

М.М. Мартиш, Є.В. Бабак

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОІНДИКАТОРНИХ ФАРБ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНУВАЧІВ

Представлено аналіз можливості використання термоіндикаторних фарб для оцінки технічного стану електричних з'єднувачів на авіаційній техніці Повітряних Сил Збройних Сил України. Визначено основні напрямки використання термоіндикаторних фарб на електричних з'єднувачах. Поставлені задачі базуються на необхідності проведення аналізу та узагальнення отриманих даних щодо необхідності використання термоіндикаторних фарб. У відповідності сучасним умовам бойового застосування авіації Збройних Сил України використання термоіндикаторних фарб дозволить прискорити проведення підготовок на авіаційній техніці та вжити відповідних заходів щодо підвищення живучості повітряних суден в сучасних умовах.

Ключові слова: термоіндикаторні фарби, електричні з'єднувачі, датчики температури, технічний стан, контактні пристрої, відмова.

Вступ

Електричний з'єднувач (ЕЗ) представляє собою електромеханічний пристрій, який призначений для механічного з'єднання роз'єднання різних електричних ланцюгів вручну. До основних частин з'єднувачів відносяться контакти, ізолятори, деталі корпусу, а також затискні елементи. Як правило, електричні з'єднувачі мають парні компоненти (розетку і вилку). Розетка має втоплені і захищені від випадкового торкання людиною контакти, а вилка – виступаючі з ізольованого корпусу.

У високовольтних з'єднувачів живлення розетка монтується на джерелі струму, а вилка на споживачі. У приладах з низькою напругою живлення, як правило блок живлення закінчується шнуром зі штекером, конструктивно захищеним від короткого замикання при контакті з оточуючими предметами з провідникових матеріалів, а на корпусі приладу змонтоване гніздо. Сигнальні з'єднувачі на корпусах приладів виконуються у вигляді розеток (гнізд), а комутація відбувається з допомогою кабелів окільцьованих вилками (штекерами). Існують з'єднувачі, що містять в одній частині як штиркові, так і гніздові контакти [1].

Постановка проблеми. На літальних апаратах використовується широке коло електричних з'єднувачів, наприклад: 2РГ, 2РМД, РС та інші. Проблема вимірювання температури на ЕЗ являється однією із актуальних, адже нерідко вони відмовляють саме через проблеми температурних коливань. Термоіндикаторні фарби порівняно новий, але вже введений в практику, метод вимірювання температури, заснований на зміні кольору фарби. Вони дозволяють швидко і точно контролювати теплові коливання в широких температурних межах. Застосування термоіндикаторних фарб не потребує складних операцій і дорогого обладнання.

Метою статті є проведення аналізу та узагальнення даних щодо можливості використання термоін-

дикаторних фарб для оцінки технічного стану електричних з'єднувачів, що, в свою чергу, дозволить виконати кроки щодо вдосконалення швидкості роботи інженерно-технічного складу та вжити заходів, щодо підвищення надійності авіаційної техніки (АТ).

Аналіз останніх публікацій свідчить, що сучасні умови потребують отримання більшої інформації про деталі роботи тих чи інших агрегатів, механізмів, блоків за менші періоди часу. Відсутність цих даних часто призводить до збільшення часу на підготовку повітряного судна до виконання поставленого завдання [2–6].

Виклад основного матеріалу

Термоіндикаторні фарби називаються речовини, що змінюють свій колір при певній температурі. Існує три основних види термоіндикаторних фарб:

- а) композиції, що змінюють колір при досяганні, так званої критичної або температури переходу;
- б) композиційні, що плавляться при певній температурі;
- в) люмінесційні композиції, яскравість або колір світіння яких залежить від температури.

До першого виду відносяться спеціальні покриття, що включають термочутливі пігменти.

До другого виду відносяться олівці, лаки, таблетки і т.д., що містять компоненти, при плавленні яких вони стають прозорими.

До третього виду відносяться люмінофори, які або є «гаснучі» при певній температурі, або їх яскравість і колір світіння залежить від температури.

Змінення кольору термоіндикаторних фарб при температурі переходу проходить за рахунок тої або іншої хімічної взаємодії компонентів. Вони змінюють колір термоіндикаторів, можуть проходити швидко (майже миттєво), або повільно, зворотно або не зворотно.

Колір і температура переходу залежать від хімічного складу термоіндикаторів. Підібравши хімі-

чний склад, можна практично задати будь-яку температуру переходу термоіндикаторів в діапазоні від 40 до 1000°С [7].

Основним хімічним перетворенням, що обумовлюють зміну кольору, є реакція дегідратації, термічного розпаду. Термоіндикатори, змінюючи кристалічну структуру, відносяться до термохімічних, так як не має сенсу видавати їх за окремих тип [8].

