

та гнучкості керування. Для реалізації зазначених вище вимог важливим є професійне застосування LED – технологій і сучасних систем моделювання й проєктування освітлювальних установок, що завдяки оптимальній інтеграції з денним освітленням, врахуванням невізуального впливу освітлення [2], виконання специфічних вимог до світлового середовища для людей з особливими потребами, а також застосуванням інтелектуальної системи керування та сталим планом обслуговування систем освітлення, забезпечать формування сталого світлового дизайну.

В умовах впровадження Україною директив ЄС [3], що регламентують різні аспекти циркулярної економіки, можна отримати переваги від їх застосування в підвищенні захисту навколишнього середовища, зменшенні залежності від сировини і створенні робочих місць та економії коштів споживачів. Важливими напрямками реалізації циркулярної економіки щодо світлодіодних систем освітлення є відповідальна утилізація світлодіодних світильників, а також електричного та електронного обладнання, що містить як рідкісні, так і токсичні матеріали. Кращі світові практики комплексної реалізації сталого світлового дизайну світильників і сталого їх обслуговування, починаючи з етапу проєктування, свідчать про можливість покращення екологічних показників освітлювальних систем до 46%.

Таким чином, вибір на етапі проєктування енергоефективних конфігурацій освітлювальних систем з урахуванням концепції інтегрованого освітлення, якісна комутація на етапі монтажу, своєчасне чищення відповідно до умов середовища в приміщеннях, вчасна заміна окремих компонентів, вирішення проблеми утилізації пластику і електронних компонентів, а також проблем утилізації газорозрядних ламп з токсичною ртуттю та крихкими скляними колбами, дозволить реалізувати концепцію сталого світлового дизайну громадських будівель і зменшити витрати місцевих громад на їх обслуговування.

Список використаних джерел

1. CIE Research Strategy 2023. DOI: 10.25039/vudfg44z.
2. CIE Position Statement on Integrative Lighting Recommending. Proper Light at the Proper Time. 2024. 3rd Edition. DOI: 10.25039/PS.b2twa77g.
3. Circular economy: definition, importance and benefits. URL: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>.

УДК 621.3.078.4

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВТРАТ В СИСТЕМІ АСИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР – АВТОНОМНИЙ ІНВЕРТОР НАПРУГИ

Коваленко Дмитро Сергійович,
аспірант

Шкурпела Олександр Олександрович,
кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

E-mail: ua.mail.kovalenko@gmail.com

Вступ. Використання асинхронного генератора у поєднанні з автономним інвертором напруги є одним з основних засобів технічної реалізації електроприводів для широкого спектру задач, від промислових установок до відновлюваних джерел енергії. Цьому сприяє надійність та простота конструкції асинхронної машини, гнучке керування її вихідними параметрами за допомогою системи управління автономного інвертора напруги. Проте, існує проблема втрат потужності у асинхронному генераторі та автономному інверторі. Для

асинхронного генератора це механічні та електромагнітні втрати, для автономного інвертора напруги це втрати у силових елементах та фільтрах. Робота системи «асинхронний генератор - автономний інвертор напруги» у режимах нижче номінального супроводжується збільшеними втратами потужності. Розподіл втрат потужності у генераторі та інверторі в неоптимальних режимах потребує оцінки для подальшого вдосконалення алгоритмів керування системою. Стендові випробування дозволяють провести таку оцінку, але потребують кваліфікованого персоналу та наявності електрообладнання. Це робить розробку імітаційної моделі втрат в системі «асинхронний генератор - автономний інвертор напруги», яка дозволить проводити дослідження ще до переходу до стендових випробувань, актуальною та затребуваною.

Імітаційна модель. Для подальших досліджень в імітаційній моделі використовується асинхронна машина типу АД906 яка працює у генераторному режимі [1]. Параметри асинхронної машини АД906 вказано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні параметри асинхронного двигун типу АД906

Потужність на валу, кВт	240
Лінійна напруга, В	1150
Фазний струм, А	135
Номінальна частота струму f_1 , Гц	33,6
$\cos(\varphi)$	0,96
s , %	93,0

Автономний інвертор напруги має у своєму складі IGBT транзистори із внутрішнім опором у включеному стані 0,001 Ом, які у подальшому можуть бути замінені на транзистори із потрібними характеристиками.

