

УДК 004:001.89

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ В ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Обичкин Р.Ю., Данилов А.В., Петухов С.В., Наденин В.Ф.

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
Высшая школа энергетики нефти и газа, Архангельск, e-mail: r.obichkin@narfu.ru

Системы электроснабжения играют ключевую роль в современном мире, обеспечивая энергией различные промышленные и бытовые объекты. Оптимизация этих систем становится все более важной задачей в условиях растущего потребления электроэнергии и стремительного развития технологий. Цель исследования – использование новейших технологий и подходов в оптимизации систем электропитания для повышения продуктивности и устойчивости энергетических систем. Проведение исследования было основано на литературных данных, которые были предоставлены в открытом доступе на онлайн – платформе «Киберленинка», научной электронной библиотеки eLIBRARY и размещены в фонде библиотеки ФГАОУ ВО Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Для улучшения эффективности и надежности систем электроснабжения применяются современные технологии и методы, которые позволяют снизить потери энергии, повысить безопасность и обеспечить стабильную подачу электроэнергии. Для оптимизации систем электроснабжения широко используются такие технологии, как умные сети (Smart Grids) позволяющие автоматизировать и оптимизировать процессы управления потоками электроэнергии, применение устройств аккумулирования энергии таких как кинетические накопители, энергоэффективные трансформаторы способствующие уменьшению потерь энергии в процессе передачи. Использование возобновляемых источников энергии позволяющих снизить зависимость от традиционных источников электроэнергии и способствует экологической устойчивости. В данной статье рассмотрены основные направления для применения современных технологий и методов в оптимизации систем электроснабжения, перспективы использования искусственного интеллекта и математического программирования, а также приведены практические примеры их использования. Применение современных технологий и методов в оптимизации систем электроснабжения не только повышает эффективность и надежность энергоснабжения, но и способствует экономии ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Развитие этого направления играет значительную роль в обеспечении устойчивого развития энергетики.

Ключевые слова: электроэнергия, электроснабжение, математическое программирование, искусственный интеллект

THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES AND METHODS IN THE OPTIMIZATION OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Obichkin R.Yu., Danilov A.V., Petukhov S.V., Nadein V.F.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov Higher School of Oil
and Gas Energy, Arkhangelsk, e-mail: r.obichkin@narfu.ru

Power supply systems play a key role in the modern world, providing energy to various industrial and domestic facilities. Optimizing these systems is becoming an increasingly important task in the face of increasing energy consumption and rapid technological developments. The purpose of the study is to use the latest technologies and approaches in optimizing power systems to increase the productivity and sustainability of energy systems. The research was based on literature data that was made publicly available on the online platform “Cyberleninka”, the scientific electronic library eLIBRARY and placed in the library collections of the Federal State Educational Institution of Higher Education of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. To improve the efficiency and reliability of power supply systems, modern technologies and methods are used to reduce energy losses, improve safety and ensure a stable supply of electricity. Technologies such as smart grids are widely used to optimize power supply systems allowing to automate and optimize the processes of managing electricity flows, the use of energy storage devices such as kinetic storage devices, energy-efficient transformers that help reduce energy losses during the transmission process. The use of renewable energy sources reduces dependence on traditional sources of electricity and contributes to environmental sustainability. This article discusses the main directions for the use of modern technologies and methods in optimizing power supply systems, prospects for the use of artificial intelligence and mathematical programming, and also provides practical examples of their use. The use of modern technologies and methods in optimizing power supply systems not only increases the efficiency and reliability of power supply, but also helps to save resources and reduce the negative impact on the environment. The development of this area plays a significant role in ensuring sustainable energy development.

Keywords: electric power, power supply, mathematical programming, artificial intelligence

Введение

В современном мире запросы к системам электроснабжения становятся все более высокими. С появлением нового обо-

рудования, изобретением различных способов производства и передачи электроэнергии, особенно нетрадиционными методами, многие системы могут работать нестабиль-

но и все они требуют постоянного контроля за текущей ситуацией. При оптимизации систем электроснабжения необходимо внедрять новые, современные методы.

Содержательное определение оптимизации систем электроснабжения сформулировали И.В. Жежеленко с соавторами: «Оптимизация систем электроснабжения представляют собой совокупность действий, направленных на установление лучшего варианта функционирования систем электроснабжения, соответствующего экстремальному значению критерия оптимальности при выполнении ограничений, накладываемых на оптимизируемые параметры» [1, с. 70]. Авторы В.Я. Любченко, С.В. Родыгина предлагают: «Для того чтобы решить задачу поиска оптимального решения, необходимо выполнить ряд условий. Прежде всего, задача должна иметь минимум два варианта решения. Кроме того, она должна обладать возможностью создания критерия, который поможет выбрать наиболее оптимальный вариант» [2, с. 10].

