



«Утверждаю»

Проректор по научной работе НИУ МЭИ

профессор,

Дришнов Виктор Карпович

» мая 2018 г.

Отзыв ведущей организации Национального исследовательского университета «МЭИ» на диссертацию Купцовой Екатерины Валериевны «Многочастотные колебания в электрическом генераторе на двух связанных контурах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

При передаче электрических сигналов на расстояние обычно используют генераторы электрических волн. Такие волны должны быть асимптотически устойчивыми, в противном случае не обеспечивается надежная связь. Дифференциальные уравнения, описывающие колебания напряжения в одноконтурном электрическом автогенераторе, являются нелинейными и не интегрируются в квадратурах. Однако наибольший практический интерес представляют ограниченные колебания. Ван-дер-Поль обстоятельно исследовал математическую модель одноконтурного генератора и получил результаты, которые хорошо согласуются с реальными процессами и физические модели проектируются с учетом полученных математических формул. При исследовании нелинейных математических моделей важнейшую роль играют асимптотические методы. В уравнении выделяют малый параметр и находят приближенные решения в виде разложений по степеням малого параметра. Применяются различные схемы построения таких разложений. Многие задачи были решены методом усреднения

Крылова-Боголюбова, который позволяет без отыскания формулы точного решения доказать его ограниченность, периодичность или почти периодичность и найти условия асимптотической устойчивости, а также найти асимптотически близкое приближенное решение. Большой вклад в развитие асимптотических методов внесла математическая школа Ломова С.А.

Нелинейные математические модели редко допускают точные решения и построения приближенных решений приводят к большим громоздким вычислениям. По этой причине важная математическая модель электрического генератора на двух связанных контурах мало исследована. Для приложений важно знать, какие типы ограниченных асимптотически устойчивых колебаний могут существовать в генераторе. Поскольку физические элементы генератора могут принимать континуальное множество значений, то традиционными численными методами задача не поддается решению и нужно привлекать аналитические методы. Диссертация посвящена изучению типов ограниченных колебаний в генераторе и сказанное выше говорит об актуальности рассматриваемых вопросов.

Диссертация Купцовой Е.В. состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и списка литературы, объем 96 стр.

В первой главе рассматривается реальная физическая схема электрического генератора на двух связанных контурах. Выписываются законы Кирхгофа и получается математическая модель, в виде системы двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, описывающая изменение во времени напряжения в контурах генератора. Осуществляется переход к безразмерной форме

$$u''_1 + R_1 u'_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + (1 + k_3) u_1 + \gamma \frac{k_3}{k_2} u_2 = R_1 I'' + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} (1 + k_3) I',$$

$$u''_2 + R_2 \sqrt{\frac{\gamma C_2}{L_2}} u'_2 + \gamma \left(1 + \frac{k_3}{k_2} \right) u_2 + k_3 u_1 = \sqrt{\frac{L_1 k_3}{C_3}} I'.$$

Найти общее решение такой системы невозможно. Тогда специальным образом выбирается малый параметр. При этом получается система уравнений не разрешенная относительно старших производных искомых функций (система не в нормальной форме). Благодаря наличию малого параметра ее удастся преобразовать к нормальному виду двумя способами. Каждый случай рассмотрен отдельно. Исследование проводится с использованием метода усреднения.

Вторая глава посвящена построению усредненных уравнений. Естественный путь исследования задачи методом усреднения – это переход к системе четырех дифференциальных уравнений первого порядка и следование методике этого метода, но приближенная оценка сложности задачи показывает, что при этом в системе получается около двух тысяч слагаемых и задача становится необозримой. Оказалось, что если систему свести к дифференциальному уравнению четвертого порядка и перейти к полярной системе координат, то задача получается значительно проще. Таким образом, получается переход к нормальному виду метода усреднения. Дальнейшая работа состоит в построении усредненной системы уравнений для амплитуд колебаний.

Третья глава посвящена нахождению и исследованию на устойчивость особых точек усредненной системы дифференциальных уравнений. Мы считаем, что автору диссертации сильно повезло. Оказалось, что особых точек усредненная система имеет четыре и эти точки находятся в явном виде. Это позволило получить первые приближения для ограниченных решений. При этом оказалось, что тривиальное решение неустойчиво. Метод усреднения позволяет выписать и условия асимптотической устойчивости ограниченных решений. Выписаны виды ограниченных решений. Возможные типы – это одночастотные или двухчастотные решения с несоизмеримыми частотами. Других типов ограниченных колебаний не существует.

В приложении приведены графики полученных приближенных одночастотных и двухчастотных решений.

В качестве недостатков отметим:

1. На стр. 59 присутствует лишняя строка «Исследование на».
2. В диссертации получены нулевые приближения для ограниченных решений, но ничего не говорится о первых приближениях. Можно ли найти и первые приближения?
3. На стр. 10 употребляются жирный и обычный шрифты для одинаковых значений.
4. Имеются незначительные погрешности в стиле изложения и ошибки набора текста, но в допустимых пределах.

Переходя к оценке работы в целом, отметим, что она посвящена актуальной задаче. Рассмотрена конкретная физическая модель. Проведен анализ полученной математической модели, получены приближенные решения и условия асимптотической устойчивости ограниченных решений. Исследования сопряжены с большими кропотливыми вычислениями. Результаты подкреплены графическими иллюстрациями возможных типов колебаний. Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Все утверждения строго обоснованы, автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в фундаментальных и прикладных исследованиях, проводимых в Московском, Новосибирском, Воронежском, Санкт-Петербургском госуниверситетах, в национальном исследовательском университете (МЭИ), Самарском национальном исследовательском университете имени С.П. Королева.

Диссертация «Многочастотные колебания в электрическом генераторе на двух связанных контурах» удовлетворяет всем требованиям п. 9 ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Купцова Екатерина

Валериевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

Отзыв утвержден на заседании кафедры 15 мая 2018 г. пр.№ 3.

Заведующий кафедрой высшей математики

Доктор физ.-мат. наук,

Качалов В. И.

Специальность 01.01.02 –

дифференциальные уравнения,

динамические системы и оптимальное управление

Подпись Качалова Василия Ивановича уполномоченно



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
КАФЕДРЫ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И.Половников

Тел. +74953627131

E-mail: KachalovVI@mpei.ru

Сведения о ведущей организации

Полное наименование:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ". Сокращённое наименование: ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ"

Адрес: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14