

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Цифрова техніка/Електронні інструментальні системи»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)***

**за темою № 7 - Бортові інформаційні системи, електронні індикатори, система
індикації та сигналізації повітряних суден**

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання, протокол від 15.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Стуцанський Ю.В.

Рецензенти:

1. Заступник директора коледжу з навчальної та виховної роботи КЛК ХНУВС,
к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Шмельов Ю.М.
2. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної
техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.

План лекції

1. Основні принципи побудови бортових інформаційних систем.
2. Вимоги до бортових індикаторів.
3. Принцип дії рідиннокристалічних індикаторів.
4. Перспективні індикатори.
5. Модульна авіоніка

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті.

Основна література:

1. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.
2. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К. : НАУ, 2013. – 272 с.
3. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.
4. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.: НАУ, 2003. – 396с.

Допоміжна література:

1. Приладове обладнання та електронна автоматика літальних апаратів/ В.А. Антілаторов, М.М. Петренко, А.В. Статигін. – Х.:ХНУПС, 2017.-172с.
2. Єдині конспекти по АіРЕО Мі-2 на цикловій комісії.
3. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
4. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 13, 14)

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn2.pdf
2. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn3.pdf
3. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn1_ch2.pdf
4. http://aviadocs.net/RLE/Mi-2/CD1/RTO/Mi-2_RTO-75EP_ch2.pdf
5. http://aviadocs.com/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn4.pdf
6. http://www.aviadocs.net/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn1.pdf

7. http://flightcollege.com.ua/library/3_Mi_8_MTV_1_RTE%60_Kniga_4.pdf

Текст лекції

1. Основні принципи побудови бортових інформаційних систем

Бортова інформаційна система в загальному випадку складається з трьох підсистем: підсистем вимірювання і перетворення інформації, обчислювальної підсистеми і підсистеми відображення.

Перша з них, підсистема вимірювання і перетворення, здійснює прийом і вимір аналогових і дискретних сигналів (від тих систем і датчиків ЛА, які не мають власних засобів вимірювання і перетворення сигналів в цифрову форму), виконує попередню обробку цих сигналів, перетворення їх в цифровий послідовний код і передачу в такому вигляді в підсистему обробки для подальшого використання. Іноді підсистему вимірювання і перетворення виділяють в самостійну систему перетворення інформації.

Обчислювальна підсистема здійснює обробку всієї інформації, що надходить. Ця інформація надходить в обчислювальну підсистему як безпосередньо, так і через підсистему вимірювання і перетворення. Обчислювальна підсистема може бути побудована на основі бортових цифрових обчислювальних машин або містить спеціалізовані обчислювачі, які представляють собою ті ж БЦВМ, але усічені і пристосовані для виконання певних завдань.

Послеобработківсянеобхіднаяінформаціяпередаєтьсяізвичіслітельной підсистеми в підсистему відображення, завданням останньої є уявлення інформації екіпажу. Інформація може передаватися з підсистеми відображення екіпажу в візуальної, звукової або тактильної формі.

2. Вимоги до бортових індикаторів

Бортові інформаційні системи є тією частиною бортового обладнання, з якої пілоти безпосередньо взаємодіють. На основі їх інформації у пілота створюється уявна модель процесу управління, з якою він працює в ході своєї діяльності. Тому ефективне використання таких систем неможливо без розгляду при їх проектуванні всього комплексу відносин «людина-машина» (внашом випадку - «пілот-літальний апарат»). Взаємодія пілота з БІС можна уявити як взаємодію двох потужних інформаційних процесорів, людини і комп'ютера, що намагаються спілкуватися за допомогою інтерфейсу з вузькою смугою пропускання і з безліччю інших обмежень. Це спілкування відбувається за допомогою підсистем відображення інформації через органи зору, слуху, дотику (тактильно) і т.д. Пропускна здатність людини, „ бистродействие” його мозку гараздо нижче, ніж у сучасних БЦВМ. Так як змінити людську компоненту в системі «пілот-інформаційна система» важко, для створення ефективного інтерфейсу потрібно пристосовувати до пілота другу компоненту - бортові інформаційні системи. При

проектуванні яких необхідно знати і враховувати можливості і обмеження пілота. Розглянемо основні можливості людини, з точки зору сприйняття і обробки інформації.

