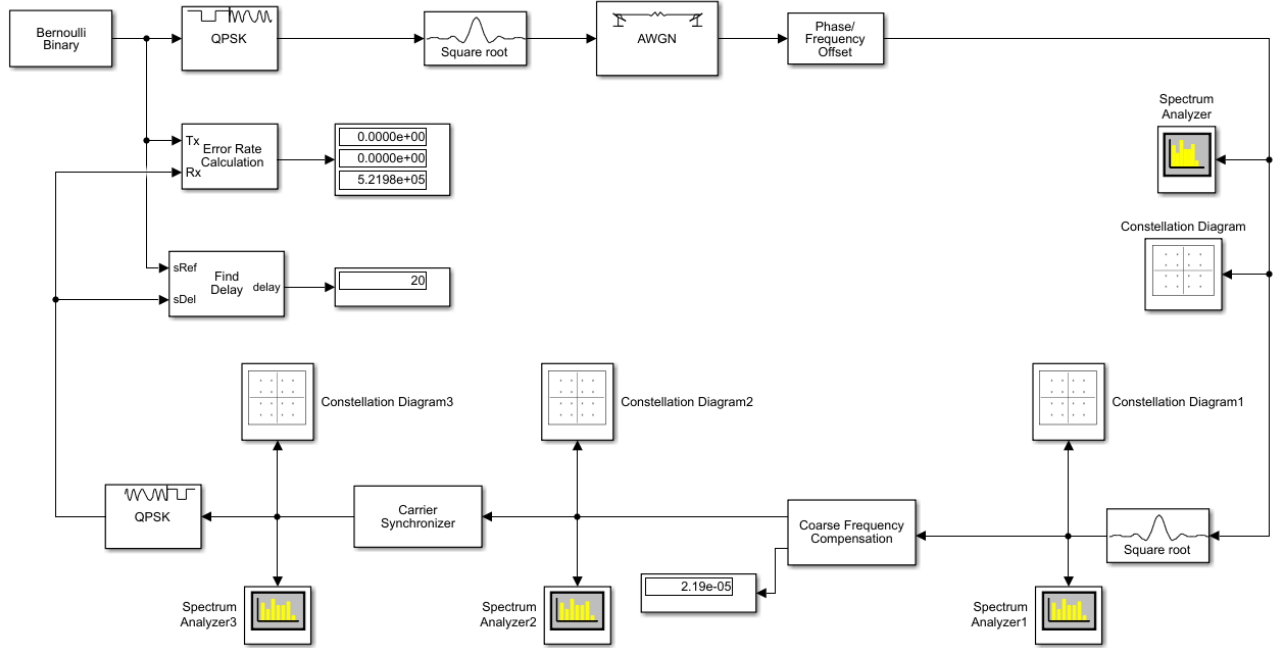


Рисунок 1 – Модель системы связи с синхронизацией несущей

Для визуализации зависимости времени, необходимого для нахождения частоты смещения, от размера БПФ построим графики. Также учтем различные значения количества усредненных значений спектра (рисунок 2).

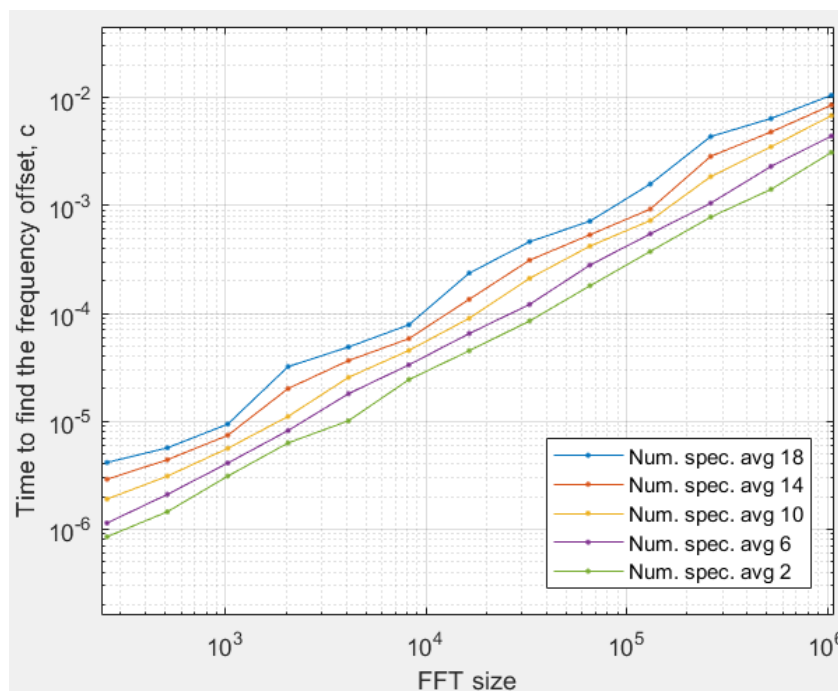


Рисунок 2 – Зависимость времени, ушедшего на нахождения частоты смещения, от размера БПФ

Из рисунка 2 следует, что время, уходящее на нахождение частоты смещения, будет увеличиваться большими темпами, при увеличении как размера БПФ, так и количества усредненных значений спектра. Однако прослеживается большее влияние размера БПФ относительно количества усредненных значений спектра. Это происходит из-за того, что в разы увеличивается количество информации, которую необходимо обработать для получения правильной оценки частоты смещения.

