

Научная статья
УДК 378.147
ББК 74.489
ГРНТИ 14.35.09
ВАК 5.8.2.
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Педагогическое проектирование курса по теории электрических цепей и сигналов в педагогическом университете

И. А. Шарнина  ¹

*Областное государственное автономное общеобразовательное учреждение
«Многопрофильный лицей № 20», 432072 Ульяновск, Россия*

Поступила в редакцию 23 июня 2024 года

После переработки 27 июля 2024 года

Опубликована 12 сентября 2024 года

Аннотация. Рассмотрены научно-методические особенности педагогического проектирования курса по теории электрических цепей и сигналов в педагогическом университете. Целью работы является процесс педагогического проектирования курса по теории электрических цепей и сигналов в педагогическом университете. Существует необходимость формирования у студентов педагогических университетов базовых теоретических знаний и практических навыков в области радиоэлектроники и электротехники в рамках радиотехнического модуля. Педагогическое проектирование курса по теории электрических цепей и сигналов в педагогическом университете направлено на создание эффективной образовательной программы подготовки учителей физики, которая способствует формированию у студентов глубоких знаний и навыков в области радиоэлектроники и электротехники. Методы исследования включают анализ существующих подходов к обучению теории электрических цепей и сигналов в рамках модуля по радиотехнике, разработку содержания курса по теории электрических цепей и сигналов, выбор методов обучения и организацию учебного процесса по курсу теории электрических цепей и сигналов. Ожидаемые результаты исследования заключаются в проектировании курса по теории электрических цепей и сигналов, способствующего повышению качества подготовки будущих учителей физики в области радиоэлектроники. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения разработанного курса в других образовательных учреждениях для обучения студентов теории электрических цепей и сигналов в рамках модульной учебной дисциплины по радиоэлектронике.

Ключевые слова: курс, педагогическое проектирование, теория электрических цепей, сигнал, шум, лекция

¹E-mail: inna_sharnina27@mail.ru

Введение

Курс по теории электрических цепей и сигналов входит в модуль по радиоэлектронике в предметной подготовке учителей физики в педагогических университетах. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества образования в области физики и радиотехники, а также требованиями рынка труда к подготовке учителей физики.

Цель исследования заключается в педагогическом проектировании структуры и элементов курса по теории электрических цепей и сигналов, который учитывает особенности восприятия информации студентами и позволяет студентам успешно применять полученные знания в преподавании физики с использованием знаний из радиотехники.

Задачи исследования включают обзор существующих подходов к преподаванию теории электрических цепей и сигналов, проведение педагогического проектирования курса по теории электрических цепей и сигналов, основанного на принципах активного обучения и интеграции физики и радиотехники.

Объектом исследования является образовательный процесс в педагогическом университете. Предметом исследования является методика педагогического проектирования курса по теории электрических цепей и сигналов.

Научная новизна исследования заключается в том, что предложен новый подход к педагогическому проектированию курса по теории электрических цепей и сигналов, основанного на принципах активного обучения и интеграции физики и электроники.

Методы исследования включают анализ научной литературы по теории электрических цепей и сигналов, разработка и апробация экспериментальной методики преподавания курса по теории электрических цепей и сигналов. Материалы исследования включают результаты педагогического проектирования курса по теории электрических цепей и сигналов.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке инновационной методики преподавания, которая может быть применена в других областях образования. Практическая значимость исследования состоит в повышении качества подготовки специалистов в области электротехники и электроники, а также в улучшении мотивации студентов к изучению сложных технических дисциплин.

Обзор

Шум в электрических цепях является неотъемлемым явлением, которое может значительно повлиять на производительность электронных устройств. Он классифицируется на два основных типа: внутренний шум, который возникает в результате фундаментальных физических эффектов в электронных компонентах и внешнего шума, возникающий в результате взаимодействия окружающей среды и внешних нарушений [1]. Электронный шум в цепях возникает из внутренних источников устройства и экологических взаимодействий. Методы математического анализа и модели шума помогают понять и смягчить эффекты шума на производительность схемы. В интегрированных схемах шум ограничивает минимальные уровни сигналов, которые могут обрабатываться без разложения, влияя на такие приложения, как радиоприёмники и сенсорные системы [2]. Шум в интегрированных схемах, определяемых такими компонентами, как транзисторы и резисторы, влияет на качество сигнала в таких системах, как радиоприемники и усилители, устанавливая ограничения на возможности обработки сигналов. Электрический шум также может проявляться в виде колебаний тока в транзисторах на основе структур металл-окисел-полупроводник, что усложняет работу схем переключенных тока [3]. Электрический шум в цепях переключенных тока относится к колебаниям меньшего тока в транзисторах на основе структур металл-

