

Малєєва А. М., Власюк Д. В., Георгієв Ю. В.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ В АВАРІЙНУ СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ЛІТАКА «РОЗУМНИХ» АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Анотація: у тезі розглянуто технічні та експлуатаційні аспекти модернізації аварійної системи електропостачання постійного струму багатоцільового винищувача МіГ-29 шляхом інтеграції «розумних» акумуляторних батарей типу, аналогічного до застосованих у безпілотних апаратах Bayraktar TB2. Проведено порівняння характеристик традиційних нікель-кадмієвих акумуляторів із сучасними літій-іонними системами, проаналізовано можливості впровадження системи керування живленням (BMS) у наявну електросистему літака.

Ключові слова: МіГ-29, аварійна система, електропостачання, «розумна» батарея, BMS, Bayraktar TB2.

Abstract: the paper presents technical and operational aspects of modernizing the DC emergency power supply system of the multipurpose fighter MiG-29 through the integration of smart battery systems similar to those used in UAVs like Bayraktar TB2. The comparison between traditional nickel-cadmium and modern lithium-ion batteries is carried out, and the feasibility of integrating a Battery Management System (BMS) into the aircraft's existing power grid is analyzed.

Keywords: MiG-29, emergency system, power supply, smart battery, BMS, Bayraktar TB2.

Авіаційні системи електропостачання є критично важливою складовою забезпечення надійності польотів, особливо для бойових літаків типу МіГ-29, що виконують завдання в умовах інтенсивних навантажень. Аварійна система електропостачання постійного струму призначена для підтримання працездатності найважливіших бортових систем у разі відмови основних джерел живлення. У базовій конструкції літака МіГ-29 використовуються нікель-кадмієві акумулятори типу 20НКБН або їх аналоги. Вони мають відносно низьку питому енергоємність (35–40 Вт·год/кг), значну масу та вразливість до температурних коливань. Ці фактори призводять до зниження надійності в бойових умовах, збільшення обсягу технічного обслуговування та зменшення ефективності використання електроенергії.

Водночас сучасні технології енергозабезпечення, які впроваджуються в безпілотних літальних апаратах, зокрема Bayraktar TB2, демонструють суттєво вищу ефективність. У цих апаратах застосовуються літій-іонні акумулятори з інтегрованою системою керування (BMS – Battery Management System), яка виконує функції контролю заряду, напруги, струму, температури та загального стану елементів. Система BMS здатна автоматично відключати окремі комірки у разі їхнього перегріву або короткого замикання, запобігаючи аваріям та займанням. Крім того, вона передає дані на центральний контролер, що дозволяє екіпажу або автоматичній системі своєчасно реагувати на позаштатні ситуації.

Порівняння Ni-Cd і Li-Ion батарей показує такі переваги останніх:

- енергоємність зростає у 2–2,5 рази;
- маса зменшується на 20–30 %;
- термін служби збільшується у 2–3 рази;
- ефективність зарядження сягає 95 %;
- рівень саморозряду не перевищує 3 % на місяць.

Для впровадження «розумних» батарей у систему МіГ-29 необхідно врахувати кілька ключових аспектів. По-перше, це сумісність з існуючою мережею постійного струму 27В. Bayraktar TB2 використовує подібний рівень напруги, що спрощує інтеграцію. По-друге, необхідна розробка адаптера перетворення та узгодження сигналів між BMS і бортовим комп'ютером літака. Цей адаптер має забезпечити стабільну взаємодію між системою керування батареєю та основною енергомережею літака. По-третє, модернізація повинна враховувати умови підвищених вібрацій, перепадів температури (від –50 до +50 °C) та вимоги до електромагнітної сумісності.

У процесі проєктування нової системи електроживлення необхідно передбачити модуль діагностики стану батарей, який зможе виводити інформацію на індикатори кабіни пілота. Це забезпечить виявлення

потенційних відмов на ранніх стадіях та знизить ризик повного знеструмлення при польоті. Додатково, програмне забезпечення BMS має бути адаптоване під специфіку авіаційного середовища з урахуванням стандартів MIL-STD для авіоніки.

Впровадження «розумних» батарей у МіГ-29 дозволить значно підвищити рівень енергетичної автономності літака. У разі відмови генератора або пошкодження електромережі, система зможе самостійно підтримувати критичні прилади – навігацію, зв'язок, аварійне освітлення та елементи управління – протягом 15–20 хвилин, що є критично важливим для повернення на базу або завершення бойового завдання. Окрім того, BMS може забезпечити віддалене відстеження технічного стану батарей через наземний пункт технічного обслуговування, що оптимізує регламентні перевірки.

