

681,3

Л 85

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"**

**П'ятдесятіріччю кафедри приладів  
літальних апаратів присвячено**

**М.І. Котовий, А.С. Савельєв, І.В. Чумаченко, С.В. Коханчук**

**ПЕРЕОБЛІК 200<sup>6</sup> р.**

**ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

**ПЕРЕОБЛІК 20/12**

**ДОПУЩЕНО  
МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЯК НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДЛЯ СТУДЕНТІВ  
ВНІШНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ**

48.173М

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"

**Харків "ХАІ" 2001**

ББК 32.81  
УДК 621.391  
ISBN 966 - 662 - 006 - 5

*Затверджено до друку вченою радою  
Державного аерокосмічного університету  
ім. М. С. Жуковського («Харківський авіаційний інститут»)  
(протокол № 7 від 23 лютого 2000 р.)*

*Затверджено до друку Президією науково-методичної комісії з авіації та  
космонавтики Міністерства освіти і науки України  
(протокол № 6, від 2 березня 2000 р.)*

Пристрої відображення інформації / М.Д. Кошовий, А.С. Савельєв,  
І.В. Чумаченко, С.В. Коханчук. – Навч. посібник. – Харків: Нац.  
аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2001.-139 с.

Розглянуто проблеми побудови пристроїв відображення інформації (ПВІ) за допомогою практично всіх типів дискретних індикаторів. Велику увагу приділено принципам сприйняття і формування інформаційної моделі, її фотометричним параметрам і психологічним особливостям сприйняття, а також принципам дій бортових і стендових пристроїв відображення інформації. Викладено рекомендації та розрахунки щодо побудови ПВІ на основі електронно-променевої трубки.

Для студентів приладобудівних і радіотехнічних спеціальностей вузів.

Іл. 47. Табл. 4. Бібліогр.: 20 назв

Рецензенти: д - р техн. наук, проф. І.О. Фурман,  
д - р техн. наук, проф. Є.Г. Петров

ISBN 966 - 662 - 006 - 5

© М.Д.Кошовий, А.С.Савельєв,  
І.В.Чумаченко, С.В.Коханчук, 2001  
© Національний аерокосмічний  
університет ім. М.С.Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”, 2001

## ВСТУП

Підвищення рівня автоматизації процесів виробництва, керування, контролю та діагностики приводить до зміни ролі людського чинника в сучасних системах. За цих умов однією з основних проблем стає організація ефективної інформаційної взаємодії людини з пристроями обробки інформації, яку не можна забезпечити без всебічного врахування психофізіологічних характеристик людини. При цьому особливої актуальності набуває взаємна адаптація людини і обчислювального пристрою. У розв'язанні цієї проблеми важливе місце відводиться засобам відображення інформації (ЗВІ), оскільки велику частину інформації (біля 80%) людина одержує по зоровому каналу. Створена інформація або така, що передається електронними засобами, відтворюється за допомогою засобів відображення, які є електронними перекладачами. Це дозволяє сприймати закодовану електричними сигналами інформацію.

До ЗВІ відносяться пристрої колективного користування, дискретні пристрої для зв'язку з ЕОМ, індикатори різних вимірювальних пристроїв. До цих засобів відповідно пред'являють різні психофізіологічні, енергетичні, габаритні та інші вимоги, які має враховувати розробник.

Основним вузлом ЗВІ є індикатор, що перетворює електричний сигнал у видиме зображення і забезпечує зв'язок людини з джерелом інформації. Розвиток ЗВІ відбувається в напрямі використання різних типів дискретних індикаторів, плоских матричних і вдосконалених електронно-променевих індикаторів. В останні роки проведено широке коло досліджень для створення компактних, надійних та економічних індикаторів. У результаті виникла велика група пристроїв, як правило, добре сумісних з мікросхемами керування. Задачею цього навчального

посібника є надання навчального матеріалу для самостійного вивчення принципу дії, особливостей конструкції, схем включення і керування дискретних індикаторів, що застосовують у бортових пристроях і стендах контролю та діагностики, а також принципів побудови та функціонування стендових і бортових пристроїв відображення інформації.

## 1. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СПРИЙНЯТТЯ І ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

### 1.1. Основні фотометричні параметри

Велику частину інформації оператор одержує по зоровому каналу, і розробка засобів відображення інформації повинна враховувати можливості й особливості органів зору. Реакція зорового аналізатора людини залежить від енергетичних параметрів і спектральної властивості випромінювання [1]. Світлове випромінювання характеризується такими основними параметрами: світловим потоком, силою світла, яскравістю, освітленістю, яскравісним контрастом.

Потужність переносимої енергії випромінювання називають світловим потоком  $\Phi_v$ , який виражається в люменах (лм).

Сила світла  $I_v$  характеризує просторову щільність світлового потоку в даному напрямі і визначається як відношення світлового потоку, що проходить всередині малого тілесного кута в напрямі, що розглядається, до величини цього кута.

$$I_v = d\Phi_v/d\omega, \quad (1.1)$$

де  $\omega$  - тілесний кут

$$d\omega = dA/r^2, \quad (1.2)$$

де  $dA$  - площа, вирізана тілесним кутом з поверхні  $A$  (рис. 1.1);

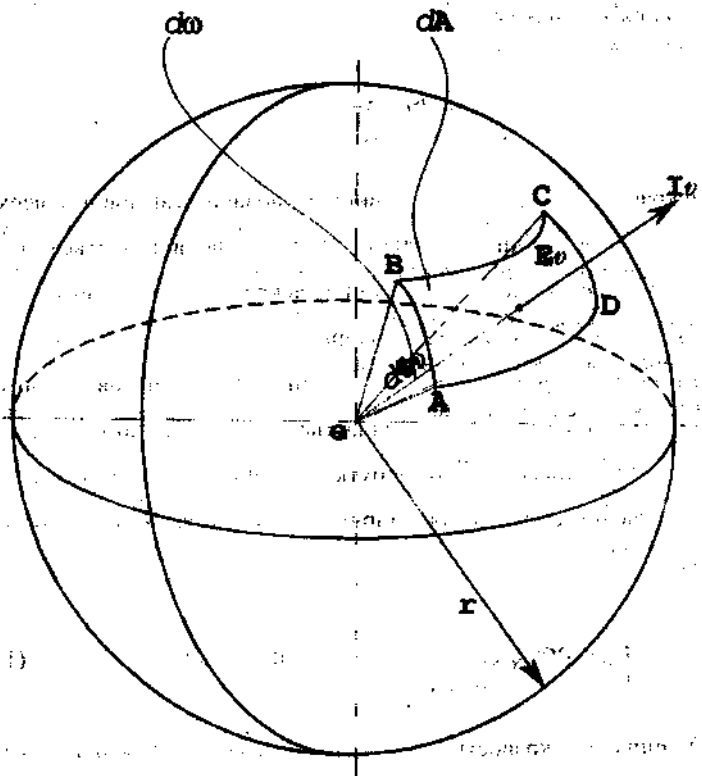


Рис. 1.1. Взаємозв'язок світлового потоку  $d\Phi_v$ , сили світла  $I_v$  та освітленості

$r$  - радіус цієї сфери. Тілесний кут виражають у стерadiansах (ср).  
Одиницею сили світла є кандел (кд). Ця одиниця прийнята за основну світлотехнічну одиницю.

Одиницю світлового потоку визначають як світловий потік від точкового джерела 1 лм всередині тілесного кута 1 ср. На рис. 1.1 показано точкове джерело  $e$ , вміщене всередині сфери радіусом  $r$ , що створює рівномірний потік у всіх напрямках. При нескінченному зменшенні  $dA$  тілесний кут наближається до прямої, яка вказує напрям сили світла, що дозволяє розглядати силу світла як векторне значення. При цьому якщо

світловий потік від точкового джерела рівномірний, то сила світла в будь-якому напрямі однакова:

$$I_v = \Phi_v / 4\pi. \quad (1.3)$$

Яскравість  $L_v$  характеризує випромінювання світлової поверхні  $dA$  в даному напрямі. Якщо поняття сили світла відноситься тільки до точкового джерела світла, то поняття яскравості застосовують до будь-яких джерел, що мають кінцеві розміри.

Чисельно яскравість дорівнює відношенню світлового потоку, що проходить у напрямі, який розглядається, в межах малого тілесного кута, через ділянку поверхні, до добутку величини тілесного кута, площі ділянки і косинуса кута  $\alpha$  між напрямом, що розглядається, і нормаллю до ділянки:

$$L_v = d\Phi_v / d\omega \, dA \cdot \cos\alpha = I_v / dA \cdot \cos\alpha. \quad (1.4)$$

Одиницею яскравості є  $\text{кд}/\text{м}^2$  - це яскравість поверхні, квадратний метр якої дає в напрямі, перпендикулярному до цієї поверхні, силу світла в 1 кд.

Наприклад, яскравість деяких джерел,  $\text{кд}/\text{м}^2$ :

Екран телевізійної трубки	30...1000
Світлодіоди	10...400
Люмінесцентна лампа	5000...10000

Сила світла, яскравість і світловий потік є характеристиками активних (первинних) джерел світла. Об'єкти, які видні завдяки освітленню первинними джерелами, називають пасивними (повторними) джерелами світла. Їх основною характеристикою є освітленість.

Освітленість  $E_v$  характеризується світловим потоком, який падає на одиницю поверхні, що освітлюється:

$$E_v = d\Phi_v / dA. \quad (1.5)$$

Світловий потік в 1 лм, який рівномірно освітлює площу в 1 м<sup>2</sup>, створює освітленість в 1 лк (люкс). Наприклад, мінімальна освітленість для читання - 20 лк; освітленість у кімнаті в ясний день - 100 лк; освітленість, що створюється прямими сонячними променями на відкритій місцевості, - 100000 лк.

Відбита від об'єкта частина потоку характеризується коефіцієнтом відбиття

$$\rho_v = \Phi_v \text{ від} / \Phi_v, \quad (1.6)$$

де  $\Phi_v \text{ від}$  - відбита частина світлового потоку  $\Phi_v$ .

Поверхню, що відбиває світло, можна розглядати як повторне джерело світла, яскравість якого

$$L_v \text{ від} = E_v \rho_v / \pi. \quad (1.7)$$

Наприклад, значення коефіцієнтів відбиття для деяких поверхонь: крейда, гіпс - 0,93; білий папір - 0,6...0,8; пісок - 0,25; чорне сукно - 0,01...0,02; чорний оксамит - 0,004...0,010.

Яскравісний контраст визначає співвідношення яскравості об'єкта і фону. Розрізняють прямий і зворотний контрасти. Для позитивного зображення (темне відображення на білому фоні) задають прямий яскравісний контраст

$$k_{пр} = (L_{об} - L_{ф}) / L_{ф}, \quad (1.8)$$

де  $L_{\phi}$  і  $L_{\psi}$  - яскравість фону і об'єкта.

Для негативного (світлого на темному фоні) зображення задають зворотний контраст

$$k_{zv} = (L_{\psi} - L_{\phi}) / L_{\psi}. \quad (1.9)$$

У ряді випадків користуються поняттям контрастності  $k$ , що являє собою відношення яскравості об'єкта або фону до яскравості фону або об'єкта:

$$k = L_{\psi} / L_{\phi} \quad \text{при } L_{\psi} > L_{\phi}, \quad (1.10)$$

$$k = L_{\phi} / L_{\psi} \quad \text{при } L_{\psi} < L_{\phi}, \quad (1.11)$$

$$k_{pr}(zv) = 1 - 1/k. \quad (1.12)$$

## 1.2. Психофізіологічні особливості сприйняття зорової інформації

Зір людини характеризується такими основними параметрами: чутливістю, роздільною здатністю, полем ясного зору, критичною частотою мигтіння, часом адаптації, пропускною здатністю оператора [1].

Мінімальна (порогова) величина яскравості світлової плями, що виявляється оком на чорному фоні, називається нижнім абсолютним порогом чутливості. Верхній абсолютний поріг чутливості характеризується больовим відчуттям. Діапазон яскравості між верхнім і нижнім порогоми знаходиться в межах від  $10^{-6}$  до  $10^6$  кд/м<sup>2</sup>.

При зміні освітленості сітчатки світлова чутливість не залишається постійною, а пристосовується. Середня інтегральна яскравість джерел, що знаходяться в полі зору, створює яскравість адаптації  $L_{\psi}$ . Крайніми умовами для роботи вважають такі, коли рівень яскравості адаптації знаходиться в межах від декількох десятків до тисяч кд/м<sup>2</sup>.



Мінімальний приріст яскравості  $dL_{min}$ , який розрізняє око при даній яскравості адаптації  $L_{0a}$ , називається диференціальним порогом чутливості, а відносний приріст яскравості, помітний оком, - пороговим контрастом

$$k_{пор} = dL_{min} / L_{0a} . \quad (1.13)$$

Значення коефіцієнта  $k_{пор}$  залежить від рівня яскравості адаптації. У робочому діапазоні яскравості від 10 до 1000 кд/м<sup>2</sup> його можна прийняти від 0,02 до 0,05. Для впевненого сприйняття зображення на фоні необхідно, щоб контраст зображення в ЗВІ, розрахований за формулою (1.8) або (1.9), був не менше ніж в 10 раз вище порогового контрасту. На практиці діапазон контрасту рекомендується вибрати в межах від 0,60 до 0,95.

Роздільна здатність, або гострота зору, характеризується мінімальним кутом, при якому можливим є окреме розрізнення двох сусідніх точок. Цей кут називається порогом гостроти зору  $Q_{ор}$ . Для нормального зору поріг гостроти дорівнює одній кутовій хвилині. Однак для розрахунків  $Q_{ор}$  беруть таким, що дорівнює двом-третьом кутовим хвилинам.

Кут зору, необхідний для надійної ідентифікації елементів зображення  $Q_{ое}$ , залежить від їх складності, що оцінюється кількістю  $k_e$  мінімально помітних дискретних елементів, на які елементи зображення можна розділити:

$$Q_{ое} = k_e Q_{ор} . \quad (1.14)$$

Наприклад, для синтезу букв і цифр (в нашому випадку це і є елемент зображення) в деяких випадках використовують матричний індикатор, що складається з семи або дев'яти світловипромінюючих дискретних джерел (дискретних елементів) по висоті. Отже, для такого елемента зображення кут зору по висоті дорівнюватиме 14 або 27 кут. хв. Однак при вирішенні практичних задач недостатньо визначати кут зору. Необхідно знати

геометричні розміри елемента зображення, помітного й ідентифікованого на заданій відстані до зображення.

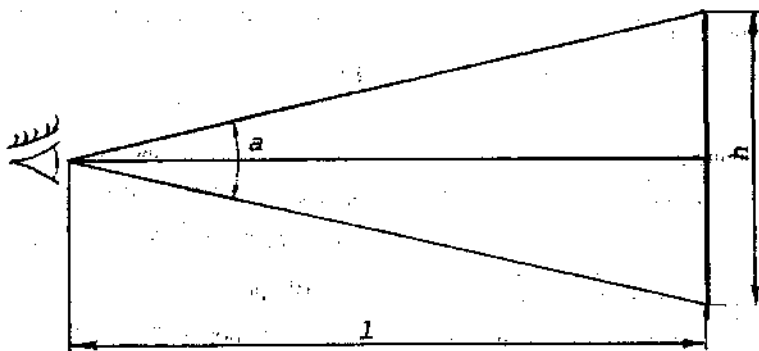


Рис.1.2. Взаємозв'язок куткових і лінійних розмірів зображення

Залежність між кутковими та лінійними розмірами ілюструється рис. 1.2, з якого випливає

$$h = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg}(\alpha / 2), \quad (1.15)$$

де  $\alpha$  - кут зору, під яким видно зображення висотою  $h$  на відстані  $l$  до спостерігача. Аналогічно можна визначити і ширину елемента зображення. Якщо висоту знайдено за формулою (1.15), то ширина може бути визначена через формат.

Наприклад, для раніше розглянутого випадку використання матричного індикатора з дев'ятьма дискретними елементами по висоті і сьома по ширині можна скористатися форматом матриці

$$k\phi = b_m / h_m, \quad (1.16)$$

де  $k\phi$  - формат матриці (для нашого випадку він дорівнює 7/9);  $b_m$  і  $h_m$  - ширина і висота матриці в лінійних розмірах.

З рівняння (1.16) виходить, що при відомому форматі і обчисленому значенні висоти елемента  $h_e$  зображення (наприклад, букви або знака),

його ширина

$$be = k\phi he. \quad (1.17)$$

Роздільна здатність зменшується в міру віддалення від осі ока. Це враховується полем ясного зору, обмеженим кутовими розмірами: 16... 20° по горизонталі та 12... 15° по вертикалі. Відповідно до цього в телебаченні рекомендуються відстані до спостерігача  $L = (3...6)H$  і формат екрана  $K\phi = 4/3$ .

Однак сприйняття буквено-цифрової інформації при фіксованому положенні оператора передбачає деякий рух ока по рядку тексту, що дозволяє збільшити кут ясного зору по горизонталі до 50°. При цьому формат екрана буквено-цифрових ЗВІ часто беруть  $K\phi = 5/3$ .

Для найкращого розрізнення знаків, що відображаються, широко застосовують кольорове кодування [2,17]. Але при цьому необхідно враховувати особливості сприйняття кольорового зображення. Відомо, що максимальна чутливість лежить в області жовто-зелених кольорів. Найбільш яскравими здаються об'єкти, колір яких лежить в області максимальної чутливості ока.

Зменшення освітленості спричиняє зміщення при сприйнятті теплих тонів у бік червоного, холодного - в бік зелено-блакитних. Контрастність у відношенні до фону впливає на сприйняття кольору. Краше розрізняють такі комбінації знаків на фоні: синій - на білому, чорний - на жовтому, зелений - на білому, зелений - на червоному, червоний - на жовтому. Із цього виходить, що при використанні декількох кольорів вибирають ті, що найбільш розрізняються і точно пізнаються. Колір фону вибирають більш нейтральним відносно кольорів, взятих як кодові символи. При цьому чим темніше фон, тим менше впливає стороннє засвічення. Кольорове кодування використовують також для відтворення сигналів небезпеки. Сигналами небезпеки є теплі тони, безпеки - холодні.

Міра небезпеки позначається різним кольором: червоним - зупинка, припинення роботи обладнання, нештатна ситуація, аварійний стан; оранжевим - попередження.

При використанні кольорного кодування слід також враховувати яскравість. Тривала робота із сигналами, що мають дуже велику яскравість, спричиняє стомлення зорового апарату і збільшує чутливість ока до мигтіння зображення. Застосування дуже малої яскравості потребує надмірного напруження зорового апарату, що призводить до зниження рівня зорових функцій. У затемненому приміщенні норма яскравості екранів становить 25...65 кд/м<sup>2</sup>. Для розрізнення дрібних деталей зображення яскравість має бути не менше за 100 кд/м<sup>2</sup>. Для пізнання рухомих зображень або при обмеженому часі сприйняття яскравість повинна бути порядку 300 кд/м<sup>2</sup>.

Рівні яскравості свічення, що рекомендуються для кольорового кодування при зовнішній освітленості в 200 лк, наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Рекомендовані рівні яскравості:

Колір	Оптимальна яскравість, кд/м <sup>2</sup>	Максимальна яскравість, кд/м <sup>2</sup>
Білий	100	175
Червоний	20	45
Оранжевий	65	110
Жовтий	70	120
Зелений	30	55
Блакитний	35	80
Синій	10	25

До основних часових характеристик зорового аналізу відносять критичну частоту мигтіння і час адаптації.

Критична частота мигтіння  $f_{км}$  - мінімальна частота, при якій око перестає сприймати мигтіння переривистого світлового зображення. Ця частота зростає із збільшенням яскравості й кутових розмірів мерехтливих елементів.

Оптимальні умови сприйняття символів за контрастом і критичною частотою мигтіння наведені

Оптимальні умови сприйняття

Умови сприйняття	Значення	
	проті	сер
Кутові розміри, кут.хв.	18	21
Коефіцієнт контрасту	0,75	0,9
Критична частота мигтіння при яскравості 50 кд/м <sup>2</sup> , Гц	16,5	19
Час безпалькового пізнання, с	1,79	1,5

Зміна конфігурації символів і контрасту в роб. 0,95 не впливає на величину критичної частоти мигтіння та фону при невеликих рівнях яскравості також величину критичної частоти мигтіння.

Значення критичної частоти мигтіння дуже час мережі живлення, яка дорівнює 50 Гц. У зменшується в два рази. Однак на відповідаль частота мигтіння повинна збільшуватися до 100 Гц.

Час адаптації - це час, необхідний для самог зорового аналізатора при зміні яскравості Величина часу темної адаптації (перехід від "скласти десятки, а світлової (перехід від темр

хвилини. Однак якщо відношення яскравості 10:30, то час адаптації не перевищує 1с. При

3:5 зорова система постійно адаптована на пото

До часового параметра ока відносять тако інерційного образу. Час інерції - час накопиченн світла на сітчатку ока. Після припинення дії сві

Оптимальні умови сприйняття символів за кутовим розміром, контрастом і критичною частотою мигтіння наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

## Оптимальні умови сприйняття символів

Умови сприйняття	Значення		
	прості	середні	складні
Кутові розміри, кут зв.	18	21 - 26	35 - 40
Коефіцієнт контрасту	0,75	0,85	0,90
Критична частота мигтіння при яскравості 50 кд/м <sup>2</sup> , Гц	16,5	19,5	22,0
Час безшкідливого підняття, с	1,79	1,52	1,52

Зміна конфігурації символів і контрасту в робочих межах від 0,70 до 0,95 не впливає на величину критичної частоти мигтіння. Колір символу та фону при невеликих рівнях яскравості також майже не впливає на величину критичної частоти мигтіння.

Значення критичної частоти мигтіння дуже часто пов'язано з частотою мережі живлення, яка дорівнює 50 Гц. У деяких випадках вона зменшується в два рази. Однак на відповідальних об'єктах критична частота мигтіння повинна збільшуватися до 100 Гц.

Час адаптації - це час, необхідний для самоналагодження чутливості зорового аналізатора при зміні яскравості об'єкта спостереження. Величина часу темної адаптації (перехід від світла до темряви) може скласти десятки, а світлової (перехід від темряви до світла) - одиниці хвилин. Однак якщо відношення яскравості при переході становить 10...30, то час адаптації не перевищує 1с. При відношенні яскравостей 3...5 зорова система постійно адаптована на поточне значення яскравості.

До часового параметра ока відносять також тривалість збереження інерційного образу. Час інерції - час накопичення і підсумовування впливу світла на сітчатку ока. Після припинення дії світлового подразника око як

би продовжує бачити джерело, уявна яскравість якого зменшується згідно з експонентним законом. Завдяки інерції здійснюється накопичення слабких світлових потоків, усереднення світлових впливів, необхідних для виділення корисних сигналів з фону. Зі збільшенням інерції - росте роздільна сила ока, а із збільшенням яскравості зменшується час інерції та гострота зору. Інерція зору дорівнює 0,1...0,2с для центрального зору і 0,20...0,32с - для периферичного.

Пропускна здатність оператора оцінюється якістю інформації, що сприймається ним за одиницю часу. При пізнанні букв і цифр вона лежить у межах 50...55 біт/с, при читанні - 30...40 біт/с, при складанні двох однозначних цифр - 12 біт/с. Із цього виходить, що період оновлення інформації залежить від складності інформації, що спостерігається, і задач, що вирішується оператором при її сприйнятті.

### 1.3. Інформаційна модель

У будь-яких засобах відображення інформація представляється інформаційною моделлю (ІМ), організованою відповідно до певної системи правил відображення станів об'єкта керування, зовнішнього середовища і способів впливу на них [1].

Представлення фізичного стану однієї системи фізичним станом іншої називають кодуванням. В ІМ у закодованій формі подається суть реальних процесів, явищ, об'єктів.

Оскільки ІМ відображає тільки найістотніші для даної мети керування параметри об'єкта, то один і той же об'єкт можна представити різними моделями. Кодування інформації в ньому здійснюється за допомогою елементів інформаційної моделі (ЕІМ), де використовуються букви, умовні знаки (символи), геометричні фігури, лінії, точки і т.д. Набір елементів, що використовуються, складає алфавіт інформаційної моделі.

