**Благов Михаил Валерьевич Аналитико-численные методы оценки диапазона быстрого захвата для двумерных систем фазовой синхронизации**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Благов Михаил Валерьевич

Введение

1 СФС с идеальным пропорционально-интегрирующим фильтром

1.1 СФС с кусочно-линейной характеристикой фазового детектора

1.1.1 Аналитико-численный метод расчета диапазона быстрого захвата

1.1.2 Теорема о диапазоне быстрого захвата

1.1.3 Диаграммы диапазона быстрого захвата

1.2 СФС с синусоидальной характеристикой фазового детектора

1.2.1 Численный метод расчета диапазона быстрого захвата

1.2.2 Диаграммы диапазона быстрого захвата

1.3 СФС с тангенциальной характеристикой фазового детектора

1.3.1 Теорема о бесконечности диапазона быстрого захвата

1.3.2 Сравнение СФС с синусоидальной и тангенциальной характеристиками фазового детектора в МаШЬ БтиНпк

2 СФС с пропорционально-интегрирующим фильтром

2.1 СФС с кусочно-линейной характеристикой фазового детектора

2.1.1 Аналитико-численный метод расчета диапазона быстрого захвата

2.1.2 Теорема о диапазоне быстрого захвата

2.1.3 Диаграммы диапазона быстрого захвата

Заключение

Список литературы

Список рисунков

А Интегрирование СФС с идеальным пропорционально-

интегрирующим фильтром

A.1 Интегрирование траекторий СФС на участках линейности характеристики фазового детектора

Б Интегрирование СФС с пропорционально-интегрирующим

фильтром

Б.1 Сведение системы в форме Лурье к уравнению второго порядка . 97 Б.2 Интегрирование траекторий СФС на участках линейности характеристики фазового детектора

В Комплексы программ в пакете вычислений Mat lab

B.1 Программная реализация символьного построения траекторий СФС 109 В.2 Программная реализация построения диаграмм диапазона быстрого захвата

Введение

Системы фазовой синхронизации (СФС) впервые были предложены в 1923 г. в работах Э. Аплтона (нобелевский лауреат 1947 г. по физике) [1] и А. Беллис-циза в 1932 г. [2, 3]. Широкое применение СФС получили в радиотехнике и телевещании [4-8], в системах беспроводной [9-11] и оптической связи [12-15], навигации [16] и компьютерных архитектурах [17-19].

Первые идеи строгого анализа таких систем принадлежат известному итальянскому математику Ф. Трикоми [20] и основаны на качественном анализе фазовых портретов. Дальнейшее развитие эти идеи получили в работах A.A. Андронова [21] и его последователей (М.В. Капранов [22], Л.Н. Белюсти-на [23-26], В.В. Матросов [27], В.Д. Шалфеев [28], H.A. Губарь [29], Б.И. Шах-тарин [30] и др.).

Задачам математического моделирования и анализа СФС посвящены опубликованные в 1966 г. классические монографии Ф. Гарднера [31], Э. Витер-би [32], В.В. Шахгильдяна и A.A. Ляховкина [33], в которых описаны инженерные подходы к анализу и синтезу двумерных моделей СФС, и уделено внимание изучению таких ключевых инженерных характеристик СФС, как диапазон удержания (hold-in range) и диапазон захвата (pull-in range).

Для проведения качественного анализа многомерных моделей СФС потребовалось развитие ляпуновских методов. Первые результаты в этом направлении были получены в 1950-60-е годы в работах Ю.Н. Бакаева [34,35], а затем развиты в 1970-е годы Г.А. Леоновым [36-39]: классические методы теории устойчивости были обобщены для систем с цилиндрическим фазовым пространством и разрывными пели ценностям и. что позволило предложить эффективные методы анализа и синтеза многомерных моделей СФС.

Появление новых инженерных приложений в сфере компьютерной техники, системах глобальной навигации и связи и увеличение рабочих частот по-

ставило новые задачи более точной оценки поведения СФС в переходных режимах [40,41]. При этом, благодаря развитию технологий производства СФС, появилась возможность более точной практической реализации синтезируемых математических моделей. Это позволило перейти от классических моделей СФС с устойчивыми фильтрами к моделям с полуустойчивыми фильтрами (с нулевым полюсом) с целью расширения области устойчивости замкнутой системы и ускорения процесса захвата частоты [42].

Анализ и синтез СФС с такими фильтрами потребовал дальнешего развития математических методов исследования для уточнения оценок характеристик переходных процессов. Одной из актуальных инженерных задач оценки переходных режимов СФС является задача Ф. Гарднера об оценке диапазона быстрого захвата, опубликованная в его монографии 2005 года [40]. Диапазон быстрого захвата соответствует синхронизации СФС за один такт эталонного генератора1. Это критически важно для приложений, связанных с цифровой передачей данных (например, для схемы Костаса [43-49]).

Строгий подход к решению задачи Гарднера был предложен в докторской диссертации Н.В. Кузнецова [42]. Возможность получения аналитических оценок диапазона быстрого захвата СФС и оценки сверху для СФС с идеальным пропорционально-интегрирующим фильтром были показаны в диссертации К.Д. Александрова [50].

В настоящей диссертационной работе продолжено развитие этих идей и получены консервативные оценки диапазона быстрого захвата СФС на основании его строгого математического определения; предложен эффективный аналитико-численный метод расчета диапазона быстрого захвата и построения диаграмм зависимости его величины от параметров системы.