

ОТЗЫВ

Официального оппонента профессора Соболева Владимира Андреевича о диссертации Купцовой Екатерины Валериевны «Многочастотные колебания в электрическом генераторе на двух связанных контурах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Актуальность темы диссертации

Электрические генераторы используются для передачи информации и имеют широкое распространение в современном мире. Колебания напряжения в генераторе на одном контуре тщательно исследованы, и полученные результаты используются физиками при создании электрических генераторов. Электрические генераторы на двух связанных контурах являются перспективными, но изучены недостаточно. Трудности исследований связаны с нелинейностью математической модели. Задача о поведении решений в математических моделях с двумя контурами Ван-дер-Поля ставится, например, Дж. Хейлом «Колебания в нелинейных системах», но полное исследование этой задачи оказывается слишком сложным. Многие задачи, связанные с колебаниями напряжения в электрических цепях решаются применением асимптотических методов, которые развивались многими научными школами. Изучение типов колебаний напряжения в двухконтурном электрическом генераторе актуально для приложений. Высказываются разные гипотезы о типах ограниченных колебаний. Одни авторы считают, что колебания со временем синхронизируются и будут одночастотными. Другие считают, что вследствие нелинейности генератора, возможны колебания с несколькими несоизмеримыми частотами. Таким образом, нужно дать ответы на эти предположения, следовательно, тема диссертационной работы Е.В. Купцовой представляется актуальной, имеющей важное значение для теории и практики.

Новизна исследований и полученных результатов

Основные положения диссертации, отличающиеся научной новизной, заключаются в следующем:

Динамическая модель практически важной схемы электрического генератора на двух связанных контурах исследована с использованием метода усреднения Крылова-Боголюбова. Математическая модель выведена на основании физических законов и представляет собой систему двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Точное интегрирование системы не представляется возможным. В этом случае нужно определиться с выбором уравнений сравнения, которые должны иметь близкие решения и которые можно найти за приемлемое время. Зачастую в таких случаях вводят малый параметр при нелинейной части системы уравнений, однако при этом некоторые ограниченные решения найти не удастся. В диссертации очень удачно выбран малый параметр как возмущение характеристики нелинейного элемента. Полученная при этом система уравнений не разрешена относительно старших производных искомых функций, поэтому, выделяя главную часть разложений функций в степенные ряды, автор диссертационной работы приводит систему к нормальной форме.

Построена усредненная системы и проведен ее анализ. Сократить количество расчетов удастся путем перехода к одному дифференциальному уравнению четвертого порядка и переходом к полярной системе координат. Поскольку решающую роль играют амплитуды колебаний, то отдельно рассматривается усредненная система уравнений для амплитуд.

Найдены особые точки усредненной системы и проведено исследование их устойчивости. Полученная автономная система дифференциальных уравнений для амплитуд колебаний является нелинейной, но особые точки найдены в аналитическом виде. Благодаря этому удастся найти приближения для ограниченных колебаний. Показано, что нулевое решение всегда неустойчиво, установлена возможность

асимптотически устойчивых одночастотных колебаний с разными частотами, для каждого из которых есть своя зона захвата. При определенном соотношении параметров возможны асимптотически устойчивые двухчастотные колебания с несоизмеримыми частотами. Условия асимптотической устойчивости выражаются через параметры системы. Получены явные приближенные формулы для таких колебаний. Других типов ограниченных устойчивых колебаний не существует.

В приложении приведены данные численных расчетов разных типов колебаний, представленных в графической форме, которые демонстрируют высокую степень согласованности результатов аналитических исследований и численного анализа.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического моделирования, теории дифференциальных уравнений, численных методов. Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами компьютерных экспериментов, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, и в опубликованных работах.

Теоретическая и практическая значимость

В работе значимыми являются как теоретическая, так и практическая части. К важным теоретическим результатам следует отнести решение задачи об устойчивости состояний равновесия и одночастотных колебаний с различными частотами. Отмеченные выше результаты имеют очевидные

приложения, так как электрические генераторы широко используются в научных исследованиях и инженерной практике.

Замечания по диссертационной работе

1. Полученная в диссертационной работе усредненная система уравнений для полярных углов не исследуется, и отсутствуют комментарии по поводу поведения решений этой системы.
2. Не обсуждается вопрос о нахождении первых приближений для ограниченных решений.
3. Следовало бы привести фазовые портреты для усредненной системы.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с исследованием систем дифференциальных уравнений, возникающих при моделировании электрических генераторов.

Диссертация аккуратно оформлена, указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, все утверждения представлены в виде теорем и приведены их полные доказательства. Основные результаты своевременно опубликованы, автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Результаты подтверждаются численными расчетами.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на профильных конференциях, опубликованы в 9

научных трудах (две из которых из перечня ВАК). Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в пп. 9,10,11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.» с учетом изменений, внесенных постановлением Правительства РФ «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней от 21.04.2016 г.» № 335, 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.

Официальный оппонент, зав. кафедрой
дифференциальных уравнений и теории управления
ФГАОУ ВО «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С.П. Королева»,
д.ф.-м.н., профессор



Соболев Владимир Андреевич

17 мая 2018 г.

Соболев В.А. профессор
Самарский национальный исследовательский университет



Тел.: (846) 332-57-86

e-mail: hsablem@gmail.com

443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34