3. Принцип дії рідиннокристалічних індикаторів

Кабінні індикатори, в даний час, в основному представлені рідкокристалічними індикаторами (РКІ). Які впевнено витіснили застарілі на електронно-променевих трубках (ЕПТ) по ряду причин:

- більш низька споживана потужність РКІ;
- менший час прогріву і готовності до роботи;
- набагато менші габаритні розміри (глибина) і вага РКІ;
- можливість, в подальшому, досягти необхідну для авіації яскравість 1200-1300кд / м², у РКІ 700-800кд / м², ЕЛТ 500кд / м² Даний параметр забезпечує читаність інформації в умовах сонячної засвіченості індикатора;
- якість зображення на РКІ при індикації статичної картини вище, ніж у ЕЛТ, хоча в динаміці виникає проблема, пов'язана з растровим способом побудови зображення - ступінчастість похилих ліній;
- більш висока надійність до віброперегрузкам і безпеку для людини по впливу електромагнітних випромінювань.

Принцип дії РКІ заснований на модуляції світла. Сама рідкокристалічна панель не є джерелом світла; вона лише пропускає через себе світло, ізлучаемий лампой підсвітки¹. Така панель являє собою шар рідкокристалічного матеріалу 3, укладений між двома скляними пластинами 2. З обох сторін до скляних пластин примикають поляризаційні фільтри⁵, кути поляризації фільтрів перпендикулярні. Світло від лампи підсвітки, проходячи через перший фільтр, поляризується, проходить через шар рідких кристалів і потрапляє на другий фільтр. Якщо РК матеріал не впливає на проходяще світло, той буде повністю поглинатися другим фільтром, так як кут поляризації другого фільтра перпендикулярний куту першого. Якщо ж ЖК матеріал змінить на 90 ° кут поляризації світла, той безперешкодно пройде через другий фільтр, так як в цьому випадку кути збігаються. Управління орієнтацією молекул РК матеріалу вироблюється за допомогою електродів⁶, як і знаходяться пообіч матеріалу. (рисунок 1).

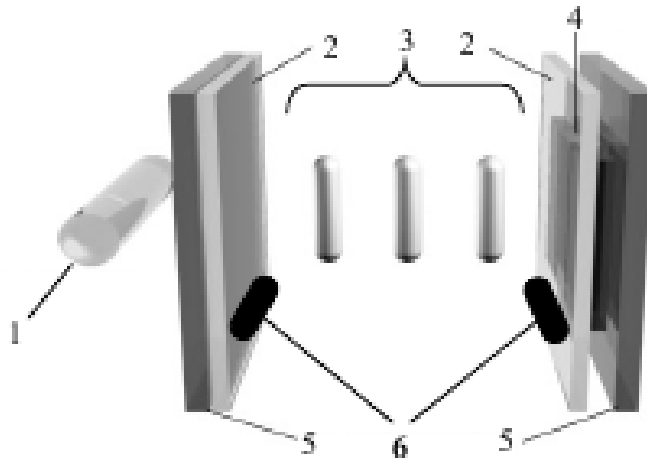


Рисунок 1 – Рідиннокристалічна панель

- 1- Джерело світла
- 2- Скляні пластини
- 3- Рідкі кристали
- 4- RGB- фільтри
- 5- Поляризаційні пластини
- 6- Електроди

Сітка електродів, нанесена на ЖК панель, розділяє рідиннокристалічних матеріал на матрицю пікселів, на кожен з яких може бути подано напругу відповідного стовпця і рядка сітки електродів.. Всі сучасні РКІ використовують панелі на активних матрицях (AMLCD). У такій панелі на її поверхню наноситься плівка, яка має сітку транзисторів, кожен з яких керує своїм пікселем зображення. В результаті чого поліпшуються чіткість і яскравість зображення, швидкість відображення так як зменшується час включення / вимикання пікселя виправляє взаємовплив сусідніх пікселів один на одного.

