

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ КОНСЕРВАТИВНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Д. В. Комнатный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Дистанционное обучение требует, чтобы электронные учебные материалы по теоретическим основам электротехники (ТОЭ) имели современное содержание. Особенно это актуально для раздела «Нелинейные электрические цепи», так как в настоящее время в теории нелинейных колебаний получено большое число важнейших результатов. Эти достижения привели к радикальным изменениям в нашем миропонимании. Поэтому курс ТОЭ не может оставаться в стороне от магистрального пути развития науки.

Программа по ТОЭ предусматривает изучение главным образом вынужденных колебаний в нелинейных электрических цепях переменного тока. Также внимание уделяется и колебаниям в консервативных электрических цепях. Изучение последних на уровне современных достижений теории нелинейных колебаний, согласно классической книге А. А. Андропова, А. А. Витта и С. Э. Хайкина «Теория колебаний», возможно путем применения методов гамильтоновой динамики [1]. Математический аппарат этой теории хорошо развит и продолжает развиваться. С его помощью уже обнаружены представляющие значительный интерес режимы движения нелинейных систем [2]. Это говорит о плодотворности гамильтоновых методов и в теории электрических цепей. Примечательной является также возможность получения этими методами точных решений задач о движении нелинейных систем в косвенной форме наряду с качественным анализом этих движений. В то же время вынужденные колебания в электрических нелинейных цепях изучаются в курсе ТОЭ различными приближенными методами: гармонической линеаризации, гармонического баланса, локаций и др.

Следовательно, ознакомление студентов с методом уравнений Гамильтона в теории электрических цепей на простых примерах является оправданным и методически полезным.

Таковыми примерами могут быть колебания в двух консервативных системах [1]. Первая состоит из нелинейной катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора емкостью C , заполненного диэлектриком. Вторая состоит из соленоида индуктивности L и конденсатора, заполненного сегнетоэлектриком. Предполагается, что вебер-амперная характеристика катушки и зависимость «емкость – заряд» конденсатора могут быть аппроксимированы простыми аналитическими выражениями. Процессы в цепях описываются уравнением, записанным на основе второго закона Кирхгофа.

В монографии [1] показано, что это уравнение может быть приведено к форме Гамильтона. На основании функции Гамильтона для данных колебательных систем известным из аналитической механики способом получается уравнение Гамильтона–Якоби для аналога действия S для данной электрической цепи.

Такое уравнение допускает разделение переменных, после чего его решение находится путем квадратуры [3], [4]. Далее известным способом получается косвенное выражение зависимости заряда конденсатора от времени и зависимости тока в цепи во времени [1].

Рассмотрение этих примеров также обеспечивает межпредметные связи между фундаментальными курсами теоретической механики и теории электрических цепей. Такие связи весьма желательны, поскольку могут служить и обогащению курса теории цепей, в том числе с позиций практических приложений, и закреплению методов, общих для этого курса и курса теоретической механики. Использование этого материала прививает студентам сознательное отношение к изучаемым дисциплинам как к целостной взаимосогласованной системе знаний. У них вырабатывается умение системно мыслить, использовать математические знания для решения сходных задач из различных областей единым методом, развиваются навыки творческого подхода к анализу новых проблем.

Также следует отметить то обстоятельство, что косвенные решения, получаемые таким методом, в подавляющем числе случаев приводят к неберущимся интегралам. Следовательно, реализация их на практике требует использования современных компьютерных технологий для осуществления численного интегрирования. Таким образом, в курсе теории цепей происходит применение современных, актуальных методов математического моделирования и закрепление этих методов, которые обязательно изучаются сейчас студентами всех технических специальностей. Следовательно, осуществляется еще одна группа межпредметных связей, в которой студенты обучаются практическому применению математических методов и моделей. Происходит практическая направленность изучаемых дисциплин. Такая направленность является в современных условиях актуальной и востребованной. Помимо всего прочего, она позволяет усилить интерес и мотивацию студентов к учебе, эта проблема также является крайне актуальной.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что предлагаемые в статье способы развития курса ТОЭ являются обоснованными, так как отвечают современному направлению развития науки и обеспечивают решение актуальных проблем преподавания.

Л и т е р а т у р а

1. Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. – М. : Наука, 1981. – 918 с.
2. Мозер, Ю. Интегрируемые гамильтоновы системы и спектральная теория / Ю. Мозер. – Ижевск : Иж. респ. тип., 1999. – 296 с.
3. Тер Хаар, Д. Основы гамильтоновой механики / Д. тер Хаар. – М. : Наука, 1974. – 225 с.
4. Ольховский, И. И. Задачи по теоретической механике для физиков / И. И. Ольховский, Ю. Г. Павленко, Л. С. Кузьменков. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 395 с.