

УДК 621.3.025.3

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ ТРЁХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
AUTOMATION OF CALCULATIONS OF THREE-PHASE CIRCUITS
USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Е.Д. Кудрявец

Научный руководитель – И.А. Ринговский, ассистент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Е. Kudryavets

Supervisor – I. Ringovsky, Assistant
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье рассматривается применение искусственного интеллекта для автоматизации расчётов трёхфазных цепей. Использование технологий искусственного интеллекта не только способствует оптимизации и ускорению процессов вычисления и решения поставленных задач, но и повышает точность получаемых результатов за счёт адаптации к различным условиям, непосредственно влияющих на ход решения задачи и, соответственно, на итоговый результат. Актуальность данной темы связана с ростом сложности электроэнергетических систем и, как следствие, с возрастающей сложностью задач их проектирования и эксплуатации. Традиционные методы вычисления параметров трёхфазных цепей в некоторых случаях имеют ограниченную эффективность, обусловленную рядом факторов. Интеграция нейронных сетей открывает новые возможности для создания систем расчёта и дальнейшего их перспективного использования.

Abstract: This article discusses the use of artificial intelligence to automate calculations of three-phase circuits. The use of artificial intelligence technologies not only helps to optimize and accelerate the processes of computing and solving tasks, but also increases the accuracy of the results obtained by adapting to various conditions that directly affect the course of solving the problem and, accordingly, the final result. The relevance of this topic is related to the increasing complexity of electric power systems and, as a result, the increasing complexity of their design and operation tasks. Traditional methods for calculating the parameters of three-phase circuits in some cases have limited efficiency due to a number of factors. The integration of neural networks opens up new opportunities for creating calculation systems and their further promising use.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизация расчётов, трёхфазные цепи, электроэнергетические системы, методы расчёта, нейронные сети.

Keywords: artificial intelligence, automation of calculations, three-phase circuits, electric power systems, calculation methods, neural networks.

Введение

В связи с увеличением размеров и усложнением энергетических установок, а также потребностью в быстром анализе множества рабочих режимов и

процессов, возникает необходимость во внедрении инновационных и действенных вычислительных и аналитических подходов. В данной ситуации классические методы расчёта трёхфазных цепей сталкиваются с определёнными ограничениями. К основным их недостаткам относятся: трудоёмкость при многовариантных расчётах, сложность работы при изменяющихся условиях, трудность анализа и расчёта больших систем. Таким образом, актуальной становится задача автоматизации расчётов трёхфазных цепей с применением технологий искусственного интеллекта.

Интеллектуальные системы, основанные на машинном обучении и нейронных сетях, позволяют не только автоматизировать стандартные вычисления, но и справляться с задачами, трудно поддающимися формализации традиционными способами, например, прогнозировать нештатные ситуации, оптимизировать параметры в условиях неопределённости, идентифицировать модели на основе экспериментальных данных.

Анализ научной литературы свидетельствует о том, что вопросам расчёта трёхфазных цепей посвящены основополагающие труды в области теоретической электротехники. Вместе с тем, применение искусственного интеллекта в электроэнергетике всё ещё находится на ранних этапах развития. Несмотря на то, что некоторые исследования показывают многообещающие результаты использования нейронных сетей для решения узконаправленных задач, комплексная автоматизация расчётов трёхфазных цепей с использованием современных методов искусственного интеллекта остаётся недостаточно проработанной областью.

Основная часть

Классические методы расчёта

Существуют различные подходы к анализу трёхфазных электрических цепей, среди которых выделяются символический метод, метод симметричных составляющих и методы, основанные на матричном представлении. Символический метод, опирающийся на использование комплексных чисел, даёт возможность применять к цепям с переменным синусоидальным током принципы и инструменты, аналогичные тем, что используются в расчётах цепей постоянного тока: от закона Ома и правил Кирхгофа до методов эквивалентных сопротивлений и наложения, а также метода узловых напряжений. Этот метод хорошо подходит для определения установившихся режимов, но не учитывает переходные процессы. Метод симметричных составляющих основан на представлении любой трёхфазной несимметричной системы величин (токов, напряжений, магнитных потоков) в виде суммы в общем случае трёх симметричных систем величин. Эти симметричные системы, которые в совокупности образуют несимметричную систему величин, называются её симметричными составляющими. Данный метод позволяет анализировать несимметричные режимы работы, однако требует ручного преобразования схем и сложен для автоматизации. Матричные методы, включая метод узловых потенциалов и контурных токов, систематизируют процесс расчёта, но приводят к необходимости решения систем уравнений высокой размерности.

