

УДК 656.71.628.984

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДИСТАНЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ ТА НАДІЙНІСТЬ СВІТЛОСИГНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СУЧАСНИХ АЕРОДРОМІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

С. С. Ільєнко, канд. техн. наук, доц.

Національний авіаційний університет

Один із шляхів підвищення рівня безпеки польотів повітряних суден цивільної авіації — це автоматизація категоризованих по міжнародній класифікації світлосигнальних систем аеродромів. Автоматизація забезпечується дистанційним управлінням світлосигнального обладнання з отриманням необхідної сигналізації про роботу системи та її окремих елементів відповідно до міжнародної нормативно-технічної документації на тип обладнання. Рівень надійності обладнання, що належить до складу автоматизованих систем управління світлосигнальними системами аеродромів, впроваджується на рівні проектування та виробництва основними фірмами-виробниками такого обладнання та відповідно до нормативно-технічної документації ІКАО. Проведений аналіз сучасних автоматизованих світлосигнальних систем аеродромів за допомогою програмованих логічних контролерів та управління за допомогою радіо засобів дав змогу визначити основні напрямки експлуатації світлосигнальних систем аеродромів та забезпечення безпеки польотів на аеродромах цивільної авіації.

Ключові слова: автоматизація, ІКАО, автоматизована світлосигнальна система аеродромів, обладнання підсистем світлосигнальної системи аеродромів, радіо засоби, програмований логічний контролер, надійність.

One way to improve the safety of civil aircraft - it Automation categorized by the International Classification of aerodrome lighting systems. Automation is provided by the remote control of lighting to give the necessary signal to the system and its individual elements, in accordance with international regulatory and technical documentation for the equipment type. The level of reliability of the equipment, which is part of the automated control systems of the aerodrome lighting system, implemented at the level of design and production of the main manufacturers of the equipment and compliance with ICAO specifications and technical documentation. The analysis of modern automated lighting systems airfields with the help of programmable logic controllers and control using radio resources allowed us to determine the main directions of operation of the aerodrome lighting systems and ensure the safety of civil aviation on the ground.

Keywords: automation, ICAO, automated lighting system airfields, equipment of the subsystems of the lighting systems airfields, radio systems, programmable logic controller, reliability.

Вступ

Однією з ланок ланцюга забезпечення безпеки та регулярності польотів є світлосигнальна система аеродромів (ССА). Саме ССА є єдиним джерелом візуальної інформації для екіпажу повітряних суден (ПС) на найбільш відповідальному етапі польоту.

Найвідповідальнішим етапом згідно зі статистикою є етап візуального пілотування. Найбільш відповідальний етап польоту взаємодія екіпажу з ССА, він залежить від умов дальності видимості, а також від погодних умов поблизу аеропорту. У зв'язку з цим, вимоги до характеристик надійності ССА, повинні відображати здатність виконувати необхідні функції протягом заданого проміжку часу в заданих умовах експлуатації, технічного обслуговування, зберігання і транспортування елементів обладнання ССА.

Надійність ССА регламентована ДСТУ України 2860-94 «Надійність техніки» та містить у себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість або певні поєднання цих властивостей.

Якість світлотехнічних характеристик ССА регламентовано низкою стандартів ІКАО [1; 2; 3], які спрямовані на забезпечення необхідного рівня електросвітлотехнічних характеристик (споживана потужність, яскравість, кольоровість, сила і інтенсивність світла та ін. Необхідний рівень безпеки і регулярності польотів ПС є однією з головних завдань, що стоять перед цивільною авіацією.

Постановка завдання дослідження

Дистанційне управління системою вогнів ССА для великих аеродромів є складними, правильне управління ними визначається атмосферними умовами, часом доби, а іноді й рекомендаціями пілотів, розташуванням і маневруванням кількох ПС, а також іншими роботами проведеними на льотному полі. Найбільшу інформацію відносно даних умов розташовують диспетчери управління повітряним рухом (УПР), тому більша частина органів управління аеродромними вогнями знаходиться на пульті дистанційного керування вогнями в аеродромному диспетчерському пункті і використовується диспетчерами УПР.

