

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

Диссертация Купцовой Е.В. посвящена изучению колебаний напряжения в электрическом генераторе на двух связанных контурах. Для практического использования таких генераторов нужны теоретические исследования динамики поведения напряжения, типов возможных колебаний, условия их асимптотической устойчивости и методы расчета параметров, при которых будет обеспечен заданный тип колебаний. Созданная математическая модель генератора, представляет собой систему двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Опыт исследования электрического генератора на одном контуре показывает, что соответствующая линеаризованная система имеет иные качественные свойства и не может быть использована для исследования указанных проблем. По этой причине актуальным является исследование нелинейной системы.

Для исследования ограниченных решений нелинейных систем дифференциальных уравнений зачастую используют методы, связанные с введением малого параметра и последующим построением приближенных решений в виде разложений по степеням малого параметра. Разработкой таких методов занимались многие авторы: Андронов А.А., Арнольд В.И., Боголюбов Н.Н., Бутузов В.Ф., Ван-дер-Поль, Васильева А.Б., Волосов В.М., Колмогоров А.Н., Крылов Н.М., Ломов С.А., Мандельштам Л.И., Маслов В.П., Минорский Н., Митропольский Ю.А., Мозер Ю., Пуанкаре Х., Чезари Л., Эрдейи А. и др.

Основным методом исследования задачи в диссертации является асимптотический метод усреднения Крылова–Боголюбова, который позволяет доказать существование ограниченных решений, выяснить их структуру, построить приближенные решения и исследовать устойчивость.

При реализации метода необходимо: удачно выбрать малый параметр, привести систему к нормальному виду для метода усреднения, построить усредненную систему дифференциальных уравнений, найти особые точки усредненной автономной системы и исследовать их на устойчивость. Отметим, что для прикладных задач возможна ситуация, когда какой-то из перечисленных этапов не может быть реализован. В данной задаче удалось реализовать все этапы.

В первой главе рассматривается схема реального физического генератора на двух связанных контурах. На основе физических законов Кирхгофа получается математическая модель в виде системы двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, описывающая динамику поведения напряжения в генераторе. Система зависит от большого количества физических параметров. Произведено сокращение числа параметров и преобразование к безразмерной форме.

При изучении задач асимптотическими методами важно выбрать малый параметр таким образом, чтобы система при нулевом значении параметра имела решения, от которых происходит ветвление ограниченных решений. Автор вводит малый параметр в характеристику нелинейного элемента и это позволяет в дальнейшем находить приближенные выражения для ограниченных решений. Однако, получающаяся система не имеет нормальной формы, а такие системы дифференциальных уравнений сложны для изучения. Для приведения системы к нормальному виду рассматриваются два случая. В первом случае изучаются колебания с малой скоростью изменения. В этом случае система получается более простой. Отказ от малости скорости изменения напряжения приводит к более сложной системе. Оба случая рассматриваются параллельно.

Построение усредненной системы всегда приводит к громоздким математическим преобразованиям. Если следовать методу усреднения, то следовало бы уравнения привести к системе четырех уравнений первого порядка, найти фундаментальную матрицу и заменой переменных привести

систему к нормальному виду метода усреднения. Однако количество вычислений оказывается слишком большим. Сведение системы к одному дифференциальному уравнению четвертого порядка и переход к полярной системе координат многократно уменьшает количество вычислений, которое все равно оказывается большим. Этому посвящена вторая глава диссертации.

В третьей главе рассматривается усредненная автономная система уравнений. Выписывается нелинейная алгебраическая система уравнений для нахождения особых точек. Система допускает точное решение – четыре особых точки. Исследование на устойчивость проводится первым методом Ляпунова. Находится матрица линейного приближения и используется признак Рауса–Гурвица.

В качестве недостатков можно привести следующие замечания.

1. Недостаточно подробно обоснован выбор метода исследования.
2. Не исследована усредненная система для сдвигов по фазе.
3. Нет объяснения причин невозможности решения задачи численными методами.

В работе имеются также ряд опечаток, орфографических ошибок и стилистических погрешностей.

Вместе с тем необходимо отметить, что приведенные недостатки не снижают общего положительного впечатления о работе и ее научной значимости. Работа носит целостный характер. Рассматривается реальная физическая модель, создана математическая модель, аналитические расчеты проведены до расчетных формул. Получены приближенные формулы для одночастотных и двухчастотных колебаний, выписаны условия, обеспечивающие асимптотическую устойчивость таких колебаний. Эти результаты представляют практический интерес и могут быть использованы в теории нелинейных колебаний.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное

управление. Основные утверждения четко сформулированы и полностью доказаны.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Основные результаты своевременно опубликованы и подтверждаются численными расчетами. Результаты диссертации прошли достаточную апробацию на международных и общероссийских научных конференциях.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Купцовой Е.В. «Многочастотные колебания в электрическом генераторе на двух связанных контурах» представляет собой законченное математическое исследование по актуальной теме, в ней изложено решение новой и актуальной научной задачи, имеющей несомненную научную значимость для специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление. Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Е.В. Купцова, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

Профессор кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
педагогический университет»,

доктор физико-математических наук, доцент
28.05.2018



С.В. Корнев

Корнев Сергей Викторович

394043, Воронеж, ул. Ленина, д. 86, тел.: (473) 255-36-63,

e-mail: kornev_vrn@rambler.ru



Подпись Корнева С В - заверяю
начальник управления кадров
ФГБОУ ВО «ВГПУ»
И.С. Поляков
28 мая 2018 года