

УДК 621.311.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Н. В. Лимаренко

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Проанализирован инструментарий оценки энергетической эффективности электротехнических комплексов. В качестве перспективного инструмента предложены имитационные электрические модели в среде программного пакета Multisim. Объектом моделирования является электрический комплекс в виде линии электропередачи. В результате моделирования получены зависимости, позволяющие определять режим функционирования электротехнического комплекса по полезной мощности и КПД. Установлено, что полученные зависимости описывают поведение исследуемых величин с приемлемой для систем подобного класса точностью, о чём свидетельствует коэффициент корреляции свыше 0,9.

Ключевые слова: электротехнический комплекс, имитационное моделирование, энергетические характеристики.

EFFICIENCY RESEARCH OF FUNCTIONING OF ELECTRICAL COMPLEXES ON THE EXAMPLE OF POWER LINE

N. V. Limarenko

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The article analyzes the tools for assessing the energy efficiency of electrotechnical complexes. The use of simulation electrical models in the environment of the Multisim software package is proposed as a promising tool. The object of modeling is an electrotechnical complex in the form of a power line. The result of the modeling are the dependences that allow determining the operating mode of the electrotechnical complex by the useful power and efficiency. It was found that the obtained dependences describe the behavior of the studied quantities with an acceptable accuracy for systems of this class, as evidenced by a correlation coefficient of over 0.9.

Keywords: electrotechnical complex, simulation modeling, energy characteristics.

Введение. Известно, что эффективность функционирования электротехнических комплексов определяется обеспечением соответствующих им режимов работы. Сделать это возможно определённым сочетанием параметров. В общем виде к параметрам, позволяющим определить эффективность функционирования электротехнического комплекса, можно отнести полезную мощность, КПД, потери напряжения, силу тока и напряжения на входе в нагрузку и выходе из неё. В зависимости от того, какие значения приобретают перечисленные параметры, электротехнический комплекс может функционировать в разных режимах и обеспечивать определённый уровень преобразования электрической энергии в другие виды. Известно четыре основных режима работы электрических цепей: холостого хода, короткого замыкания, согласованный и номинальный. Эффективность функционирования электротехнического комплекса, кроме обеспечения им того или иного режима работы, зависит от направления использования в нём электрического тока: энергетическое, информационное или технологическое. Сложение перечисленных сочетаний в определённую систему и обеспечивает эффективность

функционирования электротехнического комплекса. Исследованию эффективности функционирования электротехнических комплексов в качестве источников энергии посвящены работы [1–7], вопросы имитационных методов как инструментов повышения эффективности источников энергии рассмотрены в работах [7–11]. Несмотря на широкий спектр исследований, проведённый авторами данных работ, в настоящее время отсутствуют исследования эффективности функционирования электротехнических комплексов с использованием имитационных методов, что позволяет считать актуальным проведение исследований в данном направлении. Одним из наиболее важных элементов электротехнических комплексов являются устройства, обеспечивающие энергоснабжение объектов, наиболее типичным из которых является модель линии электропередачи.

Цель данной работы — разработка инструментария для исследования эффективности режимов работы электротехнических комплексов на модели линии электропередачи.

Материалы и методы. Объектом исследования является электротехнический комплекс энергоснабжения, предметом — инструментарий повышения эффективности функционирования линии электропередачи. Рациональным инструментом определения эффективности функционирования электротехнических комплексов является использование метода оценки параметров их электрического состояния. Известно, что параметры электрического состояния электротехнического комплекса включают в себя силу тока, напряжение, а также активную мощность, для определения которых необходимо представить схему замещения исследуемого объекта.

Схема замещения электротехнического комплекса представлена на рис. 1.