Число елементів, які створюють алфавіт, називають основою коду

алфавіту  $N_a$ . До складу алфавіту можуть включатися і ознаки (колір, градація яскравості, розмір, орієнтація і т. ін.). Однак основа коду алфавіту не повинна перевищувати 200, оскільки подальше збільшення ускладнює роботу оператора.

При представленні елементів алфавіту ІМ двійковим кодом число його розрядів  $n_a$  визначається умовою

$$n_a \geq \lceil \log_2 N_a \rceil \quad (1.18)$$

з округленням до найближчого більшого цілого числа.

У буквено-цифрових ЗВІ звичайно роздільно кодують алфавіт знаків та ознак. У цьому випадку число розрядів коду визначається умовою

$$n_a = n_{az} + n_{ao} = \lceil \log_2 N_{az} \rceil + \lceil \log_2 N_{ao} \rceil, \quad (1.19)$$

де  $N_{az}$ ,  $N_{ao}$  - основи кодів алфавіту знаків та ознак;  $n_{az}$ ,  $n_{ao}$  - розрядність двійкових кодів знаків та ознак.

Роздільне кодування зумовлене тим, що основа коду алфавіту є не сумою основи коду знаків та основи коду ознак, а їх добутком:

$$N_a = N_{az} N_{ao}. \quad (1.20)$$

Для кодування елементів буквено-цифрової ІМ звичайно використовують стандартні коди відображення інформації - восьмирозрядний КВІ-8 або семирозрядний КВІ-7.

Частина простору, в межах якого відбувається формування інформаційної моделі, називають інформаційним полем (ІП).

Відношення ширини ІП  $B$  до його висоти  $H$  називають форматом інформаційного поля  $K_f$ .

За алфавітом, що використовується, виділяють такі основні типи ІМ: буквено-цифрові, графічні, напівтонові та комбіновані.

У буквено-цифрових моделях як елементи інформаційної моделі використовують букви, цифри, умовні знаки або символи і ознаки, а властивості відображення об'єкта або процесу представляють у вигляді тексту, цифрових комбінацій, формул, таблиць.

При побудові буквено-цифрової ІМ все інформаційне поле розбивають на окремі знакомісця. Це частина ІП, необхідна і достатня для зображення одного знака у вигляді букви, цифри, символу (рис. 1.3, позиція 1). Для відображення буквено-цифрової інформації рекомендується дотримуватись таких співвідношень між шириною знака  $b_z$ , його висотою  $h_z$ , проміжком між знаками в рядку  $b_n$  і проміжками між текстовими рядками  $h_n$

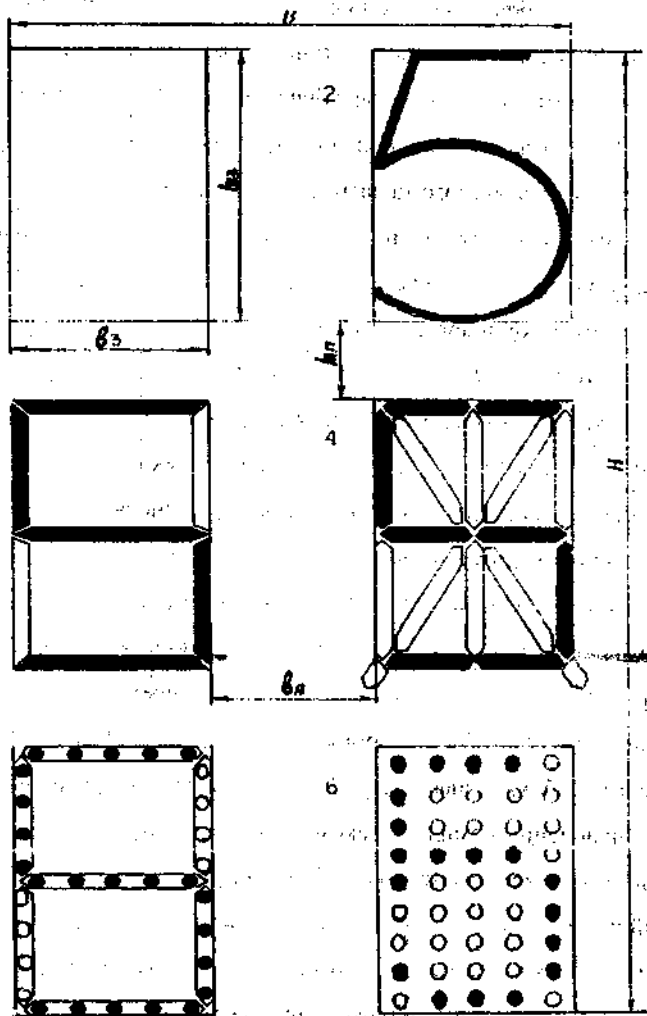
$$h_n = (2/3 \dots 4/5)h_z; b_n = (0,3 \dots 0,6)b_z. \quad (1.21)$$

Елемент ІМ утворюється з елементів відображення (ЕВ), які є найпростішими елементами ІМ і можуть бути реалізовані вибраним типом індикатора. Елемент відображення характеризується формою, геометричними розмірами, яскравістю, часом післясвітіння, кольором і т.д. Елементом відображення можуть бути також контури знаків, виконані конструктивно як найпростіші елементи, сегменти - протяжні конструкції, площа яких обмежена прямими чи кривими лініями, або точкові елементи.

Відповідно до елементів відображення, що використовуються, всі способи формування знаків можна розділити на дві основні групи: знакомодельюючі і знаковинтезуючі.

Знакомодельюючий спосіб характеризується цілісним представленням знака. При цьому форма ЕВ збігається з контуром знака (див. рис. 1.3, поз. 2).





48173M

Рис. 1.3. Інформаційне поле зі знаками, сформованими з різних типів елементів відображення:

1 – знакомісце; 2 – знак, сформований знакомоделяючим способом; 3 – знак, сформований знаковитезуючим способом за допомогою семи сегментів; 4 – те ж, але з використанням 18 сегментів; 5 – те ж, але з використанням семи сегментів, кожен з яких сформований з точкових елементів; 6 – знак, синтезований точковими елементами відображення, які утворюють у межах знакомісця матрицю

Знаковитезуючий спосіб характеризується тим, що знак формується з

більш простих ЕВ. Наприклад, у знакомісті 3 (рис. 1.3) показано синтез цифри 5 із набору семи сегментів. Однак із семи сегментів можна сформувати всі арабські цифри і тільки деякі букви. Розширення алфавіту може бути досягнуте за рахунок збільшення ЕВ, як це показано на рис. 1.3 (поз. 4). Тут використано 18 сегментів, що дозволяє синтезувати букви українського, російського та латинського алфавітів.

У ряді випадків знаки синтезуються з укрупнених елементів, складених із більш простих. Наприклад, на рис. 1.3 (поз. 5) показано цифру 5, синтезовану з укрупнених елементів (сегментів), складених з точкових ЕВ. Знаки можуть бути синтезовані і безпосередньо з точкових ЕВ без використання укрупнених. Так, на рис. 1.3 (поз. 6) показано синтез тієї ж цифри 5 з точкових елементів, які в межах знакомістя утворюють матрицю знака. При цьому до точкових елементів відносять такі, розміри яких набагато менше розмірів знаків, що синтезуються.

Кількість точкових ЕВ у матриці знака вибирають виходячи з вимог безпомилкової і швидкої ідентифікації (пізнання) всіх знаків алфавіту, що використовують. Так, для синтезу тільки арабських цифр розмірність матриці може бути  $3 \times 5$ . Матриця  $5 \times 7$  є практично мінімально прийнятною для синтезу букв і цифр, оскільки при пізнанні деяких можливих помилок. Для виключення помилок рекомендується матриця знаків  $7 \times 9$ . Подальше збільшення числа точкових ЕВ у матриці до істотного поліпшення сприйняття не приводить. Потрібно зазначити, що знакосинтезуючий спосіб з точки зору сприйняття програє знакомодельючому. Однак останній значно обмежений набором (алфавітом) знаків.

Інформаційне поле на екрані електронно-променевої трубки складається також із точкових ЕВ і знаки формуються в межах умовних знакомість аналогічно знакосинтезуючому способу. Однак елементи відображення, що входять у знак, генеруються електронним променем у процесі відтворення зображення. Тому синтез знаків з одержаних таким

чним елементів називають знакогенеруючим способом формування знаків і цей спосіб буде розглянутий в окремому розділі.

Графічні інформаційні моделі представляють кресленнями, діаграмами, схемами і т.п. Основними елементами ІМ є лінії, точки і двовимірні області. Точкові ЕВ є найбільш універсальними. Однак реалізація ІМ з точкових елементів відображення вимагає використання складних технічних засобів. Для спрощення засобів при синтезі графічних ІМ часто використовують укрупнені графічні елементи графемі.

Синтез графічної ІМ за допомогою графем полягає в розбитті її на окремі фрагменти з подальшим підбором графічних елементів, найбільш апроксимуючих виділений фрагмент. Виділення фрагментів здійснюється шляхом розбиття інформаційного поля на графічні знакомісця. Досить часто положення графічного знакомісця збігається з положенням буквено-цифрової, а його розміри містять проміжки між буквено-цифровими знакомісцями та проміжки між текстовими рядками. Це забезпечує злиття графічного зображення і зберігає загальну структуру системи відображення інформації для формування двох типів ІМ. Досить часто в графічних ІМ використовують так звані генератори векторів (їх буде розглянуто у відповідному розділі).

Напівтонові ІМ використовують широкий діапазон градацій яскравості, що дозволяє забезпечити наочність, картинний характер зображень, що формуються (наприклад, як у телебаченні).

Комбіновані інформаційні моделі складають із компонентів моделей різних типів, і вони найбільш поширені, наприклад, у ЗВІ персональних комп'ютерів.

#### 1.4. Системи адресації елементів відображення

Існує два основних режими роботи ЗВІ — статична і динамічна індикація [3,10]. У першому режимі всіма елементами відображення (ЕВ)

керують одночасно і вимикають їх тільки при оновленні інформації. Статична індикація може бути безперервною або імпульсною залежно від того, постійно чи періодично прикладено керуючу напругу до елементів. При динамічній індикації окремі елементи відображення включають в різні місця протягом періоду кадру  $T_k$ . Очевидно, що за цей проміжок мають бути перебрані всі  $E_B$ .

Отже, шпаруватість  $q$  керуючих імпульсів обернено пропорційна числу елементів відображення.

Оскільки око людини сприймає середню яскравість (а не імпульсну), шпаруватість керуючих імпульсів має велике значення. Дійсно, при статичній індикації зі шпаруватістю  $q=1$  яскравість, що сприймається, не відрізняється від яскравості елементів відображення протягом періоду оновлення інформації  $T_{01}$  в той час, як при  $q > 1$   $L_{сер} = L_{мін}$  (і для статичної імпульсної, і для динамічної індикації). Час, протягом якого до елементів відображення прикладено напругу, тобто час вибірки  $T'в$  (для статичної безперервної),  $T''в$  (статичної імпульсної) і  $T'''в$  (динамічної) індикацій відповідно визначається формулою

$$T'в = T_{01}, \quad T''в = T_{01}/q, \quad T'''в = T_k/q \text{ при } T_k < T_{01}.$$

Розглянемо дві системи адресації – однокоординатну і двокоординатну матричну адресацію.

При однокоординатній адресації кожний з елементів відображення має два незалежних входи, що підключаються до вузла керування. Незалежність входів дозволяє організувати статичну індикацію, тобто обмежитися невеликими значеннями яскравості і значним часом вибірки. З іншого боку, навіть якщо одні із незалежних виходів з'єднати в загальний, при такій адресації число каналів керування буде дорівнювати числу  $E_B$ , а число виводів у індикатора буде на один більше. На практиці це може привести до того, що у індикатора буде велика кількість з'єднань з

пристроєм керування. Тому однокоординатну адресацію застосовують лише для цифрових індикаторів з обмеженим числом розрядів.

Щоб застосувати двокоординатну матричну адресацію, ЕВ треба об'єднати в рядки і стовпці, які потрібно підключити до відповідних вузлів керування, ЕВ включається тоді, коли сума сигналів на його входах перевищить деякий пороговий рівень. Застосування матричної адресації дозволяє зменшити число виводів  $N_z$  і каналів керування  $N_k$ :

$$N_z = N_k = 2 N_{ев}^{1/2}, \quad (1.22)$$

де  $N_{ев}$  - число елементів відображення (результат обчислення кореня округляють до більшого цілого числа).

При матричній адресації крім вибраних (адресованих) ЕВ можуть частково збуджуватися і інші - неадресовані. Передбачимо, що для включення елементів відображення до рядка і стовпця (рис. 1.4) прикладено відповідно напруги  $U^1_x = 0$  і  $U^1_y = U$ . Нехай, наприклад, ці

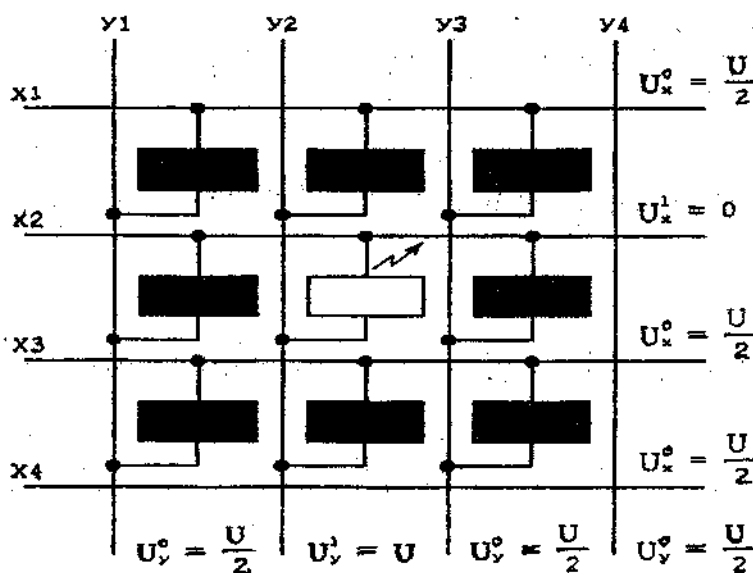


Рис. 1.4. Схема адресації з відношенням керуючих напруг 2:1

напруги прикладені до рядка X2 і стовпця Y2. Тоді різниця потенціалів між входами вибраного ЕВ, що знаходиться на перетині другого рядка і другого стовпця,  $U^1 = U_y^1 - U_x^1 = U$ . Між входами інших елементів рядка X2 і стовпця Y2 різниця потенціалів  $U = U/2$ . Отже,  $U^1/U = 2:1$ .

Якщо амплітудна характеристика не має яскраво вираженого порога (або нелінійності), то невибрані ЕВ рядка X2 і стовпця Y2 також виявляться збудженими і будуть світити. До числа позитивних якостей такої адресації можна віднести лише необхідність двох рівнів керуючих напруг. Доцільніше вибрати  $U_x = 2U/3$  і  $U_y = U/3$  (рис. 1.5). Тоді  $U^1/U = 3:1$ , а напруга рівномірно ділиться між трьома послідовно включеними незбудженими ЕВ. Вимоги до амплітудної характеристики в цьому випадку менш жорсткі, однак необхідно мати вже не два, а три рівні керуючої напруги.

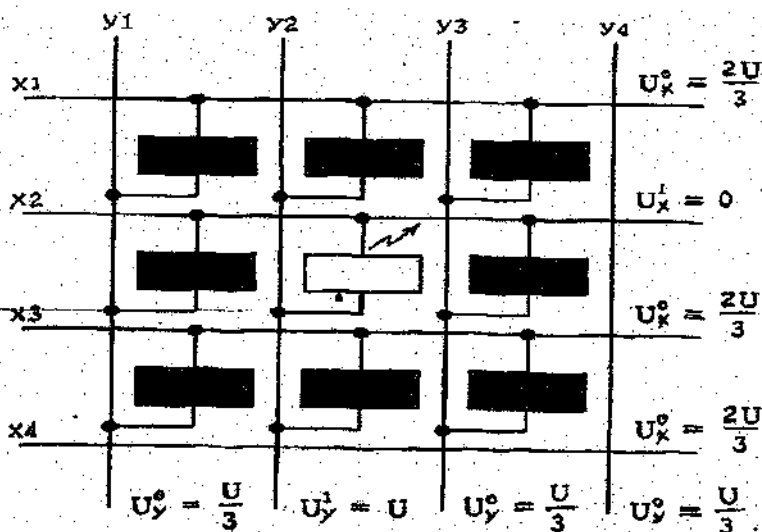


Рис. 1.5. Схема адресації з відношенням керуючих напруг 3:1

Якщо ЕВ має випрямляючі властивості, метод адресації стає найпростішим. Вибраний рядок з'єднують загальним проводом ( $U_x = 0$ ), а на стовпець подають повну напругу  $U_y = U$  (рис. 1.6). Відношення

напруг  $U^1/U$  визначається прямим  $R_{пр}$  і зворотним  $R_{зв}$  опорами ЕВ:

$$\frac{U^1}{U} = \frac{R_{зв} - R_{пр}}{R_{пр}} \quad (1.23)$$

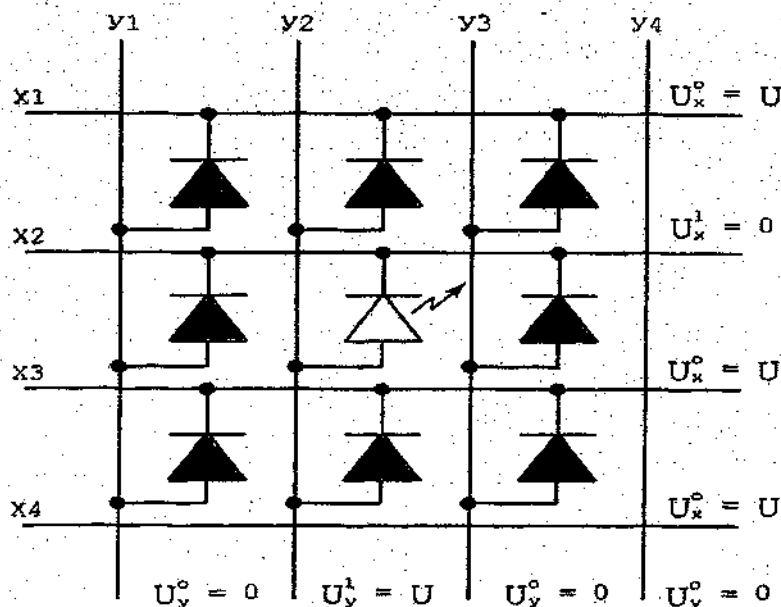


Рис. 1.6. Схема адресації елементів із випрямляючими властивостями

Це відношення перевищує аналогічну величину двох інших описаних варіантів адресації. Фактично на невибраних ЕВ напруга тепер дорівнює нулю. Такий же результат одержимо, якщо послідовно з кожним елементом включити діод.

Звернемо увагу на те, що в статичному режимі при матричному з'єднанні можна одночасно використати будь-яке число ЕВ, тільки коли вони розташовані в одному рядку або стовпці. Якщо необхідно сформувати двовимірне зображення, то переходять до динамічної

двокоординатної адресації, застосовуючи або поелементну, або порядкову вибірку ЕВ.

Поелементна вибірка передбачає послідовне опитування всіх ЕВ індикаторного поля. Очевидно, що шпаруватість керуючих імпульсів та імпульсів, що випромінюються, визначається числом елементів зображення:  $q = N_p N_{ст}$ , де  $N_p$  і  $N_{ст}$  - число ЕВ у рядку і стовпці. Вона може виявитися недопустимо великою. У будь-якому випадку поелементна вибірка вимагає могутніх і швидкодіючих ключів і безінерційних індикаторів із великою імпульсною яскравістю.

Більш поширено порядкову вибірку, коли опитується рядок за рядком (або стовпець за стовпцем), а в ній одночасно збуджуються всі необхідні ЕВ. Тоді  $q = N_p$  (або  $q = N_{ст}$ .) і вимоги до вузла керування і індикатора знижуються.

Порівняльний аналіз однокоординатної і двокоординатної адресації показує, що при двокоординатній адресації помітно скорочується число виводів із вузла керування. Одночасно зменшуються (чим більше число рядків і стовпців, тим сильніше) середня яскравість і контрастність. Підвищуються вимоги до вузла керування.

Пристрої відображення, в яких використовують динамічний режим роботи, можна розділити на три групи: з паралельним, послідовним і комбінованим способами адресації (опитування).

У пристроях першої групи число проводів  $n$ , що з'єднують джерело інформації з індикатором, є максимальним. Воно складає  $n = mN$ , де  $m$  і  $N$  - відповідно число кодових виходів в одному розряді і число десятиричних розрядів.

При послідовному опитуванні інформація з виходів її джерела поступає на пристрій відображення послідовно, в одиничному коді або у вигляді кодових посилок, розряд за розрядом. Число з'єднувальних проводів у цьому випадку мінімальне, однак різко зростає складність обладнання через багаторазові перетворення.



Застосування комбінованих способів часового розділення інформації є компромісним рішенням, що дозволяє одержати оптимальне співвідношення між числом з'єднувальних проводів і кількістю додаткового "обладнання".

Комбіновані способи опиту можна розділити на такі:

порозрядний, коли інформація з кодових виходів кожного розряду поступає на комутатор паралельно і з виходу комутатора - послідовно, розряд за розрядом:

послідовно-паралельний, коли кодові виходи кожного розряду опитуються послідовно, один за одним, результати опиту однойменних кодових виходів у всіх розрядах передаються одночасно.

Порозрядний опит найбільш природно вписується в прилади з порозрядною обробкою інформації, що вже мають, як правило, необхідний комутатор. Число з'єднувальних проводів при цьому дорівнює числу кодових виходів в одному розряді, тобто  $n = m \cdot k$ . У послідовно-паралельних варіантах індикації опитування по кодових виходах з'єднувальних провідників (при цьому їх стільки ж, скільки і десятиричних розрядів) застосовують рідко.

Найчастіше зустрічається перетворення потенціального коду на виходах декад у динамічний фазоімпульсний код. Перетворення ведуть за методом однойменної подачі тактових імпульсів на рахункові входи декад (дорахунком), або порівняння кодів із попереднім перетворенням потенціального коду в аналогову величину.

Число з'єднань перетворювача кодів з індикатором передусім залежить від типу індикаторів. При виведенні на знакові модулі інформації (ЗМІ) знаки включаються або у всіх розрядах, або розряд за розрядом. Характерною особливістю вузлів виведення на ЗМІ є наявність знакогенератора, виходи якого з'єднані з однойменними знаками всіх розрядів. Послідовне включення знаків розряд за розрядом звичайно поєднується з паралельно-послідовними методами опиту, а паралельне - з

фазоімпульсними методами. Число з'єднань цифрових індикаторів з виходами перетворювача коду  $n = N + k$ , де  $k$  - число виведення, яке дорівнює довжині алфавіту індикатора.

Особливістю пристроїв виведення на сегментні індикатори є об'єднання однойменних сегментів і підключення їх до комутатора сегментів. Включення індикатора може бути одночасним і послідовним. Можливо і поелементне включення, коли комутатор опитує по чергово однойменні сегменти у всіх розрядах, а індикатор включається при подачі дозволяючого сигналу на загальний електрод. Однак при цьому на кожний розряд потрібний дешифратор. Число ліній, що з'єднують цифрові індикатори з виходами перетворювача кодів,  $n = N + i$ , де  $i$  - число сегментів в індикаторі.

Вибір оптимальної системи адресації і режиму роботи залежить від задачі, яку пристрій відображення вирішує.

## 2. ДИСКРЕТНІ ІНДИКАТОРИ

### 2.1. Класифікація і основні визначення

Під дискретним індикатором розуміють прилад, інформаційне поле якого складається з окремих фіксованих у просторі ЕВ, а зображення створюється одним ЕВ або їх сукупністю. При цьому кожний ЕВ являє собою неподільну конфігурацію, керовану ззовні [1].

В основу класифікації дискретних індикаторів можна покласти дві групи ознак:

- призначення, яке в основному задається формою, розташуванням і числом елементів відображення;
- фізичні процеси, що визначають дію приладу.

