УДК 629.73.064.5

А. В. Шевчик, М. О. Нагірняк, О. О. Трисантович

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ

Анотація: *У статті проведено аналіз сучасного стану та перспектив розвитку аварійних джерел постійного струму літаків та вертольотів державної авіації. Розглянуто основні типи бортових акумуляторних батарей (бортових та аварійних), особливості їх експлуатації в умовах інтенсивних бойових дій та високого ризику відмови основних систем електропостачання. Запропоновано напрямки підвищення надійності аварійного електроживлення авіоніки за рахунок впровадження сучасних літій-іонних систем та інтелектуальних систем моніторингу їх стану.*

Ключові слова: *повітряне судно, постійний струм, акумуляторна батарея, система електропостачання, авіоніка.*

Annotation: *The article analyzes the current state and prospects for the development of emergency DC power sources for aircraft and helicopters of state aviation. The main types of aircraft storage batteries (onboard and emergency), the features of their operation in conditions of intensive combat operations and high risk of failure of primary power supply systems are considered. Directions for improving the reliability of emergency power supply for avionics through the implementation of modern lithium-ion systems and intelligent battery state monitoring systems are proposed.*

Keywords: *aircraft, direct current, storage battery, power supply system, avionics.*

Забезпечення безперебійного електроживлення є вирішальним фактором безпеки польотів та виконання бойових завдань повітряними суднами (ПС) державної авіації України. В умовах ведення активних бойових дій суттєво зростає ймовірність відмови основних та допоміжних джерел електричної енергії (генераторів постійного та змінного струму) внаслідок бойових пошкоджень елементів конструкції, двигунів або кабельних мереж [1].

У разі знеструмлення основних шин постійного струму працездатність критично важливих систем авіоніки (пілотажно-навігаційних комплексів, систем зв'язку, системи резервної індикації, системи аварійного скидання озброєння) забезпечується виключно за рахунок аварійних джерел постійного струму.

Основні задачі, які покладаються на аварійне джерело постійного струму:

1. Забезпечення безперебійного живлення системи аварійного пілотування та зв'язку протягом встановленого часового інтервалу (як правило, від 30 до 60 хвилин);
2. Забезпечення запуску допоміжного силового агрегату (ДСА) у повітрі для відновлення живлення від основних генераторів;
3. Підтримка працездатності критичних споживачів під час короткочасних провалів напруги при перемиканні режимів роботи системи електропостачання (СЕП).

На сучасних літаках та вертольотах як аварійні джерела постійного струму найчастіше використовуються такі типи акумуляторних батарей (АКБ):

1. Свинцево-кислотні акумулятори (кислотні, згущені/закриті) — мають відносно низьку вартість та простоту обслуговування, проте володіють значною масою і обмеженою питомою ємністю;
2. Нікель-кадмієві акумулятори (Ni-Cd) — найбільш поширені в авіації завдяки високій розрядній характеристиці при великих струмах, здатності працювати у широкому діапазоні температур, але схильні до «ефекту пам'яті» та потребують суворого дотримання режимів обслуговування [2];
3. Літій-іонні (Li-ion) та літій-залізо-фосфатні (LiFePO_4) акумулятори — перспективний напрямок розвитку авіаційної техніки, що забезпечує зменшення ваги на 30–50% при підвищенні питомої енергоємності та швидкості заряджання.

Для порівняльної оцінки ефективності аварійних джерел постійного струму було використано 5-бальну систему оцінювання за ключовими критеріями експлуатації авіаційної техніки:

1. Питома енергоємність (Вт·год/кг): вимірює відношення відданої енергії до маси джерела (найвищий показник у Li-ion — 5/5; Ni-Cd — 3/5; свинцево-кислотні — 2/5).
2. Готовність до повторного використання та швидкість заряду: критично важливо під час оперативного повторного вильоту (Li-ion — 5/5; Ni-Cd — 4/5; свинцево-кислотні — 3/5).
3. Температурна стійкість (від -40°C до +60°C): стійкість до жорстких умов експлуатації на різних висотах (Ni-Cd — 5/5; свинцево-кислотні — 3/5; Li-ion — 3/5 через потребу у термостабілізації).
4. Витривалість до великих струмів розряду (запуск ДСА): можливість видавати максимальний струм без критичного падіння напруги (Ni-Cd — 5/5; LiFePO_4 — 4/5; свинцево-кислотні — 3/5).
5. Складність та безпека експлуатації: ризик виникнення теплового розгону та потреба у спеціальному обладнанні моніторингу (свинцево-кислотні — 4/5; Ni-Cd — 3/5; Li-ion — 2/5 без BMS).

Аналіз показав, що традиційні Ni-Cd батареї зберігають високі показники надійності в екстремальних температурних умовах, проте суттєво програють сучасним типам АБ за ваговими параметрами. Перехід на літієві технології потребує обов'язкової інтеграції інтелектуальних систем управління батареєю (BMS — *Battery Management System*), які контролюють напругу кожного елемента, струм розряду та температуру у реальному часі для запобігання аварійним ситуаціям [3].

Загалом, підвищення надійності аварійного електроживлення постійного струму авіоніки ПС може бути досягнуто шляхом впровадження комбінованих джерел живлення (поєднання LiFePO_4 акумуляторів із суперконденсаторними модулями для пікових навантажень) та впровадження систем прогнозування залишкової ємності на основі аналізу поточних параметрів розряду під час польоту.

Список використаних джерел:

1. Основи організації експлуатації і ремонту озброєння та військової техніки / за ред. Мацько О.Й. Київ : НУОУ, 2018. 400 с.
2. Електрообладнання повітряних суден : підручник / В. М. Синєглазов та ін. Київ : НАУ, 2019. 380 с.
3. Системи електропостачання повітряних суден : навч. посіб. / О. Є. Зєнович, В. А. Хлоп'ячий, В. М. Кривонос та ін. Х. : ХНУПС, 2021. 216 с.
4. Advanced Aircraft Battery Systems and Avionics Integration / Federal Aviation Administration (FAA) Research Report. 2021. 112 p.

Шевчик Антон Володимирович - курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,м.Харків,вул.Сумська 77/79, інд 61009,e-mail: antonsevcik72@gmail.com

Shevchyk Anton 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: antonsevcik72@gmail.com

Нагірняк Максим Олександрович - курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: maximumm399@gmail.com

Nahirniak Maksym Oleksandrovich - 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: maximumm399@gmail.com

Трисантович Олександра Олександрівна - курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,м.Харків,вул.Сумська 77/79, інд 61009,e-mail: demchukoleksandra900@gmail.com

Trysantovych Oleksandra Oleksandrivna - 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: demchukoleksandra900@gmail.com