

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Митрофанова Александра Александровича «Синхронизация неизохронных автогенераторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертации.

Современной тенденцией электроники является уменьшение размеров ключевых элементов и устройств. В то же время предъявляются повышенные требования к основным характеристикам этих устройств. Поэтому множество научных групп занимаются изучением, так называемых спин-трансферных наноосцилляторов (СТНО), которые позволяют получить СВЧ колебания в широком диапазоне частот и обладают размерами порядка десятков и сотен нанометров. Также к преимуществам таких устройств относятся широкий диапазон перестройки по частоте, совместимость с технологией производства интегральных микросхем КМОП.

Одной из главных характеристик любого автогенератора является уровень фазовых шумов. Низкий уровень фазовых шумов автогенератора является необходимым требованием при разработке множества радиолокационных и радиопередающих устройств.

СТНО являются принципиально неизохронными автогенераторами, неизохронность позволяет перестраивать автогенератор по частоте. Неизохронность автогенераторов, являясь механизмом изменения частоты генерируемых колебаний, приводит к ухудшению уровня фазовых шумов, из-за влияния амплитудных шумов на фазовые. Первые измерения СТНО показали высокое значение фазовых шумов, которые не соответствуют требованиям телекоммуникационных и передающих устройств. Одним из способов их уменьшения является использование взаимной синхронизации или синхронизации внешним воздействием. В качестве внешней силы обычно используется гармоническое воздействие или система фазовой автоподстройки частоты.

Вход. № 192/18
« 25 » 11 2018 г.
подпись

Исследуемые в данной работе системы синхронизации применяются в технике связи, радиолокации и радионавигации, управлении и измерительных комплексах. Поэтому тема диссертации А.А. Митрофанова несомненно является актуальной.

Характеристики содержания диссертационной работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 143 наименования, и шести приложений. Полный объем диссертации составляет 138 страниц текста с 67 рисунками. Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы основные цели работы и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор литературы, касающейся СТНО, неизохронности различных автогенераторов и приведены математические модели таких автогенераторов. Показана перспективность синхронизации СТНО для увеличения мощности колебаний.

Во второй главе исследуются свойства системы фазовой автоподстройки частоты СТНО. Были получены и построены полосы синхронизма и захвата, спектральные плотности амплитудных и фазовых флуктуаций, было определено время вхождения в синхронизм. Было проведено сравнения уровня фазовых шумов синхронизированных и автономных СТНО.

В третьей главе исследовались динамические и шумовые характеристики системы внешней синхронизации СТНО. Было проведено сравнение методов синхронизации при внешнем гармоническом воздействии и с помощью цепи ФАПЧ, а также сделаны выводы о преимуществах и недостатках исследуемых систем.

В четвертой главе разработана методика расчета фазовых шумов двух взаимно-связанных СТНО. Показано влияние параметров СТНО и системы синхронизации на фазовые шумы каждого из автогенераторов.

В пятой главе приводится методика расчета и проектирования неизохронных автогенераторов. На основе этой методики был разработан автогенератор на коаксиально-керамическом резонаторе. В главе также приведена

методика проектирования и экспериментального исследования, синхронизированного системой ФАПЧ неизохронного автогенератора. Проводится сравнение фазовых шумов неизохронных автономных и неизохронных синхронизированных автогенераторов.

В заключении изложены наиболее важные результаты и выводы диссертационной работы.

Научная ценность и новизна.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми. Среди полученных результатов на наш взгляд наиболее важными являются следующие.

1. Построены математические модели синхронизированных различными способами неизохронных автогенераторов на основе укороченных уравнений, полученных методом медленно-меняющихся амплитуд.
2. Показано появление эффекта полосы захвата для бесфильтровой системы ФАПЧ СТНО, что принципиально отличает такую систему синхронизации от известных. Дано объяснение этому явлению.
3. Проведено сравнение различных систем синхронизации с точки зрения получения минимального уровня фазовых шумов.
4. Даны количественные оценки влияния основных параметров систем внешней и взаимной синхронизации на уровень амплитудных и фазовых шумов.

Степень обоснования научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность.

Достоверность выводов и результатов диссертации не вызывают сомнений. В работе используются общепринятые теоретические подходы, на которые ссылается автор. Также полученные результаты подтверждаются результатами численного моделирования и экспериментальными данными. Дано обоснование ограничениям используемых математических моделей.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные прикладные методы анализа процессов и шумовых характеристик в

синхронизированных неизохронных автогенераторах позволяют создать стабильные миниатюрные перестраиваемые автогенераторы.

Недостатки и замечания по работе.

1. В диссертации построена модель системы синхронизации неизохронных автогенераторов, однако отсутствуют предложения по физической реализации такой системы в наномасштабе.

2. Во второй главе получено выражение (2.37), описывающее дисперсию фазовых флуктуаций СТНО, синхронизированного системой ФАПЧ с опорным осциллятором. Используя это выражение, был построен один график на рисунке 2.15, который показывает, что в случае синхронизации дисперсия фазовых флуктуаций меньше, чем в случае автономного СТНО. Было бы желательно провести более подробный анализ результатов.

3. В третьей главе проведено сравнение снижения фазового и амплитудного шумов СТНО за счет синхронизации с использованием ФАПЧ и внешнего гармонического воздействия. Показано, что ФАПЧ снижает шумы лучше. Однако отсутствует объяснение причин, по которым ФАПЧ дает более низкие шумы.

4. В пятой главе не приведены численные сравнения уровня фазовых шумов изохронных и неизохронных автогенераторов.

5. В тексте диссертации и в автореферате встречаются опечатки.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают высокой оценки диссертационной работы.

Заключение.

В целом диссертационная работа представляет собой серьезное исследование, выполненное на высоком научном уровне. В ней получен ряд новых важных результатов по решению задач разработки наноразмерных источников колебаний на основе спин-трансферных наноосцилляторов. Основные научные результаты диссертации отражены в 30 публикациях соискателя, в том числе 5 из перечня изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Диссертация А.А. Митрофанова является законченной научно-квалификационной работой, свидетельствующей о высокой квалификации автора. Диссертация изложена технически грамотным языком, каждый раздел сопровождается выводами. По характеру поставленных задач, методам их решения

и полученным результатам диссертация полностью соответствует заявленной специальности. Научные положения и выводы диссертации обоснованы и подтверждены соответствующими исследованиями. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и основных ее результатов.

Рассмотренная диссертация обладает высокой научной ценностью в области радиотехники, отвечает специальности 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки) и имеет важное значение для практических применений в электронике. Считаю, что диссертационная работа Митрофанова Александра Александровича удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пп. 9-14 Положения ВАК о присуждении учёных степеней (утверждённым постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук

по специальности 01.04.03 - Радиофизика,

ведущий научный сотрудник кафедры физической электроники и технологии
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»



Устинов Алексей Борисович

16.11.2018

Подпись Устинова А.Б. удостоверяю:

Ученый секретарь совета СПбГЭТУ «ЛЭТИ»



Адрес:

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5

Телефон: +7 (812) 234-99-83

e-mail: ustinov-rus@mail.ru