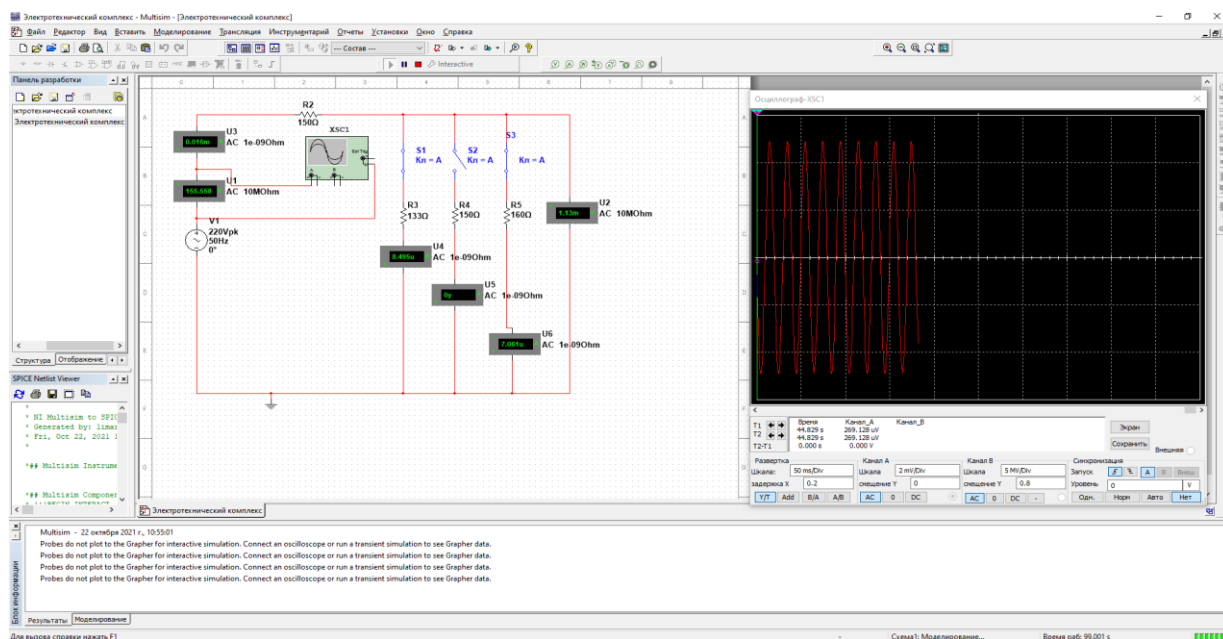


Рис. 1. Схема электротехнического комплекса энергоснабжения

Представленная на рис. 1 схема электротехнического комплекса энергоснабжения смоделирована в программном пакете Multisim. Суть моделирования заключается в демонстрации режимов работы электротехнического комплекса энергоснабжения. Нагрузка представляет собой три параллельно включенных резистора, поочередное замыкание которых будет приводить к изменению общего сопротивления нагрузки. Варьирование сопротивлением нагрузки позволило сформировать с помощью компьютерного эксперимента массив данных, результаты аппроксимации которого представлены на рис. 2.

Результаты и обсуждение. Результатом реализации компьютерного эксперимента с помощью имитационного моделирования электротехнического комплекса энергоснабжения стали распределения величин КПД и полезной мощности от силы тока. Поскольку варьирование сопротивления нагрузки носило дискретный характер, то для достоверного и непрерывного представления полученных распределений необходимо осуществить их аппроксимацию.