У програмному середовищі Matlab/Simulink створено модель для оцінки втрат у системі «асинхронний генератор-автономний інвертор напруги». Модель дозволяє вимірювати основні втрати потужності у обмотках статора та основні втрати потужності у обмотках ротора асинхронного генератора. Для автономного інвертора напруги модель дозволяє вимірювати статичні втрати потужності для відкритого стану IGBT транзисторів.

Імітаційну модель для оцінки втрат у системі «асинхронний генератор-автономний інвертор напруги» наведено на рисунку 1.

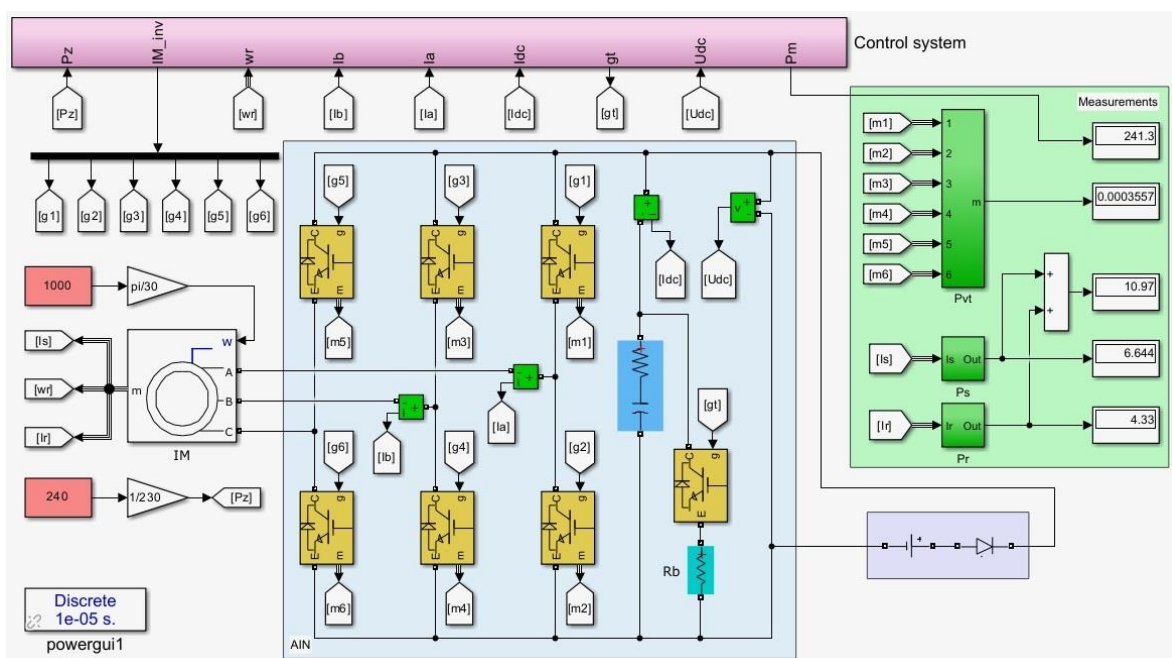


Рисунок 1 – Імітаційна модель втрат асинхронний генератор – автономний інвертор.

Автономний інвертор напруги здійснює управління генератором за допомогою векторної системи управління реалізованої у блоці Control system. Навантаженням слугує гальмівний резистор (R_b) із опор 1,5 Ом, який підключається до кола постійної напруги через гальмівний ключ. Первинне збудження генератора відбувається поданням напруги 100 В від акумуляторної батареї у коло постійної напруги.

Модель дозволяє задавати потужність навантаження та оберти генератора, блоками, що вказано червоним на рисунку 1.

Для оцінки втрат існує поле Measurements виділене зеленим на рисунку 1. Модель рахує сумарні активні втрати потужності в статорі і роторі асинхронного генератора, як виходи блоків P_s та P_r відповідно[2]. Сумарні втрати на опорах відкритого стану IGBT транзисторів обраховуються блоком P_{vt} .

