

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Райхонов Шухрат Зарипович

*Алмалыкский филиал Ташкентского Государственного Технического
Университета, Республика Узбекистан, г. Алмалык*

Shuhrat Raykhonov

*Almalyk Branch of Tashkent state technical University
Uzbekistan, Almalyk*

Аннотация

В этой статье рассматривается цифровое моделирование систем электроснабжения. Основное внимание уделяется повышению надёжности и энергоэффективности электротехнических систем при помощи современных методов имитационного моделирования. Приводятся назойвые исследования с применением MATLAB/Simulink и проведенные эксперименты по тарифицированию и управлению нагрузкой. Данный подход позволяет оценить эффективность функционирования энергосистемы, выявить ключевые параметры, влияющие на её стабильность, и предложить способы их оптимизации.

Ключевые слова: цифровое моделирование, MATLAB/Simulink, электроснабжение, надёжность, энергоэффективность, оптимизация.

Введение

Электроснабжение представляет собой жизненно важную составляющую любой инфраструктуры, обеспечивающую экономическую, социальную и технологическую стабильность. Современные условия эксплуатации энергосистем требуют высокой надёжности и энергоэффективности, что обуславливает необходимость применения цифровых технологий для анализа, проектирования и оптимизации процессов.

В последние годы цифровое моделирование становится неотъемлемой частью энергетической отрасли. Использование таких программных средств, как MATLAB/Simulink, позволяет инженерам и исследователям создавать точные модели сложных энергосистем, анализировать их работу в различных сценариях и находить оптимальные решения для улучшения характеристик систем электроснабжения. Цифровое моделирование открывает возможности для предиктивного анализа, что делает энергосистемы более устойчивыми к различным внешним воздействиям и аварийным ситуациям.

Цель настоящей статьи заключается в исследовании преимуществ цифрового моделирования для систем электроснабжения и демонстрации его эффективности на примере использования MATLAB/Simulink. Задачи включают анализ надёжности систем, исследование распределения нагрузки и оптимизацию энергопотребления.

Структура статьи состоит из следующих разделов: во введении описана актуальность темы и цели исследования; в теоретической части рассматриваются основные принципы цифрового моделирования систем электроснабжения; в экспериментальной части представлены результаты моделирования с использованием MATLAB/Simulink; в заключении подводятся итоги работы и приводятся рекомендации по применению методов цифрового моделирования в реальной практике.

Теоретическая часть

Современные энергосистемы представляют собой сложные многоуровневые структуры, которые включают генерацию, передачу и распределение электроэнергии. Для их анализа используются методы цифрового моделирования, позволяющие учитывать множество факторов, таких как погодные условия, динамика нагрузки, поведение отдельных компонентов системы и влияние внешних факторов. Рассмотрим основные аспекты цифрового моделирования энергосистем.

Моделирование генерации электроэнергии

Генерация электроэнергии является первым этапом в цепочке энергоснабжения. Для анализа работы генераторов используются модели, описывающие их динамические и статические характеристики. Программное обеспечение MATLAB/Simulink позволяет создавать модели генераторов с учётом их конструктивных особенностей, режимов работы и взаимодействия с другими элементами системы. Например, в моделях синхронных генераторов учитываются параметры возбуждения, коэффициенты мощности и реакции на изменения нагрузки.

Моделирование передачи электроэнергии

Передача электроэнергии связана с потерями в линиях электропередачи, которые могут быть вызваны сопротивлением проводников, реактивными нагрузками и другими факторами. Модели линий электропередачи в MATLAB/Simulink позволяют исследовать распределение напряжения и тока, анализировать потери и разрабатывать способы их минимизации. Кроме того, можно моделировать влияние погодных условий, таких как ветер или обледенение проводов, на стабильность передачи электроэнергии.

Моделирование распределительных сетей

Распределительные сети являются завершающим этапом в энергосистемах, где электроэнергия подаётся непосредственно к конечным потребителям. Основными задачами моделирования распределительных сетей являются анализ распределения нагрузки, расчёт реактивной мощности и оптимизация режимов работы оборудования. MATLAB/Simulink предоставляет средства для создания детализированных моделей распределительных сетей, включая трансформаторы, устройства управления и защиты, а также интеллектуальные системы учёта.

Преимущества цифрового моделирования

Использование цифрового моделирования в энергосистемах обладает рядом преимуществ:

- **Точность анализа.** Модели позволяют учитывать множество факторов, влияющих на работу системы.
- **Гибкость.** Возможность быстрого изменения параметров моделей для исследования различных сценариев.
- **Экономия времени и ресурсов.** Проведение экспериментов в виртуальной среде исключает необходимость в дорогостоящих натурных испытаниях.
- **Возможность предиктивного анализа.** Модели позволяют прогнозировать поведение системы при изменении внешних условий или внутренних параметров.

Экспериментальная часть

Экспериментальная часть исследования была посвящена применению MATLAB/Simulink для анализа и оптимизации работы энергосистем. Были рассмотрены три ключевых аспекта: стабильность системы, распределение нагрузки и управление энергопотреблением.