За призначенням розрізняють такі категорії індикаторів:

- мнемосхеми;

- фіксовані написи;
- однорозрядні буквено-цифрові індикатори, що відображають одне знакомісце;
- багаторозрядні буквено-цифрові індикатори, що містять безліч фіксованих знакомісць в одній або декількох текстових рядках;
- екрани-індикатори з інформаційною місткістю не менше за 10 тисяч ЕВ, що не містять фіксованих знакомісць;
- індикатори-модулі, конструктивне виконання яких забезпечує створення з них складових екранів з великою площею індикації;
- шкальні індикатори, призначені для відображення інформації у вигляді світлових точок або світлового стовпчика;
- цифроаналогові індикатори, що являють собою об'єднання шкального і багаторозрядного буквено-цифрового індикаторів.

За виглядом ЕВ буквено-цифрові індикатори розділяють на знаковисинтезуючі і знакомодельючі. Знаковисинтезуючі індикатори можуть виконуватися як матричні з точковими елементами відображення, так і мозаїчні, або сегментні. У знакомодельючих індикаторах ЕВ виконують у вигляді набору готових знаків, які мають більш звичне для ока зображення, ніж у випадку знаковисинтезуючих. У той же час вони обов'язково мають бути розташовані один за одним у різних площинах, що приводить до взаємного їх екранування. У знаковисинтезуючих індикаторах зображення створюється з елементів, розташованих в одній площині. Такий індикатор має більший кут огляду, однак схеми для формування знаків часто складніше, ніж у знакомодельючих індикаторах.

Знаковисинтезуючі і знакомодельючі індикатори виконують у вигляді як однорозрядних, так і багаторозрядних приладів.

Групою дискретних індикаторів, що найбільш використовується, є буквено-цифрові прилади.

При відображенні обмеженої кількості знаків вони дозволяють побудувати прості, економічні, з хорошими масогабаритними показниками

і малою споживаною потужністю пристрої відображення інформації. При відображенні великої кількості знаків широко використовують електронно-променеві індикатори. Однак останнім часом конкурувати з ними стали плоскі екрани з плоским інформаційним полем, що містить декілька тисяч ЕВ і без фіксованих знакомісць.

Якщо потрібно аналогове представлення інформації, застосовують шкальні індикатори, ЕВ в яких розташовують таким чином, щоб із них можна було створити криво- або прямолінійну смужку змінної довжини або ж змінювати положення світлового елемента відображення відносно початку шкали.

За принципом дії індикатори розділяють на дві основні групи: активні, в яких електрична енергія безпосередньо перетворюється на світло, і пасивні, які тільки модулюють зовнішній світловий потік.

Основними перевагами активних індикаторів є висока швидкодія, здатність працювати при малій освітленості навколишнього середовища і великий кут огляду. За цими параметрами пасивні індикатори поступаються активним, але зате зберігають контраст при високій освітленості і споживають значно менше електричної енергії.

За фізичними процесами, що лежать в основі дії, дискретні індикатори ділять на напівпровідникові, електролюмінесцентні, вакуумні люмінесцентні, газорозрядні, вакуумні розжарювання, рідинно-кристалічні. Останні відносяться до пасивних індикаторів, інші - до активних.

## **2.2. Напівпровідникові індикатори**

### **2.2.1. Принцип дії напівпровідникових індикаторів**

Напівпровідникові індикатори найчастіше застосовують для відображення знакової інформації при відносно невеликих розмірах символів і обмеженому числі знакомісць. Однією з найважливіших

особливостей, що виділяють напівпровідникові індикатори серед інших елементів індикації, є їх сумісність за електричними характеристиками з інтегральними мікросхемами. При напрузі живлення 3...5 В напівпровідникові прилади мають малу інерційність (менше за 50 нс) і невеликі габаритні розміри.

Розглянемо стисло фізичні основи роботи напівпровідникового індикатора.

Відомо, що в напівпровідниках зовнішні оболонки атомів, що створюють кристалічну структуру, внаслідок значного зближення утворюють певні енергетичні зони. У так званій валентній зоні розташовуються електрони, що забезпечують зв'язок атомів у кристалі. Окремі електрони під впливом теплової енергії можуть перейти в іншу зону, яку називають зоною провідності. При цьому переході утвориться вільний енергетичний стан, що одержав назву "дірка". Електрони і дірки розглядають як частки, що мають відповідно негативний і позитивний заряди. Введення в матеріал напівпровідника певних домішок створює надлишок електронів або дірок, утворюючи область провідності *n*- або *p*-типу. Коли області обох типів виконані в одному кристалі, вони утворюють *p-n*-перехід (рис. 2.1,а). Через нього можуть дифузувати заряди, утворюючи так звані неосновні носії, тобто носії зарядів, що мають знак, протилежний основним (електрони в *p*-області й дірки в *n*-області). Дифузія продовжується доти, поки не встановиться потенціальний бар'єр, який перешкоджає руху носіїв заряду (рис. 2.1,б). Прикладення зовнішньої напруги в прямому напрямі дозволяє зменшити висоту потенціального бар'єра, внаслідок чого неосновні носії інжектують через перехід. Частина з них рекомбінує з носіями заряду іншого знака, повертається в зону валентності, переходячи в стан із низькою енергією. Енергія, що повертається, виділяється у вигляді теплоти, однак за певних умов (збереження енергії й імпульсу при рекомбінації) відбувається випромінювання фотонів. Ці умови забезпечуються в ряді матеріалів,

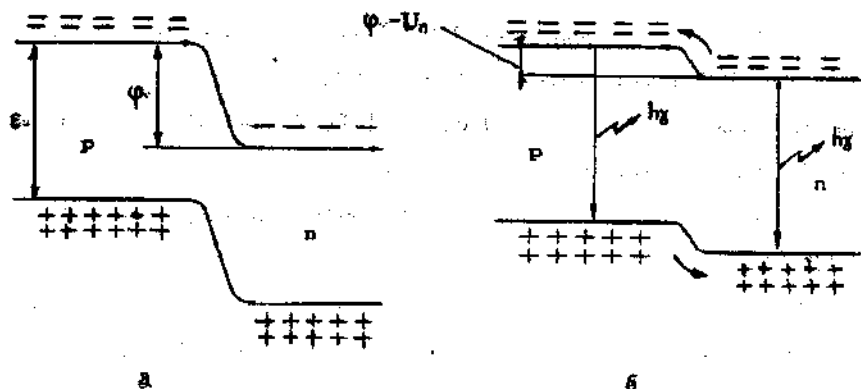


Рис. 2.1 Зональні діаграми р-п-переходів. а - без зміщення; б - прямозміщений

таких, як фосфорит галію, арсенід галію; та в їх сплавах із легуванням цинком і деякими іншими матеріалами. Залежно від матеріалу напівпровідника та концентрації домішок випромінювання має певну довжину хвилі, що дозволяє створювати світлодіодні індикатори з різним кольором свічення (в області видимого спектра від червоного до синього).

Для створення в напівпровіднику надмірних неосновних носіїв потрібні витрати енергії, тому світловий вихід світлодіодних індикаторів пропорційний (до певної межі) споживаному ним струму і може модулюватися його зміною.

Коефіцієнт корисної дії світлодіодів невисокий (від частки до декількох процентів) і визначається в основному відношенням числа генерованих фотонів до числа електронів, що пройшли через діод. Мають значення також оптичні втрати при випромінюванні і теплові в омичному опорі матеріалу напівпровідника. При випромінюючій поверхні 1,5 см затрачується приблизно 2 Вт на 1 кд/м<sup>2</sup> яскравості. Значна споживана потужність при деяких застосуваннях світлодіодних індикаторів є серйозним обмежуючим чинником.

Виготовляють світлодіодні індикатори у вигляді дискретних ЕВ; монолітних площинно-сегментних приладів, а також невеликих матриць. У цей час промисловістю випускаються в основному прилади, які випромінюють у червоному, зеленому і жовтому діапазонах при яскравості приблизно в  $100 \text{ кд/м}^2$ . Монолітні кристали світлодіодних індикаторів мають площу не більше за  $1...2 \text{ см}^2$ , однак вже тривалий час ведуться роботи щодо створення на їх базі плоских кольорових табло і екранів.

Напівпровідникові індикатори виготовляють у монолітному та гібридному виконанні. Монолітні - це знакові індикатори з розмірами символів  $2...3 \text{ мм}$ , у корпусі яких часто вбудовано збільшувальну пластмасову лінзу. Прилад складається з ряду  $p$ -областей (сегментів), розташованих у підкладці  $n$ -типу. При цьому  $n$ -шар є негативним контактом для всіх  $p$ - $n$ -переходів. Інші контакти створюються осадженням металу на діелектричний шар, що покриває поверхню.

При виготовленні індикаторів з розміром знака  $7 \text{ мм}$  або більше віддають перевагу гібридній структурі, що забезпечує помітну економію дорогого напівпровідникового матеріалу. У таких індикаторах використовують точкові випромінювачі розміром порядку  $0,3 \times 0,3 \text{ мм}$ . Для перетворення точкового свічення випромінювача в свічення сегментів у шарі пластмаси роблять поздовжні порожнини, що заповнюють світлорозсіювальним матеріалом і закривають зверху дифузором. Іноді порожнину заповнюють повітрям, а її внутрішні стінки покривають відбивним шаром.

Для виготовлення індикаторів великих розмірів висотою порядку  $19 \text{ мм}$  у кожному сегменті використовують два діодних джерела.

Основні характеристики напівпровідникових індикаторів, що випускаються промисловістю, наведені в довідковій літературі [5]. Додатково необхідно зазначити, що залежність яскравості світіння лінійна в інтервалі робочих значень струмів ( $1,5...30 \text{ мА}$ ). Тому світлодіод можна використати і як індикатор із змінною яскравістю світіння. Падіння

напруги на світлодіоді приблизно дорівнює 2...3 В, час наростання яскравості при робочих струмах - до 2 мс. При імпульсному живленні (0,5...1,0 А) час наростання і спаду яскравості знаходиться в межах 20...200 нс. Світлові характеристики приладу стабільні у часі. Термін служби приладу складає порядку 100000 годин.

### 2.2.2. Схема підключення напівпровідникового індикатора

Розглянемо схему включення на прикладі напівпровідникового індикатора типу АЛ304, керованого від ДКД-лічильника, наприклад. 555ІЕ2. Для знакогенерування та формування керуючих сигналів напівпровідникових сегментів індикаторів розроблено ІМС типу 514ІД1, 514ІД2 і 514ПР1. Дешифратор 514ІД1 має відкриті емітерні виходи і резистори, вбудовані в колекторні ланцюги, і тому придатний для живлення індикаторів із роздільними анодами без зовнішніх навісних

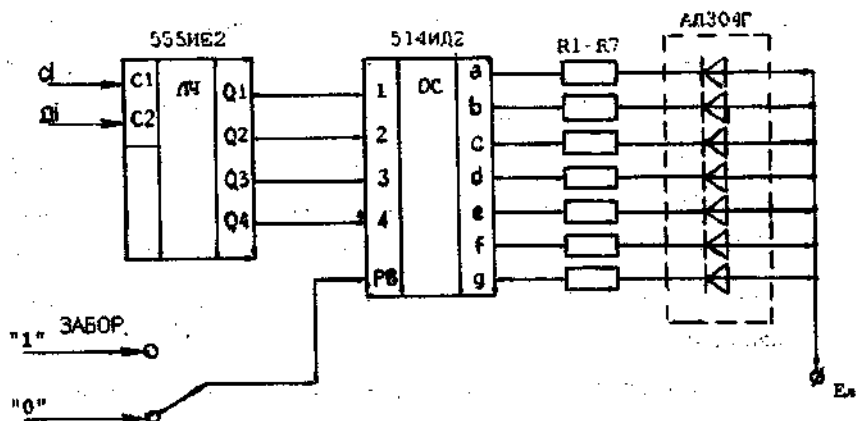


Рис. 2.2. Однорозрядний пристрій відображення інформації на напівпровідниковому індикаторі із загальним катодом

резисторів. Інтегральна схема 514ІД2 має відкритий колекторний вихід, що зумовлює її використання для індикаторів з роздільними катодами і необхідність навісних резисторів.



Схеми 514ИД1 і 514ИД2 мають вхід РВ із функцією дозволу індикації при нульовому рівні вхідного сигналу і заборону індикації при одиничному його рівні. Інтегральна мікросхема ПР1 відрізняється наявністю регістра фіксатора із входом дозволу запису. Оскільки індикатор АЛ304 має роздільні катоди, то потрібно використати ІМС 514ИД2 (рис. 2.2). Величина навісного опору  $R$  в цьому випадку

$$R = (E_k - U_{нас} - U_k) / I_n, \quad (2.5)$$

де  $E_k$  - напруга живлення;  $U_{нас}$  - напруга насичення вихідного транзистора ІМС 514ИД1;  $U_k$  - середнє значення падіння напруги на напівпровідниковому переході індикатора;  $I_n$  - номінальне значення струму збудження індикатора.

### 2.3. Електролюмінесцентні дискретні індикатори

Електролюмінесцентне випромінювання виникає внаслідок прикладення електричного поля до люмінофора. Інтенсивність випромінювання залежить від напруженості поля, а також від частоти, якщо поле змінне.

Електролюмінофор можна розглядати як напівпровідник з широкою забороненою зоною. Для посилення люмінесценції в матеріал вводять два види домішок атомів: активатори, що являють собою центри люмінесценції, захоплюючи дірки, і соактиватори, що накопичують необхідні для рекомбінації електрони (пастки). Розділення зарядів в електролюмінофорі відбувається внаслідок іонізації електронами, які набрали великої енергії в електричному полі (або ударної іонізації) і тунельного ефекту. Дірки, що виникли в результаті іонізації електронами, захоплюються відповідно центрами люмінесценції або пастками. Швидкість зворотного процесу рекомбінації з випромінюванням

визначається темпом звільнення електронів із пасток в результаті термогенерації. Іонізація стає вірогідною тільки в пробійних або передпробійних умовах. Світіння пов'язано із прискореним рухом носіїв зарядів у люмінофорі, для чого потрібна досить висока напруженість поля (порядку  $10^3 \dots 10^6$  В/см). Створення такої високої напруженості по всій товщині люмінофора вимагало б дуже високих напруг керування. Реальна напруга набагато нижче, оскільки через неоднорідність поля відбувається його концентрація на зворотнорозміщених р-п-переходах, краях кристалів або вістрях голкоподібних включень міді.

Найбільш поширеним люмінофором є сульфід цинку (ZnS) з домішками міді, марганцю та деяких інших елементів. Від типу люмінофора і кількості домішків залежить колір випромінювання, що перекриває практично всю видиму область спектра. Змішуючи різний люмінофор у певних пропорціях, можна, міняючи напругу, керувати кольором. Це відбувається завдяки тому, що максимум інтенсивності світіння різних матеріалів виникає при різній нарузі. При цьому спектр випромінювання значною мірою так само залежить від активатора (наприклад, мідь дає синій і зелений кольори, марганець - жовтий).

У пристроях відображення інформації знайшли застосування два основних типи електролюмінофорних індикатора (ЕЛІ): індикатори на основі порошкового люмінофора, що збуджується постійною напругою, та індикатори, що використовують люмінофор у вигляді тонкої плівки, який збуджується змінною напругою.

Основою індикатора постійного струму є порошковий люмінофор 2 (рис. 2.3), кристали якого разом із домішками розподілені в зв'язувальному матеріалі. Цей склад наносять на прозору пластину 4 з провідним покриттям 3 (звичайно використовують шар окислу олова). З іншого боку до люмінофора прикладають тонку металеву пластину 1 (фольгу). Вся конструкція розміщена в пластмасовому корпусі і герметизована.

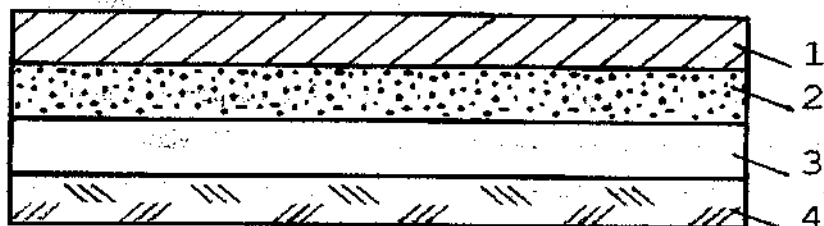


Рис.2.3. Структура порошкового електролюмінесцентного індикатора постійного струму:

1 – металевий електрод; 2 – люмінофорний шар; 3 – прозорий електрод; 4 – скляна підкладка.

Після прикладення до електродів постійної напруги в матеріалі люмінофора збуджується світіння в місцях контакту з металевою пластинною. При необхідності ця пластинна може бути зроблена фігурною, що дає можливість висвітлювати певні символи. Іноді трафарет наносять на зовнішню скляну пластинну, яка просвічується люмінофором, що збуджується. Важливою перевагою індикаторів є їх мала товщина, що дозволяє конструювати компактні пристрої. Керуються вони напругою 50...100 Вт, однак за яскравістю і контрастністю поступаються багатьом іншим індикаторам.

Залежність яскравості  $L_v$  від прикладеної напруги  $U$  (кандел-вольтова характеристика) наближено визначається рівнянням

$$L_v = k U^n, \quad (2.6)$$

де  $k$ ,  $n$  - постійні коефіцієнти (для порошкових індикаторів  $n \approx 3$ , для шліфкових  $n \approx 5$ ).

У середньому для ЕЛІ постійного струму при напрузі живлення 100В яскравість світіння становить приблизно  $300 \text{ кд/м}^2$ . Необхідно також відмітити здатність ЕЛІ міняти світло випромінювання залежно від прикладеної напруги, яка дозволяє здійснити кольорове кодування інформації, що відображається.

Як недолік відзначимо зменшення світлової потужності в процесі експлуатації. Термін служби можна збільшити, якщо здійснювати

живлення імпульсною напругою, що подається на низковольтному постійному зміщенні.

Тонкоплівкові індикатори змінного струму є найбільш перспективними приладами, що реалізують принцип електролюмінесценції. На відміну від ЕЛІ постійного струму тут контактний зв'язок електродів із люмінофором замінено ємнісним і сам елемент являє собою конденсатор. Для цього шар люмінофора 3 (рис. 2.4) розміщують між шарами світлопоглинального 2 і прозорого діелектрика 4, що забезпечують гальванічне розділення його з електродами 1 і 5. Всі шари створюються за допомогою технологій напилення у вакуумі на прозору підкладку 6. Довготривалість таких ЕЛІ значно вище, однак напруга живлення становить 150...200 В.

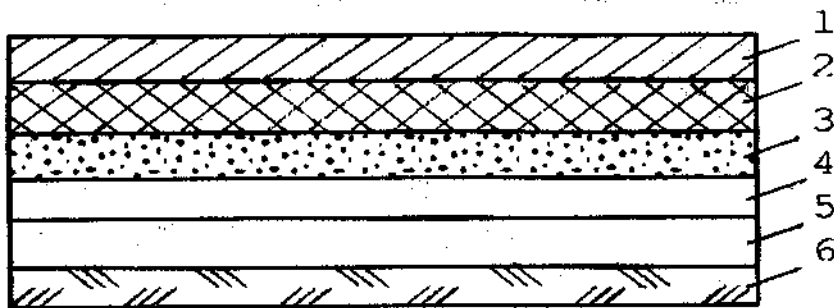


Рис.2.4. Структура плівкового електролюмінесцентного індикатора змінного струму:

1 – металевий електрод; 2 – світлопоглинаючий електрод; 3 – плівка люмінофора; 4 – прозорий діелектрик; 5 – прозорий електрод; 6 – прозора підкладка.

Характерною якістю тонкоплівкових ЕЛІ є підвищена крутість яскравісної характеристики залежно від прикладеної напруги. Така характеристика, а також практична відсутність світіння при напругах нижче певного порога полегшує конструювання тонкоплівкових панелей з Х - У - адресацією.

Промисловість випускає декілька типів ЕЛІ цифрових, мнемонічних і растрових з напругою живлення 175...250 В частотою 400 та 1200 Гц і

споживаним струмом від 0.1 до 2.0 мА (для растрових - від 2.0 до 45 мА).

Існує безліч схем для формування й комутації керуючих напруг ЕЛІ змінного струму. Однак робота більшості з них базується на використанні магнітних або магнітонапівпровідникових елементів, а не інтегральних мікросхем. Так, для комутації напруг 250 В серед напівпровідникових елементів можна використати симистори (двонаправлені тиристори), польові транзистори і оптрони. Істотним недоліком симисторів є їх великий струм утримання. Тому для керування часто використовують резисторні оптрони, що дозволяють комутувати порівняно високі напруги при малих робочих струмах, а також забезпечувати гальванічну розв'язку цифрової частини схеми керування і високовольтного джерела живлення індикатора (рис. 2.5).

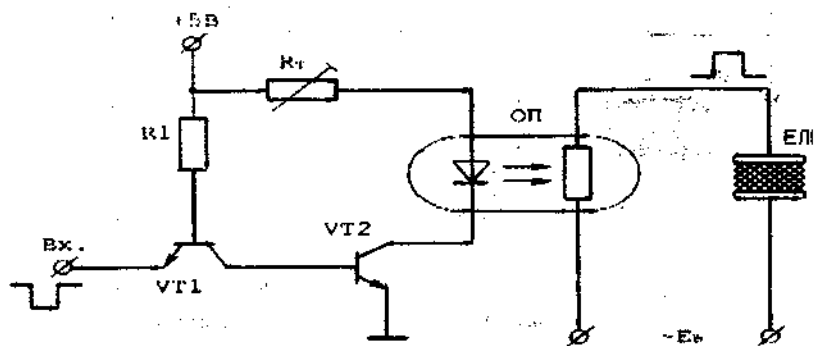


Рис.2.5. Схема керування ЕЛІ змінного струму з використанням оптрона

Генератор струму на транзисторах VT1 і VT2 збуджує світлодіод оптронної пари, який опромінює фоторезистор. Він значно міняє величину опору. Вибір фоторезистора як комутуючого елемента зумовлений не тільки хорошим взаємним узгодженням його характеристик з ЕЛІ, але і тим, що завдяки інерційності перемикаання індикатора відбувається плавно, що підвищує його термін служби. Однак знижується швидкодія. Схема працює таким чином. При низькому рівні вхідного сигналу

світлодіод збуджується і засвічує фоторезистор, опір якого стає менше ніж 2кОм. При високому рівні вхідного сигналу опір резистора різко зростає і напруга збудження  $E_v$  індикатора також різко знижується.

Бажання одержати високу яскравість у матричних ЕЛІ, де час вибірки елемента малий і, отже, мала імпульсна яскравість, стимулювало пошук такої схеми керування, яка могла б підтримувати значення змінної напруги на окремому елементі тривалий час після адресації. Один з варіантів такої

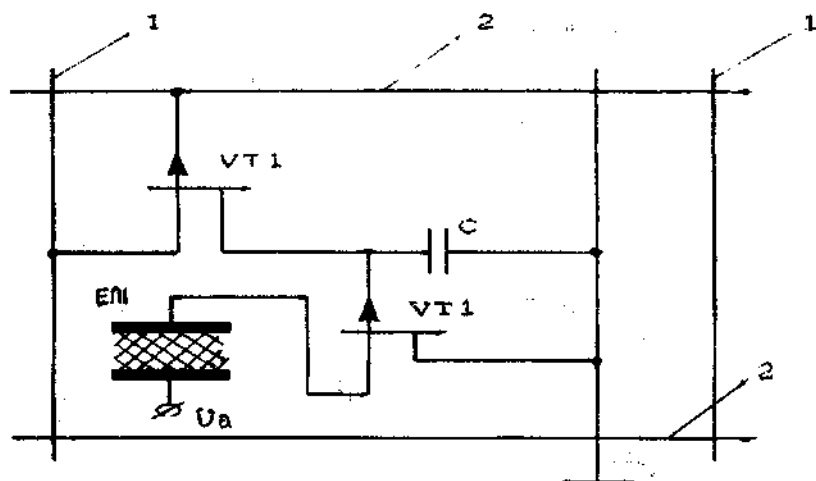


Рис. 2.6. Схема керування ЕЛІ із запам'ятовуючим конденсатором:  
1 – шина витоку (інформаційна); 2 – шина затвора

схеми показано на рис. 2.6. Коли транзистор  $VT_1$  включається, напруга передається на затвор транзистора потужності  $VT_2$  і на запам'ятовуючий конденсатор  $C$ . Транзистор  $VT_2$  потім керує напругою  $U_v$ , яка підключається до електролюмінесцентного елемента ЕЛІ. Коли  $VT_1$  відключається, наприклад на період рядка, керуючий заряд залишається на конденсаторі  $C$  і підтримує стан збудження ЕЛІ. Під час наступного періоду адресації напруга на затворі  $VT_2$  змінюється на нове значення, яке підтримується в свою чергу. Порівняно невелика зміна опору  $VT_2$  у включеному стані приводить до значних варіацій яскравості.

