



**СОЗВЕЗДИЕ  
КОНЦЕРН**

**ДИССЕРТАЦИОННЫЙ  
СОВЕТ  
ДС 409.023.01**

АО «Концерн «Созвездие»  
ул. Плехановская, д. 14,  
г. Воронеж, 394018,  
тел. 7 (473) 252-10-04  
тел /факс: +7 (473) 252-12-13  
E-mail: office@sozvezdie.su  
www.sozvezdie.su

ФГБОУ ВО

«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)» МАИ,

Ученому секретарю

диссертационного совета 24.2.327.01

Горбуновой Анастасии Александровне

---

125993, г. Москва, А-80, ГСП 3,

Волоколамское шоссе, д. 4

Исх. № 6ddfd7  
от 15 ноября 2021г.

Уважаемая Анастасия Александровна!

Высылаю Вам отзыв на автореферат диссертации соискателя ученой степени кандидата технических наук Алексеева Георгия Алексеевича на тему «Синхронные устройства формирования и приема сигналов цифровых систем передачи информации» по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Приложение: 2 экз. отзыва на 3 стр. каждый

Ученый секретарь,

доктор физико-математических наук

Д.В. Костин

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

29 11 20 21

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алексева Георгия Алексеевича на тему: «Синхронные устройства формирования и приема сигналов цифровых систем передачи информации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

В представленной диссертационной работе исследуются вопросы повышения быстродействия синхронных устройств модуляции, демодуляции и синтеза частоты, структуры которых организованы на основе систем ФАПЧ. Решаемые в диссертации научно-технические задачи направлены на совместное улучшение комплекса противоречивых требований к параметрам разрабатываемых синхронных устройств, таких как: высокие динамические характеристики при первоначальной синхронизации, широкий диапазон и высокая скорость перестройки по частоте, высокие фильтрующие свойства устройств, низкие уровни частотно-фазовых флуктуаций в формируемых опорных и модулированных сигналах. Актуальность тематики и исследований диссертации несомненна.

Диссертационная работа содержит пять глав. В первой главе проведен сравнительный анализ методов построения и технической реализации ранее известных способов повышения быстродействия при первоначальном захвате частоты в синхронных структурах, выполненных на основе систем ФАПЧ. Во второй главе разработана и предложена методика оптимизации по быстродействию разрабатываемых синхронных структур в переходном режиме работы. Методика основана на трансформации фазовых портретов синхронных систем с привлечением методов оптимального регулирования в петле в соответствии с принципом максимума Понтрягина. В результате проведенного структурного синтеза получена *глобально линеаризованная система синхронизации* (ГЛСС), обладающая высокой динамикой в процессе первоначальной синхронизации. В третьей главе рассматриваются результаты решения задач построения высокоскоростных структур модуляторов и демодуляторов BPSK, QPSK сигналов и синтезатора частоты, выполненных на основе синтезированной структуры ГЛСС. В четвертой главе приводятся полученные в диссертации аналитические выражения для расчета быстродействия разработанных синхронных устройств, выполненных на базе ГЛСС. Показаны зависимости времени первоначальной синхронизации от начальной частотной расстройки. В пятой главе представлены полученные методами имитационного моделирования результаты исследований динамических и спектральных характеристик разработанных синхронных структур. Проведено сравнение их характеристик с существующими аналогами.

29 11 2021 г.

Научная новизна работы заключается в разработке методик оптимизации и трансформации фазовых портретов систем ФАПЧ, которые позволили получить ряд инновационных структур синхронных устройств, а именно: глобально-линеаризованную систему синхронизации (ГЛСС), структуру СВЧ синтезатора частот, а также синхронных устройств формирования и демодуляции сигналов BPSK и QPSK. Разработанные структуры обладают высоким быстродействием как в режиме первоначальной синхронизации, так и в режиме скоростной перестройки рабочей частоты и дискретной информационной фазы в процессе синхронной работы. Автором получены аналитические выражения для оценки времени начальной синхронизации в разработанных устройствах и сформулированы методики их проектирования. Методами имитационного моделирования исследованы характеристики предложенных устройств в сравнении с характеристиками известных аналогов.

Практическая значимость работы обусловлена разработанными программными стендами и полученными результатами исследований, свидетельствующими о преимуществе разработанных структур перед применяемыми на практике аналогами. Как показано в работе, ГЛСС превосходит систему ИФАПЧ по быстродействию до 62 раз в заданном диапазоне начальной частотной расстройки при выровненных значениях параметров синхронного режима работы (петлевое усиление, эквивалентная шумовая полоса). Серьезное преимущество в динамических характеристиках обнаруживается и в случае сравнения синтезатора частоты ГЛСС с синтезатором на основе ИФАПЧ (до 9 раз в заданном диапазоне начальных частотных расстроек), демодулятора BPSK сигнала ГЛСС по сравнению со структурой демодулятора BPSK по схеме Костаса (до 30 раз в заданном диапазоне начальной частотной расстройки). Результаты работы внедрены в процессе выполнения СЧ ОКР с предприятием «НИИМА «ПРОГРЕСС».

Результаты исследований диссертации достаточно полно обсуждены на научно-технических конференциях и отражены в научных публикациях.

По представленному автореферату диссертации можно указать на следующие недостатки и замечания:

1. В автореферате приведены сведения о внедрении материалов диссертации в СЧ ОКР на предприятии «НИИМА «ПРОГРЕСС», однако отсутствуют данные об испытании разработанных структур в натуральных условиях на реальном оборудовании.

2. При промышленной разработке СВЧ синтезаторов частоты, уточненные математические модели строятся с учетом характеристик реальных физических компонентов, которые в определенной степени влияют на характеристики разрабатываемого устройства. В работе применяются модели с

линеаризованными характеристиками и без учета шумовых параметров физического уровня. При учете последних, представленные в работе данные по спектральным и динамическим характеристикам (зависимости  $T_{\text{син}}(\Delta\omega_{\text{нач}})$ ) могут иметь отклонения от полученных значений.

3. На представленных графиках фазовых портретов, имеющих нормированные оси, при выделении отдельных участков используются ненормированные величины.

Указанные недостатки не снижают научно-техническую ценность работы. В целом, диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне. Необходимо также отметить значительный объем проведенных в работе исследований и наличие ряда результатов, представляющих как научную ценность, так и высокую прикладную значимость.

Заключение. Диссертация «Синхронные устройства формирования и приема сигналов цифровых систем передачи информации» Алексеева Георгия Алексеевича является законченным научным исследованием и отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе, системы и устройства телевидения».

Отзыв составил:

Доктор технических наук  
старший научный сотрудник  
Тихомиров Николай Михайлович  
АО «Концерн «Созвездие»  
начальник научно-технического управления  
394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д.14  
Тел.: +7-473-252-1253  
n.m.tihomirov@sozvezdie.su

А.С.

«Личную подпись Н.М. Тихомирова удостоверяю»  
Ученый Секретарь  
доктор физико-математических наук

«.....».....2021г.



Д.В. Костин