

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Левицкий
Юрий Юрьевич

Методы снижения фазового шума в синтезаторах радиочастоты

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и устройства
радионавигации, радиолокации и телевидения»

Научный руководитель

Горбачев Константин Леонидович

Доцент кафедры ИРТ, к.т.н.

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

Синтезатор частоты (далее СЧ) — это устройство, которое генерирует некоторый диапазон частот электрических гармонических колебаний, из одной или нескольких опорных частот.

СЧ используются во многих современных устройствах, таких как радиоприемники, телевизоры, мобильные телефоны, радиотелефоны, радиостанции, кабельные телевизионные преобразователи, спутниковые приемники, системы GPS и многих других. СЧ может использовать различные методы формирования выходной частоты, такие как:

- умножение частоты;
- деление частоты;
- прямой цифровой синтез (*Direct digital synthesis, DDS*);
- смешивание частот;
- фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ);

СЧ служат источниками стабильных (по частоте) колебаний в различных устройствах, в которых требуется настройка на разные частоты в широком и диапазоне и высокая стабильность выбранной частоты. Стабильность обычно достигается применением фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) или прямого цифрового синтеза (*DDS*) с использованием опорного генератора с кварцевой стабилизацией. Синтез частот обеспечивает намного более высокую точность и стабильность, чем традиционные электронные генераторы с перестройкой изменением индуктивности или ёмкости, очень широкий диапазон перестройки без каких-либо коммутаций и практически мгновенное переключение на любую заданную частоту.

Фазовый шум — это один из важнейших критериев оценки частотной стабильности любого источника сигнала (генератора). Частотная стабильность генератора является качественным показателем того, насколько точно данный генератор может воспроизводить одну и ту же выходную частоту в заданном временном интервале. Любой источник сигнала (генератор) будет иметь определенную стабильность (или, наоборот, нестабильность) генерации выходной частоты. Данная стабильность бывает двух видов: долговременная и кратковременная. Долговременная стабильность описывает флуктуации частоты, которые имеют место в течение длительного временного интервала: отношение ухода частоты к ее номинальному значению за день, месяц, год. Кратковременная стабильность — это изменения в номинальном значении выходной частоты за временной промежуток, который измеряется секундами.

Джиттер (англ. *jitter* — дрожание) или фазовое дрожание цифрового сигнала данных — нежелательные фазовые и/или частотные случайные отклонения передаваемого сигнала. Возникают вследствие нестабильности задающего генератора, изменений параметров линии передачи во времени и различной скорости распространения частотных составляющих одного и того же сигнала.

В цифровых системах проявляется в виде случайных быстрых (с частотой 10 Гц и более) изменений местоположения фронтов цифрового сигнала во времени, что приводит к рассинхронизации и, как следствие, искажению передаваемой информации. Например, если фронт имеет малую крутизну или «отстал» по времени, то цифровой сигнал как бы запаздывает, сдвигается относительно значащего момента времени — момента времени, в который происходит оценка сигнала.

Джиттер является одной из основных проблем при проектировании устройств цифровой электроники, в частности, цифровых интерфейсов. Недостаточно аккуратный расчет джиттера может привести к его накоплению при прохождении цифрового сигнала по тракту и, в конечном счёте, к неработоспособности устройства.

При обработке сигналов, фазовый шум - это представление быстрых, кратковременных случайных флуктуаций фазы сигнала в частотной области, вызванных нестабильностью во временной области. Радиочастотные инженеры говорят о фазовом шуме генератора, тогда как инженеры цифровых систем работают с дрожанием фронта тактового генератора.

Фазовый шум и джиттер - это разные способы количественного определения одного и того же явления: ошибка синхронизации сигнала. Самые распространенные виды измерения джиттера во временной области - это период джиттера, джиттер от цикла к циклу и накопленный джиттер. Среди этих видов измерения джиттера, период джиттера обычно приводится в технической документации.

