

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗОН МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Е.С. АНДРЕЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент
root67@mail.ru

E.S. ANDREENKOV, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

А.А. БЫКОВ, канд. пед. наук, доцент

A.N. BYKOV, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor

П.С. МОЛИКОВ, студент

P.S. MOLIKOV, Student

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Российская Федерация, Смоленск
Smolensk branch of the FSBEI HE «National research university «MPEI», Russian Federation, Smolensk

Аннотация. Решается научно-прикладная задача повышения энергоэффективности систем внутреннего освещения общественных зон многоквартирных жилых домов на основе применения современных методов математического моделирования. Разработана оригинальная комплексная модель, интегрирующая аппарат марковских цепей для формализации многорежимной работы системы и теорию комплексных чисел для точного анализа ее электрических параметров в условиях нелинейной нагрузки. На примере типового многоквартирного дома проведено имитационное моделирование и технико-экономическое обоснование комплекса мероприятий по энергосбережению систем освещения, включающего внедрение автоматического управления на базе фотореле и полную замену светильников на светодиодные. Полученные результаты подкреплены анализом чувствительности модели и имеют практическую ценность для проектных, эксплуатационных и энергосервисных организаций.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, математическое моделирование, марковские процессы, комплексный анализ цепей, оптимизация освещения, светодиодные технологии, автоматизированное управление, технико-экономическое обоснование

Список источников

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 30.12.2021) // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 48. Ст. 5711.
2. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (актуализированная редакция СП 31-110-2003). – Введ. 2017-05-08. – М.: Минстрой России, 2017. – 102 с.
3. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение (актуализированная редакция СНиП 23-05-95*). – Введ. 2017-05-08. – М.: Минстрой России, 2017. – 140 с.
4. Исследование вероятностных характеристик надежности электрооборудования внутрицеховых систем электроснабжения / Р. М. Петрова, Э. Ю. Абдуллазянов, Е. И. Грачева [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 1(57). – С. 93-105. – EDN CWPQDQ.
5. Ширяев, А.Н. Вероятность: В 2х кн. – кн. 1. / А.Н. Ширяев. – 7-е изд., испр. – М.: МЦНМО, 2021. – 552 с.
6. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Л.А. Бессонов. – 13-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2021. – 701 с.
7. СП 131.13330.2020. Строительная климатология (актуализированная редакция СНиП 23-01-99*). – Введ. 2020-06-22. – М.: Минстрой России, 2020. – 100 с.
8. ГОСТ Р 54350-2015 (IEC 60598-1:2014). Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. – Введ. 2016-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 112 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).
9. Al-Khazzar, A.H.A. A review of building energy efficiency, nomenclature and modeling approaches / A.H.A. Al-Khazzar, M.A. Alghoul, N. Asim // Journal of Building Engineering. – 2022. – Vol. 54. – Article 104624.
10. Стратегия социально-экономического развития Смоленской области до 2030 года (утверждена Постановлением Администрации Смоленской области от 30.11.2021 № 719). – Смоленск, 2021. – 145 с.
11. Harish, V.S.K.V. A review on modeling and simulation of building energy systems / V.S.K.V. Harish, A. Kumar // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 56. – P. 1272-1292.
12. Новая энергоэффективная система управления освещением с учетом изменения естественной освещенности в помещении: проектирование и внедрение / М. Аяз, У. Юсель, К. Эрхан, Э. Оздемир // Светотехника. – 2020. – № 6. – С. 37-45. – EDN SJEISE.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING SYSTEMS IN COMMON AREAS OF APARTMENT BUILDINGS

Abstract. *The scientific and applied problem of improving the energy efficiency of indoor lighting systems in common areas of apartment buildings is being solved through the application of modern mathematical modeling methods. An original comprehensive model has been developed, integrating the apparatus of Markov chains to formalize the multi-mode operation of the system and the theory of complex numbers for the accurate analysis of its electrical parameters under non-linear load conditions. Using a typical apartment building as an example, simulation modeling and a feasibility study for a set of energy-saving measures for lighting systems were conducted. These measures include the implementation of automatic control based on a photo relay and the complete replacement of luminaires with LED ones. The obtained results are supported by a model sensitivity analysis and hold practical value for design, maintenance, and energy service companies.*

Keywords: *energy efficiency, mathematical modeling, Markov processes, complex circuit analysis, lighting optimization, LED technologies, automated control, feasibility study*

References

1. Federal'nyj zakon ot 23.11.2009 № 261-FZ «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» (red. ot 30.12.2021) // Sobranie zakonodatel'stva RF. 2009. № 48. St. 5711.
2. SP 256.1325800.2016. Elektroustanovki zhilyh i obshchestvennyh zdaniy. Pravila proektirovaniya i montazha (aktualizirovannaya redakciya SP 31-110-2003). – Vved. 2017-05-08. – M. : Minstroj Rossii, 2017. – 102 s.
3. SP 52.13330.2016. Svod pravil. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie (aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-05-95*). – Vved. 2017-05-08. – M. : Minstroj Rossii, 2017. – 140 s.
4. Issledovanie veroyatnostnyh karakteristik nadezhnosti elektrooborudovaniya vnutricekhovyh sistem elektrosnabzheniya / R. M. Petrova, E. Yu. Abdullazyanov, E. I. Gracheva [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. – 2023. – T. 15, № 1(57). – S. 93-105. – EDN CWPQDQ.
5. Shiryayev, A.N. Veroyatnost': V 2h kn. – kn. 1. / A.N. Shiryayev. – 7-e izd., ispr. – M.: MCNMO, 2021. – 552 s.
6. Bessonov, L.A. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. Elektricheskie cepi : uchebnik / L.A. Bessonov. – 13-e izd., pererab. i dop. – M. : Yurajt, 2021. – 701 s.
7. SP 131.13330.2020. Stroitel'naya klimatologiya (aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99*). – Vved. 2020-06-22. – M. : Minstroj Rossii, 2020. – 100 s.
8. GOST R 54350-2015 (IEC 60598-1:2014). Pribory osvetitel'nye. Svetotekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. – Vved. 2016-07-01. – M. : Standartinform, 2015. – 112 s. – (Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii).
9. Al-Khazzar, A.H.A. A review of building energy efficiency, nomenclature and modeling approaches / A.H.A. Al-Khazzar, M.A. Alghoul, N. Asim // Journal of Building Engineering. – 2022. – Vol. 54. – Article 104624.
10. Стратегия социально-экономического развития Смоленской области до 2030 года (утверждена Постановлением Администрации Смоленской области от 30.11.2021 № 719). – Смоленск, 2021. – 145 с.
11. Harish, V.S.K.V. A review on modeling and simulation of building energy systems / V.S.K.V. Harish, A. Kumar // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 56. – P. 1272-1292.
12. Novaya energoeffektivnaya sistema upravleniya osveshcheniem s uchytom izmeneniya estestvennoj osveshchyonnosti v pomeshchenii: proektirovanie i vnedrenie / M. Ayaz, U. Yusel', K. Erhan, E. Ozdemir // Svetotekhnika. – 2020. – № 6. – S. 37-45. – EDN SJEISE.

© Андреевков Е. С., Быков А. А., Моликов П. С., 2026