Термоіндикатори, у яких змінюється колір зашований на зміні кристалічної структури і рН, являються зворотними. Зміна кольору являється кристерієм при зміні температури термоіндикаторів.

$$\Delta\theta_{\text{конт}} = \frac{U_{\text{конт}}^2}{8\lambda\rho},$$

де $\Delta\theta_{\text{конт}}$ – перевищення температури в області стищення контактів, К; $U_{\text{конт}}^2$ – квадрат спадання напруги на перехідному опорі, В; λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м³); ρ – питомий електричний опір Ом·м.

Об'єктивну оцінку кольору можна отримати в результаті колірних вимірів. Тому коротко зупинимося на деяких питаннях колориметрії. Випромінювання з довгими хвилями від 380 до 770 нм. електромагнітного спектра – видиме. Кожній видимій хвилі видимого випромінювання відповідає свій колір це добре видно з графіка на рис. 1 [9].

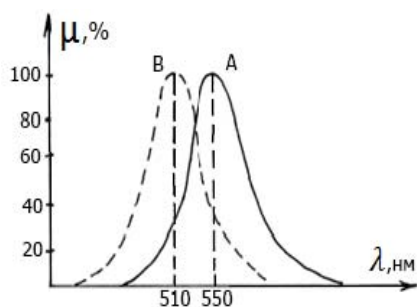


Рис. 1. Крива спектральної чутливості нормального ока

Вплив температури на електричні з'єднувачі

Надійність контактних пристроїв залежить від часу та умов роботи, кількості перемикань, які в багатьох випадках за заданий інтервал часу регламентувати складно, тому що воно визначається особливостями апаратів, у якій використовується контактний пристрій. Відмови при тривалій роботі звичайно відбуваються в результаті механічних впливів або різкої зміни температури, і з деякою умовністю можна користуватися характеристиками з урахуванням їх зміни при зовнішніх впливах. Велику роль на надійність електричних з'єднувачів має чутливість контактів.

$$S = \frac{dR}{d\theta} = R_0\alpha,$$

де S – чутливість контакту; R – опір контакту, Ом; θ – температура, °С; R_0 – опір при 0°С, Ом; α – температурний коефіцієнт електричного опору, К⁻¹.

Оцінюючи конструкцію будь-якого контактної пристрою, необхідно визначити ті відхилення контактної натискання, які для нього характерні. Це можна зробити, здійснивши статистичні випробування з більшою кількістю виготовлених контактних пристроїв. Обробка результатів цих випробувань дозволить одержати щільність розподілу, середнє значення й середньоквадратичне відхилення контактної натискання. Для зменшення витрат доцільно оцінити імовірнісні характеристики контактної натискання на етапі розрахунку й розробки контактної пристрою для того, щоб можна було внести заздалегідь необхідні зміни в конструкцію [10].

У зв'язку з наявністю відхилень у контактному натисканні й зміні стану поверхні можуть спостерігатися відмови [11]. Відмови в контактних пристроях можуть бути наступних видів:

а) раптові (поломка); для правильно сконструйованого пристрою вони великого значення не мають, крім випадків роботи при значних механічних впливах;

б) із стійким порушенням контакту, що може мати місце при значному зменшенні контактної натискання, сильної корозії поверхні контактної матеріалу в результаті впливу агресивного середовища, при сильно вираженій ерозії та такому порушенні регулювання механізму, що здійснює рух, при якому не відбувається зіткнення контакт-деталей. Такі відмови зустрічаються порівняно рідко.

в) перемикачі, коли контакти тільки при окремих з'єднаннях (перемиканнях) порушуються повністю або здійснюються з більшим перехідним опором. Цей вид відмови передус, як правило, повний (стійкий) відмові контактної пристрою й має велике значення, тому що навіть одна відмова на тисячу перемикачів позначається на надійності всіх блоків [13].

Кількість перемикачів, на який розрахований контактний пристрій, іноді змінюється. Воно міняється від 100...300 для приладових з'єднувачів до декількох мільйонів для деяких типів реле й до 100 млн. – для герконів. Можна відзначити два характерних випадки співвідношення між кількістю перемикачів і часом функціонування [14].

Відмови звичайно відбуваються в результаті механічних впливів або різкої зміни температури. У цьому випадку з деякою умовністю можна користуватися λ – характеристиками з урахуванням їх зміни при зовнішніх впливах [15].

На рис. 2 даний приклад залежності $\ln(\lambda_T/\lambda_0)$ від температури, де λ_0 інтенсивність відмов при номінальних умовах.