Программное обеспечение

Программные комплексы для моделирования энергосистем предоставляют мощные средства моделирования, но при этом требуют ручной ввод данных, вычислительные ресурсы для сложных систем. Это затрудняет их применение при решении специфических задач. Примерами таких платформ являются ETAP, PowerFactory и MATLAB/Simulink. Так как не для всех поставленных задач данные программы будут эффективны, возникает необходимость в поиске новых подходов решения. Сюда же можно отнести решение на основе технологий искусственного интеллекта. При этом есть возможность интеграции с уже существующими системами, как за счёт добавления новых модулей, так и за счёт оптимизации рабочих процессов и разработки новых инструментов. Таким образом, анализ имеющихся программных комплексов для моделирования энергосистем позволяет выявить их недостатки, что делает разработку новых методов расчёта трёхфазных цепей с помощью искусственного интеллекта вполне оправданной.

Создание системы расчёта на основе искусственного интеллекта

Разработка интеллектуальной платформы для автоматизации расчётов трёхфазных цепей представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции передовых технологий искусственного интеллекта с фундаментальными принципами электротехники. В основе системы лежит комплекс моделей машинного обучения, специально адаптированных для решения задач электроэнергетики. Свёрточные нейронные сети эффективно анализируют структуру цепи, выявляя структурные взаимосвязи между элементами. Рекуррентные сети предназначены для моделирования переходных процессов, учитывая временные зависимости параметров. Особое значение имеют физически информированные нейронные сети, которые интегрируют фундаментальные законы электротехники непосредственно в процесс обучения, обеспечивая физическую достоверность прогнозов. Комбинирование моделей повышает точность и стабильность расчетов благодаря объединению результатов, полученных несколькими алгоритмами.

Функциональные возможности системы должны охватывать широкий спектр задач - от определения токов, напряжений и мощностей в установившихся режимах до анализа несимметричных режимов с автоматическим разложением на симметричные составляющие. Система должна прогнозировать переходные процессы при коммутациях и коротких замыканиях, а также оптимизировать параметры устройств. Интеллектуальные функции также должны включать автоматическое обнаружение аномалий в исходных данных, рекомендации по выбору оптимального режима работы, прогнозирование рисков возникновения аварийных ситуаций и автоматическую генерацию схем замещения.

Практическая реализация предполагает поэтапное внедрение, начиная с прототипа для образовательных целей, с последующим переходом к промышленной версии для проектных организаций. Ожидаемые эффекты включают сокращение времени расчетов на 70-80%, уменьшение влияния человеческого фактора, возможность многовариантного анализа, уменьшение погрешностей.

Заключение

Разработка нейросетевых структур и гибридных алгоритмов дают возможность обойти главные недостатки стандартных способов, а именно: заметно ускорить вычислительные процессы, оперировать с ограниченным объёмом сведений и приспосабливаться к меняющимся обстоятельствам. В конечном счёте, применение искусственного интеллекта открывает инновационные возможности для формирования результативных систем автоматизации вычислений в электроэнергетике.

Литература

1. Расчет электрических цепей символьным методом [Электронный ресурс]. – URL: https://bstudy.net/769002/tehnika/raschet_elektricheskikh_tsepey_simvolicheskim_metodom?ysclid=mgnld6efmc961730099 – Дата доступа: 12.10.2025
2. Симметричная трехфазная цепь [Электронный ресурс] // Websor. – URL: https://websor.ru/osnovy/teoreticheskie-osnovy-electrotehniki/simmetrich_trehfaznoi/?ysclid=mgnlpnro2w482333274 – Дата доступа: 02.10.2025
3. Теоретические основы электротехники: практикум. В 2 ч. Ч. 2. Трехфазные цепи. Переходные процессы [Электронный ресурс] / Белорусский государственный аграрный технический университет. – URL: https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya_file/teoreticheskie-osnovy-elektrotehniki-praktikum-v-2-ch-chast-2-trehfaznye-cepi-perehodnye-processy.pdf – Дата доступа: 14.10.2025