Другой показатель, который необходимо учитывать при настройке параметров схемы ГПЧ, это на сколько точно нужно производить оценку смещения частоты. Так как от этого зависит дальнейший выбор динамического диапазона контура ФАПЧ.

Для визуализации этого параметра, проведем опыт над системой связи, изображенной на рисунке 1, и представим графики зависимости среднего отклонения частоты от смещения по частоте от усредненных значений спектра, при различных значениях размера БПФ (рисунок 3).

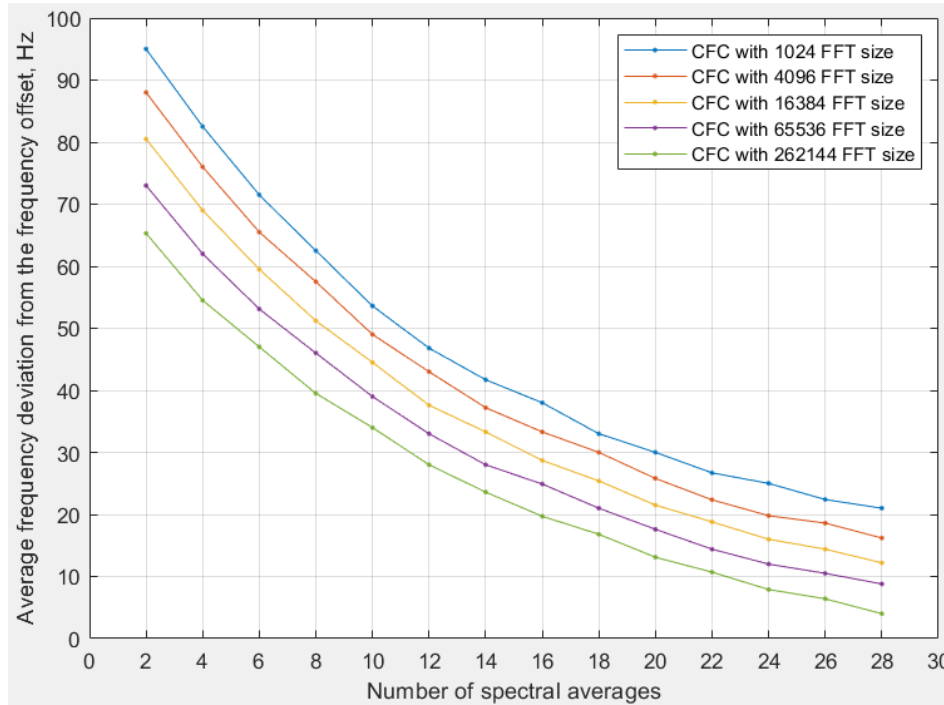


Рисунок 3 – Зависимость среднего отклонения частоты от смещения по частоте от количества усредненных значений спектра

Исходя из рисунка 3 видно, что большее влияние на уменьшение отклонения частоты от смещения по частоте оказывает количество усредненных значений спектра. Этот параметр помогает уменьшить влияние шумов на полезный сигнал. Влияние размера БПФ на уменьшение амплитуды колебаний относительно частоты смещения также присутствует. При увеличении как количества усредненных значений спектра, так и размера БПФ точность оценки повышается.

По результатам графиков, изображенных на рисунках 2 и 3, можно сделать вывод, что при выборе значения размера БПФ и количества усредненных значений спектра нужно соблюдать баланс между скоростью и точностью для удовлетворения заданных требований. Так как с увеличением размера БПФ и количества усредненных значений спектра качество коррекции частотного смещения повышается, однако возрастает время, затраченное на нахождение частотного смещения.

Настройка контура ГПЧ должна производиться с учетом тех требований по восстановлению несущей, которые предъявляются к системе связи, работающей в той или иной помеховой обстановке.

**Список использованных источников:**

1. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003.
2. Luise, M. and R. Regiannini. "Carrier recovery in all-digital modems for burst-mode transmissions." *IEEE Transactions on Communications*. Vol. 43, No. 2, 3, 4, Feb/Mar/April, 1995, pp. 1169-1178.
3. А. Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Пупер, 2018. – 608 с.
4. Rice, Michael, "Discrete-Time Phase Locked Loops", *Digital Communications: A Discrete-Time Approach*, Appendix C, Sec. C.3, Pearson Prentice Hall, 2008.