Слід зазначити, що, незважаючи на малий контраст, зумовлений сильним відбиттям навколишнього світла, і виявлення крос-ефекту (відношення яскравості вибраних і напіввибраних елементів) у матричних ЕЛІ, ці пристрої є перспективними для використання в плоских напівкольорових індикаторах або модулях, оскільки методи боротьби з перерахованими недоліками досить вивчені.

## 2.4. Вакуумні люмінесцентні індикатори

### 2.4.1. Принципи дії та конструкція

Вакуумний люмінесцентний індикатор (ВЛІ) являє собою багатоанодний діод або тріод, зображення в якому формується внаслідок висвічення низьковольтного люмінофора, нанесеного на аноди, і який збуджується потоком електронів.

Тріодна структура (рис. 2.7) дозволяє керувати індикатором по двох незалежних входах, що і визначило її широке застосування. Робоча температура оксидного катода лежить у діапазоні 900...1000°C, при цьому світіння, що випускається ним, досить мале для того, щоб не перешкоджати прочитанню основного зображення. Допустима зміна напруги розжарення катода не повинна перевищувати 10%. При більшій напрузі скорочується термін служби, при меншій — падає яскравість світіння.

Для замкнення індикатора на сітку і сполучення з нею екрана подається невелика негативна напруга (декілька вольтів) відносно катода. При включенні індикатора позитивний потенціал прикладають до сітки і до тих анодних сегментів, які необхідні для формування символу. Інші сегменти знаходяться під катодним потенціалом.

Сітка створює майже рівномірний потік електронів у площині анодів.

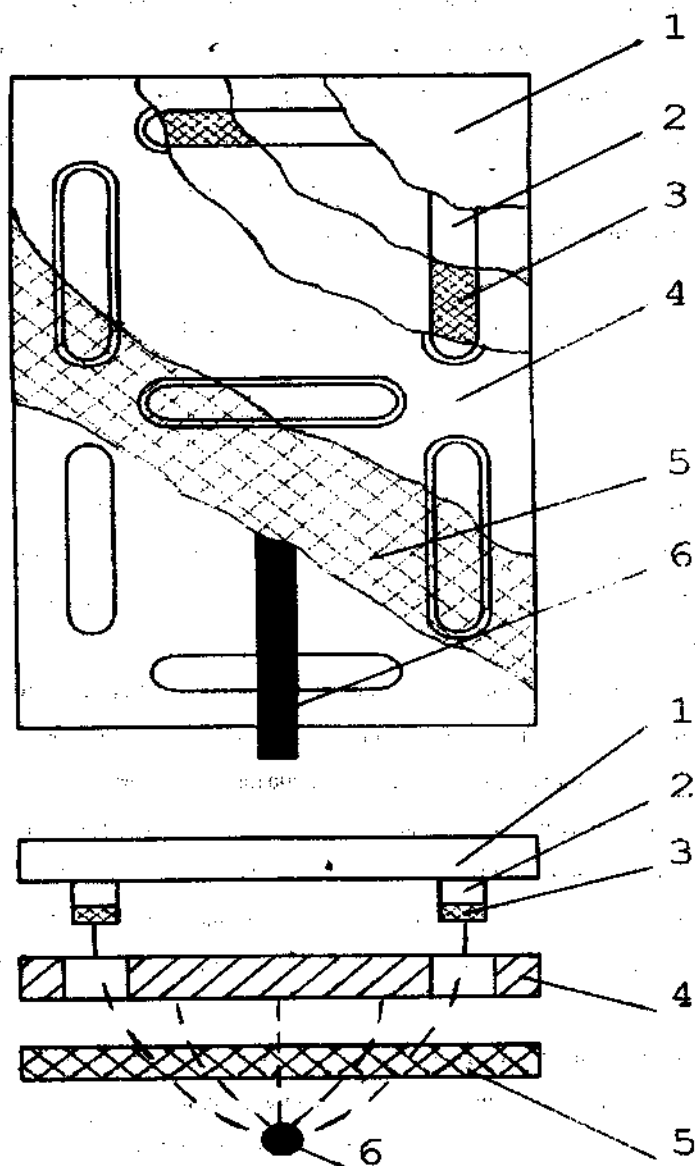


Рис.2.7. Структура вакуумного люмінесцентного індикатора:

1 – підкладка; 2 – анод; 3 – люмінофор; 4 – екран; 5 – сітка; 6 – катод



Електрони, які попадають на включені аноди-сегменти, збуджують люмінофор, а електрони, що йдуть на вимкнені сегменти, відбиваються. Електрони, що не збираються включеними анодами, попадають на екран.

Важливою особливістю вакуумних люмінесцентних індикаторів є застосування в них низьковольтної люмінесценції, для чого використовують люмінофор на основі (Zn, Cd, S). Ефективність такої люмінесценції значно нижче, ніж в ЕПТ, і тому шпаруватість опромінення люмінофора потоком електронів має бути значно нижчою.

При напругах в інтервалі 10...100 В спостерігається монотонна лінійна залежність яскравості від анодної напруги  $U_a$ , а також від щільності струму  $j$ , яку можна виразити у вигляді

$$L_v = j U_a \quad (2.7)$$

Якщо передбачити, що у вакуумних люмінесцентних індикаторах, як і у будь-якій електронній лампі, додержуються закону  $j = U_a^{3/2}$ , то з виразу (2.7) випливає наближене співвідношення, що дозволяє знайти імпульсну напругу  $U_{ан}$  збудження анодів при шпаруватості  $q$ , що забезпечує ту ж яскравість, що і номінальне постійне напруження  $U_{ан}$ :

$$U_{ан} = U_{ан} q^{2/5} \quad (2.8)$$

Як правило, вакуумні люмінесцентні індикатори використовують при однакових анодній і сітковій напругах, крім того, значення імпульсної напруги завжди обмежено зверху (звичайно менше за 70 В). Тоді, взявши  $U_{ан} = 30$  В, одержимо максимальне значення  $q = 8.3$ , а при  $U_{ан} = 20$  В —  $q = 30$ .

Конструктивно вакуумний люмінесцентний індикатор виконано у вигляді балона плоскої форми, всередині якого розміщено підсладку з анодами, екран, керуючу сітку і катод. Для нанесення на аноди

люмінофора використовують методи фотолітографії та плівкової технології. Прилад не має екрана, цим досягається збільшення кута огляду. Загальне число виводів дорівнює сумі числа знакомиць (сіток), числа анодів одного знакомиця і чисел виводів (для 17-розрядного 7-сегментного індикатора з десятиричною точкою -  $17+8+2=27$ ).

Застосування однакових сіткових та анодних напруг зручне з точки зору простоти схеми керування, однак довідкові дані показують, що при цьому сітковий струм перевищує анодний. Для подіпшення енергетичних показників індикатора на сітку можна подавати меншу напругу, ніж на люді.

#### 2.4.2. Схема керування дискретними вакуумними люмінесцентними індикаторами

Для керування індикаторами розроблено 161 серію р-МОП ІМС зі середнім ступенем інтеграції. ІМС, що входять до неї, — 161ПР2 і 161ПР3, виконують функції перетворення ДКД у код знака із 7-сегментним форматом, його запам'ятовування, збудження десятиричної точки і електричного узгодження рівнів напруг цифрових ІМС з індикатором.

Принципову схему підключення вакуумних люмінесцентних індикаторів ІВ-8 до джерела двійкових даних за допомогою ІМС серії 161 зображено на рис. 2.8. Двійкові числа, що поступають від джерела інформації (ДІ), записуються в реєстр-фіксатор ІМС за сигналом ЗП. Після зняття сигналу ЗП дані зберігаються.

При необхідності висвічення десятиричної крапки подається сигнал на вхід ДК. За довідковими даними таблиці індикатор ІВ-8 керується  $U_a = U_c = 20$  В при анодних струмах 0,8 мА, що дозволяє застосовувати ІМС 161ПР2. Наявність у складі ІМС 161ПР2 реєстра-фіксатора дозволяє організувати статичний режим індикації багаторозрядного індикатора від загальної шини даних.

Індикатор ІВ-11 споживає значно більший анодний струм (3,5 мА), що робить неможливим його пряме сполучення з ІМС 161ПР2. Для узгодження за струмом можна використати схему емітерного повторювача

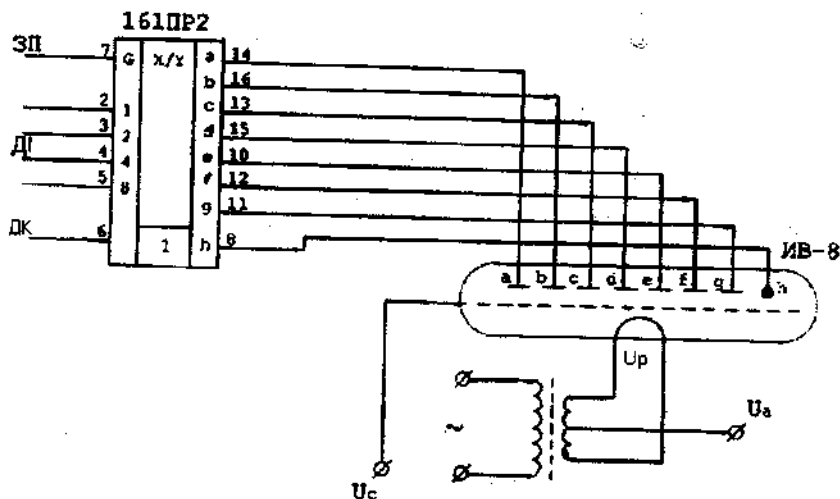


Рис. 2.8. Схема керування вакуумним електролюмінесцентним індикатором: ЗП – сигнал дозволу запису; ДК – сигнал керування десятковою крапкою; ДІ – джерело інформації;  $U_p$  – напруга розжарення (для ІВ-8  $U_p=0,85$  В);  $U_c$  – напруга сітки;  $U_a$  – напруга анода

на складовому транзисторі, зображено на рис. 2.9. При входньому струмі, що не перевищує 0,1 мА, вона забезпечує вихідний струм до 10 мА, чого достатньо для більшості вакуумних люмінесцентних індикаторів у статичному режимі керування.

При розробці схеми керування вакуумним люмінесцентним індикатором необхідно враховувати, що живлення ланцюга напруги здійснюється змінним струмом, а для вирівнювання напруги між анодом і катодом негативний полюс джерела живлення присьодується до середньої точки повторної обмотки трансформатора, як зображено на рис. 2.8. Якщо трансформатор не має середньої точки, то її можна створити штучно за допомогою діляника напруги, опір якого треба вибирати таким чином, щоб падіння напруги на ньому від протікання сумарного струму сітки і анодів

було незначним у порівнянні з анодною або сітковою напругою (останні звичайно вибирають з міркувань уніфікації джерела живлення).

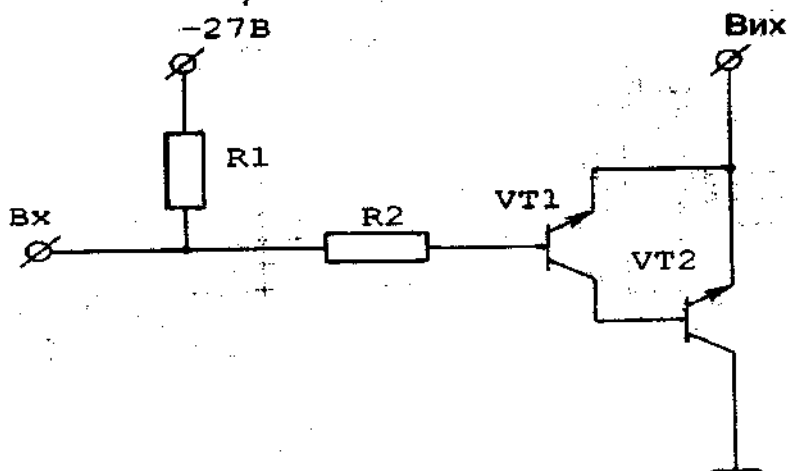


Рис.2.9. Схема узгодження ІС 161 серії з вакуумним ЕЛІ

Змінна напруга може зробити миттєве значення напруги на катоді негативним у відношенні до анодів і викликати підсвічування останніх.

Істотним недоліком ІМС серії 161 є також те, що на їх входи мають подаватися сигнали негативної логіки. Для узгодження з ТТЛ ІМС застосовують зображену на рис. 2.10 схему на транзисторах з доповнювальними типами електропровідності. При надходженні на її вхід логічної одиниці від ТТЛ ІМС перехід емітер-база транзистора VT1 закривається і включається транзистор VT2, що працює як підсилювач із загальною базою. Цим забезпечується включення транзисторів VT3 і VT4 і поява на виході нульового рівня напруги для висвічення ЕВ. При надходженні на вхід схеми логічного нуля на виході схеми створюється негативна напруга, а індикація відсутня.

Умовне графічне позначення індикатора ІВ-8 показано на рис. 2.11.

Індикатор являє собою електронну лампу, що містить катод - нитку

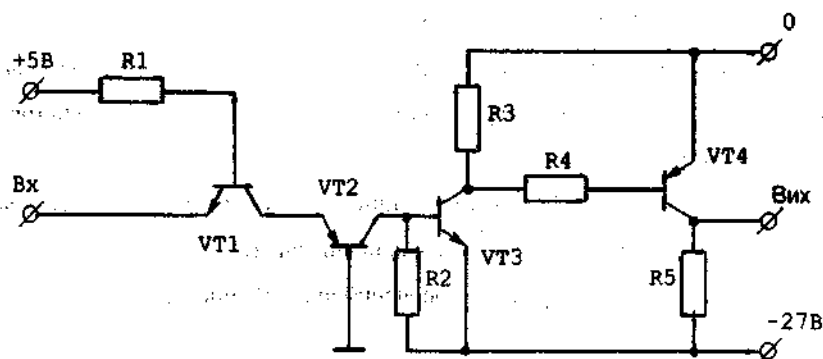


Рис.2.10. Схема узгодження ІС 16] серії з ІТС ТТЛ

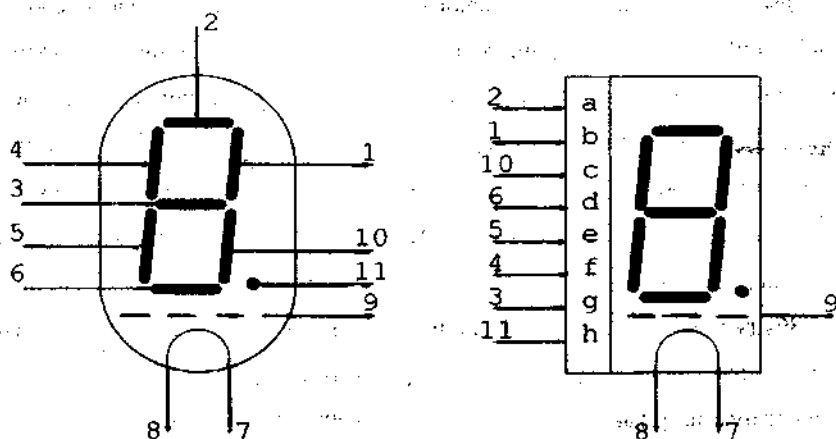


Рис.2.11. Умовні графічні позначення індикатора типу ІВ8

розжарення, керуючу сітку, сім анодів - елементів знака, розташованих в одній площині, і ще один анод - розділову точку. На нитку розжарення (виводи 7 і 8) подають постійну або пульсуючу напругу 0,8...1,5 В (залежно від типу індикатора), на сітку (вивід 9) і аноди-елементи (виводи 1 - 6,10) - постійну напругу +27 В. Підігріта нитка розжарення випускає електрони, які спрямовуються до позитивно зарядженої сітки, в більшості

своїй пролітають крізь неї і, бомбардуючи аноди-елементи, примушують світити нанесений на них шар люмінофор.

На анод-розділову точку (вивід 11) подають таку ж, як і на інші електроди індикатора, напругу, але не через дешифратор, а від генератора тактових імпульсів.

Індикатор ИВ-8 має 12 гнучких дротяних виводів, відлік яких ведуть за годинниковою стрілкою (якщо дивитися на них знизу).

Ключем для відліку служить укорочений вільний вивід 12.

## 2.5. Вакуумні індикатори розжарювання

Вакуумні індикатори розжарювання конструктивно являють собою вакуумний балон, всередині якого на підкладці з опорними штирями розташовані елементи відображення у вигляді вольфрамових спіралей (рис. 2.12). Спіральна форма нитки та невелика відстань між опорними штирями запобігають помітному провисанню при нагріванні. Робоча температура ниток не перевищує 1250 °С, чим забезпечується висока довговічність. Для збільшення контрасту підкладка чорниться.

Збудження індикаторів проводиться поданням постійної, змінної або імпульсної напруги між загальним та окремим виводами, що збуджуються. При цьому нагрівання елементів відображення запізнюється, так що час готовності (інтервал часу від моменту подачі електричного сигналу до досягнення яскравістю 80 % від сталого значення) складає в середньому 0,20...0,25 с. З вольт-амперної характеристики видно, що індикатори працюють при порівняно великих (у десятки міліамперів) струмах. Необхідно також враховувати, що в початковий момент через малий опір холодної нитки можливий до двократного значення кидок струму, що продовжується декілька десятих частки секунди.

При імпульсному збудженні та великій шпаруватості максимальна миттєва і середня температури катода можуть сильно розрізнятися, що

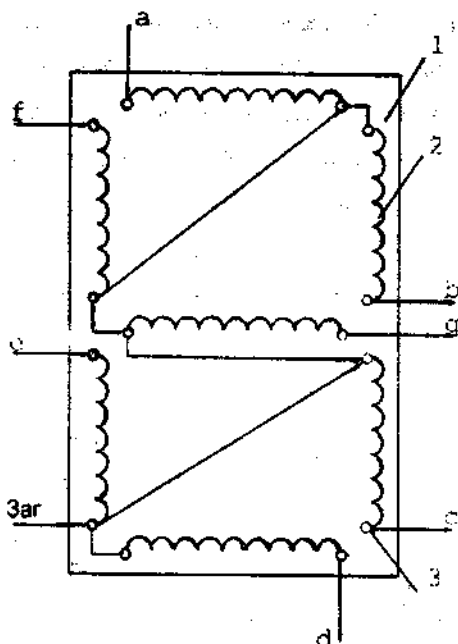


Рис.2.12. Вакуумний індикатор розжарювання :

1 – підкладка; 2 – спіраль розжарення; 3 – опорний штир; a,b,c,d,e,f,g,3ar – виводи керування сегментами.

негативно позначається на терміні служби індикатора. Тому на практиці не рекомендується використати шпаруватість більше 12.

З урахуванням цих обмежень частоти повторення і шпаруватості можна знайти імпульсну напругу збудження

$$U_i = U_n q^{0.5}, \quad (2.9)$$

де  $U_n$  - номінальна постійна напруга збудження.

При живленні імпульсною або змінною напругою для запобігання виникненню резонансу рекомендується використати частоти в діапазоні 0...150 Гц або вище за 300 Гц.

Промисловість випускає декілька типів індикаторів. Наприклад, індикатор типу ИВ-9 з мінімальною яскравістю  $1700 \text{ кд/м}^2$ , розміром знака  $6 \times 12 \text{ мм}$ , кутом огляду  $120$  градусів, номінальною напругою  $4,5 \text{ В}$  і струмом  $19,5 \text{ мА}$ . Індикатори розжарювання перевершують інші типи активних індикаторів щодо яскравості (наприклад, індикатор типу ИВ-13 має номінальну яскравість  $10000 \text{ кд/м}^2$  при розмірі знака  $15,4 \times 23 \text{ мм}$ , номінальній напрузі  $7,5 \text{ В}$  і струмі  $36 \text{ мА}$ ), це досягається за рахунок великої споживаної потужності. Перевагою цих індикаторів є також можливість одержання різних кольорів світіння шляхом використання світлофільтрів.

Розглянемо як приклад схему керування однорозрядним індикатором типу ИВ-9 (рис. 2.13). Як формувач керуючих сигналів можна використати транзисторну збірку типу 125НТ1А з допустимим струмом  $400 \text{ мА}$ .

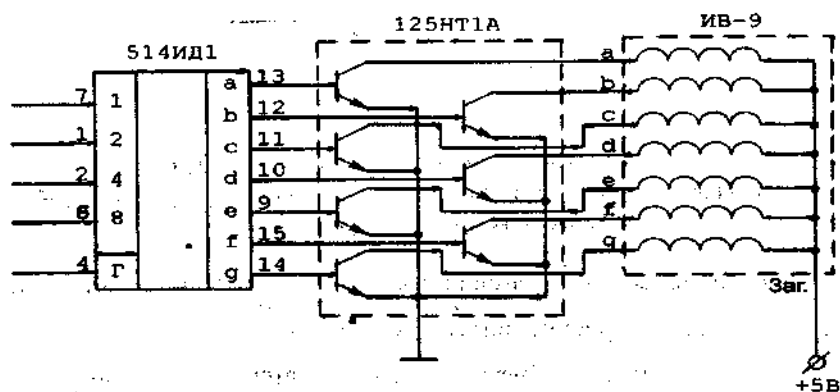


Рис.2.13. Схема керування вакуумним індикатором розжарювання

Виводи сегментного індикатора можна включити у відкриті колекторні виходи збірки, а загальні виводи з'єднати з плюсовою шиною джерела живлення. Як знакогенератор можна використати дешифратор 514ИД1, вихідний струм якого не достатній для керування безпосередньо сегментами індикатора, але достатній для включення транзисторної збірки. При живленні схеми джерелом  $5 \text{ В} \pm 5\%$  і з урахуванням падіння напруги



на транзисторній збірці порядку 0,7 В одержуємо керуючу напругу на індикаторі не більше за 4,3 В. Інформація від джерела поступає на входи 1, 2, 4, 8 дешифратора. Вхід Г дешифратора призначений для керування режимом гасіння індикатора. Як формувач керуючих сигналів може бути використана будь-яка транзисторна збірка або ключі будь-яких типів, вихідний струм яких достатній для забезпечення номінального значення струму розжарення сегмента індикатора.

## 2.6. Дискретні газорозрядні індикатори

### 2.6.1. Загальні властивості газорозрядних індикаторів

Порівняно висока робоча напруга газорозрядних індикаторів зумовлює застосування цих приладів в апаратурі з мережевним електроживленням. У той же час аморфність газового середовища робить можливим створення приладів великих розмірів, а її властивості дозволяють будувати функціональні індикатори, в яких адресація інформації по індикаторному полю або її запам'ятовування здійснюється всередині індикатора. За принципом дії і конструкції газорозрядні індикатори ділять на три групи: знакові (переважно цифрові), індикаторні тиратрони, газорозрядні індикаторні панелі.

Практично всі типи газорозрядних індикаторів являють собою комбінацію діодних проміжків [9]. Звичайно струм у такому проміжку обмежується резистивним навантаженням (рис. 2.14, а). У цьому випадку робоча точка приладу визначається перетином навантажувальної прямої з вольт-амперною характеристикою (рис. 2.14, б). Якщо цей перетин припадає на горизонтальну ділянку характеристики, в приладі встановлюється нормальний жевріючий розряд, якщо на ту, що зростає, - аномальний.

Для виникнення розряду необхідно, щоб  $E_a \geq U_a$ , де  $U_a$  - напруга

виникнення розряду. Струм, який проходить через прилад:

$$I_a = (E_a - U_{п}) / R_a, \quad (2.10)$$

де  $U_{п}$  – напруга підтримки розряду.