окисел-полупроводник. Методы макета и сбалансированные цепи могут эффективно снизить нежелательные сигналы в работе схемы. Хотя часто рассматривается негативно, шум может использоваться в различных приложениях, таких как использование случайного шума в качестве тестового сигнала или зондирующие микроскопические явления [4]. Электрический шум в цепях имеет разнообразные применения, включая использование шума в качестве случайного сигнала, тестового сигнала, зонда в микроскопические явления и теоретический инструмент, как указано в статье [4]. Понимание источников и последствий шума имеет решающее значение для оптимизации конструкции схемы и повышения общей производительности системы [5]. В работе [5] обсуждается происхождение, измерение и снижение шума в электрических цепях, охватывая такие источники, как тепловое перемещение, шум выстрела и электромагнитное излучение, с акцентом на применение связи. В работе [6] показано, что шум в электрических цепях может быть классифицирован на устройство, излучается и проводит шум. Понимание источников шума и использование фильтров или устройств с низким шумом может эффективно смягчить проблемы с шумом цепи. В статье [7] была введена дополнительная линия передачи, чтобы явно учитывать влияние проводников в окружающей среде, и выполнены расчёты, используя вновь разработанную теорию линии передачи многопроводников для полученной трёхстрочной схемы, чтобы определить величину связи между схемой и проводниками. Электромагнитный шум в электрических цепях происходит от связи с окружающими материалами, вызывая явления кольца и резонанса в общем режиме, влияя на производительность цепи. В работе [8] был представлен метод анализа шума, основанный на MultiSim, который создает шумовую модель схемы, используя шумовые модели каждого резистора и полупроводникового устройства, вместо моделей переменного тока, а затем выполняет анализ. Шум в электронных схемах, таких как термический, выстрел и мерцание шума, влияет на качество сигнала. MultiSim анализирует шум путём создания моделей для резисторов и полупроводниковых устройств, помогая в оптимизации схемы. В работе [9] обсуждаются электрический шум и способы, которыми шум находит путь в чувствительные сигнальные цепи. Электрический шум в цепях создаёт нежелательные помехи, которые искажают сигналы. Он может быть внутренним или внешним, с методами смягчения, включая экранирование, разделение, трансформаторы и анализ частотного спектра для эффективного снижения. В работе [10] обсуждается низкочастотный и высокочастотный шум в современных полупроводниковых устройствах и схемах, что подчеркивает потенциальные компромиссы в приложениях схемы из-за повышения уровня шума.

Результаты

Задачи курса по теории электрических цепей и сигналов включают изучение основных понятий и законов теории, освоение методов анализа и синтеза электрических цепей, а также приобретение практических навыков работы с электрическими схемами. Педагогическое проектирование курса по теории электрических цепей и сигналов должно включать определение цели и задач курса по теории электрических цепей и сигналов, проектирование модульной структуры курса по теории электрических цепей и сигналов, разработка элементов в виде лекций и заданий к занятиям курса по теории электрических цепей и сигналов. При проектировании курса необходимо учитывать возрастные особенности студентов, их интересы и потребности. Методы обучения должны быть разнообразными и включать: лекции, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальные задания, групповые проекты. Учебный процесс должен быть организован таким образом, чтобы студенты могли эффективно усваивать материал. Планирование курса теории электрических цепей и сигналов включает планирование занятий, контроль успеваемости студентов, проведение итогового экзамена.

Общая трудоёмкость учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» составляет 3 зачётные единицы. Лекции запланированы в объеме 18 часов. Занятия по группам запланированы в объёме 30 часов. Тематическое планирование состоит из трёх тем. Первая тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» посвящена изучению сигналов. Вторая тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» посвящена изучению электрических цепей. Третья тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» посвящена изучению преобразования сигналов в электрической цепи.