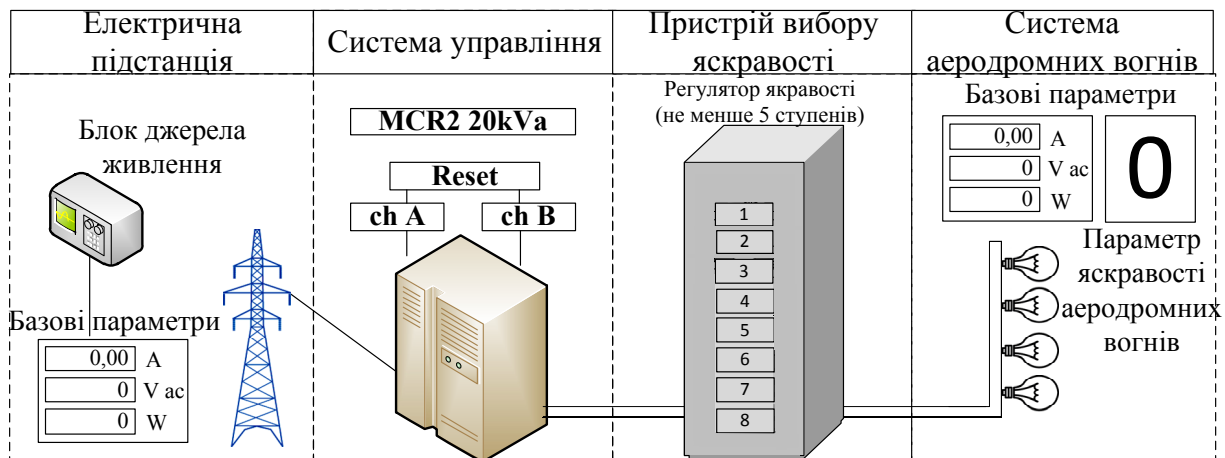


Рис. 1. Схема дистанційного управління системами аеродромних вогнів

Головний пульт управління зазвичай розміщують в аеродромному диспетчерському пункті на приладовій дошці або пульті керування вогнями. Цей пульт проектується так, щоб на ньому для оператора були перемикачі управління, індикаторні вогні роботи ланцюга та апаратура управління силою світла вогнів, а також відповідні елементи, які легко розпізнаються за всіх умов освітлення в пункті управління.

Для цього необхідно встановити перемикачі управління з позначеннями і перемикач рівня яскравості контрольної панелі для індикаторних ламп.

Стандартизована форма компоновки засобів управління і індикації дає низку переваг, і в даний час є тенденція до стандартних модульних схем пультів управління. Необхідно, щоб перемикачі та апаратура управління давали чітку індикацію робочого положення і були згруповані згідно з відповідними функціями та ланцюгами. Тип даних апаратури управління слід вибирати таким чином, щоб можливість їх випадкового перемикачання зводилася до мінімуму [1–3].

Вирішення завдання дослідження

Необхідний обсяг апаратури дистанційного управління світлосигнальним обладнанням визначається для кожного конкретного аеродрому, виходячи зі складу керованого технологічного устаткування. Згідно з нормативно-технічною документацією (НТД) апаратура керування світлосигнальним обладнанням повинна мати:

- апаратуру пунктів управління для світлосигнальних засобів, керування диспетчерами посадки і руління;
- апаратуру пунктів управління для світлосигнальних засобів, керування диспетчером старту;
- апаратуру контрольованих пунктів;

- мнемосхеми — у полі зору диспетчерів посадки, руління, які не повинні затінюватися іншим обладнанням;

- панелі оперативного управління в пультах диспетчерів посадки, руління, старту.

Для електроживлення та регулювання яскравості вогнів залежно від погодних умов використовують регулятори яскравості з мікропроцесорним управлінням. Здійснюється дистанційне управління всією світлосигнальною системою, автоматичний контроль роботи всіх її елементів за допомогою програмного забезпечення. Оператор може керувати включенням, відключенням і регулюванням яскравості вогнів залежно від ступеня яскравості системи посадки.