З формули видно, що для вибору статичного режиму роботи газорозрядних індикаторів важливі такі параметри:  $U_{в}$  і  $U_{п}$  – напруги

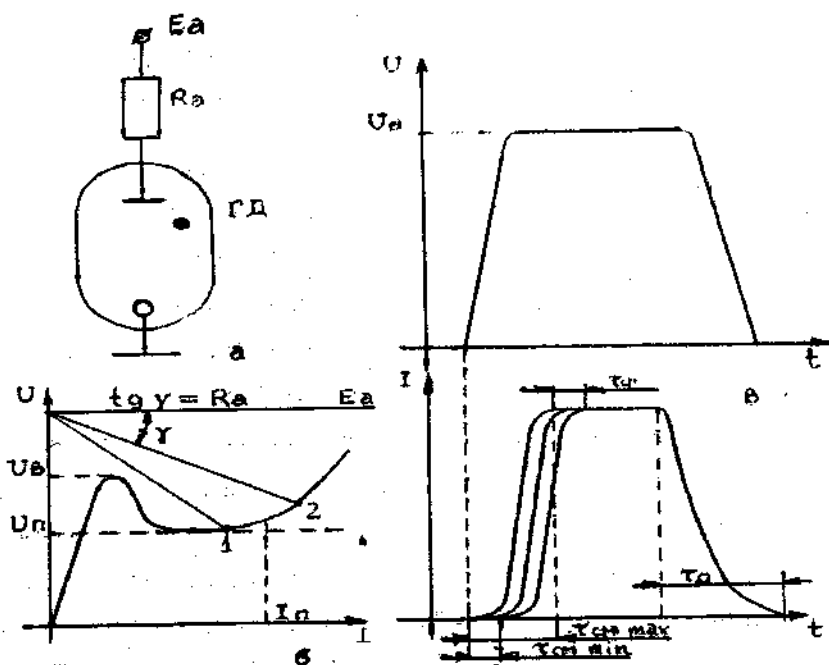


Рис.2.14. Газорозрядний діод:

а - схема включення; б - визначення робочої точки на вольт-амперній характеристикі; в - часова діаграма виникнення потіку в газорозрядному проміжку

виникнення і підтримки розряду;  $I_a$  - струм переходу від нормального до аномального жевріючого розряду (цей перехід відповідає повному

покриттю катода світінням).

Основні динамічні характеристики газорозрядного проміжку зображенні на рис. 2.14, в. Рисунок показує виникнення в газорозрядному проміжку струму  $I$  під дією напруги  $U$ . Оскільки запізнення виникнення розряду зумовлено появою у холодного катода індикатора електронів, що є статичним процесом, то воно характеризується середнім значенням  $t_{cm}$  та його дисперсією. Для зменшення і одночасно стабілізації цього часу за допомогою допоміжного розряду біля катода створюють початкову концентрацію електронів. Після появи початкового електрона наростає лавина в проміжку і встановлення струму також вимагає певного часу формування  $t_{\phi}$ . Для повернення проміжку в первинний стан після закінчення імпульсу анодної напруги заряджені частки повинні рекомбінувати, на що йде час деіонізації  $t_d$ . Перераховані динамічні параметри  $t_{cm}$ ,  $t_{\phi}$ ,  $t_d$  газорозрядних індикаторів визначають мінімальну тривалість керуючих імпульсів, що подаються на прилад, і граничну частоту його роботи. Випромінювачем у газорозрядних індикаторах часто є негативне тліюче світіння - область, що безпосередньо примикає до негативного електрода (катода) приладу. Як газове наповнення найчастіше застосовують інертний газ, що слабо реагує з деталями внутрішньої структури і мало що поглинає, чим забезпечуються високий термін служби і мала швидкість деградації характеристик. Досить високу яскравість світіння у видимій області спектра дають тільки неон та його суміші з іншими інертними газами (до  $10000 \text{ кд/м}^2$  і вище).

### 2.6.2. Конструкція знакових індикаторів

Найпоширенішим типом газорозрядних індикаторів є знаковий індикатор. Ці прилади спеціально призначені для відображення різних знаків (цифр, літер, символів) при обмеженому числі знакомісць (від 1 до 20), а також можуть використовуватися для відтворення різних написів. За

способом формування символу знакові індикатори можуть бути розділені на дві категорії: фігурні (знакомодельючі) та сегментні (знакосинтезуючі). Електродна структура однознакового фігурного індикатора містить певне число катодів К, форма кожного з яких відповідає символу (рис. 2.15).

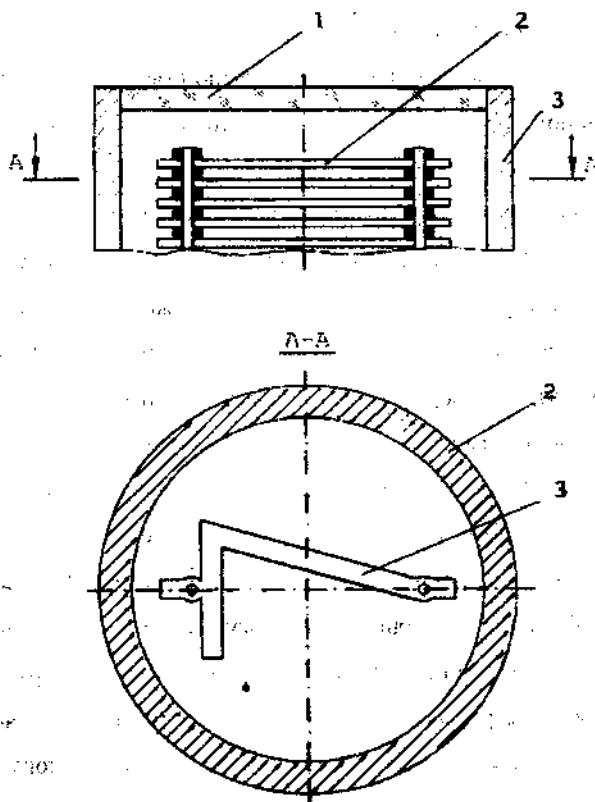


Рис.2.15. Конструкція знакосинтезуючого газорозрядного індикатора: 1 – торцева частина анода (прозора); 2 – катод (знак); 3 – бокова частина анода (непрозора)

Звичайно ці катоди кріплять до двох стояків, при цьому утворюється катодний пакет. Катоди ізолюють один від одного за допомогою діелектричних прокладок. На цих же стояках розташовують один або два сітчастих аноди, а вся конструкція оточена коробчастим металевим

скраном (сполученим з анодом) з почорненого матеріалу. Індикатор наповнюють неоном або газовою сумішшю, що містить неон. Якщо  $E_a > U_b$ , де  $E_a$  – напруга на аноді,  $U_b$  - напруга виникнення розряду, то при включенні напруги живлення між анодом і індикованим катодом втече струм, обмежений опором  $R_a$ .

### 2.6.3. Схеми статичного режиму керування дискретними газорозрядними цифровими індикаторами

Знакові індикатори застосовують у таких різних пристроях, як цифрові вольтметри і частотоміри, різного роду пультах. За структурою схеми керування можуть бути розділені на однорозрядні і багаторозрядні.

У перших з них всі індикатори включені одночасно і через них проходить постійний струм, у других - індикатори включаються послідовно у часі (режим із розділенням часу), а струм, що проходить через індикатори, є імпульсним.

У схемах порозрядної індикації кількість обладнання росте пропорціонально числу розрядів, у схемах багаторозрядної індикації - значно повільніше, оскільки застосовують загальний дешифратор і катодні ключі. Однозначно вирішити питання про те, який з типів схем вигідніше, виходячи тільки з кількості обладнання, не можна, оскільки треба враховувати і "якість" обладнання, тобто наскільки в ній використані уніфіковані інтегральні схеми. Очевидно, що системи однорозрядного типу можуть бути реалізовані на базі одного типу міросхем, для реалізації багаторозрядних схем потрібно велике число типів міросхем. Приклад побудови цифрової індикації з використанням однорозрядного знакомодельючого газорозрядного індикатора типу ИИ8-2 показано на рис. 2.16. Лічильник виконано на інтегральній схемі 155ИЕ2 з вихідним ДКД-кодом, а дешифратор - на ІМС 155ИД1, що перетворює позиційний код лічильника в унітарний десятковий код знакомодельючого

індикатора. Одночасно її високовольні вихідні транзистори дозволяють узгодити низькі рівні цифрової логіки з порівняно високими керуючими

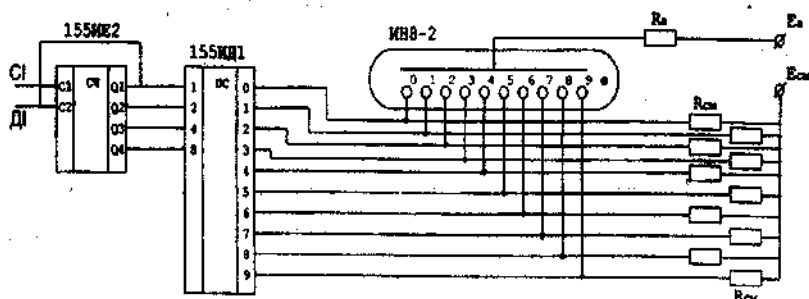


Рис. 2.16. Цифровий пристрій відображення інформації на знакосинтезуючому газорозрядному індикаторі

напругами індикатора. На виходи дешифратора, сполучені з катодами індикатора, через резистори зміщення  $R_{см}$  подається позитивна напруга зміщення  $E_{см}$ , яке повинно виключати виникнення паразитного світіння на незбуджених катодах. При появі на одному з виходів дешифратора низького рівня на відповідному катоді утвориться розрядне світіння. Струм через індикатор обмежується резистором.

## 2.7. Рідинно-кристалічні індикатори

### 2.7.1. Загальні властивості

У протилежність активним приладам рідинно-кристалічний індикатор (РКІ) не генерує світло, а тільки керує його проходженням, що зумовлює надзвичайно малу споживану ним потужність. Перевагою РКІ є також мала керуюча напруга, що дозволяє безпосередньо погоджувати їх із цифровими інтегральними схемами. Рідинно-кристалічна речовина (РКР) являє собою анізотропну рідину, тобто має звичайні властивості рідини

(текучість, поверхнєве натягнення і в'язкість) і незвичу для рідини властивість - упорядкованість орієнтації. В результаті такі макроскопічні параметри, як діелектрична проникність  $\epsilon$  і показник заломлення  $n$ , залежать від орієнтації молекул у рідині.

Для РКР характерна анізотропна геометрія молекул. У більшості випадків вони мають довгасту сигароподібну форму. Впорядкованість структури створюється відносно слабкими силами взаємодії молекул або молекул і граничних поверхонь. Оскільки ці сили малі, то при підвищенні температури РКР перетворюється на звичайну ізотропну рідину. При пониженні температури кристал переходить у твердий стан і втрачає властивість рідини. Поки структура кристала залишається рідкою, вона легко перебудовується під дією електричних, механічних або магнітних полів.

Типова молекула РКР складається з двох фенілових кілець, до яких приєднані короткі полярні групи у вигляді алкідних ланцюжків  $R - CN$ . Орієнтація окремої молекули РКР зазнає безперервних типових флуктуацій, однак у будь-якій точці рідини є середня орієнтація, що характеризується одиничним вектором, який називають директором  $D$ . Залежно від напрямку директора та взаємного положення центрів ваги розрізняють три основні фази (рис. 2.17): смектична - молекули орієнтовані паралельно, а центри ваги лежать в одній площині (рис. 2.17, а); нематична - молекули орієнтовані паралельно, але центри ваги розташовані довільно (рис. 2.17, б); холестерична - закручення директора так, що в результаті створюється гвинтова структура (рис. 2.17, в).

Коли РКР займає великий об'єм, то в останньому виникають області з незалежними орієнтаціями директора. Для надання однакової орієнтації у всьому робочому просторі РКР поміщають у вузький простір між підкладками. В результаті специфічна орієнтація молекул рідинного кристала визначається і сусідніми молекулами, і граничною поверхнею підкладки.

У нематичній фазі орієнтуюча дія підкладок може приводити до виникнення планарної, нормальної і закрученої орієнтації.

За своїми електричними властивостями РКР відносяться до діелектриків. Властивості характеризуються малою питомою електропровідністю, що залежить від кількості домішок. Важливим параметром РКР, що дозволяє керувати його оптичними властивостями за допомогою електричного поля, є електрична анізотропія.

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}, \quad (2.11)$$

де  $\epsilon_{\parallel}$ ,  $\epsilon_{\perp}$  - паралельна і перпендикулярна  $\mathbf{D}$  складові діелектричної проникності.

Оптичні характеристики визначаються різними показниками заломлення для світла з різними у відношенні до  $\mathbf{D}$  напрямками поляризації. Оптична анізотропія приводить до виникнення ефекту

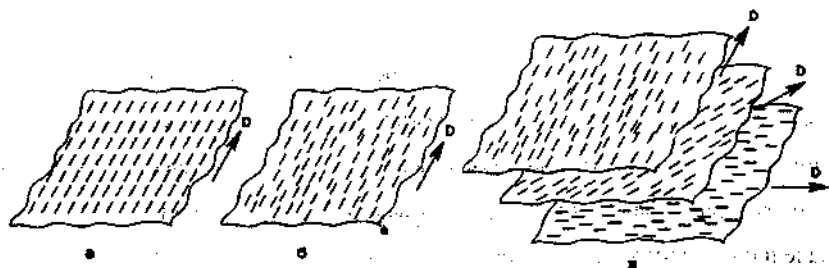


Рис. 2.17. Орієнтація молекул у різних фазах рідинного кристала:  
а - смектична; б - нематична; в - холестерична

двопроменезаломлення. Оптична анізотропія характеризується різницею показників заломлення

$$\Delta n = n_e - n_o, \quad (2.12)$$

де  $n_e$ ,  $n_o$  - показники заломлення для світла з поляризацією, паралельною



директору  $D$  і перпендикулярною до нього.

Розглянемо вплив електричного поля на шар нематичної РКР з позитивною діелектричною анізотропією та планарною орієнтацією. На лівому кордоні шару молекули орієнтовані строго паралельно підкладці, оскільки тут на них сильніше за все діють орієнтуючі сили з боку підкладки. В міру віддалення від підкладки дія поверхневих сил слабшає і під впливом зовнішнього електричного поля молекули прагнуть повернутися таким чином, щоб вектор їх поляризації збігався з електричним полем.

### 2.7.2. Типи індикаторів

Рідинно-кристалічний індикатор був створений на ефекті динамічного розсіювання, що є струмовим ефектом.

В осередку, заповненому нематиком з негативною діелектричною анізотропією, при планарній орієнтації за відсутності напруги на

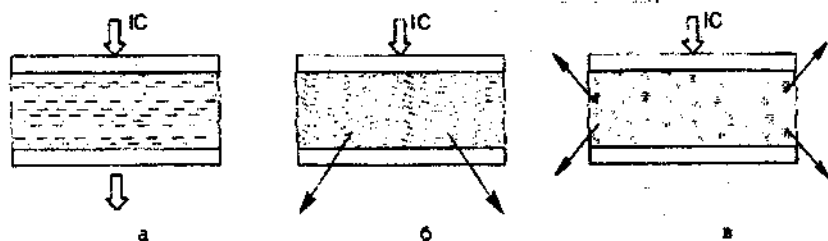


Рис. 2.18. Робота рідинно-кристалічного індикатора на ефекті динамічного розсіювання при напругах:

а - нульовій; б - пороговій; в - перевищуючій порогову

електродах речовина однорідна і прозора (рис. 2.18, а). При подачі порогової напруги виникає доменна структура, своєрідний рисунок, зумовлений впорядкованою зміною напрямку директора (рис. 2.18, б). При перевищенні порогової напруги в РКР відбувається вихровий рух (рис.

2.18, в). Внаслідок виникнення вихорів РКР повністю втрачає оптичну однорідність і розсіює світло у всіх напрямках.

Індикатори, в яких використовується польовий твіст-ефект, у наш час набули найбільшого поширення. За відсутності напруги молекули в осередку закручені приблизно на  $90^\circ$  завдяки орієнтуючій дії підкладок (рис. 2.19). У цьому випадку світло, яке падає на осередок зверху, поляризується таким чином, що його вектор поляризації збігається з  $D$  у верхньої підкладки. При проходженні крізь шар РКР площина поляризації світла обертається і при попаданні в нижню підкладку виявляється перпендикулярною до площини креслення. В результаті світло вільно виходить через аналізатор і попадає до спостерігача.

При накладенні на осередок напруга, що створює поле вище порогового, РКР прагне повернутися по електричному полю і його директор  $D$  набуває вертикального напрямку. Тепер вже РКР в осередку не

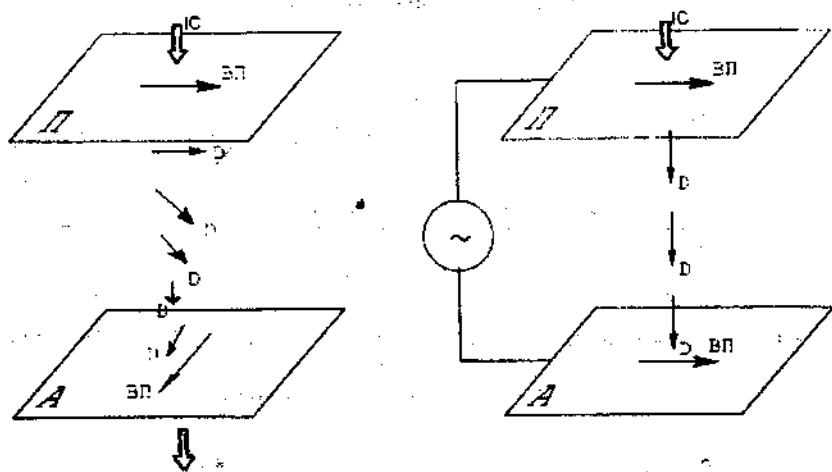


Рис.2.19. Робота рідинно-кристалічного індикатора на твіст-ефекті при напругах:

а - нульовій; б - перевищуючій порогову

обертає площину поляризації, а аналізатор не пропускає світло. РКІ на твіст-ефекті мають переваги в порівнянні з РКІ на ефекті динамічного розсіювання: в декілька разів менша робоча напруга (3...10 В замість 15...40 В), велика довговічність, зумовлена малими струмами (щільність струму 1...3 мкА/см<sup>2</sup> замість 10 мА/см<sup>2</sup>).

До недоліків РКІ на твіст-ефекті відносяться менший кут огляду, що пов'язано з вузькою діаграмою спрямованості світла і впливом поляризаторів.

Індикатори без поляризаторів можуть бути створені на основі ефекту "гість-господар" (рис. 2.20). Стрижнеподібні дихроїчні молекули барвника (гість) прагнуть орієнтуватися паралельно осям молекул РКР. Барвник поглинає світло з поляризацією вздовж довгої осі молекули і пропускає світло з перпендикулярною орієнтацією. Отже, керуючи орієнтацією РК, можна регулювати проходження світла. Як основний електрооптичний ефект можна використати перехід від холестеричного в нематичний стан. З початкового стану РКР переходить в нематичний стан, в якому всі

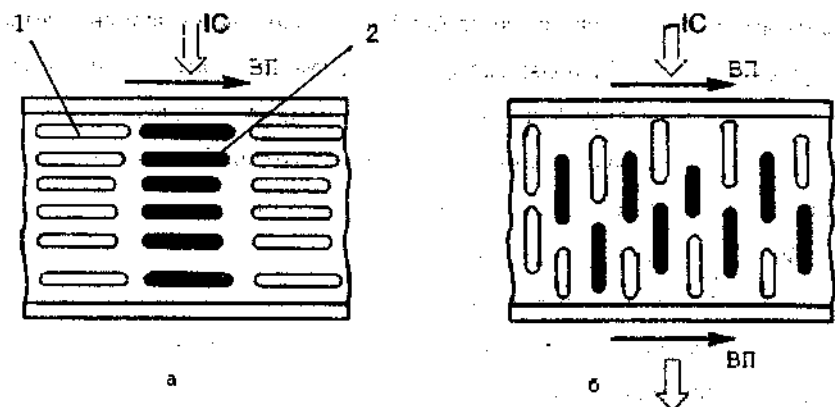


Рис.2.20. Робота рідинно-кристалічного індикатора на ефекті "гість-господар" при напругах:

а - нульовій; б - перевищуючій порогові;

1 - молекули РК-речовини; 2 - молекули барвника

молекули барвника орієнтовані вертикально, а падаюче світло на осередок вільно проходить крізь нього. Ця система перспективна, оскільки дозволяє одержати майже чорне позитивне зображення на білому фоні при високій яскравості й достатньому куті огляду.

### 2.7.3. Способи підсвічування рідинно-кристалічних індикаторів

Для роботи РКІ важливе значення має спосіб його підсвічування. У твіст-індикаторах застосовують три системи підсвічування: відбивну, просвітну і відбивно-просвітну.

У відбивній системі зовнішнє світло в РК-осередок попадає тільки після проходження верхнього поляризатора. Якщо на сегмент осередку не подано напругу, світло після повороту вектора поляризації на  $90^\circ$  проходить через нижній поляризатор і відбивається рефлектором. При зворотньому проході світло знову повертається на  $90^\circ$  в шарі РКР і вільно виходить назовні. В тих сегментах індикатора, на які подано напругу, РКР не може обертати вектор поляризації, внаслідок чого промені світла затримуються нижнім поляризатором. У такому індикаторі видно темні сегменти на світлому фоні. У просвітній конструкції джерело світла розташовується позаду одного з двох поляризаторів. Як джерело можна використати мініатюрну лампу розжарювання з дифузором.

Просвітно-відбивна система, в якій відбивач частково пропускає світло, що йде позаду, і частково відображає світло, яке падає спереду, є найбільш універсальною. Відбивні РКІ застосовуються при достатній, а просвітні - при низькій освітленості навколишнього середовища.

### 2.7.4. Характеристики індикаторів

Оскільки РКІ відносяться до класу пасивних, то основним їх оптичним

параметром є не яскравість, а контрастність. Вольтконтрастна характеристика РКІ залежить не від амплітудного, а від діючого значення прикладеної напруги.

Динамічні параметри РКІ визначаються часом реакції  $t_{pk}$  і релаксації  $t_{pa}$ . Проміжки часу  $t_{pk}$  і  $t_{pa}$  пропорційні в'язкості РКР, яка залежить від температури:

$$\eta_s = \eta_{s0} \exp(\varepsilon_a / kT), \quad (2.12)$$

де  $\varepsilon_a$  – енергія активації, що лежить у діапазоні  $(5 \dots 8) \cdot 10^{-20}$  Дж.

Формула показує, що зміна температури з 250 до 300 К міняє  $\eta_s$  в 11-50 раз. Тому, навіть якщо при зниженні температури робоча речовина залишається в рідкому стані, РКІ може виявитися непрацездатним через погані динамічні параметри. Для підвищення терміну служби РКІ їх живлять змінною напругою, виключаючи цим направлений характер електрохімічних процесів. Щоб навіть найбільша складова постійної напруги не попадала на ЖК, використовують тонку плівку SiO.

### 2.7.5. Фазоімпульсний спосіб керування рідинно-кристалічними індикаторами

Найбільш поширено фазоімпульсний спосіб керування, оснований на застосуванні логічної схеми "Виключаюче АБО". Перевагою схеми є майже двократне підвищення напруги між електродами індикатора  $U_e$  в порівнянні з напругою живлення ІМС (рис. 2.21). Діаграму напруг у характерних точках показано на рис. 2.22.

