

Digital module for monitoring and detection of emergency operating modes in systems

Valentin Novichkov

Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force university, Kharkiv
<http://orcid.org/0000-0003-0113-1849>

Oleksandr Kulabukhov

Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force university, Kharkiv
<http://orcid.org/0000-0002-9836-6646>

Ihor Nikora

Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force university, Kharkiv
<http://orcid.org/0000-0002-8891-2121>

Vladislav Shulha

Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force university, Kharkiv
<http://orcid.org/0009-0008-8981-3214>

Abstract. *The critical role of automation systems of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the russian-Ukrainian war is established. It has been analyzed that adverse environmental factors lead to the gradual degradation of electronic components and unstable operation of computing systems. The introduction of a digital module for monitoring key electrical parameters is proposed, which will help reduce failures by providing early warnings about the deterioration of system performance characteristics.*

Keywords: *automation systems, software-hardware complexes, technical condition of equipment, monitoring and alert digital module.*

Цифровий модуль моніторингу та виявлення аварійних режимів роботи у системах

Валентин Новічков

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків
<http://orcid.org/0000-0003-0113-1849>

Олександр Кулабухов

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків
<http://orcid.org/0000-0002-9836-6646>

Ігор Нікора

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків
<http://orcid.org/0000-0002-8891-2121>

Владислав Шульга

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків
<http://orcid.org/0009-0008-8981-3214>

Анотація. *Визначається ключова роль засобів автоматизації Повітряних Сил Збройних Сил України в російсько-Українській війні. Проаналізовано що несприятливі фактори оточуючого середовища ведуть к поступовій деградації електронних компонентів, та нестійкої роботи обчислювальних систем. Пропонується впровадження цифрового модуля для моніторингу за ключовими електричними показниками, що допоможе скоротити відмови за рахунок завчасного попередження про погіршення експлуатаційних властивостей систем.*

Ключові слова: *засоби автоматизації, програмно-апаратні комплекси, технічний стан обладнання, цифровий модуль відстеження та попередження.*

Як показала практика, в сучасній війні ключову роль відіграють засоби повітряного нападу (ЗПН). Статистика використання російською федерацією ЗПН ударного типу вражає: тільки за 1 масований ракетно-дроновий удар в ніч на 29 червня 2025 року агресор задіяв проти України 537 повітряних цілей!

Якщо б більшість із використаних ЗПН досягали б своїх цілей – наслідки їх використання були б жахливими. На щастя, завдяки широкому використанню засобів автоматизації (ЗА) різного типу в процесі бойової роботи Повітряні Сили Збройних Сил України (ПС ЗСУ) ефективно протидіють повітряним атакам російської федерації використовуючи ешелоновану протиповітряну оборону, яка в процесі своєї роботи постійно модифікується та удосконалюється. Відсоток успішного збиття ударних БПЛА перевищує 82%, а ракет різного типу – 60%.

В ПС ЗСУ використовують різні автоматизовані системи управління (АСУ) [1]. Більшість сучасних засобів автоматизації виконані у вигляді програмно-апаратних комплексів (ПАК). ПАК – це набір апаратних (технічних) та програмних засобів, які працюють сумісно для вирішення визначених задач. ПАК мають дві частини: апаратну і програмну. Апаратна та програмна складові засобів автоматизації (ЗА) мають різний ступень надійності та стійкості до впливу зовнішніх факторів. Добре налагоджена та протестована програмна частина, при справності апаратної складової, в роботі стабільна і з часом її показники не змінюються і не залежать від факторів оточуючого середовища та впливу зовнішніх сил. Апаратна складова, навпаки з часом схильна до погіршення своїх властивостей через складні процеси старіння матеріалів. Фактори оточуючого середовища докорінно впливають на властивості апаратної частини: високі та низькі температури та особливо їх різкі перепади; надмірна вологість, сонячне випромінювання, удари та вібрації, статична електрика, нестабільність зовнішньої напруги живлення, короточасні імпульсні завади природного та штучного походження [2].

В якості прикладу розглянемо, як змінюються електричні параметри радіоелектронних компонентів від температури оточуючого середовища.

Електричний опір провідника зазвичай описується співвідношенням (1):

$$R = R_0 \times (1 + \alpha \Delta T), \quad (1)$$

де R – опір при даній температурі T ;

R_0 – опір при опорній температурі T_0 ;

α – температурний коефіцієнт опору матеріалу;

ΔT – різниця температур ($T - T_0$).

Співвідношення (1) показує, що з підвищенням температури опір провідника зростає з лінійною залежністю від температури. Підвищення електричного опору провідника при значних токах буде призводити до того, що падіння електричної

напруги на такому провіднику буде вище, чим розраховувалося, а реальна напруга в кінцевій точці, навпаки менша, ніж розрахункова.