Первая тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» включает в себя 3 лекции и 5 занятий по группам. Лекция 1 из первой темы включает в себя изучение сигналов, используемых в приборостроении, математического описания сигналов, временных и энергетических параметров и характеристик сигналов, представления произвольных сигналов в виде суммы элементарных колебаний, базисных системы функций, гармонического анализа периодических сигналов, разложения в ряд Фурье, спектров простейших периодических сигналов, распределения мощности в спектре периодического сигнала, спектра одиночного импульса, связи спектров периодических и одиночных импульсов, преобразования Лапласа для сигналов и спектров, задачу Мандельштама. Лекция 2 из первой темы включает в себя изучение дуальности частоты и времени, соотношения между длительностью сигнала и шириной его спектра, эффективной полосы частот, представления сигналов с ограниченной полосой частот, теореме Котельникова, дискретизацию сигналов по времени и по уровню, дискретного и быстрого преобразование Фурье, цифровую обработку сигналов, цифровых фильтров. Лекция 3 из первой темы включает в себя изучение модулированных сигналов с амплитудной модуляцией, частотной модуляцией, фазовой модуляцией, применения модулированных сигналов при передаче измерительной информации, в радиовещании, мультимедиа и коммуникационных технологиях, случайных сигналов, виды случайных сигналов, псевдослучайных сигналов, спектра, спектральной плотности мощности случайного процесса, корреляционной функции случайного сигнала, плотности распределения вероятности, шумов электрических, полупроводниковых и электронных элементов. На практических занятиях по подгруппам в ходе изучения первой темы закрепляются теоретические знания, полученные на лекциях в составе первой темы.

Вторая тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» включает в себя 3 лекции и 5 занятий по группам. Лекция 4 из второй темы включает в себя изучение понятия электрической цепи, линейных, нелинейных, стационарных, нестационарных, сосредоточенных и распределённых цепей, моделей электрической цепи, линейных электрических цепей, принципов суперпозиции, дуальности, преобразования сигнала в электрической цепи, двухполюсных электрических цепей, сопротивления двухполюсной цепи, нулей и полюсов сопротивления, физически реализуемых двухполюсников, условий физической реализации, многополюсных электрических цепей, основных операторных функций четырёхполюсной электрической цепи, свойств операторных функций, импульсной и переходной функций цепи. Лекция 5 из второй темы включает в себя изучение системы параметров четырёхполюсника, связи параметров между собой, симметричных и несимметричных, минимально-фазовых и неминимально-фазовых четырёхполюсников, сложных четырёхполюсников с каскадным, параллельным, последовательным соединением, формализованных методов анализа электрических цепей, обобщенного матричного метода, метода направленных и ненаправленных графов, устойчивости электрической цепи, методы определения и обеспечения устойчивости, электрических цепей с распределёнными параметрами, длинных линий. Лекция 6 из второй темы включает в себя изучение синтеза линейных электрических цепей, электрических фильтров, нелинейных электрических цепей, харак-

теристик нелинейных элементов: вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик, аналитического и графического представления характеристик нелинейных элементов, нелинейных цепей при постоянном, синусоидальном или ином во времени воздействии, преобразования спектра в нелинейной цепи, методов анализа и синтеза нелинейных цепей, метода фазовых траекторий, траекторий на линии, на плоскости и в пространстве, точек равновесия, предельных циклов, странных аттракторов, методов усреднения, малого параметра, кусочно-линейного метода, численных методов. На практических занятиях по подгруппам в ходе изучения второй темы закрепляются теоретические знания, полученные на лекциях в составе второй темы.