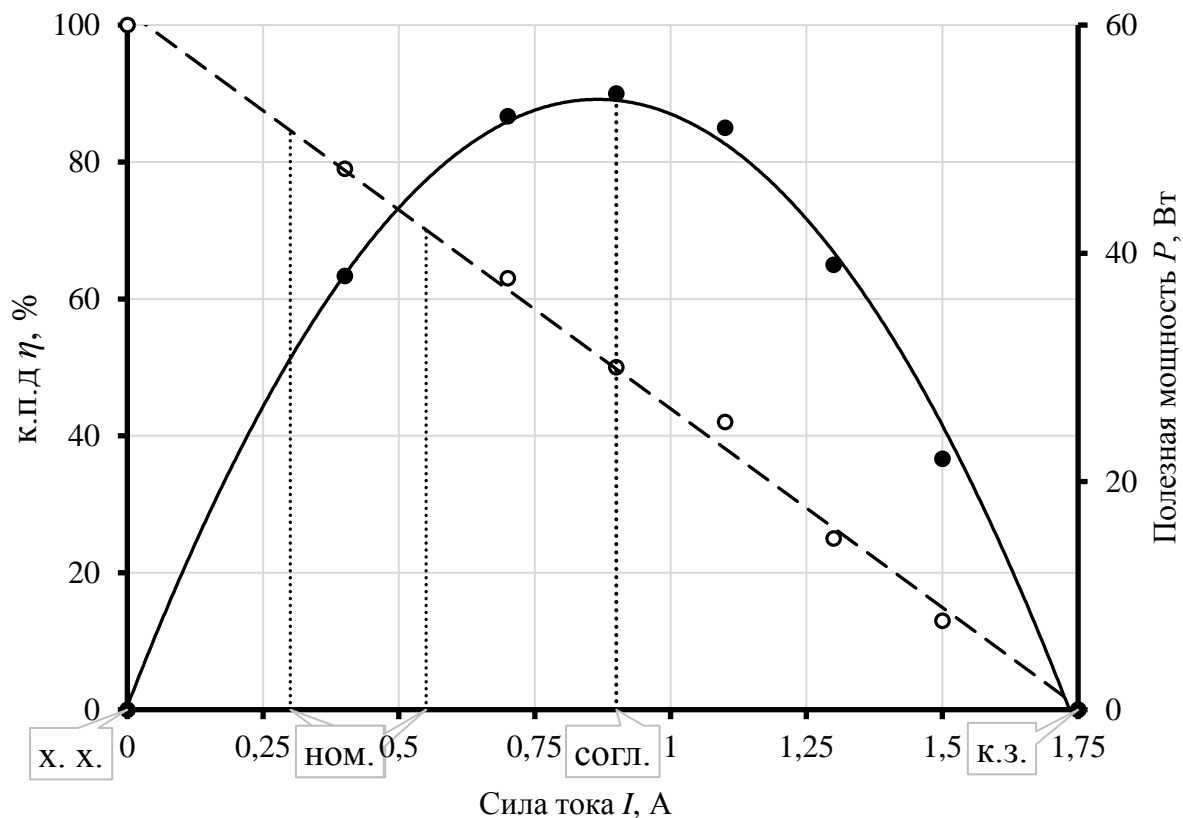


Рис. 2. Графоаналитическое представление режимов работы

Результатом аппроксимации является подбор математической функции, наиболее полно описывающей исследуемое распределение в рамках рассматриваемой области. Критерием выбора достоверности аппроксимирующей функции в общем виде можно считать коэффициент корреляции r^2 .

Анализ полученных результатов в рамках проведения имитационного моделирования позволил установить, что описать зависимость КПД от силы тока с приемлемой степенью достоверности можно линейной зависимостью:

$$\eta = -58,04 \cdot I + 102,01, \quad (1)$$

при этом коэффициент корреляции составляет $r^2=0,996$, что является достаточным при прогнозировании режима работы электротехнического контура энергоснабжения в поставленных условиях.

Анализ полученных результатов в рамках проведения имитационного моделирования позволил установить, что описать зависимость полезной мощности от силы тока с приемлемой степенью достоверности можно квадратичной зависимостью:

$$P = -70,94 \cdot I^2 + 122,84 \cdot I + 0,31, \quad (2)$$

при этом коэффициент корреляции составляет $r^2=0,995$, что является достаточным при прогнозировании режима работы электротехнического контура энергоснабжения в поставленных условиях.

Заключение. В результате проведённого исследования получены следующие результаты:

- доказано, что электротехнические комплексы, функциональное назначение которых лежит в области энергоснабжения, должны обеспечивать номинальный режим работы с КПД порядка 85%;
- перспективным инструментом исследований эффективности работы электротехнических комплексов является пакет Multisim, позволяющий реализовать метод электрических состояний;
- разработанная в среде Multisim имитационная модель линии электропередачи позволяет с приемлемой степенью достоверности моделировать параметры электрического состояния электротехнического комплекса.