Для реалізації в аеродромі управління, моніторингу та сигналізації світлосигнальній системі потрібно реалізувати такі функції в пристроях системи:

- на рівні обладнання: пристрої світлосигнального обладнання і запобіжні пристрої злітно-посадкових та рулієвих смуг (AGL); регулятори яскравості TCR; радіонавігаційні установки і системи (ILS, DME, NDB); енергетичні системи; метеорологічні системи; запобіжні зони; резервні джерела живлення; віддалені об'єкти; взаємодія зв'язку (AFTN); служба точного часу; аварійні джерела за надзвичайних і аварійних ситуацій;

- на рівні умови роботи за всіх категорій видимості: протипожежна та аварійна сигналізація; зображення даних з навколишніх систем; передача даних у навколишні системи; аналіз даних для потреб CAT II і CAT III; архівація робочих та аварійних станів [4; 6].

Система дистанційного управління наземним аеродромним світлосигнальним обладнанням повинна забезпечувати видачу інформації на екрани команд і візуалізації (в приміщенні аеро-

дромного диспетчерського пункту, в приміщенні для технічного обслуговування і в двох приміщеннях підстанцій). Спеціалізована оптоволоконна мережа використовується для з'єднання комп'ютерів у приміщенні аеродромного диспетчерського пункту з комп'ютерами в приміщенні підстанції та інтерфейсними стійками, що містять програмовані логічні контролери, які встановлені на підстанції. На рис. 2 зображено моні-

торинг стану світлосигнальної системи, реалізовану фірмою ADB для аеродрому, сертифікованого по другій категорії ICAO. Управління всіма компонентами на підстанції здійснює програмований логічний контролер (ПЛК) типу Simatic S7. Бажано застосовувати два програмовані логічних контролера на кожній підстанції, які працюють в комбінації «головний/резервний», щоб забезпечувати резервування [6].