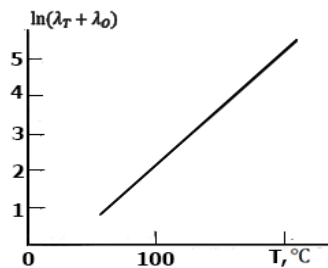


Рис. 2. Залежність $\ln(\lambda_T/\lambda_0)$ від T С 0

На рис. 3 наведена залежність λ_B/λ_0 від механічних впливів, що характеризуються прискоренням вільного падіння g . Такий хід залежностей може бути пояснений тим, що в статичному положенні контактуючі поверхні щільно прилягають один до одного, не піддаючись корозії, і спостерігається стійкий контакт. При наявності механічних впливів і зміни температури мають місце механічні деформації й відносне переміщення контакт-деталей, змінюються умови, при яких відбувається контакт. У результаті він може порушитися [11].

Висновки

Проаналізувавши можливості використання термоіндикаторних фарб, дослідивши їхні характе-

ристики, класифікацію, області їх застосування. Пропонується застосовувати термоіндикаторні фарби на літальних апаратах, а саме для оцінки технічного стану електричних з'єднувачів.

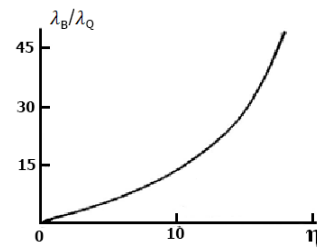


Рис. 3. Залежність λ_B/λ_0 від g

Проведений аналіз свідчить про можливість застосування термоіндикаторних фарб в якості датчиків температури. Застосування їх дозволить запобігти відмовам внаслідок перегріву і продовжити термін служби електричних з'єднувачів.

Щорічно на авіаційній техніці Повітряних Сил близько 19 електричних з'єднувачів відмовляють через порушення з'єднання [12]. Причиною чого являється багаторазове перевищення температури на контактах з'єднувача. Використання термоіндикаторних фарб звело б дане число до мінімуму. Вважаємо за доцільне впровадження термоіндикаторних фарб на літальних апаратах для оцінки технічного стану електричних з'єднувачів.

Список літератури

1. Лярьський В.Ф. Электрические соединители / В.Ф. Лярьський, О.Б. Мурадян. – М.: ЛИТКОН, 2008. – 273 с.
2. Шамко С.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / С.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 15-18.
3. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2 – С. 19-25.
4. Онипченко П.М. Напрямки підвищення оперативності і якості бойової підготовки льотного складу авіації Повітряних Сил Збройних Сил України / П.М. Онипченко, М.А. Павленко, О.І. Тимочко // Системи обробки інформації. – 2016. – № 3. – С. 264-266.
5. Альравашдех Б. Проблемы стандартизации в области динамических измерений / Б. Альравашдех, М.П. Сергиенко // Системи обробки інформації. – 2016. – № 6. – С. 7-12.
6. Організаційно-методичні вказівки з підготовки Повітряних Сил Збройних Сил України. – Управління бойової підготовки ПС ЗС України, 2016. – 121 с.
7. Абрамович Б.Г. Термоіндикатори і їх застосування / Б.Г. Абрамович. – Київ, 2011. – 52 с.
8. Абрамович Б.Г. Цветовые индикаторы температуры / Б.Г. Абрамович, В.Ф. Картавцев. – М.: Энергия, 2010. – 37 с.
9. Pepe U.M. Photochem. Photobiology / U.M. Pepe, 2009. – P. 1-10.
10. Петровський М.В. Електроосвітлення / М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2012. – 26 с.
11. Asme M. Reference Designations for Electrical and Electronics Parts and Equipment, Fairfield, NJ., 2008. – 55 p.
12. Байдак Ю.А. Бойовий досвід застосування військових частин та підрозділів родів військ ПС ЗС України / С.С. Дроздов, В.В. Коваль, О.С. Котляр. – Вінниця: Командування ПС ЗС України. – 2015. – 153 с.
13. Fclane A. Positronic D-subminiature / A. Fclane. – 2013. – 25 p.
14. Robert S. Electrical Connector Handbook Theory and Applications / S. Robert. – McGraw Hill, ISBN 0-07-041401-7. – 2011. – Chapter 1. – 37 p.
15. Foreman C. Sound System Design. Handbook for Sound Engineers / C. Foreman. – Third Edition., Elsevier Inc., 2012. – P. 117-150.

References

1. Larsky, V.F. (2008), "Elektricheskie soediniteli" [Electrical connectors], LITKON, Moscow, 273 p.
2. Shamko, E.V. (2017), "Osnovni osoblyivosti zastosuvannya Povytryanih syl v suchasnyh umovah vedennya zbroynoyi borotby" [The main features of the use of the Air Force in the current conditions of armed struggle], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 2, pp. 15-18.

3. Alimpiev, A.M. and Pevtsov, G.V. (2017), "Osoblyvosti gibrydnoyi vijny RF proty Ukrayiny. Dosvid, shho otrymanyi Povitryanymy Sylamy Zbrojnyx Syl Ukrayiny" [The main features of the hybrid war of the Russian Federation against Ukraine. Experience received by the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2, pp. 19-25.