Імпульсна напруга  $U_{ж}$ , яку використовують у схемі, повинна мати частоту, що перевищує частоту мигтіння, і в той же час бути значно нижчою за частоту відсічення, при якій порогове значення напруги зростає. Одночасний вплив на РКІ дуже високої напруги і частоти призводить до перезбудження, що спричиняє збільшення часу релаксації

та виникнення ефекту хреста. У результаті при виборі робочої частоти  $f$

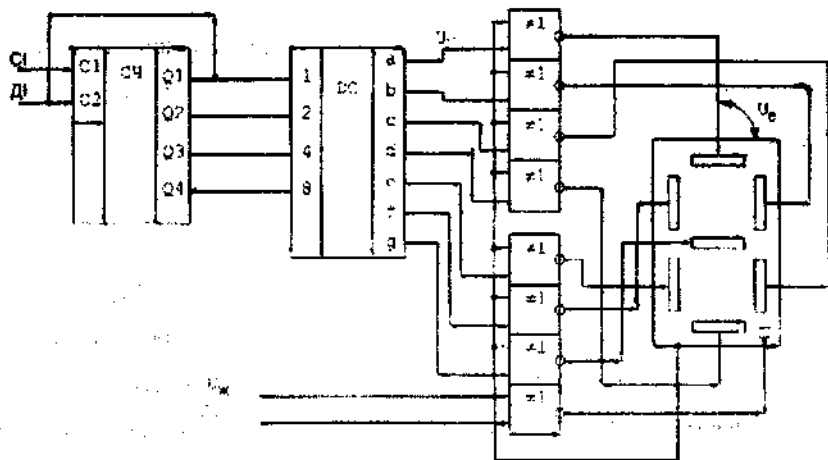


Рис.2.21. Фазоімпульсний спосіб керування рідинно-кristалічним індикатором. Схема підключення

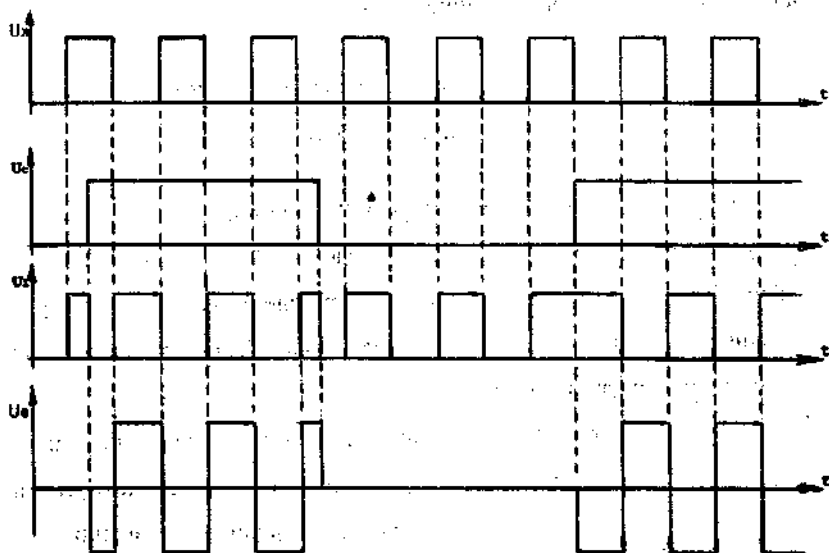


Рис.2.22. Фазоімпульсний спосіб керування рідинно-кristалічним індикатором. Діаграма напруг

повинна виконуватися умова

$$f U_0 = K_{пр}, \quad (2.13)$$

де  $K_{пр} = 1000 \dots 3000$  (граничне значення для більшості типів індикаторів).

Параметри РКІ показують, що для керування ними можна використати схеми на К-МОП-транзисторах.

Незважаючи на те, що РКІ віднесені до пасивних індикаторів, останнім часом у засобах відображення інформації використовують рідинно-кристалічні матриці. Ці пристрої застосовують для відображення інформації у вигляді кольорових знакографічних зображень, а також у телевізійному чорно-білому режимі в умовах підвищеного зовнішнього освітлення.

### 3. ЗАСОБИ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЮ ТРУБКОЮ

#### 3.1. Електронно-променевий індикатор

Електронно-променеві індикатори (ЕПІ) є найбільш поширеним і важливим пристроєм у техніці відображення інформації [11, 12]. Робота індикатора ґрунтується на створенні керованого сфокусованого пучка електронів, що впливають на покритий люмінофорною речовиною екран і викликають світіння окремих його ділянок. Конструктивні відмінності індикаторів і специфіка їх використання визначаються способами керування променем, конфігурацією електродів і властивостями люмінофора.

Найбільш поширені в пристроях відображення інформації монохромні та кольорові електронно-променеві трубки (ЕПТ) типу телевізійних з електростатичним фокусуванням та електромагнітним

відхиленням променя.

Розглянемо роботу такої ЕПТ (рис. 3.1).

Трубка являє собою вузький скляний циліндр 1 із розширенням на кінці до прямокутного або круглого екрана 2. Всередині циліндра 1 вбудовано набір електродів, що складають електронно-оптичну систему, на поверхні циліндра розташовано пару відхиляючих котушок 3. Вакуумний простір всередині трубки, по якому розповсюджується пучок електронів 4, може бути розділений на три ділянки.

Перша ділянка включає в себе покритий оксидною плівкою катод 8, який випромінює електрони при підвищенні його температури за допомогою окремого нагрівника.

Розташований поблизу катода керуючий електрод-модулятор 7.

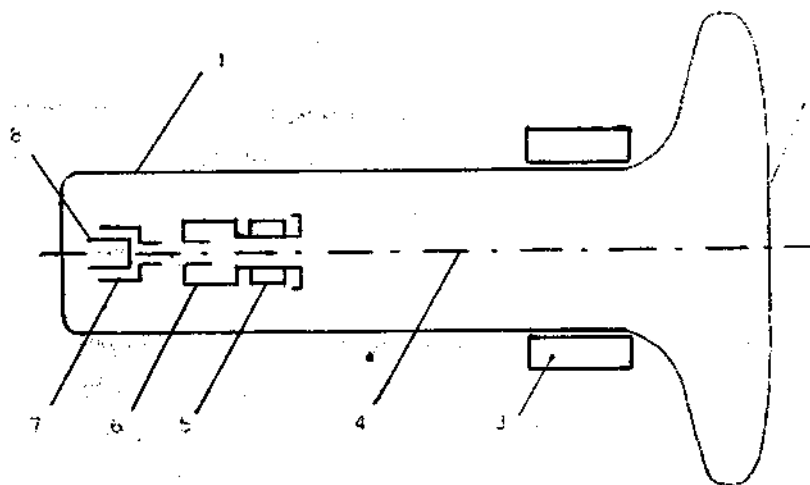


Рис.3.1. Електронно-променева трубка:

- 1 – скляний балон; 2 – екран; 3 – відхиляючі котушки; 4 – пучок електронів; 5 – фокусувальний електрод; 6 – керуючий електрод; 7 – електрод-модулятор; 8 – катод

виконаний у вигляді циліндра з торцевим отвором, має потенціал, негативний відносно катода, тому через нього пролітають лише електрони.



що попадають в отвір. Цим створюється як би точкове джерело електронів. Керуючи потенціалом на модуляторі, можна регулювати інтенсивність пучка.

Електрони, що попадають у кінці свого шляху на внутрішню поверхню екрана 2 з люмінофорним покриттям, повинні мати достатню енергію для збудження люмінофора. Крім того, світлова пляма повинна бути якомога меншого розміру, щоб забезпечити хорошу роздільну здатність зображення. Це вимагає відповідного фокусування променя та його прискорення, що забезпечується декількома електродами з певними потенціалами відносно катода. В основі дії цих електродів закладено принципи електронної оптики. Прискорюючий електрод 6 і фокусуючий електрод 5 утворюють систему двох електронних лінз - катодної та головної фокусуючої.

Електроди являють собою циліндр з однією або декількома діафрагмами, що служать для затримання електронів, які розсіюються в сторону від осі пучка. Фокусуючий електрод розташований між двома половинами прискорюючого, завдяки чому зміна потенціалу на ньому не впливає на роботу модулятора. Це дозволяє здійснювати фокусування променя практично без зміни яскравості.

Всю систему електродів на першій ділянці ЕПТ, що забезпечує формування і посилення променя, називають електронною гарматою.

На другій ділянці кінескопа розташовано відхиляючу систему 3. Дія відхиляючої системи полягає в направленій зміні прямолінійного шляху електронів і, таким чином, адресації світлової плями на площині екрана. Для відхилення пучка електронів може використовуватися як електростатичне, так і магнітне поле. Для створення електростатичного поля всередині трубки встановлюють дві пари електродів, що відхиляють промінь у взаємно перпендикулярних напрямках. Напруга на відхиляючих електродах має бути дуже високою, причому тим вище, чим більше швидкість електронів, тобто яскравість плями. Це визначає застосування

електростатичного відхилення лише у випадках, що вимагають високої точності адресації та швидкості відхилення, наприклад в осцилографії.

При методі електромагнітного відхилення на невеликій ділянці електронного променя прикладається магнітне поле, що збуджується двома парами встановлених зовні трубки котушок. Одна пара котушок зверху і знизу трубки відхиляє промінь у горизонтальному напрямі, інша пара по боках трубки відхиляє промінь у вертикальному напрямі. Електрон, що попадає в магнітне поле, починає рухатися по дузі і покидає ділянку відхилення під деяким кутом до напрямку первинного переміщення. Завдяки значному поліпшенню технічних характеристик останнім часом кольорові ЕПТ стали широко використовуватися в пристроях відображення інформації, особливо графічних.

Відомо декілька різних конструкцій кольорових ЕПТ, що відрізняються способами генерації кольору, однак найбільш вдалою і такою, що широко використовується, виявилася ЕПТ із тіньовою маскою, в якій застосовано метод діафрагмування електронного променя. Маску вміщено між трьома електронними гарматами і триколіровим люмінофором екрана. Вона перешкоджає попаданню кожного променя на ділянку люмінофора, не відповідного йому кольору. Екран виконано або у вигляді безлічі точкових триад, що включають по одній точці кожного з основних кольорів - червоний (R), зелений (G) і синій (B), або сформовано з тонких вертикальних смужок. Останній спосіб в цей час став основним, оскільки забезпечує кращі технологічні та експлуатаційні характеристики трубок.

### 3.2. Принцип формування знаків на екрані електронно-променевої

трубки

У самому загальному випадку для формування зображення на екрані ЕПТ пристрій повинен мати автономну пам'ять, відеоперетворювачі,

блок керування і синхронізації.

Інформація про зображення поступає в автономну пам'ять, де зберігається протягом всього часу відновлення. Необхідність такої організації пов'язана з тим, що відеосигнали, які поступають на ЕПТ, повинні періодично повторюватися, оновлюючи (регенеруючи) зображення. Сама трубка зберігає його лише протягом обмеженого відрізка часу (як правило, ЕПТ, що використовують у таких пристроях, мають мале післясвітіння). Відповідно до цього дані з пам'яті слід прочитувати зі швидкістю, що забезпечує повторення зображення з частотою, при якій мигтіння на екрані перестає відчуватися людським оком. Щоб висвітити на екрані задану інформацію, необхідно перетворити коди, що поступають з автономної пам'яті, в світлові сигнали на екрані шляхом відповідного керування променем ЕПТ. При цьому слід забезпечувати як установку променя в необхідне місце екрана, так і модуляцію променя таким чином, щоб одержати задану конфігурацію зображення знаків.

Розглянемо особливості реалізації цих двох функцій пристрою відображення.

У більшості випадків розташування знаків на екрані впорядковано по знакомісцях (тобто інформаційне поле екрана умовно розбито на знакомісця, в межах яких розміщуються матриці знаків), складаючи рядки і стовпці певного формату. Це дозволяє, записуючи коди символів в автономну пам'ять відповідно до їх розміщення на екрані, забезпечити прямий взаємозв'язок адреси елемента пам'яті і координати знакомісця. Таким чином, для реалізації першої функції перетворення (установка електронного променя в необхідне місце інформаційного поля) досить циклічно прочитувати масив елементів пам'яті й синхронно з цим забезпечувати рівномірний приріст координат променя, що реалізується блоком керування та синхронізації.

Складніше реалізується функція перетворення коду символу у відеосигнал, що забезпечує зображення даного символу в знакомісії екрана.

За способом формування символів можна виділити три основних типи перетворювачів: функціональні (аналогові), растрові та малоформатно-растрові.

При функціональному методі промінь переміщається в межах знакомісії під впливом двох аналогових сигналів, що виробляються перетворювачем  $U_x(t)$  і  $U_y(t)$  і діють на відхиляючу систему ЕПТ.

Форма цих сигналів визначається конфігурацією викреслюваного знака (рис. 3.2).

Оскільки промінь переміщається безперервно, а контури знака мають розриви, то необхідний також третій сигнал відеопідсилювача  $U_v$ , що дискретно модулює яскравість висвітлення точки.

Розглянутий метод є універсальним, дає можливість відтворювати знаки складної конфігурації і забезпечує високу якість зображення. Однак він вимагає значних апаратних витрат. Для його реалізації необхідні високоточні аналогово-цифрові перетворювачі, високоякісні операційні підсилювачі та блоки пам'яті, що зберігають велику кількість інформації про знаки.

При цьому всі пристрої повинні мати високу швидкість для забезпечення регенерації зображення з необхідною частотою. Реалізація цього методу може бути спрощена шляхом синтезу знаків із деякого набору апроксимуючих функцій. Однак якість відображення при цьому погіршується.

При растровому методі переміщення електронного променя здійснюється завжди по одній і тій же траєкторії незалежно від інформації, що відображається. Для керування променем використовують дві лінійно наростаючі напруги, що забезпечують

горизонтальну та вертикальну розгортки. Символи формуються шляхом

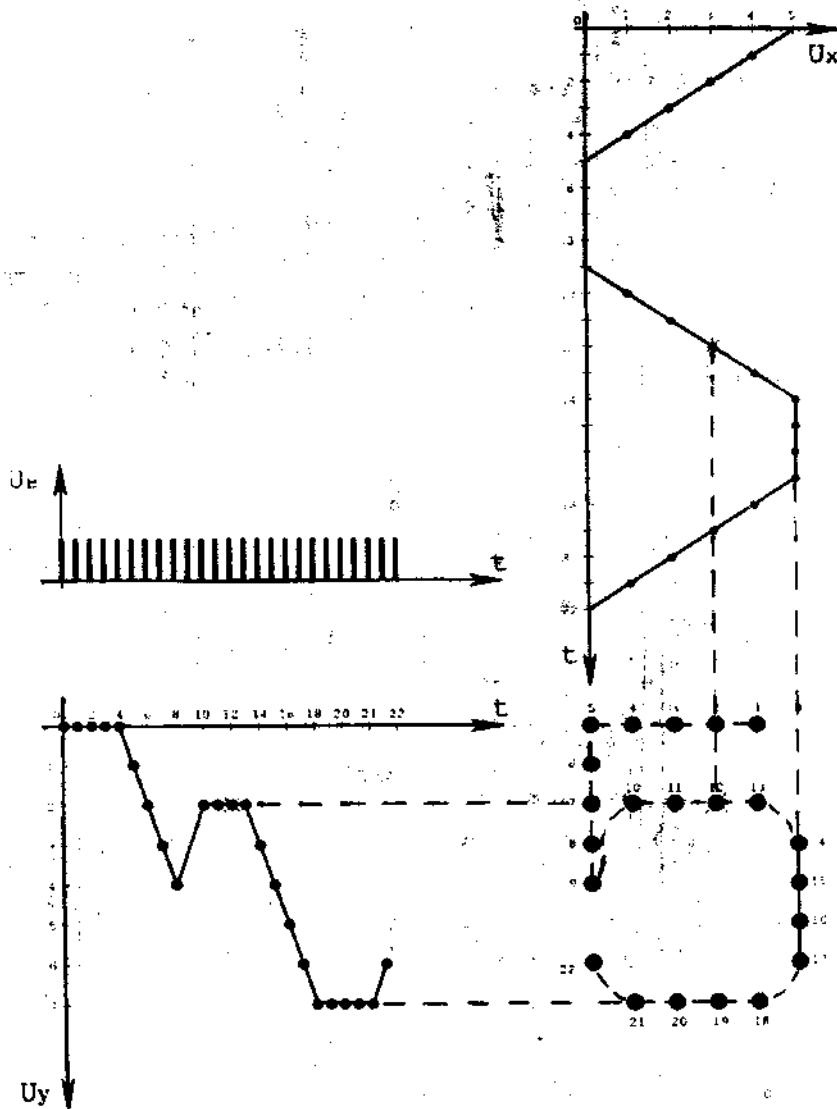


Рис. 3.2. Приклад організації відображення знаків функціональним способом

підсвічення точок на певних ділянках растра подачею на модулятор у необхідні моменти часу модулюючих імпульсів (рис. 3.3). Очевидно, що в

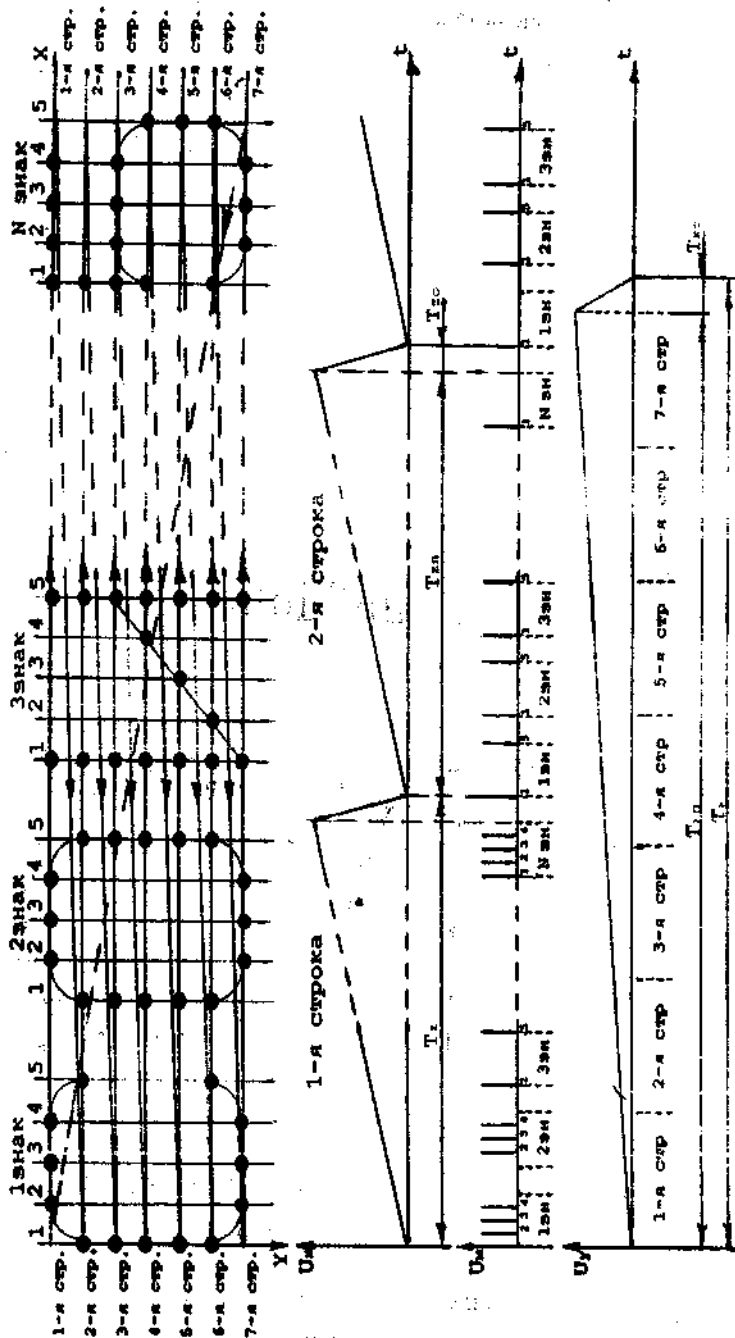


Рис. 3.3. Приклад організації відображення знаків раштрним способом

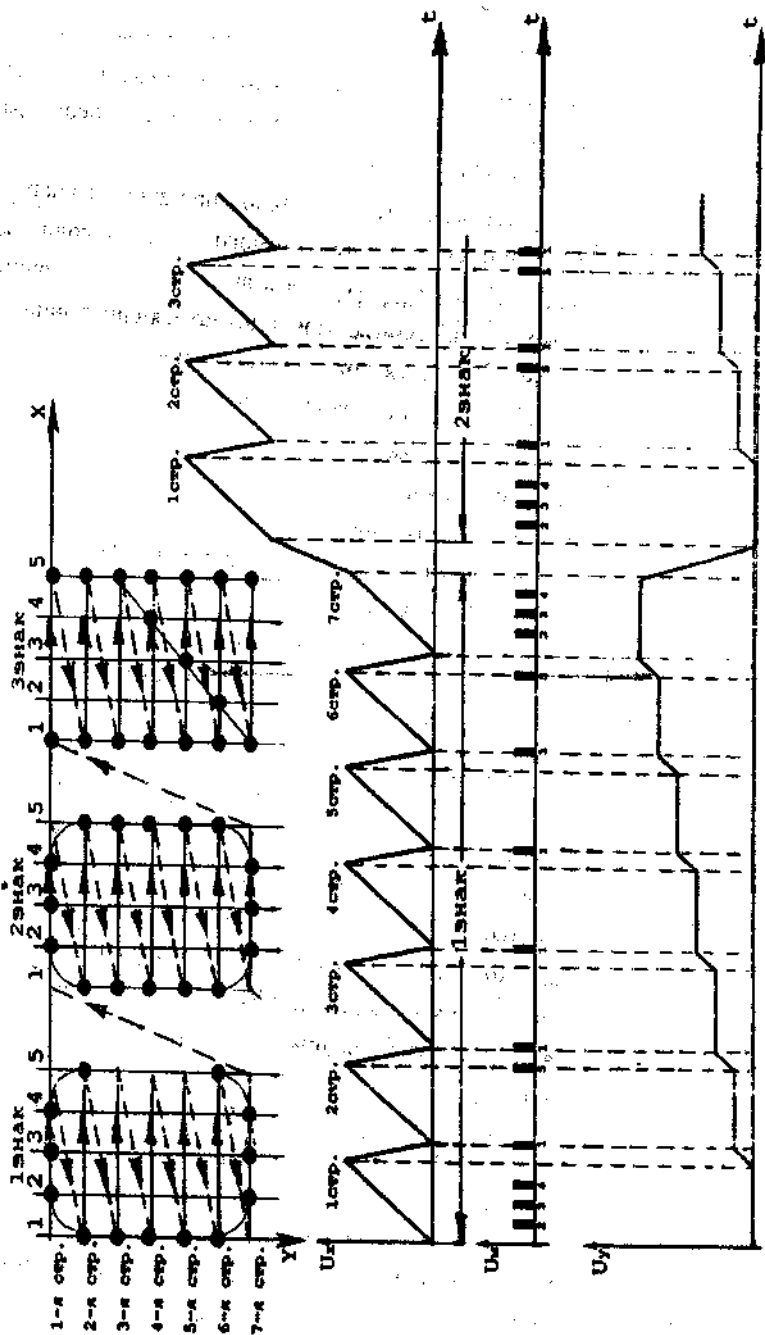


Рис. 4. Приклад організації знаків способом макроформального знаку

цьому випадку кожний символ складатиметься з набору точок, що входять у матрицю знакомісць. Символи, що входять в один текстовий рядок, формуються по частинах: спочатку – всі перші рядки в знакомісцях, потім – другі і т.д.

При растровому методі значно спрощується апаратна реалізація, однак пред'являються підвищені вимоги до швидкодії автономної пам'яті й всього перетворення. Це пов'язано з тим, що прочитання і перетворення відеокоду у відеосигнал має відбуватися синхронно з розгорткою променя і закінчуватиметься кожний раз на початок чергового рядка знакомісця. При цьому в процесі формування текстового рядка необхідно звертатися до автономної пам'яті, прочитуючи коди символів стільки разів, скільки телевізійних рядків бере участь у формуванні символу по вертикалі. Так, якщо розглянути приклад, показаний на рис. 3.3, і передбачити, що в текстовому рядку  $N$  дорівнює, наприклад, 80 символам, то для формування телевізійного рядка необхідно 80 разів прочитувати код символу з автономної пам'яті і перетворювати його у відеокод синхронно зі швидкістю переміщення променя по екрану, а для формування текстового рядка - в сім раз більше (тобто 560 разів).