С использованием новейших технологий и приемов, например, механизации и встраивания интеллектуальных сетей в системы электроснабжения, возможно успешно контролировать мощность данной системы, разделять энергию в соответствии с требованиями безопасности и предотвращать перегрузки. Это дает возможность экономить силы и уменьшить нагрузку на сеть, преимущественно в периоды максимального потребления.

Использование автоматического контроля и управления систем электроснабжения позволяет достичь высокой эффективности работы системы, а также уменьшить потери электроэнергии. Кроме того, разработка интеллектуальных алгоритмов позволяет предсказать возможные аварийные ситуации и применить соответствующие меры по предотвращению отключений или повреждений оборудования.

Еще одна значимая сфера улучшения электроэнергетических систем – внедрение удаленного контроля. С применением новейших технологий коммуникации и механизации возможно дистанционно наблюдать и управлять всей системой подачи электроэнергии. Это дает возможность быстро реагировать на неполадки и катастрофы, уменьшает вероятность возникновения простоев и повышает уровень обслуживания.

Цель исследования. Использование новейших технологий и подходов в оптимизации систем электропитания для повышения продуктивности и устойчивости энергетических систем. Регулирование энергозатрат, удаленное управление и применение аль-

тернативных источников энергии представляют собой значимые пути прогресса в данной сфере. Использование данных технологий дает возможность не только экономить электричество и материалы, но и улучшать устойчивость и экологическую безопасность электросистем.

Материалы и методы исследования

Проведение исследования было основано на литературных данных, которые были предоставлены в открытом доступе на онлайн – платформе «Киберленинка», научной электронной библиотеки eLIBRARY и размещены в фонде библиотеки ФГАОУ ВО Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Ключевыми методами стали применение общенаучного подхода и деконструкции.

Результаты исследования и их обсуждение

Одной из ключевых технологий, применяемых в оптимизации систем электроснабжения, является автоматизация. Автоматизация позволяет управлять электрическими сетями с высокой точностью и оперативностью, оптимизируя распределение энергии и управление нагрузками. С помощью автоматических систем мониторинга и управления, операторы электрических сетей могут получать информацию о состоянии системы в любое время, прогнозировать нагрузки, оптимизировать распределение мощности и управлять аварийными ситуациями. Такие системы уже давно применяются в различных сферах промышленности в сетях электроснабжения.

Следующим интересным, по мнению авторов данного исследования, способом улучшения систем электропитания является применение устройств аккумулирования энергии, которые разрешают сохранять электрическую энергию во время низкого потребления и применять ее в пиковые моменты, когда требование к энергии высокое. Такие устройства могут быть построены на применении технологий аккумуляции энергии, накопления гидроэнергии, сохранения тепла-холода и других. Сейчас уже используются кинетические накопители энергии способные отдавать в нагрузку до 250 кВт мощности, при этом имея не большие габариты (до 1,5 метров). Производство таких систем пока является дорогостоящим.

Один из методов, объединяющий различные подходы к решению задач оптимизации, является «Математическое программирование», которое служит основой изучения операций. Целью математическо-

го программирования является выбор программы действий, направленной на решение задачи. При возникновении проблем, связанных с оптимизацией, необходимо учитывать, что они имеют большой объем и сложность в решении, поэтому их реализация возможна только при помощи использования компьютерных программ.

Методы машинного обучения и искусственного интеллекта могут быть применены для изучения информации об использовании энергии, прогнозирования нагрузки, оптимизации распределения энергии и контроля нагрузок. Такие устройства могут изучать огромные объемы информации и принимать решения, опираясь на полученные факты. Вследствие применения искусственного разума, вероятно улучшение продуктивности электропитания и уменьшение расходов.

Автоматизирование, применение умных сетей, устройств хранения энергии и искусственный разум являются главными составляющими в современной оптимизации системы электропитания.

После анализа различных источников и литературы было установлено два наиболее перспективных направления развития системы электроснабжения: использование искусственного интеллекта на основе нейросети и компьютерное моделирование.

Компьютерное моделирование представляет собой метод решения задачи анализа сложной системы на основе изучения её компьютерной симуляции – одну из важных техник в улучшении электроэнергетических систем. Данная методика способствует проведению исследования и улучшению различных составляющих структуры, включая нагрузки, разделение электрической мощности, производство и распределение тепла.

Одним из главных привилегий компьютерной симуляции является способность прогнозировать разные сценарии функционирования устройства и определить оптимальные характеристики для достижения желаемого эффекта. В дополнение к этому компьютерное моделирование дает возможность эффективно исследовать воздействие различных факторов, таких как: изменение мощности, применение разных источников энергии, технические характеристики оборудования, погодные условия и их влияние на функционирование сетей электроснабжения.