Світло від лампи (Рисунок 2) проходить через систему відбивачів, направляється через перший поляризаційний фільтр і потрапляє в шар рідких кристалів, контрольований транзистором; потім світло проходить через кольорові фільтри (як і в ІЕЛТ, кожен піксель матриці будується з трьох субпікселей різних кольорів - червоного, зеленого і синього). Транзистор складає електричне поле, що задає просторову орієнтацію рідких кристалів. Коли транзистор знаходиться у вимкненому стані, тобто не створює електричне поле, молекули рідких кристалів знаходяться в своєму нормальному стані, утворюючи спіраль. Кут поляризації проходить через них світлового потоку змінюється на 90 градусів. Оскільки кут поляризації другого фільтра перпендикулярно кутку першого, то проходить через

неактивний транзистор світло буде без втрат виходити назовні, утворюючи яскраву крапку, колір якої задається колірним фільтром. Коли транзистор генерує електричне поле, всі молекули рідких кристалів вибудовуються в лінії, паралельні кутку поляризації першого фільтра, і не впливають на що проходить через них світловий потік. Другий поляризаційний фільтр поглинає світло повністю, створюючи чорну крапку на місці однієї з трьох кольорних компонент.

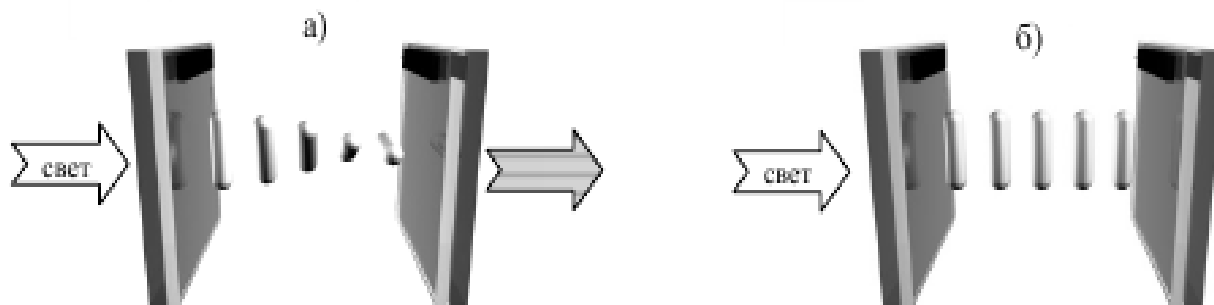


Рисунок 2- Робота рідиннокристалічного індикатору.

4. Перспективні індикатори

Перспективний індикатор повинен володіти підвищеними інтелектуальними здібностями, повинен мати меншу товщину, більш високу надійність. Відносно конкретних технічних характеристик перспективних індикаторів можна сказати наступне.

1) Діапазон кутів огляду повинен бути не менше 120° по горизонталі і 60° по вертикалі.

2) Щільність кольорових пікселів, яка у сучасних індикаторів становить 30-50 пікселів на 1 см (у окремих індикаторів - до 80), повинна бути збільшена до мінімум 50-80 піксель / см. Структура пікселя при такій щільності значення не має.

3) Яскравість зображення на індикаторі повинна бути регульована від 0,1 до 1200 кд / м². Досягнення верхньої межі поки ще може бути проблематично, яскравість зображення 750-800 кд / м² може розцінюватися як временноприемлемая. Неравномерність яскравості по полю екрану повинна бути не більше 30%. Перепади яскравості в сусідніх ділянках екрану повинні бути не більше 3%. Повинна забезпечуватися плавне регулювання яскравості - автоматична і ручна. Діапазон регулювання яскравості повинен бути в межах 10000: 1 - 40000: 1. Автоматичне регулювання повинна забезпечуватися при

освітленості в діапазоні від 100 до 100000 лк, повинна мати мале час відгуку і раціонально підібраний закон регулювання.

4) Яскравості контраст в умовах високої освітленості 100000 лк повинен бути не менше 0,82-0,87 (контрастність 6: 1 - 8: 1), при низькій освітленості 100 лк - не менше 0,98 (контрастність 50: 1).

5) Коефіцієнти відбиття повинні бути не більше: коефіцієнт дифузного віддзеркалення - 0,1%; коефіцієнт дзеркального відображення - 0,75%.

6) Індикатор повинен бути повнокольоровим, кількість градацій сірого для кожного з трьох основних кольорів має бути не менше 128.

7) Для інформації, використовуваної при ручному пілотуванні ЛА, частота оновлення на екрані повинна бути не менше 30 Гц, а запізнювання індикації (включаючи датчик), не повинна перевищувати еквівалентну постійну часу 100 мс. Частота регенерації зображення повинна бути не менше 60 Гц (якщо спосіб індикації вимагає регенерації).

8) Светловіддача індикаторів повинна збільшитися з нинішніх 5 лм / Вт до 20 лм / Вт.

9) При температурі навколишнього середовища до + 40 ° С індикатор повинен нормально працювати без примусового охолодження.