4. Onypchenko, P.M., Pavlenko, M. and Tomochko, O. (2016), "Napryamky pidvyshhennya operatyvnosti i yakosti bojovoyi pidgotovky lotnogo skladu aviatsiyi Povitryanymy Syl Zbrojnyx Syl Ukrayiny" [Ways to increase efficiency and quality combat training for pilots of aircraft Armed Forces Ukraine], *Information Processing Systems*, No. 3, pp. 264-266.

5. Alrawashdeh, B. and Sergienko, M.P. (2017), "Problemu standartyzatsiyi v oblasti dynamycheskyx yzmereniy" [The particular standardization issues in a field of dynamic measurements], *Information Processing Systems*, No. 6, pp. 7-12.

6. (2016), "Organizatsiyno metodichni vkazivku z pidgotovku Povitranuh Sul Zbroynux Sul Ykrainu" [Organizational and methodological instructions for the preparation of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine], Office of combat training of the Armed Forces of Ukraine, 121 p.

7. Abramovich, B.G. (2011), "TermoIndikator i yih zastosuvannya" [Thermoindicators and their application], Kyiv, 52 p.

8. Abramovich, B.G. and Karattsev, V.F. (2010), "Tsvetovyye indikatoriyi temperatury" [Color Temperature Indicators], Energy, Moscow, 37 p.

9. Pepe, U.M. (2009), *Photochem. Photobiology*, V. 48., pp. 1-10.

10. Petrovsky, M.V. (2012), "Elektroosvitleniya" [Electro-lighting], Sumy, SSU, 26 p.

11. Asme, M. (2008), Reference Designations for Electrical and Electronics Parts and Equipment, Fairfield, NJ., 55 p.

12. Baidak, Y.A., Drozdov, S.S., Koval, V.V. and Kotlyar, A.S. (2015), "Boyovuy dosvid zastosuvannya viyskovuh chasten ta pidrozdiliv rodiv viysk PS ZS Ykrainu" [Military experience of the use of military units and units of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine], Command of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, Vinnytsya, 153 p.

13. Fclane, A. (2013), *Positronic D-subminiature*, 25 p.

14. Robert, S. (2011), *Electrical Connector Handbook Theory and Applications*, McGraw Hill, ISBN 0-07-041401-7, chapter 1, 37 p.

15. Foreman, C. (2012), *Sound System Design. Handbook for Sound Engineers*, Third Edition., Elsevier Inc., pp. 117-150.

Надійшла до редколегії 24.01.2018

Схвалена до друку 17.04.2018

Відомості про авторів:

Мартиш Михайло Миколайович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6638-6335>

Бабак Євгеній Віталійович

курсант
Харківський національний університет
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2182-7798>

Information about the authors:

Mychailo Martysh

cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6638-6335>

Evgenij Babak

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2182-7798>

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОИНДИКАТОРНЫХ КРАСОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

М.М. Мартыш, Э.В. Бабак

Представлен анализ возможности использования термоиндикаторных красок для оценки технического состояния электрических соединителей на авиационной технике Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины. Определены основные направления использования термоиндикаторных красок на электрических соединителях. Поставленные задачи базируются на необходимости проведения анализа о необходимости использования термоиндикаторных красок. В соответствии современным условиям боевого применения авиации Вооруженных Сил Украины, позволит выполнить усовершенствование проведения подготовок на авиационной технике и принять соответствующие меры по повышению живучести воздушных судов в современных условиях.

Ключевые слова: термоиндикаторные краски, электрические соединители, датчики температуры, техническое состояние, контактные устройства, отказ.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USE OF THERMOMETERIAL PHARMS FOR EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL CONNECTORS

M. Martysh, E. Babak

The analysis of the possibility of using thermoindicating paints to assess the technical condition of electric connectors on the aircraft technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. The main directions of the use of thermo-indicating paints on electrical connectors are determined. The tasks set are based on the need for an analysis of the need for thermal indications. An electrical connector, is an electro-mechanical device used to join electrical terminations and create an electrical circuit. The connection may be temporary, as for portable equipment, require a tool for assembly and removal, or serve as a permanent electrical joint between two wires or devices. An adapter can be used to effectively bring together dissimilar connectors. The aircraft uses a wide range of electrical connectors, for example: 2RT, 2RMD, RS and others. The problem of measuring the temperature on the electrical connectors is one of the most urgent, because often they refuse precisely because of the problems of temperature fluctuations. In accordance with the current conditions of combat employment of aviation of the Armed Forces of Ukraine, it will allow accelerating the preparation of aircraft equipment and take appropriate measures to improve the survivability of aircraft in modern conditions.

Keywords: thermo-indicating paints, electrical connectors, temperature sensors, technical condition, contact devices, failure.