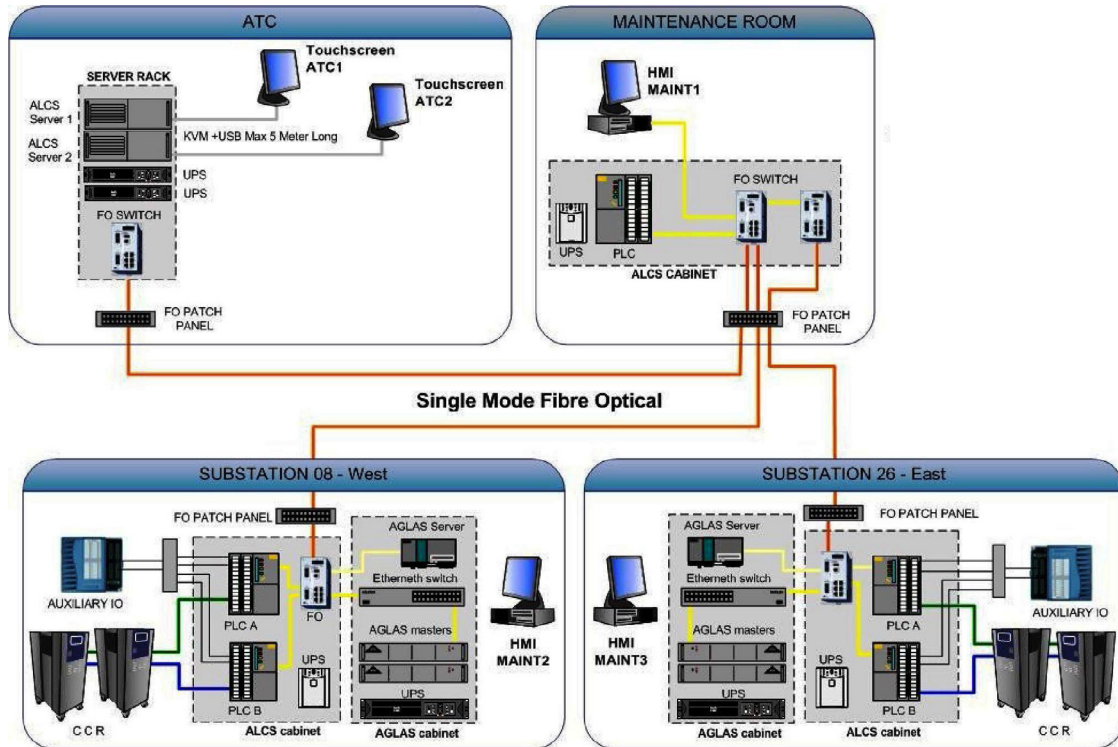


Рис. 2. Моніторинг стану світлосигнальної системи

Головні характеристики системи дистанційного керування:

- два комп'ютери людино-машинного інтерфейсу в аеродромному диспетчерському пункті, дозволяє уявляти стан обладнання системи з графічним відображенням;
- один комп'ютер людино-машинного інтерфейсу в приміщенні для технічного обслуговування, що дозволяє уявляти стан обладнання системи з графічним відображенням;
- один комп'ютер людино-машинного інтерфейсу в приміщенні кожної підстанції, дозволяє уявляти стан обладнання системи з графічним відображенням;
- волоконно-оптична кільцева мережа, що з'єднує різні місця один з одним;
- програмне забезпечення подано в модульному вигляді. Це дозволяє проводити модернізацію системи, оскільки кожен пристрій світлосигнального аеродромного обладнання розглядається як окремий об'єкт.

Розглянемо дистанційне керування з використанням радіозасобів. Засоби радіоуправління можуть забезпечувати управління інтенсивністю вогнів, а також вимкнення мереж вогнів. Даний метод управління дозволяє пілоту вибирати інтенсивність вогнів, та призводить до економії електроенергії, оскільки за відсутності необхідності система вогнів знаходиться у вимкненому стані. Є засоби радіоуправління для систем, що працюють у режимах «повітря–земля», «земля–земля» і комбінації систем «повітря–земля» і «земля–земля». Значна частина керуючого радіообладнання автоматично вимикає мережі вогнів за 15–60 хв після останнього встановлення радіозв'язку. Радіозасоби використовують для керування всіма вогнями ЗПС, рулівними вогнями РД, простими системами вогнів наближення, системами візуальної індикації глісади як окремими системами, так і певною комбінацією [5].

Для роботи в режимі «повітря–земля» в аеропорту встановлюють тільки приймач і декодер.

Сигнал увімкнення може складатися з короткої серії сигналів, які подають через мікрофон зв'язкового передавача ПС.

Надійність роботи підсистем вогнів та дистанційного керування підсистемами характеризується такими коефіцієнтами:

1. *Коефіцієнт готовності підсистеми аеродромних вогнів ССА* $K_{гПССА}$ у цілому розраховується як імовірність того, що підсистема електропостачання аеродромних вогнів у будь-який момент часу t буде знаходитися у працездатному стані, а підсистема аеродромних вогнів безвідмовно пропрацює на інтервалі часу від початку використання до t .

$$K_{гПССА} = K_{ГПЕАВ} \cdot P_{ПАВ}(t).$$

2. *Коефіцієнт готовності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів* $K_{гПЕАВ}$ розраховується, як імовірність застати підсистему електропостачання аеродромних вогнів у працездатному стані у будь-який час, не враховуючи час, спеціально відведений на проведення технічного обслуговування та ремонт.

$$K_{гПЕАВ}(t) = K_{гРЯ}^{N_{РЯ}}(t) \cdot P_{гВЗК}^{N_{ВЗК}}(t),$$

де $K_{гРЯ}$ — коефіцієнт готовності регулятора яскравості; $N_{РЯ}$ — кількість регуляторів яскравості у підсистемі електропостачання аеродромних вогнів; $P_{гВЗК}$ — імовірність безвідмовної роботи відрізків з'єднувального кабелю за час використання; $N_{ВЗК}$ — кількість відрізків з'єднувального кабелю у підсистемі аеродромних вогнів.