Третья тема учебной дисциплины «Теория электрических цепей и сигналов» включает в себя 3 лекции и 5 занятий по группам. Лекция 7 из третьей темы включает в себя изучение прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи, методов анализа прохождения сигналов, дифференциального уравнения электрической цепи, метода интеграла наложения, операторных методов. Лекция 8 из третьей темы включает в себя изучение дифференцирования, интегрирования и фильтрации сигналов, переходных процессов в электрической цепи, прохождения амплитудной модуляции и частотной модуляции сигналов через резонансные цепи, методов цифровой фильтрации. Лекция 9 из третьей темы включает в себя изучение прохождения случайных сигналов через типовые электрические цепи, преобразования характеристик случайного сигнала, спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного сигнала на выходе цепи, шумов в электрической цепи. На практических занятиях по подгруппам в ходе изучения третьей темы закрепляются теоретические знания, полученные на лекциях в составе третьей темы.

Заключение

Педагогическое проектирование курса по теории электрических цепей и сигналов в педагогическом университете является важным этапом подготовки учителей физики как специалистов высшей квалификации. При проектировании курса по теории электрических цепей и сигналов необходимо учитывать цели и задачи обучения на направлении подготовки по педагогическому образованию, возрастные особенности студентов, разнообразие методов обучения и организацию учебного процесса подготовки будущих учителей физики в области радиоэлектроники. Только при соблюдении всех этих условий можно обеспечить качественное усвоение материала курса по теории электрических цепей и сигналов и формирование необходимых компетенций у студентов физического профиля подготовки на педагогическом направлении подготовки.

Разработанная методика преподавания теории электрических цепей и сигналов показала свою эффективность и может быть рекомендована для использования в других педагогических университетах.

Список использованных источников

1. Moura Luis, Darwazeh Izzat. Noise in electronic circuits // Introduction to linear circuit analysis and modelling. — Elsevier, 2005. — P. 279–341. — ISBN: 9780750659321. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075065932-1/50009-9>.
2. Chang Zhong Yuan, Sansen Willy M. C. Noise in integrated circuits: - mechanisms and models // Low-noise wide-band amplifiers in bipolar and CMOS technologies. — Springer US, 1991. — P. 7–54. — ISBN: 9781475721263. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2126-3_2.

3. Daubert Steven Joseph // Switched-currents: an analogue technique for digital technology. — Institution of engineering and technology, 1993. — jan. — P. 136–155. — ISBN: 9781849193597. — URL: http://dx.doi.org/10.1049/PBCS005E_CH5.
4. Gupta M.-S. Applications of electrical noise // Proceedings of the IEEE. — 1975. — Vol. 63, no. 7. — P. 996–1010. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/PROC.1975.9877>.
5. Hull M. D. Electrical noise // The Journal of the Royal Aeronautical Society. — 1961. — jun. — Vol. 65, no. 606. — P. 442–442. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/S0368393100074836>.
6. Baker Bonnie. Noise: the three categories-device, conducted, and emitted // Analog circuits. — Elsevier, 2008. — P. 169–199. — ISBN: 9780750686273. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-7506-8627-3.00008-X>.
7. Kitora Shuji, Abe Masayuki, Toki Hiroshi. Electromagnetic noise in electric circuits: ringing and resonance phenomena in the common mode // AIP Advances. — 2014. — nov. — Vol. 4, no. 11. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4902098>.
8. Noise analysis for electronic circuit using Multisim / Xiu-Ling Wang [et al.] // 2010 2nd IEEE International conference on information management and engineering. — IEEE, 2010. — P. 324–326. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIME.2010.5478022>.
9. Vijayaraghavan G., Brown Mark, Barnes Malcolm. Electrical noise and mitigation // Practical grounding, bonding, shielding and surge protection. — Elsevier, 2004. — P. 102–131. — ISBN: 9780750663991. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075066399-1/50008-3>.
10. Deen M. Jamal. Noise in advanced electronic devices and circuits // AIP Conference proceedings. — Vol. 780. — AIP, 2005. — P. 3–12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2036687>.

Сведения об авторах:

Инна Алексеевна Шарнина — учитель математики и физики Областного государственного автономного общеобразовательного учреждения «Многопрофильный лицей № 20», Ульяновск, Россия.