Имеются различные типы компьютерного моделирования, которые используются в улучшении функционирования электропитания. Один из них представляет собой статистическое моделирование, которое

базируется на изучении прошлых сведений о нагрузке и прогноз будущих тенденций развития. Это дает возможность установить наилучшую тактику управления электроэнергетической системой и уменьшить издержки на электричество.

Ещё одной формой компьютерного моделирования является динамическая симуляция, которая дает возможность анализировать функционирование системы в режиме непосредственного времени. Использование моделирования позволяет учитывать изменение нагрузки и других факторов в течение времени и прогнозировать их воздействие на работу системы электропитания. Это дает возможность выявить наиболее подходящий режим работы системы и уменьшить затраты на энергию и оборудование. «Для управления системой необходимо моделировать внутреннюю, микро- и макросреду. Модель среды создается на основе методов системного анализа» [3, с. 96].

Компьютерная симуляция также используется в улучшении распределения электроэнергии в различных системах электроснабжения. С применением данной методики возможно вычислить наилучшие маршруты передачи энергии, уменьшить потери энергии при передаче и компенсировать нагрузку на сеть. В дополнение к сказанному, компьютерные симуляции дают возможность прогнозировать и контролировать электрические сети в реальном времени, что особенно важно в ситуациях увеличивающейся части возобновляемых источников энергии.

На данный момент присутствует огромное количество программных инструментов, специально созданных с целью компьютерного моделирования. Они допускают формирование моделей систем питания и их выполнение, изучение и улучшение характеристик. Широкие возможности предоставляет программа для компьютерного моделирования MATLAB [4, с.11] с встроенным математическим аппаратом. Программа MATLAB использует матричное представление данных с матричными операциями над ними [4, с.12].

Данная технология уже широко применяется, в том числе в учебном процессе. Так авторами [5, с.299] была выполнена модель статического реле РСТ-11, и была показана возможность создания с помощью стандартных программных пакетов моделей статических реле, соответствующих реальным образцам с достаточной для инженерных практик точностью. При моделировании приходилось сталкиваться с некоторыми сложностями: во-первых – необходимостью подбора импортных ана-

логов микросхем отечественным, так как при производстве статических реле производители чаще используют российские электронные элементы; во-вторых – нестандартные входные и выходные блоки реле, используемые как гальванические развязки в схемах различного назначения. Как показали исследования, при сравнении созданных авторами некоторых моделей реле с реальными образцами, разница напряжений в контрольных точках схемы не превышала допустимых 5%.

К сожалению данная программа покинула Российский рынок, что в свою очередь позволило пробиться отечественным проектам, таким как SimInTech. Появляются виртуальные платформы, работающие с пакетами Simulink MATLAB.

На основе изучения теоретических и практических исследований возникает следующий вывод. Компьютерное моделирование является неотъемлемой составляющей проектирования и улучшения систем энергоснабжения. Это дает возможность исследовать и прогнозировать разные варианты функционирования системы, определить оптимальные характеристики и методы управления, снизить издержки на электричество и оборудование.

Роберт Каллан отмечает «Разработка искусственного интеллекта началась ещё на заре XX столетия, но только в 90-х годах, когда были преодолены некоторые теоретические барьеры, а вычислительные системы стали достаточно мощными, нейронные сети получили широкое признание» [6, с. 13]. В.И. Ширяев продолжил «Широкое распространение нейронных сетей в разных областях вызвано и тем, что во многих случаях формализация процедур решения сложных задач зачастую оказывается либо сложной, либо по каким-либо причинам невозможной» [7, с. 10]. Инструментарий искусственного разума (ИР) – это сфера информатики, которая исследует перспективы разработки умных систем, способных эмулировать познавательные возможности человека, такие как восприятие, обучение, организация, выбор и т.п. Искусственные нейронные сети, или нейросети, представляют собой основной инструмент обработки информации в рамках искусственной интеллектуальности. Не без оснований автор А.И. Галушкин утверждает, что «Теория нейронных сетей является, в настоящее время, самостоятельным направлением науки...» [8, с. 458].

При использовании искусственного разума на базе нейросети в оптимизации систем электроснабжения происходит формирование умной модели сети, способной

изучать и прогнозировать различные характеристики электроэнергетической системы. Это дает возможность быстро принимать решения по улучшению функционирования системы и увеличению энергосбережения.

Одним из применений искусственного интеллекта в оптимизации систем питания является прогнозирование нагрузок на сети систем электроснабжения. С использованием архивных сведений и актуальных факторов нейронная сеть может прогнозировать будущие показатели нагрузок и модифицировать функционирование энергоснабжающей системы, согласно этим показателям. Это дает возможность эффективно контролировать производство и разброс электрической энергии, что в свою очередь приводит к сокращению затрат и увеличению уровня обслуживания клиентов.