При цьому *коефіцієнт готовності регулятора яскравості* $K_{гРЯ}$ визначається за формулою:

$$K_{гРЯ}(t) = \frac{\lambda_{РЯ}}{\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ}} \cdot e^{-(\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ})t} + \frac{\mu_{РЯ}}{\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ}},$$

де $\lambda_{РЯ}$ — інтенсивність відмов регулятора яскравості; $\mu_{РЯ}$ — інтенсивність встановлення регулятора яскравості.

Значення $\lambda_{РЯ}$ та $\mu_{РЯ}$ можуть бути визначені за допомогою формул

$$\lambda_{РЯ} = \frac{1}{T_{ОРЯ}}; \quad \mu_{РЯ} = \frac{1}{T_{ВРЯ}},$$

де $T_{ОРЯ}$ — середній наробіток на відмову регулятора яскравості, год; $T_{ВРЯ}$ — середня тривалість відновлення регулятора яскравості, год.

За аналогічними формулами визначають *коефіцієнт готовності відрізків з'єднувального кабелю* $K_{гВЗК}$, тільки замість $T_{ОРЯ}$, $T_{ВРЯ}$ беруть відповідні значення $T_{ОВЗК}$, $T_{ВВЗК}$.

3. *Коефіцієнт неготовності* визначається за формулою:

$$K_{нгПССА} = 1 - K_{гПССА}.$$

Середній наробіток підсистеми ССА на відмову, $T_{ОПССА}$ як періодично обслуговуваної та відновлюваної системи визначається за формулою:

$$T_{ОПССА} = \frac{P_{ПССА}(t_{вук})}{Q_{ПССА}(t_{вук})} \cdot t_{вук}.$$

Під час використання підсистеми ССА за призначенням, відновлюваною є тільки підсистема електропостачання аеродромних вогнів, тому час аварійного відновлення $T_{В}$ працездатного стану підсистеми ССА дорівнює такому для підсистеми електропостачання аеродромних вогнів і може бути розрахований за формулою:

$$T_{В} = \frac{N_{ВЗК} \cdot \lambda_{ВЗК} \cdot T_{ВВЗК} + N_{РЯ} \cdot \lambda_{РЯ} \cdot T_{ВРЯ}}{N_{ВЗК} \cdot \lambda_{ВЗК} + N_{РЯ} \cdot \lambda_{РЯ}},$$

де $N_{ВЗК}$ — кількість відрізків з'єднувального кабелю; $N_{РЯ}$ — кількість регуляторів яскравості.

Висновок

Автоматизоване дистанційне управління ССА є одною з основних умов для виконання безпечних і регулярних польотів на етапі візуального пілотування в простих і складних метеоумовах на аеродромах цивільної авіації.

Рівень надійності обладнання, що належить до складу автоматизованих систем управління ССА, впроваджується на рівні проектування та виробництва основними фірмами-виробниками такого обладнання відповідно до нормативно-технічної документації ІСАО.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Руководство по проектированию аэродромов». Часть 4. Визуальные средства». Дос 9157. Издание четвертое. — 2004. AN/901 ICAO.
2. «Руководство по проектированию аэродромов». Часть 5. Электрические системы». Дос 9157. Издание первое. — 1983. AN/901 ICAO.
3. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. «Аэродромы. ICAO Том 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов». Издание шестое. — 2013.
4. LUCEBIT Светосигнальное оборудование Руководство по эксплуатации РЯ ССР.
5. Transcon Регулятор TCR.2.04-30. Установка обслуживание – сервис.
6. ADB Constant Current Regulators controlled by Thyristors Type TCR 5000 4-7,5-10-15-20-25-30-25kW Instruction Manual 74.6SF50 Thyristor Controlled Constant Current Regulator 40A, Commissioning and Maintenance Manual/ Siemens.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2016