Але із зміною температури оточуючого середовища змінюється не тільки опір окремих провідників чи резисторів, але і інші параметри компонентів схеми. Ці зміни комплексні та залежать від багатьох факторів: тип електронного компоненту, матеріалу із яких цей компонент виготовлений, схеми підключення, тощо. Геометричні розміри матеріалів, такі як довжина, товщина, перетин та інші помітно змінюються із зміною температури. Зміна лінійних розмірів, в свою чергу призводить і к зміні електричних параметрів компонентів, в яких ці матеріали використовуються. Найбільш схильними до такого впливу є моточні елементи (трансформатори, котушки індуктивності, дроселі) та конденсатори.

Найважливішим та спільним компонентом обчислювальної системи, в якому використовуються дискретні електронні компоненти різного типу у великій кількості, є блок живлення (БЖ). Всі, без винятку функціональні вузли ПАК потребують електричної енергії для своєї роботи, та отримують її від блоку живлення. Нестабільність вихідної напруги блоку живлення викликає різноманітні проблеми у функціонуванні всіх пристроїв: від перегріву електронних компонентів до збоїв у роботі вузлів апаратної складової ЗА, чи навіть виходу їх із ладу взагалі. Так наприклад, напівпровідникові елементи остаточно виходять із ладу при перевищенні напруги живлення більш ніж на 0,6 В! При зниженні напруги нижче певного рівня деякі схеми взагалі перестають працювати чи працюють зі значно меншою продуктивністю.

Другий важливий параметр якості напруги живлення величина пульсацій. Пульсації – це залишкові періодичні зміни напруги постійного струму із за неповного придушення змінної форми сигналу після випрямлення. Коли амплітуда пульсацій перевищує певний рівень – обчислювальна система починає працювати з перебоями. Характер збоїв носить хаотичний порядок, тому що амплітуда і форма пульсацій та короточасні зниження напруги живлення в піках енергоспоживання викликає, як правило збільшення обчислювальної роботи, що важко передбачити чи прогнозувати.

Для попередження непередбаченого виходу із ладу ЗА, пропонується контролювати параметри напруги живлення, які виробляє БЖ за допомогою спеціального цифрового модуля моніторингу та виявлення аварійних режимів роботи у системах (далі цифровий модуль попередження). Передбачається вбудовувати такий модуль в склад апаратної частини автоматизованого робочого місця ЗА для завчасного попередження про аварійні режими роботи [3].

Ядром цифрового модуля попередження є мікроконтролер. Це дозволяє, при необхідності змінювати функціонал цифрового модуля шляхом модифікації програмного забезпечення, не змінюючи апаратну платформу [4].

Схема складових, та їх електричних з'єднань в цифровому модулі попередження наведена на рисунку 1.

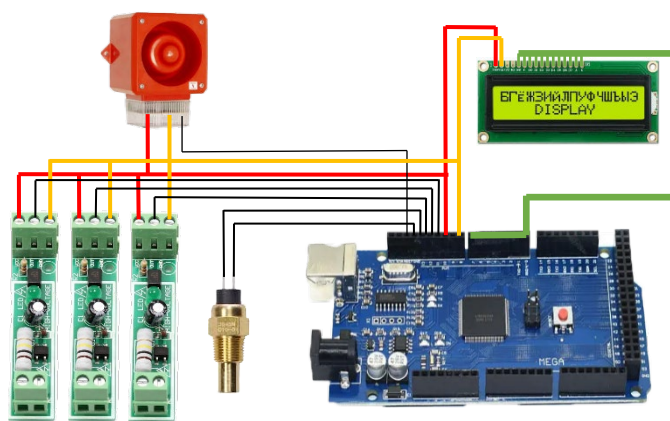


Рис. 1. Схема електричних з'єднань цифрового модуля оповіщення
Джерело: розроблено авторами.

Цифровий модуль попередження в своєму складі має наступні елементи: модуль мікроконтролеру, рідкокристалічний дисплей, систему оповіщення, датчик температури та три датчика напруги для контролю напруги, яку виробляє БЖ (3,3 В., 5 В., 12 В.). Усі функціональні можливості модуля реалізовані за допомогою вбудованого в мікроконтролер програмного забезпечення.

Впровадження цифрового модуля попередження дозволяє суттєво знизити вірогідність раптової відмови апаратної складової обчислювальної системи, а як слід і самого КА за рахунок своєчасного попередження обслуговуючого персоналу про погіршення параметрів складових обчислювальної системи. Особливо це стосується обчислювальної техніки яка знаходиться в експлуатації тривалий час, чи працює в важких умовах експлуатації.

Список використаних джерел

1. Хмелевський С. І., Королюк Н. О. Основи технічної експлуатації АСУ : навч. посіб. Харків : ХНУПС, 2023. с.18 – 111.
2. Аль-Амморі А. Елементи теорії надійності та інформаційної безпеки комп'ютеризованих систем. Київ : Ліра-К, 2024. 282 с..
3. Буданов П.Ф., Бровко К.Ю. Повышение надежности управления технологическим процессом энергообъекта способом выявления аварийных признаков в нештатных режимах функционирования на основе метода фрактального обнаружения. Системи обробки інформації: Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2016. №4 (49). С. 80-85
4. Twomey Jerry. Applied Embedded Electronics: Design Essentials for Robust Systems. 1st Edition. O'Reilly Media, 2024. 596 с.