Сегодня все большее число энергетических систем применяет возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и атмосферная энергия. Тем не менее, эти источники энергии являются изменчивыми и непредсказуемыми, что требует научного подхода и оптимизации функционирования энергетической системы для обеспечения надежного электропитания. Искусственные интеллекты могут приспосабливаться к переменным условиям и принимать решения об оптимальном использовании возобновляемых ресурсов энергии, учитывая не только текущую производительность, но и прогноз спроса на электричество.

Дополнительно, искусственный интеллект, основанный на нейронной системе, может применяться для улучшения функционирования сетей связи. С приближением прогресса информационных технологий и увеличением числа присоединенных аппаратов, нагрузка на сети связи значительно увеличивается. Использование искусственных нейронных сетей дает возможность оптимизировать функционирование сети и распределить поток данных с учетом особенностей применяемых сервисов. Кроме того, нейронные сети способны прогнозировать потенциальные сбои в сети и осуществлять резервное сохранение информации, гарантируя надежность и защищенность работы сетевых систем.

Таким образом, применение искусственного интеллекта на основе нейронных сетей в улучшении систем электропитания имеет огромные возможности для увеличения эффективности и надежности работы энергетических устройств. Использование данной методики дает возможность прогнозировать нагрузки, приспосабливаться к переменным условиям и рационализировать функционирование сетей связи.

Лучшую сходимость результатов решения комплексных задач оптимизации показывают искусственные нейронные сети Хопфилда, используемые для энергоблоков с непрерывной или частично-прерывистой функцией цены топлива.

Большой спрос на нейронные сети породил множество интересных проектов, которые направлены на исследование и распознавание различных видов технической проектной документации, например нейросеть «Konegy». Она способна производить распознавание принципиальных схем с помощью графических технологий. Программа осуществляет подбор компонентов для различных электротехнических устройств, которые имеют разные комбинации. Нейросеть перебирает множество брендов и помимо этого, она рассчитывает стоимость изготовления низковольтных комплектных устройств. То есть, что раньше занимало у проектировщиков несколько дней, теперь решается за несколько минут.

Достоинство, и одновременно недостаток, нейросетей при оптимизации систем электроснабжения в том, что, обладая достаточными знаниями, её можно создать в узком кругу. В основе проектирования нейронных сетей лежат простые, чаще всего однородные элементы или ячейки, которые имитируют процесс согласованной схемы. Имеется риск, что это может быть использовано во вред, поэтому применение нейросетей в системах электроснабжения, с точки зрения безопасности, должно быть ограничено.

Заключение

Анализ различных источников и литературы позволил установить наиболее перспективные направления в оптимизации систем электроснабжения.

Одним из ключевых методов в улучшении системы электропитания является применение интеллектуальных сетей. Интеллектуальные сети – это сети, оборудованные современными техническими устройствами, позволяющими автоматизировать контроль за электроэнергетическими операциями. Структура таких сетей дает возможность рационализировать раз-

деление электрической энергии, управлять использованием электрических устройств, контролировать и устранять нештатные ситуации в электрической системе. Интеллектуальные сети способствуют улучшению стандарта электропитания и повышению энергоэффективности.

Использование современных техник и подходов в оптимизации системы электрообеспечения играет ключевую функцию в увеличении энергетической эффективности, уменьшении издержек на электричество и усовершенствовании стабильности электрообеспечения. Интеграция умных сетей, приемов энергетического аудита, управляющих систем энергопотребления и возобновляемых энергетических источников позволяет успешно оптимизировать электрическое снабжение и достигать экономии ресурсов и устойчивого развития энергетической отрасли.

Список литературы

1. Жежеленко И.В., Долгополов В.П., Слепов Ю.В., Хойнов В.И., Оптимизация систем электроснабжения целлюлозно-бумажных предприятий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесная промышленность, 1988. 263 с.
2. Любченко В.Я., Родыгина С.В. Оптимизация систем электроснабжения. Задачи линейного и нелинейного программирования: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. 90 с.
3. Филиппова Т.А., Сидоркин Ю.М., Русина А.Г. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем: учебник. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. 356 с.
4. Костюченко Л.П. Имитационное моделирование систем электроснабжения в программе MATLAB: учебное пособие. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет 2012, 215 с.
5. Надеин В.Ф., Симаков В.Д., Автухов С.С. Моделирование работы серийных статических реле в различных режимах работы электрической сети. Наука XXI века: проблемы академической мобильности исследователя и методологии исследования: материалы I Международной научно-практической конференции «Энергетика и энергоэффективность в условиях геостратегического развития и освоения Арктического региона» (г. Архангельск, 21-22 апреля 2011 г.) / под общ. ред. З.А. Демченко. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 460 с.
6. Каллан Р. Нейронные сети: Краткий справочник. М.: Вильямс И.Д., 2017. 288 с.
7. Ширяев В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. М.: Ленанд, 2019. 232 с.
8. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: РиС, 2015. 496 с.