УДК 621.314.26:629.73

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

АНАЛІЗ ВТОРИННИХ ДЖЕРЕЛ ЗМІННОГО СТРУМУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ

Анотація: *У статті проведено порівняльний аналіз функціонування вторинних джерел змінного струму (статичних та електромашинних перетворювачів) у системах електропостачання військових літаків і вертольотів. Розглянуто особливості побудови бортових мереж живлення з урахуванням специфіки польотних режимів, вібраційних навантажень та електромагнітної сумісності. Визначено основні фактори деградації надійності перетворювального обладнання та окреслено напрямки їх модернізації шляхом впровадження високочастотних статичних інверторів на новітній напівпровідниковій базі.*

Ключові слова: *військовий літак, вертоліт, бортове електрообладнання, вторинні джерела живлення, змінний струм, статичний інвертор, електропостачання, надійність.*

Annotation: *The article presents a comparative analysis of the operation of secondary AC power sources (static inverters and rotary converters) in the electrical power systems of military aircraft and helicopters. The features of onboard power grid architectures are considered, taking into account flight regime specifics, vibration loads, and electromagnetic compatibility. The main factors of converter reliability degradation are identified, and directions for their modernization through the introduction of high-frequency static inverters based on modern semiconductors are outlined.*

Keywords: *military aircraft, helicopter, avionics, secondary power sources, alternating current, static inverter, power supply, reliability.*

Системи електропостачання (СЕП) сучасних військових повітряних суден (літаків та вертольотів) є складними комплексоутворюючими системами, від ефективності та надійності яких безпосередньо залежить виконання бойових завдань та безпека польотів [1]. Вторинні джерела змінного струму (ВДЗС) відіграють ключову роль у забезпеченні якісною електроенергією заданої частоти (як правило, 400 Гц або змінної частоти в діапазоні 360–800 Гц) відповідальних споживачів: пілотажно-навігаційних комплексів, бортових радіолокаційних станцій, систем оптико-електронної протидії та керування озброєнням [2].

У порівнянні з військовими літаками, системам електропостачання вертольотів притаманні суттєві особливості:

1. Значний рівень низькочастотних вібрацій, зумовлений роботою несучого та кермового ґвинтів, що вимагає підвищеної механічної міцності та вібростійкості ВДЗС;
2. Більша частка споживачів постійного струму (27 В), через що ВДЗС часто працюють як ключові автономні елементи для резервного або аварійного живлення гіроскопічних та навігаційних приладів змінного струму (36 В / 400 Гц);
3. Обмежені об'єми та жорсткі обмеження за вагою, що висовує суворі вимоги до питомої потужності та коефіцієнта корисної дії (ККД) перетворювачів.

Під час бойової експлуатації військової авіаційної техніки на ВДЗС впливає комплекс деструктивних факторів: різкі зміни температури навколишнього середовища, висока вологість, механічні імпульсні удари та стрибки напруги в первинній мережі [3]. Аналіз показав, що основними причинами відмов традиційних електромашинних перетворювачів (типу ПО, ПТ,ПТО) та застарілих статичних інверторів (ПОС,ПТС) є знос щітково-колекторних вузлів, деградація термостійкої ізоляції обмоток і вихід з ладу силових напівпровідникових елементів через перегрів.

Для підвищення надійності функціонування ВДЗС у СЕП військових літаків та вертольотів доцільно запровадити такі напрямки вдосконалення:

- повну заміну електромеханічних перетворювачів на статичні транзисторні інвертори з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ);
- застосування силових ключів на основі карбіду кремнію (SiC) та нітриду галію (GaN), що дає змогу підвищити ККД до 95–97% та зменшити маса-габаритні показники фільтрів;
- впровадження схем резервування з паралельною роботою модулів ВДЗС та інтелектуальним моніторингом параметрів електроенергії в режимі реального часу [4].

Порівняння основних характеристик ВДЗС для літаків і вертольотів

Параметри порівняння	**Військові літаки**	**Військові вертольоти**
Основні робочі напруги ВДЗС	115/208 В (400 Гц)	115 В / 36 В (400 Гц)
Домінуючі зовнішні навантаження	Температурні коливання, перепади тиску	Високоінтенсивні вібрації, вологість
Основний тип ВДЗС	Багатомодульні статичні інвертори	Компактні статичні інвертори, резервні ПО/ПТ
Критичні вимоги до ВДЗС	Висока питома потужність, THD < 2%	Вібростійкість, висока надійність пуску

Таким чином, проведення комплексної модернізації та перехід на статичні джерела змінного струму з новітньою елементною базою дозволяє суттєво підвищити надійність системи електропостачання військових літаків і вертольотів, забезпечити високу якість вихідної напруги та знизити експлуатаційні витрати.

Список використаних джерел:

1. Системи електропостачання повітряних суден : навч. посіб. / О. Є. Зєнович, В. А. Хлоп’ячий, В. М. Кривонос та ін. Х. : ХНУПС, 2021. 216 с.
2. Електрообладнання та системи електропостачання повітряних суден / під ред. В. М. Сингаївського. Київ : НАУ, 2019. 320 с.
3. Особливості побудови та експлуатації систем електроживлення військових вертольотів / О. М. Коваленко, С. В. Громов. Харків : ХНУПС, 2022. 185 с.
4. Надійність бортового авіаційного обладнання в умовах інтенсивних вібраційних і температурних впливів / І. П. Зайцев. Київ : Техніка, 2020. 240 с.
5. Modern Power Electronics for Military Aircraft and Rotorcraft Systems / J. Miller, K. Davis // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2023. Vol. 38, No. 4. P. 28–39.

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*

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*

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*

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*

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*

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*