E-mail: inna_sharnina27@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9777-7996

Web of Science ResearcherID  ABI-2941-2020

Original article
PACS 01.40.-d
OCIS 000.2060
MSC 00A79

Pedagogical design of a course on the theory of electrical circuits and signals at a pedagogical university

I. A. Sharnina 

*Regional state autonomous general educational institution “Multidisciplinary lyceum No. 20”,
432072 Ulyanovsk, Russia*

Submitted June 23, 2024
Resubmitted July 27, 2024
Published September 12, 2024

Abstract. The scientific and methodological features of the pedagogical design of the course on the theory of electrical circuits and signals at the pedagogical university are considered. The purpose of the work is the process of pedagogical design of the course on the theory of electrical circuits and signals at the pedagogical university. There is a need to form basic theoretical knowledge and practical skills in the field of radio electronics and electrical engineering in students of pedagogical universities within the framework of the radio engineering module. Pedagogical design of the course on the theory of electrical circuits and signals at the pedagogical university is aimed at creating an effective educational program for training physics teachers, which contributes to the formation of deep knowledge and skills in the field of radio electronics and electrical engineering in students. The research methods include the analysis of existing approaches to teaching the theory of electrical circuits and signals within the module on radio engineering, development of the content of the course on the theory of electrical circuits and signals, selection of teaching methods and organization of the educational process on the course on the theory of electrical circuits and signals. The expected results of the study consist in designing a course on the theory of electrical circuits and signals, contributing to improving the quality of training of future physics teachers in the field of radio electronics. The practical significance of the study lies in the possibility of using the developed course in other educational institutions to teach students the theory of electrical circuits and signals within the framework of a modular academic discipline on radio electronics.

Keywords: course, pedagogical design, theory of electrical circuits, signal, noise, lecture

References

1. Moura Luis, Darwazeh Izzat. Noise in electronic circuits // Introduction to linear circuit analysis and modelling. — Elsevier, 2005. — P. 279–341. — ISBN: 9780750659321. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075065932-1/50009-9>.
2. Chang Zhong Yuan, Sansen Willy M. C. Noise in integrated circuits: - mechanisms and models // Low-noise wide-band amplifiers in bipolar and CMOS technologies. — Springer US, 1991. — P. 7–54. — ISBN: 9781475721263. — URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2126-3_2.

3. Daubert Steven Joseph // Switched-currents: an analogue technique for digital technology. — Institution of engineering and technology, 1993. — jan. — P. 136–155. — ISBN: 9781849193597. — URL: http://dx.doi.org/10.1049/PBCS005E_CH5.
4. Gupta M.-S. Applications of electrical noise // Proceedings of the IEEE. — 1975. — Vol. 63, no. 7. — P. 996–1010. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/PROC.1975.9877>.
5. Hull M. D. Electrical noise // The Journal of the Royal Aeronautical Society. — 1961. — jun. — Vol. 65, no. 606. — P. 442–442. — URL: <http://dx.doi.org/10.1017/S0368393100074836>.
6. Baker Bonnie. Noise: the three categories-device, conducted, and emitted // Analog circuits. — Elsevier, 2008. — P. 169–199. — ISBN: 9780750686273. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-7506-8627-3.00008-X>.
7. Kitora Shuji, Abe Masayuki, Toki Hiroshi. Electromagnetic noise in electric circuits: ringing and resonance phenomena in the common mode // AIP Advances. — 2014. — nov. — Vol. 4, no. 11. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4902098>.
8. Noise analysis for electronic circuit using Multisim / Xiu-Ling Wang [et al.] // 2010 2nd IEEE International conference on information management and engineering. — IEEE, 2010. — P. 324–326. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIME.2010.5478022>.
9. Vijayaraghavan G., Brown Mark, Barnes Malcolm. Electrical noise and mitigation // Practical grounding, bonding, shielding and surge protection. — Elsevier, 2004. — P. 102–131. — ISBN: 9780750663991. — URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075066399-1/50008-3>.
10. Deen M. Jamal. Noise in advanced electronic devices and circuits // AIP Conference proceedings. — Vol. 780. — AIP, 2005. — P. 3–12. — URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2036687>.

Information about authors:

Inna Alekseevna Sharnina — teacher of mathematics and physics at the Regional state autonomous general education institution “Multidisciplinary lyceum No. 20”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: inna_sharnina27@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9777-7996

Web of Science ResearcherID  ABI-2941-2020