10) Індикатор повинен бути зручний в експлуатації: при використанні ламп підсвітки повинна бути передбачена можливість їх заміни в умовах експлуатації, мусить бути передбачена завантаження програмного забезпечення та баз даних безпосередньо на борту.

11) Індикатори, що встановлюються на військові ЛА, які будуть використовуватися поблизу землі, повинні бути сумісні з окулярами нічного бачення.

12) Для кожного окремого індикатора напрацювання на несправність (з урахуванням всіх елементів - підсвітки, підігріву і т.д.) повинна бути не менше 10000 ч.

5. Модульна авіоніка

Застосування поділу радіoeлектронних пристроїв авіоніки на LRU дозволяє розмішувати та створювати системи будь-якої складності, проте натеper LRU вже не відповідає потребам сучасної побудови систем. Кожна система на ПК розміщується, щонайменше в одному LRU. Кожен LRU – це певна комп'ютерна система, що потребує певної операційної системи та відповідного програмного забезпечення для функціонування. Збільшення кількості систем та підвищення їх функціональності створило передумови до перегляду концепції побудови LRU.

Інтегрована модульна авіоніка (Integrated Modular Avionics, IMA) – це принципово нова архітектура побудови систем авіоніки заснована на дуже щільній інтеграції функцій різних систем та блоків.

Інтегрована модульна авіоніка передбачає інтеграцію на блоковому та функціональному рівнях.

Інтеграція на блоковому рівні. Передбачає використання нових модулів авіоніки (LRM), що мають ще менші габаритні розміри порівняно з LRU. Модулі авіоніки розміщуються на спеціальній полиці для LRM (Integrated Rack – IR чи Cabinet) упритул один до одного (додаток, рис. Д3). Кожне місце, відведене для LRM, у IR обладнано стандартизованими механічними та електричними з'єднаннями, що дозволяє різним виробникам створювати взаємозамінні системи. IR – є універсальною полицею для LRM, оскільки на неї може бути встановлений LRM будь-якого розміру. Крім того, немає потреби в розміщенні у кожному блоці джерела живлення, оскільки всі сучасні мікропроцесорні пристрої потребують однакової напруги живлення. Тому достатнім є використання одного блока перетворення напруги для всіх LRM, розміщених на одній полиці. Позбавлення джерела живлення у кожному з блоків дозволяє не тільки зменшити загальну масу, а й підвищує гнучкість системи. Модулі LRM функціонально розділяються на модуль джерела живлення, обчислювач, модуль взаємодії та ін. (рис.3).

Інтеграція на функціональному рівні. Сучасні комп'ютерні системи дозволяють виконувати велику кількість обчислювальних функцій, що дає змогу об'єднувати різні системи в нові, які виконують функції декількох систем. Крім того, обчислювальний модуль однієї системи може виконувати обчислення для іншої; це дозволяє більш раціонально використовувати апаратні ресурси, розподіляючи обчислювальні операції між LRM.

Переваги застосування ІМА:

- значне зменшення габаритних розмірів систем авіоніки та їх загальної маси;
- більш економне витрачання енергії;
- розподіл ресурсів (один LRM джерела живлення для всієї полиці);
- стандартизовані розміри всіх блоків (висота та довжина однакові), що дозволяє не прив'язуватись до конкретного місця на полиці;
- концепція ІМА більш надійна, ніж застосування окремих LRU.

