УДК 629.7.069

**Д. В. Власюк, А. М. Малеєва, О. Є. Зєнович**

# РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ БЛОКУ РЕГУЛЮВАННЯ І ЗАХИСТУ ТИПУ БРЗ-1 ЛІТАКА МІГ-29

***Анотація:*** *проаналізовано функціональні можливості, конструкційні особливості та напрями модифікації блоку регулювання і захисту БРЗ-1 у системі бортового електропостачання літака МіГ-29. Сформульовано комплексований підхід до підвищення експлуатаційної надійності та швидкодії обладнання за рахунок упровадження цифрових засобів моніторингу. Підтверджено ефективність заміни застарілої елементної бази на мікропроцесорну систему із самодіагностикою.*

***Ключові слова:*** *МіГ-29, БРЗ-1, бортова електромережа, захист та регулювання, цифровий моніторинг, мікропроцесорні системи.*

***Abstract:*** *The functional capabilities, design features, and potential modifications of the BRZ-1 regulation and protection unit within the MiG-29 aircraft's onboard power supply system are analyzed. An integrated approach to enhancing the operational reliability and response speed of the equipment through the implementation of digital monitoring tools is formulated. The effectiveness of replacing obsolete components with a microprocessor-based system featuring self-diagnostics is confirmed.*

***Keywords:*** *MiG-29, BRZ-1, onboard electrical network, protection and regulation, digital monitoring, microprocessor-based systems.*

Блок регулювання та захисту БРЗ-1 виступає системоутворювальним вузлом у структурі постійного струму літака МіГ-29. Його ключове призначення полягає в стабілізації параметрів напруги, а також у виявленні й локалізації аварійних режимів — перевантажень за струмом, коротких замикань і недопустимих відхилень електричних параметрів мережі. Модуль здійснює безперервний контроль генераторних джерел, оптимізує розподіл потужності між споживачами та забезпечує оперативне відключення пошкоджених ділянок бортової мережі.

В основу функціонування штатного пристрою покладено схеми на основі електромагнітних реле, випрямлячів і напівпровідникових стабілізаторів, що створюють ланцюги зворотного зв'язку за напругою та струмом. Силові каскади підтримують сталий рівень напруги бортової мережі на рівні 27 В, тоді як релейна логіка реалізує захисні функції та формує сигнали про несправності.

Суттєвими дефектами існуючої конструкції є значна інерційність спрацьовування релейних елементів, підвищена маса та габарити, високе теплове виділення під час роботи, а також механічний знос контактних груп. Зазначені чинники знижують показники надійності обладнання в умовах тривалих інтенсивних навантажень та підвищують витрати на регулярне обслуговування.

Для подолання цих критичних обмежень розроблено серію технічних рішень:

- заміна контактно-релейної логіки на твердотільні комутаційні ключі під керуванням високошвидкісного мікроконтролера;
- впровадження цифрового підмодуля моніторингу для постійного вимірювання температури, струму, напруги та робочого стану ключових вузлів;
- інтеграція алгоритмів адаптивного захисту з гнучкою зміною порогів спрацьовування залежно від польотних режимів;
- застосування багатошарових друкованих плат із покращеними характеристиками термостійкості та вібростійкості;
- організація інформаційного обміну з центральним обчислювальним комплексом через стандартні цифрові шини для відображення стану БРЗ-1 на засобах індикації пілота.

Подальший розвиток функціоналу передбачає використання програмно-апаратного модуля інтелектуального прогнозування відмов, що збирає статистику навантажень і своєчасно сповіщає

про критичні відхилення. Це відкриває можливість реалізації концепції «розумного» управління бортовим енергокомплексом.

Стратегічним напрямом модернізації є включення оновленого БРЗ-1 у загальну цифрову систему управління енергопостачанням літака. Такий крок уможливлює автоматичний динамічний розподіл живлення між системами навігації, зв'язку та прицільно-комплексного обладнання, що узгоджується з сучасними стандартами авіаційної техніки країн НАТО та суттєво підвищує бойовий потенціал літака МіГ-29.

Паралельно з удосконаленням конструктивної частини ключова увага приділяється оптимізації програмно-алгоритмічного комплексу. Застосування мікропроцесорної платформи дає змогу реалізувати низку аналітичних функцій:

- автоматичну детекцію й діагностику аномалій за формою та сигнатурою струмових сплесків;
- самокалібрування вимірювальних датчиків у процесі обслуговування без демонтування блоку з борту;
- фіксацію журналу подій у незалежній пам'яті для подальшого зчитування інженерно-технічним складом.

Зазначені можливості суттєво спрощують процедури пошуку несправностей та зменшують трудомісткість обслуговування. Завдяки вбудованим механізмам самодіагностики пристрій здатний миттєво переходити на резервні алгоритми без переривання живлення відповідальних споживачів, зокрема прицільно-навігаційного обладнання.

Важливим аспектом модернізації є покращення електромагнітної сумісності (ЕМС) блоку. Відмова від релейної логіки на користь силових напівпровідникових ключів зі згладжувальними фільтрами зменшує рівень імпульсних завад у мережі, що гарантує стабільну роботу високочутливої радіоелектронної апаратури.

Для зниження теплової напруженості пропонується інтегрувати розширену систему термомоніторингу. Використання цифрових температурних датчиків уможливлює ранню детекцію перегріву та динамічну регуляцію режиму охолодження, що гарантує надійну роботу обладнання під час тривалого поліпшення польотних завдань у складних кліматичних умовах.

Для підтвердження ефективності модернізованого блоку БРЗ-1 передбачено комплекс стендових випробувань із моделюванням критичних і аварійних ситуацій. Порівняльний аналіз отриманих результатів із базовою версією покликаний засвідчити підвищення точності стабілізації, скорочення часу відгуку захисту та зниження теплових втрат. Отримані напрацювання можуть бути використанні як база для уніфікованої серії блоків регулювання та захисту для літаків Су-27 і Л-39.

Підсумовуючи, перехід БРЗ-1 на мікропроцесорну архітектуру із цифровою діагностикою є обґрунтованим рішенням, яке гарантує підвищення надійності та бойової готовності авіаційної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України.

Список використаних джерел:

1. Зєнович О.Є., Кривонос В.М. Системи електропостачання повітряних суден. – Х.: ХНУПС, 2021.
2. Кононов Б.Т., Лагутін Г.І. Електричні машини. – Х.: ХНУПС, 2015.
3. Долгополов В.І., Єгоров С.П. Електронні системи регулювання та захисту авіаційних бортових мереж. – К.: КВІ, 2020.
4. Інструкція з технічної експлуатації літака МіГ-29. – Військове видання, 2019.

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

***Малеєва Аліна Миколаївна*** *– слухач 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;*

***Зєнович Олександр Євгенович*** *- кандидат технічних наук, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доцент кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, email: aezenovich@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9982-6274.*

***Alina Maleieva –*** *Student, Faculty of Aviation Engineering, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 77/79 Sumska St., Kharkiv, 61009, Ukraine; e-mail: alinka20.16maleeva@gmail.com;*

***Dmytro Vlasyuk –*** *Student, Faculty of Aviation Engineering, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 77/79 Sumska St., Kharkiv, 61009, Ukraine; e-mail: dimasvlasiuk@gmail.com;*

***Zienovich Oleksandr Evgenovych*** *- Candidate of Technical Sciences, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Associate Professor of the Department of Aviation Equipment of Airplanes and Helicopters, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, email: aezenovich@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9982-6274.*