В частотной области качество генератора характеризуется уровнем фазового шума. Для простоты предположим, что тактовый сигнал - это идеальная синусоида с определенной частотой F_c . Такие тактовый сигнал будет концентрировать всю свою мощность в пределах одной частоты F_c . Эффект фазового шума заключается в распространении мощности в боковых полосах. Это происходит из-за колебаний частоты. Таким образом, тактовый генератор всегда вырабатываются сигнал с частотой $F_c \pm \Delta f$. Эти небольшие изменения тактовой частоты переводятся в джиттер во временной области.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации:

Сложная электромагнитная обстановка, характерная для работы современных средств аналоговой и цифровой связи, определяет тенденции наращивания линейности и селективности приемных трактов, входящих в их состав. Трудности решения этих проблем традиционными методами общеизвестны. Этим и объясняется научный и практический интерес к комплексно-структурированным методам решения задач разработки СЧ с наилучшими качественными параметрами, одним из которых является низкий уровень фазовых шумов.

В аналоговых системах связи полезная информация, передаваемая при помощи модуляции, как правило, располагается на частотной оси на удалении нескольких сотен килогерц от несущей частоты. Несущая во многих связных системах часто преобразуется в более высокую частоту при помощи различных конверторов и смесителей. Если гетеродин, используемый в системе переноса частоты, имеет большую нестабильность, то его фазовый шум может маскировать полезный сигнал, что отрицательно сказывается на соотношении сигнал-шум и в конечном счете ограничивает чувствительность и избирательность системы.

Цель данной работы:

- исследование методов снижения фазового шума в синтезаторах радиочастоты.

Задача исследования:

- разработать структуру СЧ для КВ радиостанции, наилучшими показателями фазовых шумов;

Объект исследования:

- синтезатор радиочастоты.

Предмет исследования:

- фазовый шум синтезатора радиочастоты.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении дается описание актуальности исследования.

В главе 1 проводится исследование методов снижения фазового шума в синтезаторах радиочастоты. Проводится оценка значимости всех основных требований, предъявляемых к синтезаторам. Подробно рассматривается каждый способ синтеза частоты, а так же их преимущества и недостатки. Анализируется природа возникновения фазового шума. Так же уделяется внимание способам измерения фазовых шумов, а так же их представление во временной области. Приводятся выводы о проделанных исследованиях.

В главе 2 описывается объект исследования. Приводится описание начальных условий для исследования, описание структуры синтезатора частоты, который необходимо оптимизировать и таким образом решить задачи исследования. Путем моделирования а затем и макетирования синтезатора частоты, были определены участки структурной схемы, которые возможно оптимизировать, для достижения цели работы, а именно – снижение фазового шума в синтезаторе радиочастоты. Так же была проанализирована современная элементная база. В результате, на основании проведенного исследования, в ходе которого было определено влияние отдельных блоков синтезатора частоты на уровень фазового шума, было найдено решение, позволяющее путем использования комбинированного метода синтеза частоты, а так же применения современной элементной базы и концепций, исследованных в ходе работы, достигнуть получения более низких уровней фазового шума на выходе рассматриваемого синтезатора частоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе написания магистерской диссертации проведён обзор литературных источников, посвящённых проблеме способов снижения фазового шума в синтезаторах радиочастоты.

Было обоснована актуальность темы, приведены методы решения проблемы оптимизации.

Были проанализированы и даны практические советы по вопросу построения структуры синтезатора частоты, которая обеспечивает наиболее низкий уровень фазового шума выходного сигнала, при сохранении всех других параметров, предъявляемых к данным устройствам, таких как скорость перестройки частоты, шаг перестройки частоты, диапазон рабочих частот, уровень побочных излучений в составе выходного сигнала и других. Был практически оптимизирован синтезатор частоты, разработанный на дипломном проектировании. Приведены АЧХ выходных сигналов различных блоков структурной схемы, которые наглядно демонстрируют результаты проделанной работы. При исследовании способов оптимизации синтезатора частоты, использовались программы компьютерного моделирования, а также макетирование самого синтезатора.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Левицкий Ю.Ю. Военные средства связи и радиочастотная безопасность / Ю.Ю Левицкий // Радиотехнические системы: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, май 2018 года). – Минск: БГУИР, 2018.