Подальший розвиток технологій енергозабезпечення в авіації свідчить про поступовий перехід до концепції «електрифікованого літака», у якій більшість допоміжних систем переходять на електричний привід. У цьому контексті впровадження «розумних» акумуляторних батарей у систему аварійного електропостачання МіГ-29 є не лише окремим технічним удосконаленням, а й важливим етапом підготовки до комплексної модернізації авіоніки. Використання таких технологій сприятиме підвищенню рівня автоматизації контролю та діагностики стану енергосистеми літака, що відповідає тенденціям розвитку авіаційної техніки країн-членів НАТО.

Досвід експлуатації безпілотного літального апарата Bayraktar TB2 показав високу ефективність застосування інтелектуальних акумуляторних систем із вбудованою BMS. Ця технологія забезпечує стабільну роботу апарата навіть у складних кліматичних умовах, дає змогу точно відстежувати стан кожної комірки батареї в реальному часі та автоматично балансувати заряд. Завдяки цьому вдалося значно підвищити надійність польотів і зменшити ризик відмов через перегрів або перевантаження. Для МіГ-29 адаптація подібних принципів дозволить створити ефективну, «самодіагностуючу» систему аварійного живлення, яка реагуватиме на позаштатні ситуації без участі пілота. Крім того, використання алгоритмів, подібних до тих, що реалізовані в Bayraktar TB2, відкриває можливість застосування віддаленого моніторингу технічного стану батарей із наземних пунктів технічного обслуговування.

Застосування літій-іонних батарей із системою BMS дозволить реалізувати принцип інтелектуальної взаємодії між усіма енергоспоживачами літака. У перспективі це відкриє можливість створення «енергетичного профілю місії», коли розподіл потужності між системами управління, зв'язку, навігації та озброєння здійснюватиметься автоматично залежно від етапу польоту чи бойового завдання. Подібні рішення вже активно впроваджуються у сучасних зразках авіаційної техніки, зокрема в літаках F-35 та безпілотних комплексах нового покоління.

Крім того, перехід на «розумні» батареї сприятиме підвищенню технологічної незалежності авіаційної галузі України. Розробка та виробництво власних енергомодулів на базі літєвих елементів може стати частиною національної програми імпортозаміщення, що забезпечить Збройні Сили України сучасними та безпечними джерелами живлення. Це також створить передумови для розвитку наукових досліджень у сфері енергетики та електроніки, залучення вітчизняних підприємств до спільних проєктів із модернізації бойових літаків.

З огляду на тенденції розвитку світової авіації, можна прогнозувати, що в найближчі роки роль інтелектуальних систем керування енергопостачанням зростатиме. Їхнє впровадження дає змогу не лише підвищити надійність польоту, а й зменшити вплив людського чинника, що особливо важливо під час виконання складних бойових завдань. У майбутньому такі технології можуть стати базою для створення повністю автономних енергосистем літаків, які самостійно розподілятимуть ресурси, прогнозуватимуть можливі відмови та забезпечуватимуть максимальну ефективність роботи обладнання.

Отже, модернізація аварійної системи електропостачання МіГ-29 шляхом використання «розумних» літій-іонних батарей із системою BMS є не лише технічно можливою, але й стратегічно виправданою. Вона забезпечує зростання надійності, підвищення безпеки польотів, зниження маси, енергоспоживання та витрат на обслуговування. Запропоновані технічні рішення відкривають шлях до подальшої електрифікації авіаційних систем і створення адаптивних енергетичних платформ для сучасної військової авіації.

Список використаних джерел:

1. Кононов Б.Т., Лагутін Г.І. Електричні машини. – Х.:ХНУПС, 2015
2. <https://baykartech.com/en/uav/bayraktar-tb2/>
3. <https://plus.shephardmedia.com/detail/bayraktar-tactical-uas/>
4. Зенович О.Є., Кривонос В.М. Системи електропостачання повітряних суден. – Х.: ХНУПС, 2021.

Малєєва Аліна Миколаївна – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: alinka20.16maleeva@gmail.com;

Власюк Дмитро Володимирович – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: dimasvlasiuk@gmail.com;

Георгієв Юрій Вікторович – Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба старший викладач кафедри № 203, Харків, Україна; email: yura.georgiev.74@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>.

Maleieva Alina Mykolaivna- cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: alinka20.16maleeva@gmail.com

Vlasiuk Dmytro Volodymyrovych - cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: dimasvlasiuk@gmail.com;

Georgiev Yuriy Viktorovych – Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, senior lecturer, department No. 203, Kharkiv, Ukraine; email: yura.georgiev.74@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>.