Для перевірки працездатності моделі було перевірено номінальний режим роботи асинхронної машини та режими при іншій частоті обертання валу генератора і різних рівнях потужності. Номінальний режим роботи як видно з таблиці 1 відповідає частоті обертання валу 1000 об/хв та потужності 240 кВт. Результати експериментів вказано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Втрати потужності системи асинхронний генератор-автономний інвертор напруги

Частота обертання валу генератора, об/хв	Потужність навантаження, кВт	Потужність втрат у статорі, кВт	Потужність втрат у роторі, кВт	Сумарна потужність втрат у статорі і роторі, кВт	Потужність статичних втрат у IGBT транзисторах, Вт
1000	240	6,595	4,28	10,88	0,35
1600	138	3,54	2,393	5,933	0,31
1600	70	1,884	1,312	3,197	0,11

Оцінюючи отримані результати слід зазначити, що втрати потужності в обмотках статора та ротора асинхронного генератора є частиною загальних втрат, що визначені чисельно у номінальних даних асинхронної машини типу АД906. Для номінального режиму роботи загальні втрати складають 7% від номінальної потужності 240 кВт, що відповідає значенню 18,06 кВт. Втрати потужності у статорі та роторі, отримані на запропонованій імітаційній моделі складають 10,88 кВт, що відповідає 60,2% від номінальних втрат без урахування втрат в сталі та механічних втрат [3].

Отримані статичні втрати потужності для відкритого стану IGBT транзисторів відображають втрати потужності на збудження асинхронного генератора та відповідають типовим втратам для транзисторів такого внутрішнього опору[4].

Висновки. Отримано імітаційну модель втрат в системі «асинхронний генератор - автономний інвертор напруги». Модель дозволяє реалізовувати навантаження асинхронної машини типу АД906 у режимі генератора через автономний інвертор напруги на гальмівний резистор. Модель розраховує втрати потужності в статорі і роторі асинхронного генератора та сумарні втрати на опорах відкритого стану IGBT транзисторів. Це дозволяє спростити процес дослідження необхідних режимів роботи системі «асинхронний генератор - автономний інвертор напруги» на предмет втрат. Система має завдання потужності навантаження асинхронного генератора та частоти обертання його валу.

У подальшому доцільно реалізувати розрахунок втрат у сталі за допомогою програмного середовища Ansys та інтегрувати у отриману модель. Реалізація розрахунку втрат потужності при перемиканні IGBT транзисторів додатково уточнить втрати у автономному інверторі напруги.

Отримана модель дозволить у подальшому провести дослідження з оцінки втрат при роботі системи із динамічною зміною навантаження та частоти обертання асинхронного генератора.

Список використаних джерел

1. Шкурпела О. О. Дослідження роботи асинхронного двигуна АД-906У в режимі послаблення поля / О. О. Шкурпела / Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2017. - Вип. 167. - С. 114-120.
2. Телюта Р. В. Принципи побудови моделі дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні / Р. В. Телюта, С. П. Плешков // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - Вип. 30. - С. 188-196.
3. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. д-ра техн. наук професора В. І. Мілих. – Київ: Каравела, 2018. – 452 с.
4. Plakhtii, O. A., Nerubatskyi, V. P., Hordiienko, D. A., & Khoruzhevskyi, H. A. (2020). Calculation of static and dynamic losses in power IGBT-transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 82-88.

УДК 629.735.33

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІД ЧАС ЕТАПІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОСВІТЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АЕРОДРОМНИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Ільєнко Сергій Сергійович,

кандидат технічних наук, доцент

Тихонов Віктор Васильович,

кандидат технічних наук, доцент

Державний університет "Київський авіаційний інститут"

E-mail: serhii.ilienko@npp.kai.edu.ua

Вступ

Міжнародні аеродроми цивільної авіації України та їхня інфраструктура сертифікуються державними органами згідно вимог та рекомендованої практики міжнародної організації International Civil Aviation Organization (ICAO). Сучасний міжнародний аеродром беззаперечно є об'єктом критичної інфраструктури, а електротехнічні системи забезпечення безпеки польотів згідно ПУЕ [3] являються електроприймачами I категорії особливої групи. Але, окрім забезпечення надійності електропостачання [1], аеродромні системи споживають значні об'єми електроенергії і енергоефективними такі системи назвати складно. Авторами дослідження даної тематики запропоновано ряд кроків підвищення енергоефективності однієї з ключових аеродромних систем забезпечення безпеки польотів, а саме - світлосигнальної системи сертифікованого за вимогами ICAO аеродрому (його злітно-посадкової смуги - ЗПС) та його електросвітлосигнального обладнання. Електроспоживання, кількість, складність та структура такого обладнання залежить від категорії ICAO (рис.1) [2].