Менші вимоги пред'являють до малоформатних растрів (рис. 3.4). Тут, як і в попередньому випадку, промінь ЕПТ рухається по постійній траєкторії. Однак основний растр, що охоплює весь екран, є переривистим. Після досягнення променем початку кожного знакомісця включається перетворювач, що забезпечує розгортку в межах одного знакомісця, під час якої здійснюється імпульсна модуляція променя. Потім по основному растру промінь переміщається до наступного знакомісця і т.д.

Схема перетворення тут складніша, ніж при звичайному растровому методі. Однак період, за який потрібно прочитати з пам'яті і перетворити черговий код символу, визначається часом викреслення повного знака, а не одного його рядка. Звернення до автономної пам'яті, прочитання коду і перетворення його у відеокод у процесі формування текстового рядка здійснюється стільки разів, скільки символів у текстовому рядку (для прикладу, що розглядався раніше, таке значення дорівнює 80). Це дає значну економію часу, оскільки в процесі формування зображення велика частина часу йде на час вибірки відносно адреси.



### 3.3. Телевізійний растр та його основні характеристики

Принцип формування зображення з використанням телевізійного растра описано в попередньому розділі. Розглянемо деякі основні характеристики і параметри телевізійного растра.

Форма елемента відображення (ЕВ) пристрою відображення з використанням ЕПТ визначається перетином електронного променя в площині екрана трубки. Цей перетин у більшості випадків приймає форму кола малого діаметра, тобто є точковим ЕВ. Основні параметри ЕВ (геометричні розміри, яскравість, колір) визначаються параметрами електронного променя і властивостями люмінофора трубки. Адресація ЕВ, що визначає положення електронного променя в площині екрана ЕПТ, задається сигналами відхиляючої системи. У кожний момент часу промінь займає певне положення, фіксуючи на інформаційному полі ЕВ. Повне зображення формується послідовним у часі відтворенням всіх його елементів.

Послідовне поелементне відтворення називається розгорткою зображення. Зображення, утворене в процесі розгортки сукупністю ЕВ, називають кадром.

Структуру кадру називають растром. Якщо повний растр утвориться за один період кадрової розгортки  $T_k$ , то розгортку називають прогресивною. Розгортка зображення створюється одночасним переміщенням променя по горизонталі вздовж осі  $X$  і по вертикалі вздовж осі  $Y$ . Рух променя по горизонталі називають рядковою розгорткою, а лінії, що викреслюються при цьому, — телевізійними рядками. Переміщення променя по вертикалі називають кадровою розгорткою, внаслідок якої всі телевізійні рядки розташовуються один під другим. Рядкова та кадрова розгортки здійснюються формуванням відхиляючих

сигналів (рис. 3.3): напруг  $U_x$  і  $U_y$  для електростатичної відхиляючої системи або струмів – для магнітної. Ці сигнали формуються генераторами рядкової та кадрової розгортки.

Частота кадрової розгортки  $F_k = 1/T_k$  для ЕПТ з малим часом післясвітіння повинна бути більше критичної частоти мигтіння. Звичайно частоту  $F_k$  вибирають такою, що дорівнює частоті мережі живлення змінного струму.

Частоту рядкової розгортки  $F_z$  вибирають з умови

$$F_z = Z F_k, \quad (3.1)$$

де  $Z$  - число телевізійних рядків у кадрі для телевізійного стандарту прийнято  $Z = 625$ ; для високоякісних пристроїв відображення поширено багатострокову розгортку з  $Z = 1000$  і більше).

Період рядкової розгортки включає в себе час прямого ходу променя  $T_{zp}$  по рядку і час зворотного ходу  $T_{z3}$ . Зображення формується за час прямого ходу. Відношення

$$\alpha_z = T_{z3} / T_{zp} \quad (3.2)$$

називають коефіцієнтом зворотного ходу рядкової розгортки, який для стандарту телебачення дорівнює 0,18. Оскільки зображення формується тільки за час прямого ходу і процес формування жорстко синхронізований з переміщенням променя по телевізійному рядку, то втрати часу на зворотний хід необхідно враховувати. При відомому значенні  $\alpha_z$  період прямого ходу  $T_{zp}$  визначають таким чином:

$$T_{zp} = T_z (1 - \alpha_z). \quad (3.3)$$

Період кадрової розгортки також складається з періодів прямого  $T_{kp}$

і  $T_{кз}$  зворотного ходів кадрової розгортки.

Відношення

$$\alpha_k = T_{кз} / T_{кп} \quad (3.4)$$

називають коефіцієнтом зворотного ходу кадрової розгортки, який для стандартного телебачення дорівнює 0,08. Телевізійні рядки формуються тільки в період прямого ходу кадрової розгортки. Отже, при відомому значенні  $\alpha_k$  число телевізійних рядків, що формуються за час прямого ходу променя

$$Z_{п} = Z (1 - \alpha_k). \quad (3.5)$$

З урахуванням (3.1) частота рядкової розгортки

$$F_z = Z F_k / (1 - \alpha_k). \quad (3.6)$$

У телевізійному віщанні та в деяких промислових телевізійних пристроях використовують телевізійний растр, утворений черезрядковою розгорткою. Така розгортка передбачає формування одного кадру зображення з двох полів, що передаються послідовно. У першому полі викреслюються непарні, а у другому - парні рядки растра. Дискретне зміщення зображення на один рядок у кожному полі не фіксується оком через інерційність до сприйняття переміщення об'єктів у полі зору, якщо частота зміни зображення не менше за 16 Гц. Тому при виборі частоти кадрів  $F_k = 25$  Гц забезпечується злитість сприйняття зображення двох полів. У той же час відтворення зображення в кожному полі з частотою  $F_{п} = 2F_k = 50$  Гц виключає мигтіння яскравості, оскільки виконуються умови, наведені в табл. 1.2.

Зменшення частоти кадрів у два рази в порівнянні з прогресивною розгорткою при тому ж числі телевізійних рядків у кадрі приводить до двократного зменшення частоти рядкової розгортки і необхідної верхньої границі смуги пропускання відеопідсилювача. Для формування черезрядкової розгортки необхідно забезпечити такі умови: число рядків у кадрі має бути непарним  $z = 2m + 1$  (де  $m$  - ціле число), а частоти рядкової розгортки і полів повинні бути жорстко пов'язані між собою умовою

$$2Fz = Z F_{\Pi} = (2m + 1) F_{\Pi}. \quad (3.7)$$

Внаслідок виконання цих умов друге поле починається з половини рядка і всі рядки виявляються зміщеними по вертикалі відносно рядків першого поля.

Як указувалося раніше, для формування знаків растр розбивається (дискретизується) на окремі ділянки - знакомісця, в межах яких умовно розташовується матриця знака (рис. 1.3, позиція б). Розмір елемента матриці по вертикалі  $h_z$  визначається шириною телевізійного рядка і може змінюватися дискретно кратно числу телевізійних рядків  $L$ , що виділяються для формування одного елемента матриці. Таким чином, елемент матриці є укрупненням  $E_B$ , якщо вважати останній точковим елементом, що визначається перетином електронного променя в площині екрана.

Особливість синтезу знакової інформаційної моделі з повним телевізійним растром полягає в тому, що кожний символ формується по частинах розривно в часі. У процесі формування одночасно знаходяться всі знаки, що складають один текстовий рядок. Рухаючись по телевізійному рядку, електронний промінь послідовно обходить усі елементи одного ряду матриці знакомісць, що входять в один текстовий рядок. Формування текстового рядка закінчується після того, як промінь проходить  $Lh_z'$  телевізійних рядків ( $h_z' = h_z / h_e$  - відносний розмір

матриці по вертикалі, виражений числом  $\Pi$  елементів, і для прикладу на рис. 1.3,6 це значення дорівнює семи). Потім через  $Lh_{\Pi}'$  ( $h_{\Pi}' = h_{\Pi} / h_e$ ) телевізійних рядків, що створюють інтервал між текстовими рядками, починається формування знаків наступного текстового рядка.

Для прогресивної розгортки число  $L$  принципово може бути будь-яким. Для черезрядкової розгортки частіше за все використовують розмір елемента матриці по вертикалі, який дорівнює двом рядкам ( $L=2$ ) або кратний двом. Це дозволяє дублювати знак у кожному полі.

Звичайно на краях телевізійного растра спостерігаються найбільші нелінійні спотворення, а крім того, нестабільність амплітуди сигналів розгортки може вивести краї растра за межі екрана.

У зв'язку з цим крайові зони растра не включають в інформаційне поле, і його розміри визначають як

$$H = H_p \beta_v; \quad B = B_p \beta_r, \quad (3.8)$$

де  $H_p$ ,  $B_p$  - висота й ширина растра;  $H$ ,  $B$  - висота й ширина інформаційного поля;  $\beta_v$ ,  $\beta_r$  - коефіцієнти використання телевізійного растра по вертикалі та горизонталі, що мають звичайно значення 0,7...0,9.

Число елементів матриці  $N_{ev}$ , які можна розташувати по вертикалі в інформаційному полі, обмежується умовою

$$N_{ev} \leq Z (1 - \alpha_v) \beta_v / L. \quad (3.9)$$

Число текстових рядків  $N_{tc}$  визначається величиною  $N_{ev}$ , відносними розмірами матриці по вертикалі  $h_{z'}$  і інтервалу між текстовими рядками  $h_{\Pi}'$ :

$$N_{tc} = N_{ev} / (h_{z'} + h_{\Pi}') \quad (3.10)$$

або з урахуванням (3.9)

$$N_{тс} \leq Z (1 - \alpha_{к}) \beta_{с} / [L (hз' + hш')]. \quad (3.11)$$

Елементи, які входять у контур знака, що синтезується, висвітлюються шляхом модуляції інтенсивності електронного променя відеоімпульсами в момент його проходження через розташування даного елемента на інформаційному полі. По горизонталі растр має безперервну структуру, а розмір елемента матриці визначається тривалістю відеоімпульсу  $T_e$ , за допомогою якого здійснюється модуляція яскравості. Якщо телевізійний рядок умовно дискретизовано на  $N_{сс}$  елементів, то час розгортки одного елемента

$$T_e = T_z (1 - \alpha_z) \beta_r / N_{сс} \quad (3.12)$$

або

$$T_e = \beta_r (1 - \alpha_z) / F_z N_{сс}. \quad (3.13)$$

Мінімальний розмір елемента матриці по горизонталі обмежується роздільною здатністю ЕПТ і граничною частотою тракту відеопідсилювача  $F_v$ . Верхній кордон смуги пропускання повинен відповідати умові  $F_v \leq 0,5 T_e$  для парного розмежування двох сусідніх ЕВ.

При заданій смугі пропускання відеопідсилювача  $F_v$  вираз (3.13) дозволяє визначити можливе число елементів відображення, що формуються в телевізійному рядку

$$N_{сс} = z (1 - \alpha_z) \beta_r F_v / F_z. \quad (3.14)$$

З урахуванням формату телевізійного екрана  $K\Phi$  умова забезпечення квадратної форми елемента матриці може виконуватися, якщо між числом елементів по вертикалі і по горизонталі додержується співвідношення

$$N_{ec} = N_{ev} K\Phi \beta_r / \beta_v \quad (3.15)$$

При виконанні цієї умови верхній кордон смуги пропусення відеопідсилювача визначають як

$$F_v \leq F_z Z (1 - \alpha_v) K\Phi / [2L (1 - \alpha_v)] \quad (3.16)$$

Число знаків у текстовому рядку  $N_{ztc}$  визначається числом елементів у рядку  $N_{ec}$ , відносними розмірами матриці по горизонталі  $b' = b_z / b_e$  і міжзнакового пропуску  $bn' = bn / be$ :

$$N_{ztc} = N_{ec} / (b_z' + bn') \quad (3.17)$$

Враховуючи (3.14), одержуємо

$$N_{ztc} \leq 2(1 - \alpha_v) \beta_r F_v / F_z (b_z' + bn') \quad (3.18)$$

Загальне число знаків, що формуються в кадрі:

$$N_{zk} = N_{ztc} N_{tc} \leq 2Z (1 - \alpha_v) (1 - \alpha_v) \beta_r F_v / [(L F_z (b_z' + bn') (h_z' + hn'))] \quad (3.19)$$

Таким чином, збільшення числа знаків, що відображаються в кадрі, вимагає збільшення смуги пропусення відеопідсилювача й підвищення роздільної здатності ЕПТ.

## 4. ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ БОРТОВІ ТА СТЕНДІВ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ

### 4.1. Пристрої формування знакової інформації на основі ЕПТ

#### 4.1.1. Структура пристроїв формування знакової інформації

Як указувалося в розд. 3.2, у загальному випадку в структуру пристрою відображення знакової інформації входять: автономна пам'ять, відеоперетворювач, індикатор на ЕПТ і блок керування та синхронізації. Функціональну схему такого пристрою відображення показано на рис. 4.1.

Інформаційний масив в об'ємі одного або декількох кадрів заноситься через пристрій інтерфейсу ПІ в буферний запам'ятовуючий пристрій БЗП. Оскільки в пристрої відображення використовують ЕПТ без запам'ятовування, то для відтворення зображення між двома періодами оновлення необхідний режим регенерації. Наявність БЗП дозволяє організувати його без участі джерела інформації ДІ.

Інформаційна місткість БЗП

$$S_{\text{БЗП}} = N_{\text{БЗП}} n, \quad (4.1)$$

де  $N_{\text{БЗП}}$  - кількість елементів пам'яті;  $n$  - розрядність елементів пам'яті.

Для зберігання інформації об'ємом в один кадр  $N_{\text{БЗП}}$  повинна бути більше кількості знаків у кадрі  $N_{\text{КЗ}}$  або дорівнювати йому, тобто

$$S_{\text{БЗП}} = N_{\text{КЗ}} n. \quad (4.2)$$

Розрядність елементів пам'яті  $n$  визначається числом розрядів, необхідних для кодування знаків і його ознак (кольору, розміру,



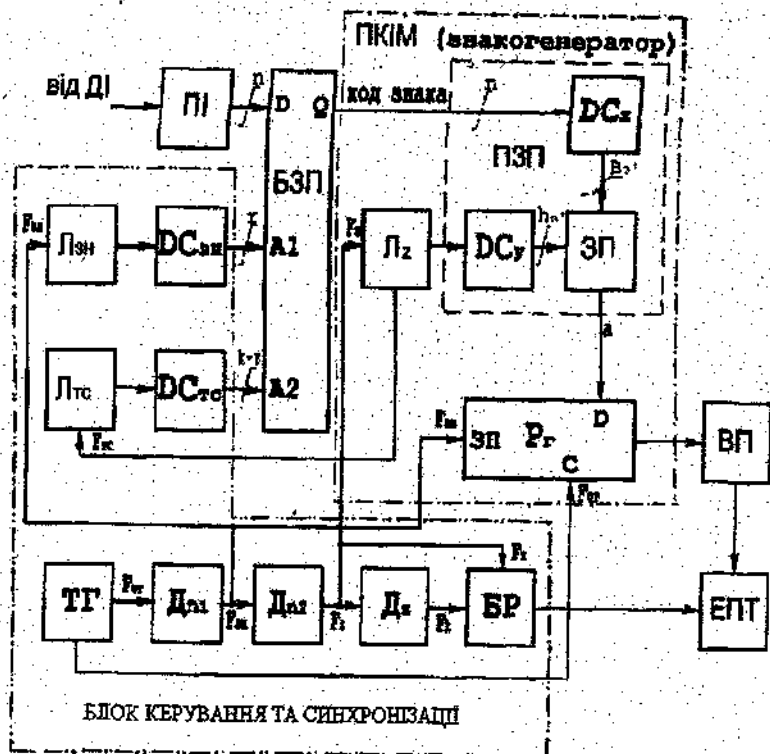


Рис.4.1. Функціональна схема телевізійного знаково-цифрового пристрою відображення інформації.

ДІ – джерело інформації; ПІ – пристрій інтерфейсу; БЗП – буферний запам'ятовуючий пристрій; Д – інформаційні входи; А – адресні входи; Q – інформаційні виходи;  $n$  – розрядність коду інформації;  $r$ ,  $k$  – розрядність коду адреси;  $L_{з1}$ ,  $L_{з2}$ ,  $L_{тс}$  – лічильники знаків, телевізійних і текстових строк;  $F_{з1}$ ,  $F_{з2}$ ,  $F_{тс}$ ,  $F_{з}$ ,  $F_{тг}$  – частоти знаків, строкової розгортки, текстових строк, кадрової розгортки і тактового генератора;  $DC_{з1}$ ,  $DC_{з2}$  – дешифратори сигналів лічильників знаків і текстових строк;  $DC_{з}$  – дешифратор коду знака; ЗП – запам'ятовуючий пристрій;  $R_{г}$  – зсувний регістр; ЗП – вхід сигналу керування запис/читання; С – вхід сигналу синхронізації; Д – подільник тактової частоти; ВП – відеопідсилювач; ТГ – тактовий генератор; БР – блок розгортки; ЕПТ – електронно-променева трубка; ПКІМ – перетворювач коду інформаційної моделі

мигтіння, орієнтації і т.п.). Отже,  $n = n_a$ , де  $n_a$  – розрядність коду алфавіту, що визначається співвідношенням (1.19).

Послідовність вибірки кодів знаків із БЗП здійснюється при роздільній адресації за номером знакомісця в текстовому рядку  $Nztc$  ( $r$  молодших адресних розрядів) і номером текстового рядка  $Ntc$  ( $k-r$  старших адресних розрядів), які організовані за допомогою лічильника і дешифратора знаків (ЛЗн і ДСЗн) і лічильника та дешифратора текстових рядків (ЛТс і ДСТс).

У цьому випадку

$$r = \lfloor \log_2 Nztc \rfloor, \quad (4.3)$$

$$k - r = \lfloor \log_2 Ntc \rfloor, \quad (4.4)$$

$$k = \lfloor \log_2 Nztc \rfloor + \lfloor \log_2 Ntc \rfloor, \quad (4.5)$$

де квадратні дужки є ознакою того, що результат обчислення в дужках округляється до більшого цілого числа.

При цьому необхідне число елементів пам'яті БЗП потрібно визначати як

$$N_{зп} \approx 2^r N_{тс}. \quad (4.6)$$

Перетворювач коду інформаційної моделі ШКІМ (або знакогенератор) здійснює перетворення збережених у БЗП кодів знаків у послідовний код для формування в процесі \*телевізійної розгортки послідовності відеоімпульсів підсвічування ЕВ, що входять у контури знаків, які відображаються. Найбільш поширеними є знакогенератори, виконані на базі матриці-накопичувача ПЗП, в якій зберігається інформація про зображення всіх знаків алфавіту, що використовуються. Розрядність елемента пам'яті повинна бути не менше за розмірність матриці знака, що застосовується по горизонталі  $vz'$ . Для кожного знака в ПЗП виділяється  $lz'$  таких осередків.

Отже, при основі алфавіту  $Nz$  необхідне число  $vz'$ -розрядних елементів пам'яті ПЗП  $N_{взп}$  визначають з умови

$$N_{пзп} = N_3 h_3', \quad (4.7)$$

а інформаційна місткість ПЗП

$$C_{пзп} \geq N_{пзп} v_3'. \quad (4.8)$$

У ПЗП знакогенератора використовують двокоординатний принцип адресації (рис. 4.2): як першу координату використовують код знака, що поступає на вхід дешифратора ДСх з виходу БЗП; як другу - код номера ряду матриці, що поступає на вхід дешифратора ДСу з виходу лічильника рядів матриці Лз. Вибір необхідного знака полягає у виборі відповідної групи елементів пам'яті, де записано інформацію про його графік (відеокод). Код знака (в розрядів) із БЗП подається на вхід дешифратора ДСх, за допомогою якого вибирають групу з  $v_3''$  вертикальних шин ПЗП. Таким чином, з виходів я ПЗП у кожний момент часу знімається  $v_3'$ -розрядний код, що визначає точки, які необхідно висвітити в даному ряду матриці. Одержаний  $v_3'$ -розрядний код перетворюється на послідовність відеоімпульсів, що знімаються з виходу паралельно-послідовного регістра Рг на вхід відеопідсилювача з частотою тактового генератора Фтг, яку вибирають з умови

$$F_{тг} = N_{ес} F_z / (1 - \alpha_z) \beta_r, \quad (4.9)$$

де  $N_{ес}$  - кількість елементів відображення в телевізійному рядку.

Відповідно тривалість відеоімпульсу, що визначає розмір елемента матриці по горизонталі  $T_e = 1 / F_{тг}$ , а тривалість формування знака в текстовому рядку

$$T_{зп} = (1 - \alpha_z) \beta_r / F_z N_{зтс}. \quad (4.10)$$

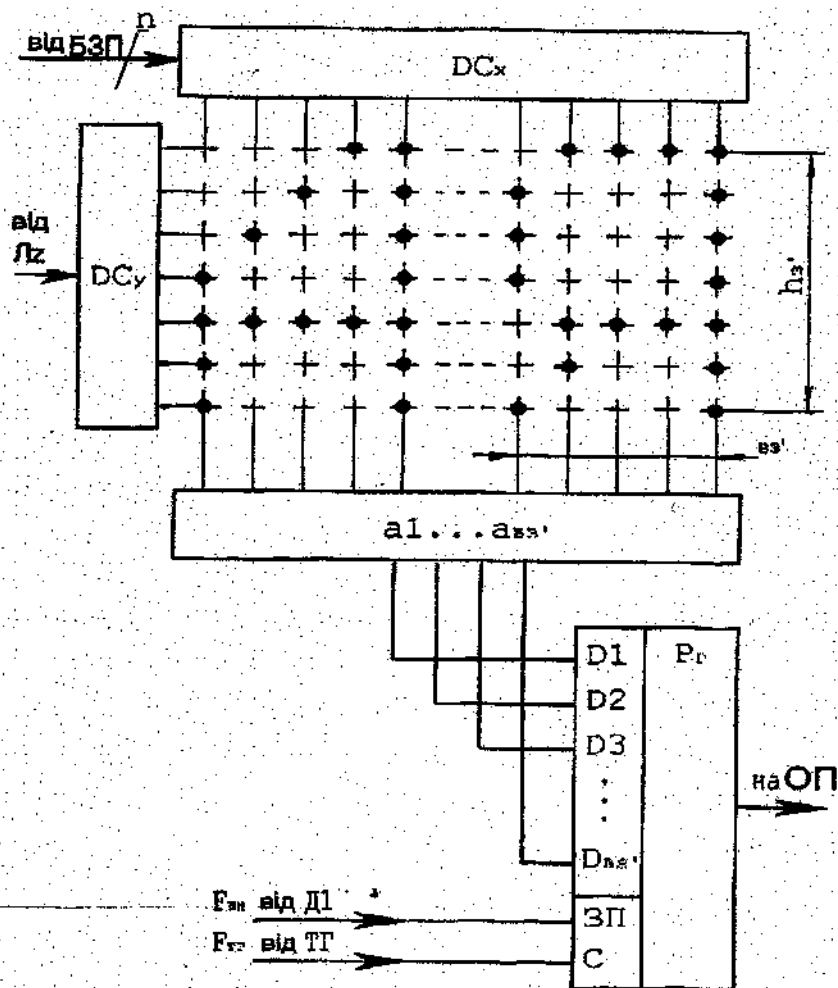


Рис. 4.2. Функціональна схема знакогенератора (всі умовні позначення аналогічні позначенням на рис. 4.1)

Розглянемо послідовність перетворення інформації в режимі регенерації зображення. Після установлення адреси на входах БЗП ( $A_1 \dots A_k$ ) інформація на його виходах ( $Q_1 \dots Q_n$ ) установиться через час вибірки БЗП  $T_{вз}$ . Код на виході є вхідним для ПЗП знакогенератора, на виході якого встановлюється інформація через час вибірки ПЗП  $T_{вп}$ .

Після встановлення інформації на виході ПЗП, ( $a_1 \dots a_{vz'}$ ) її можна переписати паралельно в реєстр  $P_r$  по входах  $D_1 \dots D_{vz'}$  і приступити до адресації наступного знака. Одночасно проводять послідовне виведення інформації, записаної в реєстр.

