УДК 621.398:681.518.5:623.4

Д. В. Мукосій, В. О. Новічков

РОЗРОБКА БАГАТОКАНАЛЬНОЇ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ АДМІНІСТРУВАННЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КЗА В ХОДІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Анотація. *Розглянуто проблему контролю технічного стану комплексів засобів автоматизації (КЗА) пунктів управління в ході їх функціонування. Показано недоліки чинної планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та вплив тривалості відновлення на коефіцієнт готовності КЗА. Запропоновано структуру багатоканальної телеметричної системи, яка забезпечує безперервний збір апаратних, програмних, мережевих, енергетичних параметрів і параметрів середовища, їх централізовану обробку, виявлення передвідмовних станів та віддалене адміністрування елементів КЗА.*

Ключові слова: *комплекс засобів автоматизації, технічний стан, телеметрія, коефіцієнт готовності, технічне обслуговування.*

Annotation. *The problem of monitoring the technical condition of automation equipment complexes (AEC) of command posts during their operation is considered. The shortcomings of the current scheduled preventive maintenance system and the influence of restoration time on the AEC availability are shown. A structure of a multichannel telemetry system is proposed that provides continuous collection of hardware, software, network, power and environmental parameters, their centralized processing, detection of pre-failure states and remote administration of AEC elements.*

Keywords: *automation equipment complex, technical condition, telemetry, availability, maintenance.*

Комплекси засобів автоматизації є технічною основою автоматизованих систем управління авіацією та протиповітряною обороною. До їх складу входять сервери та автоматизовані робочі місця (АРМ) посадових осіб, мережеве обладнання, апаратура передачі даних, засоби зв'язку та електроживлення. КЗА функціонують цілодобово в режимі бойового чергування, часто в обмежених приміщеннях, сховищах або кузовах з недостатнім обміном повітря. Відмова навіть одного елемента може призвести до втрати або запізнення даних про повітряну обстановку та зниження боєздатності пункту управління.

Чинна система технічного обслуговування КЗА має переважно планово-попереджувальний характер: технічний стан перевіряється в установлені строки, значною мірою вручну, а наявні засоби автоматичного функціонального контролю потребують постійної уваги оператора [1, 2]. Між перевірками технічний стан фактично не контролюється, поступова деградація елементів (перегрівання, зношування накопичувачів, старіння акумуляторів) виявляється лише після відмови, а пошук несправності в розподіленому комплексі потребує значного часу.

Готовність КЗА до застосування характеризується коефіцієнтом готовності, який для усталеного режиму експлуатації визначається як [3, 4]

$$K_{\text{г}} = \frac{T_0}{T_0 + T_{\text{в}}}, \tag{1}$$

де T_0 – середнє напрацювання між відмовами; $T_{\text{в}}$ – середній час відновлення. Без урахування організаційних і логістичних затримок час відновлення складається з часу виявлення відмови, пошуку (локалізації) несправності, її усунення та перевірки працездатності [3]:

$$T_{\text{в}} = t_{\text{вияв}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{усун}} + t_{\text{перев}}, \tag{2}$$

За планово-попереджувального обслуговування складові $t_{\text{вияв}}$ і $t_{\text{лок}}$ можуть бути значними. Отже, за незмінної надійності обладнання коефіцієнт готовності КЗА можна підвищити саме за рахунок їх скорочення, тобто шляхом безперервного автоматизованого контролю технічного стану, що відповідає концепції обслуговування за фактичним станом [5, 6].

Метою роботи є підвищення оперативності та достовірності контролю технічного стану КЗА в ході функціонування шляхом розроблення багатоканальної телеметричної системи адміністрування.

Пропонована система має трирівневу структуру. На нижньому рівні дані про стан кожного елемента КЗА збираються за кількома незалежними каналами телеметрії (табл. 1).

Таблиця 1 – Канали телеметрії та контрольовані параметри КЗА

Канал телеметрії	Контрольовані параметри	Джерело даних / протокол
Апаратний	Температура процесорів і корпусу, напруги живлення, частота обертання вентиляторів, стан накопичувачів (S.M.A.R.T.)	Засоби самодіагностики серверів і АРМ (IPMI, Redfish)
Програмний	Завантаження процесора, оперативної пам'яті та дискової підсистеми, стан служб і процесів спеціального ПЗ, журнали подій	Програмні агенти на АРМ і серверах, syslog
Мережевий	Доступність вузлів, затримки та втрати пакетів, помилки й завантаження інтерфейсів, стан каналів зв'язку	Комутатори, маршрутизатори, апаратура передачі даних (SNMP)
Енергетичний	Напруга мережі живлення, стан і заряд акумуляторів ДБЖ	ДБЖ (SNMP), телеметричний модуль (АЦП)
Середовища	Температура та відносна вологість у приміщенні (кузові), точка роси	Мікроконтролерний телеметричний модуль з цифровими датчиками