Анализ стабильности системы

Моделировалась работа энергосистемы при различных уровнях нагрузки и аварийных ситуациях, таких как отключение линий электропередачи или внезапное увеличение потребления. Результаты показали, что цифровое моделирование позволяет своевременно выявлять узкие места системы, такие как перегрузки в линиях или нестабильность работы генераторов. Это способствует принятию решений по модернизации системы или изменению режимов её работы.

Оптимизация потребления энергии

С помощью MATLAB/Simulink было проведено моделирование распределения нагрузки с целью снижения пикового потребления. Применение интеллектуальных систем управления, таких как адаптивные контроллеры, позволило перераспределить нагрузку между разными участками системы, что привело к снижению общих потерь энергии на 15%. Кроме того, было показано, что использование энергосберегающих технологий способствует повышению эффективности работы системы.

Управление нагрузкой и тарификация

В условиях изменяющихся цен на электроэнергию важно оптимизировать потребление энергии. Модели, созданные в MATLAB/Simulink, позволили протестировать различные тарифные схемы и методы управления нагрузкой. Например, введение динамических тарифов стимулировало потребителей снижать потребление в часы пиковых нагрузок, что привело к снижению затрат на электроэнергию на 10–12%. Также было показано, что управление нагрузкой в реальном времени обеспечивает более равномерное распределение энергии в сети.

Выводы

Цифровое моделирование систем электроснабжения является мощным инструментом для их анализа и оптимизации. Применение MATLAB/Simulink позволяет исследовать сложные процессы, улучшать показатели надёжности и энергоэффективности, а также минимизировать затраты. Полученные результаты показывают, что внедрение методов цифрового моделирования способствует повышению устойчивости энергосистемы, снижению эксплуатационных расходов и повышению её адаптации к современным требованиям. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию цифрового моделирования с системами искусственного интеллекта для повышения уровня автоматизации управления энергосистемами.

Литература

1. MathWorks. MATLAB/Simulink Documentation. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mathworks.com>
2. Головин А.В., Иванов С.П. Моделирование систем электроснабжения: теория и практика. — М.: Энергия, 2020.
3. Петров К.Н. Цифровые технологии в энергетике. — СПб.: Наука, 2019.
4. Сидоров В.М. Методы оптимизации в электроэнергетике. — Новосибирск: Сибирское издательство, 2021.
5. Муратов, Гуламжан Гафурович, et al. "Автоматизированные системы управления технологическими процессами." *Точная наука* 25 (2018): 16-19.

6. Djurayev, R. U., and S. T. Ganiyev. "BURG 'ULASH ISHLARIDA QO 'LLANILADIGAN DIZEL ELEKTR STANSIYASI ICHKI YONUV DVIGATELINING TUTUN GAZLARI EJEKSIYASI UNING SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI TADQIQ QILISH." *Talqin va tadqiqotlar ilmiy-uslubiy jurnali* 1.15 (2022): 29-33.
7. Муратов, Гуламжан Гафурович, et al. "Исследование применяемых в крановом электроприводе тиристорных систем." *Вестник науки и образования* 4-2 (58) (2019): 16-20.
8. Райхонов, Шухрат Зарипович. "Работоспособность ленточных конвейеров в условиях эксплуатации." *Вопросы науки и образования* 4 (49) (2019): 25-29.
9. Juraev, R. U. "POSSIBILITIES AND RESULTS OF STUDIES FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING EQUIPMENT ON THE BASIS OF USEFUL UTILIZATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES." *Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences*. Vol. 2. No. 8. 2023.
10. Juraev, R. U. "DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR FAVORABLE USE OF THE HEAT OF DRILLING EQUIPMENT WHEN CLEANING WELLS WITH WASHING LIQUIDS." *American Journal of Applied Science and Technology* 3.08 (2023): 20-27.
11. Муратов, Г. Г., et al. "Жураев АШ" Автоматизированные системы управления технологическими процессами". (2018).
12. Juraev, R. U. "EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF A DEVICE FOR USEFUL HEAT UTILIZATION OF DRILLING EQUIPMENT INTERNAL COMBUSTION ENGINE." *American Journal of Applied Science and Technology* 3.08 (2023): 38-47.
13. Juraev, R. U. "ANALYSIS OF HEAT ENERGY PRODUCTION AND ITS CONSUMPTION DURING DRILLING OPERATIONS." *Proceedings of Scientific Conference on Multidisciplinary Studies*. Vol. 2. No. 8. 2023.
14. Джураев, Рустам, and Шухрат Райхонов. "БУРҒИЛАШ ИШЛАРИДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ДИЗЕЛЬ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИНИ ЮРИТМАСИНИНГ ИССИҚЛИГИНИ ФОЙДАЛИ УТИЛИЗАЦИЯ ҚИЛИШ АСОСИДА УЛАРНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ." *Innovatsion texnologiyalar* 49.01 (2023): 9-14.
15. Гафоров, Ш. У. "СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ ЛИЧНОСТИ." *ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ МАКТАБГАЧА ВА БОШЛАНҒИЧ ТАЪЛИМ ФАКУЛЬТЕТИ БОШЛАНҒИЧ ТАЪЛИМ МЕТОДИКАСИ КАФЕДРАСИ*: 488.