Библиографический список

1. Ленивкин, В. А. Исследование проблем импульсно-дуговой сварки на кафедре «Машины и автоматизация сварочного производства» РИСХМа–ДГТУ / В. А. Ленивкин, Д. В. Рогозин // Вестник Донского государственного технического университета. — 2020. — Т. 20, № 1. — С. 25–35. [10.23947/1992-5980-2020-20-1-25-35](https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-1-25-35)
2. Партко, С. А. Проектирование мобильных машин моделированием динамических нагрузок на узлах их приводов / С. А. Партко, Л. М. Грошев, А. Н. Сиротенко // Вестник Донского государственного технического университета. — 2020. — Т. 20, № 2. — С. 155–161. [10.23947/1992-5980-2020-20-2-155-161](https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-2-155-161)
3. Ляшенко, Ю. М. Ковшовые рабочие органы с конвейерным днищем: систематика и конструктивные особенности / Ю. М. Ляшенко, Е. А. Ревякина, А. Ю. Ляшенко // Advanced Engineering Research. — 2020. — Т. 20, № 3. — С. 302–310. [10.23947/2687-1653-2020-20-3-302-310](https://doi.org/10.23947/2687-1653-2020-20-3-302-310)
4. Круглова, Т. Н. Метод оценки текущей и дополнительной нагрузки на систему электрических приводов механизмов параллельной кинематической структуры / Т. Н. Круглова // Advanced Engineering Research. — 2021. — Т. 21, № 3. — С. 268–274. [10.23947/2687-1653-2021-21-3-268-274](https://doi.org/10.23947/2687-1653-2021-21-3-268-274)
5. Апрышкин, Д. С. Совершенствование программы технического обслуживания пассажирских лифтов на основе имитационного моделирования режимов их работы / Д. С. Апрышкин, Г. Ш. Хазанович, В. О. Гутаревич // Advanced Engineering Research. — 2021. — Т. 21, № 2. — С. 171–183. [10.23947/2687-1653-2021-21-2-171-183](https://doi.org/10.23947/2687-1653-2021-21-2-171-183)
6. Теоретические основы расчета системы управления гидравлического привода стенда для испытаний поршневых гидравлических цилиндров / А. Т. Рыбак, И. К. Цыбрий, С. В. Носачев, А. Р. Зенин // Вестник Донского государственного технического университета. — 2019. — Т. 19, № 3. — С. 242–249. [10.23947/1992-5980-2019-19-3-242-249](https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-3-242-249)
7. Лимаренко, Н. В. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2016. — № 1 (349). — С. 88–91.
8. Лимаренко, Н. В. Определение закона распределения плотности вероятностей числациониеобразующих единиц в технологическом процессе обеззараживания стоков животноводческих ферм / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров // Вестник Донского государственного технического университета. — 2017. — Т. 17, № 2 (89). — С. 136–140. [10.23947/1992-5980-2017-17-2-136-140](https://doi.org/10.23947/1992-5980-2017-17-2-136-140)
9. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2019. — № 3 (55). — С. 360–369. [10.32786/2071-9485-2019-03-45](https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-03-45)



10. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Донского государственного технического университета. — 2016. — № 16 (2). — С. 90–96. [10.12737/19701](https://doi.org/10.12737/19701)

11. Лаврентьев, А. А. Моделирование электромагнитных характеристик индуктора электрического вихревого аппарата в среде Comsol Multiphysics / А. А. Лаврентьев, Н. В. Лимаренко, К. В. Хохлова // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. — 2021. — Т. 64, № 3. — С. 12–17. [10.17213/0136-3360-2021-3-12-17](https://doi.org/10.17213/0136-3360-2021-3-12-17)

Об авторе:

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, limarenkodstu@yandex.ru

About the Author:

Limarenko, Nikolay V., Associate professor, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sci., Associate professor, limarenkodstu@yandex.ru