Апаратний, програмний і мережевий канали використовують вбудовані засоби самодіагностики обладнання та стандартні протоколи, зокрема SNMP [7], що не потребує доопрацювання програмного забезпечення КЗА. Параметри середовища та електроживлення, які штатні засоби КЗА не контролюють, отримуються від окремих мікроконтролерних телеметричних модулів з цифровими датчиками температури й вологості та аналого-цифровим перетворювачем для вимірювання напруги живлення. Модулі розміщуються безпосередньо біля обладнання та передають дані на сервер моніторингу локальною мережею.

Надмірна вологість за зміни температури може спричинити конденсацію вологи на друкованих платах. Тому за даними двох каналів середовища розраховується точка роси за наближенням Магнуса [8]:

$$T_{\text{р}} = \frac{b \cdot \gamma}{a - \gamma}, \quad \gamma = ln\left(\frac{\varphi}{100}\right) + \frac{a \cdot T}{b + T}, \tag{3}$$

де T – температура повітря, °C; φ – відносна вологість, %; a = 17,625; b = 243,04 °C. Наближення температури обладнання або стінок кузова до точки роси є ознакою небезпеки конденсації.

На середньому рівні дані передаються на сервер моніторингу основною локальною мережею, а для критичних елементів додатково резервним каналом. У разі втрати зв'язку дані буферизуються та передаються після його відновлення, а сама втрата зв'язку з модулем фіксується як подія.

На верхньому рівні сервер моніторингу зберігає телеметрію, виконує допускове оцінювання й трендовий аналіз параметрів, відображає стан КЗА на мнемосхемі, сповіщає чергового адміністратора та веде журнал подій. Стан кожного елемента класифікується за трьома рівнями: «норма» – параметри в допустимих межах; «попередження» – перехід попереджувального порогу або стійка негативна тенденція; «аварія» – перехід граничного порогу, відмова або втрата зв'язку. Для параметрів, що змінюються поступово, за трендом оцінюється час до досягнення граничного значення, що дозволяє виявити передвідмовний стан і замінити елемент заздалегідь. Фільтрація короткочасних викидів і групування пов'язаних подій зменшують кількість хибних сповіщень.

Функція адміністрування дозволяє виконувати віддалено перезапуск служб і АРМ, перемикання на резервне обладнання та канали зв'язку, керування живленням. Усі команди виконуються лише після підтвердження адміністратором і журналюються, а обмін телеметрією захищається автентифікацією та шифруванням (SNMPv3). Водночас аномалії в телеметрії, наприклад нетипове завантаження ресурсів чи несанкціонований перезапуск служб, можуть слугувати додатковою ознакою кібератаки.

Таким чином, багатоканальна телеметрична система адміністрування забезпечує безперервний контроль технічного стану КЗА в ході функціонування, скорочує час виявлення та локалізації несправностей, а отже, підвищує коефіцієнт готовності комплексу та створює основу

для переходу до технічного обслуговування за фактичним станом. Подальші дослідження спрямовані на обґрунтування порогових значень контрольованих параметрів, програмну реалізацію серверної частини та експериментальну оцінку зменшення часу відновлення.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994.
2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994.
3. IEC 60050-192:2015. International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability. Geneva : IEC, 2015. URL: https://www.electropedia.org.
4. IEC 61703:2016. Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms. Geneva : IEC, 2016.
5. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines. Geneva : ISO, 2018.
6. Jardine A. K. S., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing. 2006. Vol. 20, No. 7. P. 1483–1510.
7. Harrington D., Presuhn R., Wijnen B. An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks : RFC 3411. IETF, 2002.
8. Alduchov O. A., Eskridge R. E. Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure. Journal of Applied Meteorology. 1996. Vol. 35, No. 4. P. 601–609.

Мукосій Дарина Вадимівна – курсант Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків , e-mail: darinamukosij@gmail.com ORCID https://orcid.org/0009-0009-1204-7168

Новічков Валентин Олександрович – підполковник, старший викладач кафедри 401 Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків, e-mail: 707035@gmail.com ORCID https://orcid.org/0000-0003-0113-1849

Daryna Vadymivna Mukosii – cadet, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: darinamukosij@gmail.com ORCID https://orcid.org/0009-0009-1204-7168

Valentin Oleksandrovych Novichkov – Lieutenant Colonel, Senior Lecturer of Department 401, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: 707035@gmail.com ORCID https://orcid.org/0000-0003-0113-1849