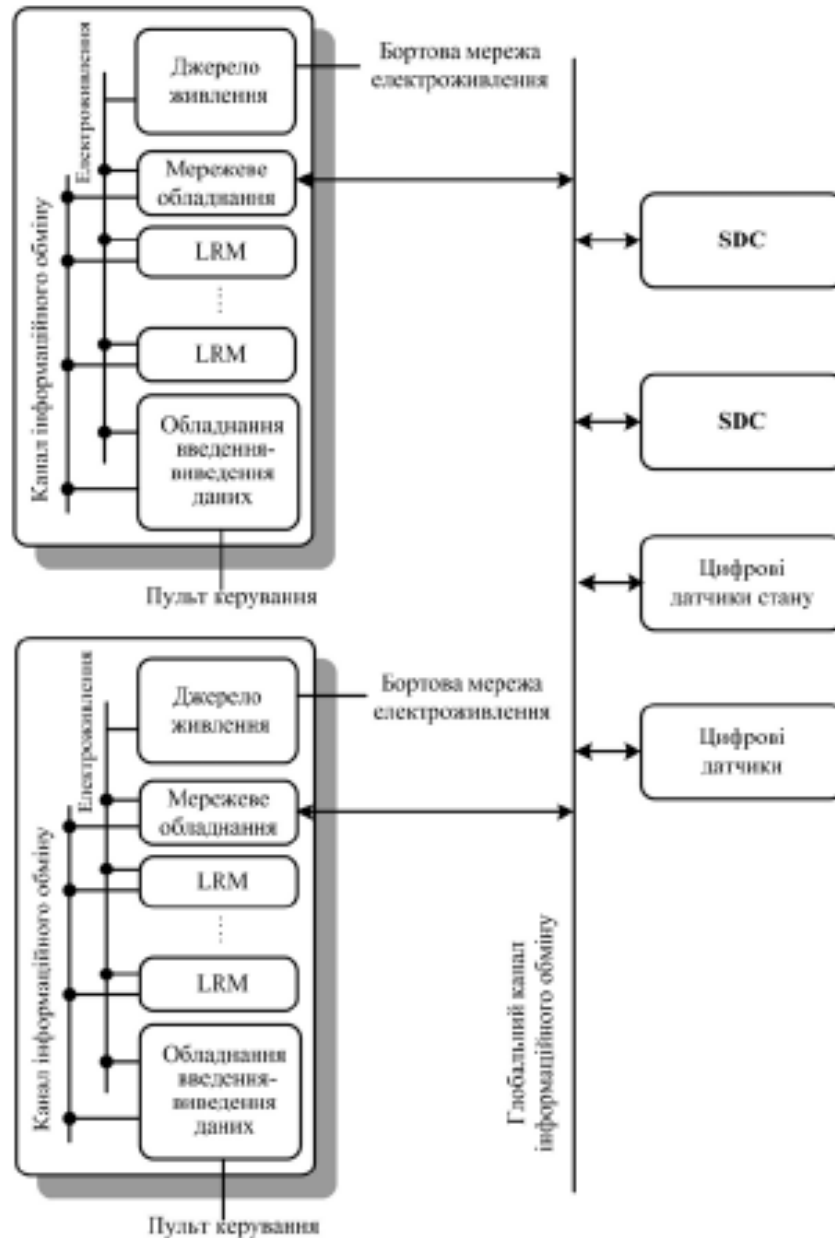


Рисунок 3 – Концепція модульної авіоніки

Концепція побудови ІМА може бути використана для побудови різного типу систем авіоніки та гарантувати високу надійність їх функціонування. Застосування ІМА є найкращим рішенням для розміщення великої кількості систем на одному ПК. Крім того, концепція ІМА спрямована на швидку модернізацію використовуваної техніки, що дуже важливо в умовах швидкого розвитку мікропроцесорної техніки та функціональності систем.

Під час побудови систем авіоніки за концепцією ІМА передбачається групування функцій певних та відповідних модулів у одній ІР (наприклад, обладнання зв'язку, навігації, спостереження, контролю двигуна і т. ін.).

Кожна ІР містить перетворювач напруги від бортової електромережі ПК до потрібного рівня, мережеве обладнання для передавання та приймання даних

через канал інформаційного обміну, обладнання введення – виведення даних, що забезпечує взаємодію з пультом керування та індикації відповідної системи і певну кількість LRM. Усі IR об'єднуються за допомогою мережевого обладнання у глобальну мережу інформаційного обміну між LRM ПК.

Певні цифрові датчики теж можуть бути підключені до глобального каналу інформаційного обміну. Проте для отримання та аналізу інформації від датчиків застосовують спеціалізовані концентратори даних (Signal Data Concentrator, SDC), які за своєю будовою аналогічні до IR. Основним завданням SDC є збирання інформації від певних датчиків, оброблення результатів вимірювань за спеціальними оцінними алгоритмами та видача оцінених параметрів через глобальний канал інформаційного обміну системам, які їх потребують.

Застосування SDC зменшує кількість дротових з'єднань та вирішує проблему розповсюдження вимірюваних даних у обладнанні авіоніки ПК. Інформація від датчиків через SDC є доступною для будь-якої системи і надається за відповідним запитом у цифровому вигляді. Важливим є використання SDC для розповсюдження дискретних сигналів таких, як разові команди справності обладнання авіоніки.