За час прочитання ряду матриці одного знака ( $vz'$  тактів) і формування пропуску ( $vp'$  тактів) на виході ПЗП повинен встановитися код наступного знака. Отже, необхідно забезпечити виконання умови

$$(T_{взп} + T_{вп}) \leq (vz' + vp') / F_{тг} = (1 - \alpha_2) \beta_r / N_{зте} F_z \quad (4.11)$$

Адресація номера знакомісця в текстовому рядку здійснюється за допомогою лічильника знакомісць  $L_{зи}$ , місткість якого змінюється на одиницю після формування  $vz'$  елементів знака і проміжку між знаками  $vp'$  на одному телевізійному рядку.

Лічильник знакомісць керується імпульсами з виходу подільника  $D_{п1}$  (рис.4.1) із частотою

$$F_{зп} = F_{тг} / (vz' + vp') \quad (4.12)$$

Місткість лічильника  $L_{зи}$  повинна дорівнювати числу знаків у текстовому рядку  $N_{зте}$ . Дешифратор  $D_{Сзи}$  використовують у тому випадку, якщо кількість виходів лічильника  $L_{зи}$  не збігається з кількістю адресних входів  $A_1$  БЗП.

Після формування всіх елементів знака, розташованих на одному телевізійному рядку, здійснюється формування елементів наступного. Номер ряду матриці задається лічильником  $L_z$ , керованим частотою рядкової розгортки  $F_z$ , яку визначають за формулою

$$F_z = F_{тг} \beta_r (1 - \alpha_2) / [(vz' + vp') N_{зте}] \quad (4.13)$$

Місткість лічильника  $Lz$  вибирають такою, що дорівнює  $(hz' + hn')$ . Після опиту  $hz'$  рядків формується повний текстовий рядок. Далі в процесі формування  $hn'$  рядків пристрій синхронізації забороняє вибірку інформації з ПЗП. Імпульсом переповнення лічильника  $Lz$  змінюється на одиницю вміст лічильника текстових рядків  $Ltc$ , безпосередньо (при достатній кількості розрядів) або через дешифратор  $DCtc$ , який сформує  $k - r$  старших адресних розрядів  $A2$  БЗП.

Після формування всіх  $Ntc$  текстових рядків процес формування повторюється з частотою кадрів  $Fk$  або полів  $Fp$ .

#### 4.1.2. Буферні запам'ятовуючі пристрої

Буферні запам'ятовуючі пристрої виконують як модулі ОЗП з довільною вибіркою на основі напівпровідникових накопичувачів - ВІС ОЗП  $Nk$ , що об'єднуються в прямокутну матрицю з  $m_c$  рядів і  $m_p$  ВІС у кожному ряду. Така організація повинна забезпечити необхідне число елементів пам'яті ЗП  $Nzp$  і необхідну їх розрядність  $n$ . У модуль ЗП також входять схеми узгодження вихідних і вхідних інформаційних та адресних сигналів і схема дешифратора адреси.

Розрахунок модуля БЗП проводять у такій послідовності:

1. Знаходять необхідну розрядність  $n$  БЗП відповідно до формули (1.19) і необхідне число елементів пам'яті  $Nbzp$  відповідно до виразів (4.3), (4.4) і (4.6).

2. Визначають необхідну швидкість відповідно до виразу (4.11) з урахуванням часу затримки лічильника адреси  $Tdla$  і схем узгодження по адресних входах та інформаційних входах  $Tdu$ . Таким чином, час вибірки ВІС ОЗП  $Nk$  відносно адреси  $Ta$  повинен бути

$$Ta \leq \beta_r (1 - \alpha_r) / (Nztc Fz - Tvp zp - Tdla - Tdu). \quad (4.14)$$

3. Вибирають тип ВІС ОЗП Нк, що забезпечує необхідну швидкість, з інформаційною місткістю

$$S_{\text{кв}} = N_{\text{кк}} n_{\text{кк}} \quad (4.15)$$

що найбільш відповідає вимогам по місткості й організації пам'яті БЗП (при заданих обмеженнях по вартості, споживаній потужності і т.д.)

4. Визначають число ОЗП Нк у матриці накопичувачів  $m_p$ , необхідне для одержання необхідної розрядності ЗП:

$$m_p = \lceil n_{\text{ин}} / n_{\text{кк}} \rceil. \quad (4.16)$$

5. Визначають число рядів матриці накопичувачів  $m_c$ , необхідне для нарощування об'єму ЗП з метою отримання необхідної кількості  $N_{\text{зп}}$  елементів пам'яті:

$$m_c = \lceil N_{\text{зп}} / N_{\text{кк}} \rceil. \quad (4.17)$$

6. Знаходять загальну кількість ВІС ОЗП Нк, що входять у модуль ЗП:

$$m = m_p m_c. \quad (4.18)$$

7. Організують формування інформаційних вхідних і вихідних ланцюгів модуля. Для цього об'єднують всі однойменні інформаційні входи  $D_i$  і виходи  $Q_j$   $m_c$  - ВІС, що формують один стовпець матриці накопичувачів. Об'єднання інформаційних входів проводять безпосередньо. Об'єднання інформаційних виходів залежить від типу вихідних ланцюгів ВІС ОЗП Нк. Так, ВІС з ТТЛ - виходами, аналогічними виходам логічних елементів ТТЛ, об'єднують за допомогою логічної схеми "АБО". Виходи ВІС з відкритим колектором об'єднують за схемою "монтажного АБО" (безпосередньо і на джерело живлення через

навантажувальний опір). Виходи ВІС з трьома стійкими станами об'єднують безпосередньо.

8. Організують адресацію елементів пам'яті за двокоординатним принципом - вибір ряду матриці накопичувачів здійснюють по входах вибору мікросхем ВК (вибір кристала), вибір же елемента пам'яті в ряду - по адресних входах ВІС. Для цього однойменні адресні входи  $A_i$  всіх ВІС ОЗП  $N_k$  об'єднують з  $k = \lfloor \log_2 N_{3n} \rfloor$  адресних розрядів модуля ЗП  $k_1 = \lfloor \log_2 N_{nk} \rfloor$  розрядів виділяють для адресації елементів пам'яті в межах одного ряду матриці накопичувачів, а  $k_2 = (k - k_1)$  старших розрядів - для адресації рядів матриці. Для реалізації останньої вибирають дешифратор  $k_2$ -розрядного вихідного коду. Кожний дешифратор підключають до об'єднаних входів вибору мікросхем ВК  $N$ -го ряду матриці накопичувачів.

9. Визначають навантаження по струму  $I_{dl}$  і  $I_{dh}$  та ємнісне  $C_d$  навантаження для схем введення інформації в ЗП з урахуванням того, що коефіцієнт розгалуження для них визначається числом об'єднаних інформаційних входів ВІС ОЗП  $N_k$   $m_c$ :

$$I_{dl} = m_c I_{1dl}; I_{dh} = m_c I_{1dh}; C_d = m_c C_{1d} + C_{md}, \quad (4.19)$$

де  $I_{1dl}$ ,  $I_{1dh}$ ,  $C_{1d}$  - вхідні струми логічного нуля і логічної одиниці та вхідна ємність по одному інформаційному входу ВІС;  $C_{md}$  - монтажна ємність ланцюга інформаційного входу.

Для ВІС ОЗП з двонаправленими інформаційними виводами потрібно враховувати також вхідні струми мікросхем навантаження. У цьому випадку

$$I_{dl} = m_c I_{1dl} + p I_{1l}; I_{dh} = m_c I_{1dh} + p I_{1h}; \\ C_d = m_c C_{1d} + C_{md} + C_{mg} + p C_1, \quad (4.20)$$

де  $I_{1l}$ ,  $I_{1h}$ ,  $C_1$  - вхідні струми логічного нуля і логічної одиниці та вхідна ємність мікросхем навантаження БЗП,  $p$  - число входів мікросхем



навантаження, підключених до одного входу БЗП,  $C_{mg}$  - монтажна ємність ланцюга інформаційного виходу;

10. Визначають навантаженість по струму  $I_{gl}$ ,  $I_{gh}$  та ємнісне  $C_g$  навантаження по інформаційних виходах ВІС Нк. Для схем, що мають вихідні ланцюги з трьома стійкими станами:

$$\begin{aligned} I_{gl} &= p I_{ll} + (m_c - 1) I_{gv}; & I_{gh} &= p I_{lh} + (m_c - 1) I_{gv}; \\ C_g &= m_c C_{go} + p C_l + C_{mg}, \end{aligned} \quad (4.21)$$

де  $C_{go}$  - вихідна ємність одного інформаційного виходу;  $C_{mg}$  - монтажна ємність ланцюга інформаційного виходу;  $I_{gv}$  - струм витікання певибраного виходу.

Для мікросхем з двонаправленими інформаційними виводами як навантаження потрібно враховувати також струми витікання  $I_{ov}$  схем введення інформації в БЗП та їх вихідну ємність  $C_{og}$ , оскільки вони при виведенні залишаються підключеними до інформаційних виводів, але переводяться у високоімпедансний стан. У цьому випадку

$$\begin{aligned} I_{gl} &= p I_{ll} + (m_c - 1) I_{gv} + I_{ov}; & I_{gh} &= p I_{lh} + (m_c - 1) I_{gv} + I_{ov}; \\ C_g &= m_c C_{go} + p C_l + C_{mg}. \end{aligned} \quad (4.22)$$

11. Визначають навантаженість по струму  $I_{al}$ ,  $I_{ah}$  і ємнісне  $C_a$  навантаження по виходах схем адресації з урахуванням того, що коефіцієнт розгалуження для них визначають числом ВІС ОЗП Нк у модулі  $m$ :

$$I_{al} = m I_{la}; \quad I_{ah} = m I_{ha}; \quad C_a = C_{la} + C_{ma}, \quad (4.23)$$

де  $I_{la}$ ,  $I_{ha}$ ,  $C_{la}$  - вхідні струми логічного нуля і логічної одиниці та вхідна ємність одного адресного входу ВІС ОЗП;  $C_{ma}$  - монтажна ємність адресного ланцюга.

12. Знаходимо навантаженість по струму  $I_{dcl}$ ,  $I_{dch}$  і ємнісне  $C_{dc}$  навантаження виходів дешифраторов, ураховуючи, що коефіцієнт розгалуження для вих. визначається числом ВІС ОЗП  $N_k$  серед матриці накопичувачів:

$$I_{dcl} = m_p I_{1vk1}; I_{dch} = m_p I_{1vkH}; C_{dc} = m_p C_{1vk} + C_{мвк}, \quad (4.24)$$

де  $I_{1vk1}$ ,  $I_{1vkH}$ ,  $C_{1vk}$  - вхідні струми логічного нуля і логічної одиниці та вхідна ємність входу вибору мікросхеми ВК;  $C_{мвк}$  - монтажна ємність ланцюга вибору мікросхеми.

13. Одержані в пп. 9 – 12 навантаження і ємності мають задовольняти вимоги технічних умов навантаження відповідних мікросхем. При недодержанні цих умов необхідно включати схеми узгодження.

14. Розраховують споживану потужність ЗП:

$$P_{ss \text{ зп}} = P_{ss \text{ нк}} + P_{ss \text{ dc}} + P_{ss \text{ п}}, \quad (4.25)$$

де  $P_{ss \text{ нк}}$ ,  $P_{ss \text{ dc}}$ ,  $P_{ss \text{ п}}$  – потужності, споживані всіма ВІС ОЗП  $N_k$ , дешифратором і схемами порівняння. Споживана потужність у режимі ЗАПИС/ЗЧИТУВАННЯ та в режимі зберігання для багатьох мікросхем ЗП різна. Одноразомно в режимі звертання до ЗП можуть знаходитися  $m_p$  ВІС ОЗП  $N_k$ , що визначають один елемент пам'яті БЗП.

Отже:

$$P_{ss \text{ нк}} = m_p P_{ss \text{ wr}} + (m - m_p) P_{ss \text{ m}}, \quad (4.26)$$

де  $P_{ss \text{ wr}}$ ,  $P_{ss \text{ m}}$  - потужності, споживані ВІС ОЗП у режимах вибірки та зберігання.

15. Визначають часові параметри модуля БЗП. Будують часову діаграму з урахуванням того, що для правильного виконання функцій ВІС ОЗП необхідна подача сигналів по різних входах із певними зсувами за часом, тривалістю і періодом повторення.

### 4.1.3. Постійні запам'ятовуючі пристрої знакогенераторів

Основою знакогенератора телевізійних пристроїв відображення в більшості випадків служать постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП), в яких зберігається інформація про графік всіх знаків алфавіту, що використовують. При застосуванні стандартного алфавіту доцільно використовувати маскові ПЗП (МПЗП). Запис інформації в них проводиться за допомогою фотошаблону в процесі виготовлення. Позитивною якістю знакогенератора на МПЗП є висока надійність зберігання інформації та низька вартість при масовому випуску цих схем. У наш час для знакогенераторів промисловість випускає декілька типів МПЗП різної технології. Прикладом можуть бути ІС К155РЕ21...РЕ24, К505РЕ3, К555РЕ4, основні характеристики яких наведені в табл. 4.1.

Для зберігання інформації про графік кожного знака потрібно  $h^2z$  елементів пам'яті з розрядністю  $h^2z$ . Вимоги до інформаційної місткості ПЗП знакогенератора визначаються умовами (4.7) і (4.8). У зв'язку з тим, що число адресованих елементів пам'яті повинно бути кратним ступеню 2, на кожний знак доводиться виділяти  $2^n$  елементів пам'яті.

Таким чином:

$$N_{\text{ПЗП}} \geq N_a 2^n, \quad (4.27)$$

де  $N_a$  - основа коду алфавіту знаків,  $n$  - розрядність адресних входів ПЗП, необхідна для адресації ряду матриці знака:

$$n = \lceil \log_2 h^2z \rceil. \quad (4.28)$$

Інформаційна місткість ПЗП

$$S_{\text{ПЗП}} = N_{\text{ПЗП}} h^2z. \quad (4.29)$$

## Основні характеристики МПЗП знакогенераторів

Параметр/називування	K305PE33002 K305PE33003	K155PE21 K155PE24	K355PE4
Резервація	МОН	ТТЛ	ТТЛН
Інформаційна місткість ВІС, біт	512к8	256к4	2к 88
Кількість ВІС, що входять в кодовик, шт	2	4	1
Розмірність матриці знака	7х9	5х7	7х9
Код об'єкту інформації	КОК-8	КОК-7	КОК-6
Час вибірки відносно адреси, нс	1500	60	110
Час вибірки відносно сигналу НК, нс	--	30	40
Напруга живлення, В	+5,-12	+5	+5
Вихідний струм логічного нуля, мА	--	-1	-0.25
Вихідний струм логічної одності, мА	--	0.04	0.025
Вихідний струм логічного нуля, мА	1.6	--	0.1
Вихідний струм логічної одності, мА	0.04	0.1	--
Вихідний струм невизначеної ВІС (антік), мА	6	--	--
Спадів по входах і ви- ходах, пФ	10	10	10
Спадів навантаження, пФ	100	100	30
Споживана потужність, мВт	800	650	850

Кількість ВІС ПЗП НК, що входять в знакогенератор, визначається умовою

$$m = [N_{пзп} / N_{нк}] [в'з / n_{нк}] \quad (4.30)$$

або з урахуванням (4.27)

$$m = [N_a 2^a / N_{нк}] [в'з / n_{нк}]. \quad (4.31)$$

На основі цього виразу структуру ВІС ПЗП Нк представляють такою, що складається з d груп n<sub>нк</sub>-розрядних елементів пам'яті. Кількість груп d визначається умовою

$$d = N_{нк} / 2^n \quad (4.32)$$

Отже, інформаційна місткість ВІС ПЗП Нк

$$С_{нк} = d \cdot 2^n \cdot n_{нк} \quad (4.33)$$

Перетворивши (4.30), одержуємо

$$m = \lfloor N_{а} / d \rfloor \lfloor n'z / n_{нк} \rfloor \quad (4.34)$$

В основному методика розрахунку ЗП знакогенератора не відрізняється від методики, викладеної в розд. 4.1.1. Однак для використання розглянемо детальніше принципи побудови і структуру ПЗП знакогенераторів на різних ВІС, наприклад, принцип побудови і структуру знакогенератора з використанням ВІС ПЗП K505PE3, призначеної для зберігання інформації про графік 96 знаків із матрицею знака 7x9. Інформаційна місткість ВІС ПЗП Нк 505PE3: С<sub>нк</sub> = 512x8. Відповідно до формул (4.28), (4.32) і (4.33) початкова організація ВІС Нк С<sub>нк</sub> = 32x16x8 (n = 4; d = 32; n<sub>нк</sub> = 8), тобто в одну ВІС можна вмістити інформацію про графік 32 знаків, а для 96 знаків потрібно три ВІС Нк (m = 3).

Обсяг пам'яті ВІС при цьому був би використаний нерационально, оскільки з кожних 16 елементів пам'яті для запису графіка використовують лише дев'ять. Для зменшення надмірності інформаційної місткості ПЗП знакогенераторів застосовують різні способи ущільнення розміщення інформації. Так, у схемах ПЗП, що розглядаються з цією метою, одну з

ВІС застосовують для зберігання не всього знака, а лише вісім перших рядів, а останній дев'ятий ряд вміщують в іншу ВІС. При цьому можна вважати  $n'z1 = 8$ ,  $n = 3$ ,  $d' = 64$ .

Таким чином, початкову організацію ВІС Нк 512x8 представляють як 64x8x8, що дозволяє записати графіку перших восьми рядів матриці 64 знаків (наприклад, великі букви латинського алфавіту, цифри, математичні та спеціальні знаки). Відповідно на адресні входи першої ВІС Нк подаються шість розрядів коду знака (необхідні для вибору одного із 64 знаків) і три молодших розряди коду ряду матриці. Організацію другої ВІС проведено відповідно до умови (4.33), тобто використано організацію 32x16x8 і записано інформацію про графік всіх дев'яти рядів 32 знаків російського алфавіту. П'ять розрядів виділяють на вибір знака і чотири розряди - на вибір рядів матриці. З невикористаних 224 елементів пам'яті цієї ВІС 64 осередки застосовують для зберігання графіки дев'ятих рядів матриці 64 знаків першою ВІС. Вибір тієї чи іншої ВІС має здійснюватися відповідно до коду знака і коду номера ряду матриці, для чого на адресні входи і вхід вибору мікросхеми ВК обох ВІС подають логічну комбінацію сигналів, наведену в табл. 4.2.

Таблиця 4.2  
Логічні комбінації адресних входів

Вхід ВІС	Інформація на входах	
	ВІС 002	ВІС 003
A1	Y1	Y1Q0Q7
A2	Y2	Y2
A3	Y3	Y3Q8
A4	Q7	Y4
A5	Q1	Q1
A6	Q2	Q2
A7	Q3	Q3
A8	Q4	Q4
A9	Q5	Q5
ВК	Q8 Y2Y4	Q8 Y2Y4

У табл. 4.2 Q1 – Q8 - восьмирозрядний код відображення інформації (КВІ - 8); У1 – У4 - код номера ряду матриці знаку.

Технологія виробництва ВІС ПЗП серії 505 передбачає формування транзистора елемента пам'яті, в який заноситься логічний нуль, і відповідно відсутність транзистора в елементі пам'яті з логічною одиницею. Закодувавши інформацію про знак в інверсному коді (пропуск - логічна одиниця, точка контуру - логічний нуль), можна значно зменшити кількість транзисторів, які є основним джерелом відмов для МОП-схем. Недоліком ВІС К505РЕЗ є низька швидкодія (час вибірки  $T_a \leq 1.5$  мкс), що дозволяє застосовувати їх лише для пристроїв відображення з обмеженим числом знаків у рядку (не більше 32). Збільшити кількість знаків у текстовому рядку вдвоє можна, використавши у знакогенераторі дві ідентичні ПЗП, що працюють у схемі почергово.

Значно більшу швидкодію мають ПЗП, виконані за біполярною технологією, наприклад ВІС К155 РЕ21 – РЕ24. Час вибірки вказаної мікросхеми не перевищує 60 нс. Кожна ВІС має організацію  $256 \times 4$ . ПЗП зберігає інформацію про графік 96 знаків із матрицею  $5 \times 7$ . Код знака задається семирозрядним кодом КВІ - 7. Для більш раціонального розміщення інформації три ВІС Нк використовують для запису графіки перших чотирьох стовпців знакоміць:  $v'z1 = 4$ ,  $h'z = 7$ ,  $n = 3$ ,  $d' = 32$ . Початкову організацію ВІС представимо як  $32 \times 8 \times 4$ , що дозволяє в кожній ВІС розмістити графіку 32 знаків без одного стовпця матриці. Графіку п'ятого стовпця матриці занесено в четверту ВІС Нк К155РЕ24. Вибір одного з трьох ВІС ОЗП К155РЕ21 – РЕ23 по входах ВК і відповідно одного з трьох розрядів ВІС К155РЕ24, які використовують, визначається двома старшими розрядами коду знака залежно від групи символів латинського, російського алфавітів і знаків. П'ять молодших розрядів коду знака використовують для вибору знака, що зберігається в кожній ВІС. Інші три адресних входи мікросхеми використовують для розгортки по

вертикалі, тобто для адресації рядів матриці знака.

Розвиток інтегральної технології дозволив збільшити інформаційну щільність ВІС при збереженні високої швидкодії.

Виготовлена за планарно-етитаксальною технологією швидкодіючих ТТЛ-схем з діодами Шоттки ВІС K555PE4 має місткість 16к при організації 2048x8 і часі вибірки  $T_a \leq 110$ нс. Указана схема реалізує функцію ПЗП знакогенератора 160 символів з матрицею 7x9 із восьмирозрядним кодом обміну інформації КВІ - 8. Рациональне розміщення інформації дозволило знизити інформаційну надмірність накопичувача. Однак при цьому 11 адресних входів ВІС не дозволяють організувати вибір знака, використовуючи як адресні сигнали вісім розрядів коду знака і чотири розряди коду номера ряду матриці. Це зумовило необхідність додаткового перетворення кодів на вході.

При необхідності формування нестандартної конфігурації знаків як знакогенератори використовують ВІС ПЗП, що програмуються виготовлювачем пристроїв відображення інформації.

#### 4.2. Бортова система електронної індикації

Система електронної індикації (СЕІ) призначена для представлення екіпажу пілотажної і навігаційної інформації, що поступає від бортового пілотажно-навігаційного обладнання [17].

Система виконує такі функції:

- обробляє одержану інформацію і відображає її на індикаторах у вигляді шкал, лічильників, написів, сформованих у форматі за функціональною ознакою (стандартні кадри);
- здійснює керування вибором формату як автоматично, так і за командами із пультів керування системою;



- забезпечує ручне виставлення, відображення та введення з пультів керування системи заданих значень барометричного тиску, а також висоту прийняття рішення (ВПР);

- забезпечує ручне виставлення, автоматичне регулювання яскравості лічильника введених значень на пульті керування за сигналом від системи аварійного зближення (САЗ);

- видає з пультів керування в інші системи інформацію про положення органів керування;

- транслює в систему магнітного самописця режимів польоту (МСРП) основні пілотажно-навігаційні параметри, які поступають від систем-датчиків і відображаються на екранах у даний момент часу;

- передає за результатами аналізу вхідної інформації в систему сигналізації льотної обстановки (ССЛО) інформацію про справність лінії зв'язку;

- транслює в систему сигналізації льотної обстановки (ССЛО) і комплекс індикації системи сигналізації (КІСС) дані про відмови вхідної інформації, що одержують від самих систем-датчиків;

- здійснює безперервний самоконтроль і реконфігурацію при виявленні відмов своїх блоків;

- здійснює реконфігурацію за командами з пультів керування СЕІ у разі появи відмов, не виявлених вбудованими засобами контролю;

- видає в ССЛО, КІСС інформацію про відмови (справність) власних блоків, одержану за результатами контролю;

- видає в ССЛО інформацію про збіг своїх обчислень;

- переходить за командою ССЛО в режим наземного контролю, тестує свою апаратуру, відображає результати контролю на екранах індикаторів, а також тестові зображення параметрів, що поступають від зв'язаних систем; і видає в систему ССЛО слова-стани, що містять інформацію про справність зв'язаних систем.

Структурну схему СЕІ показано на рис. 4.3.

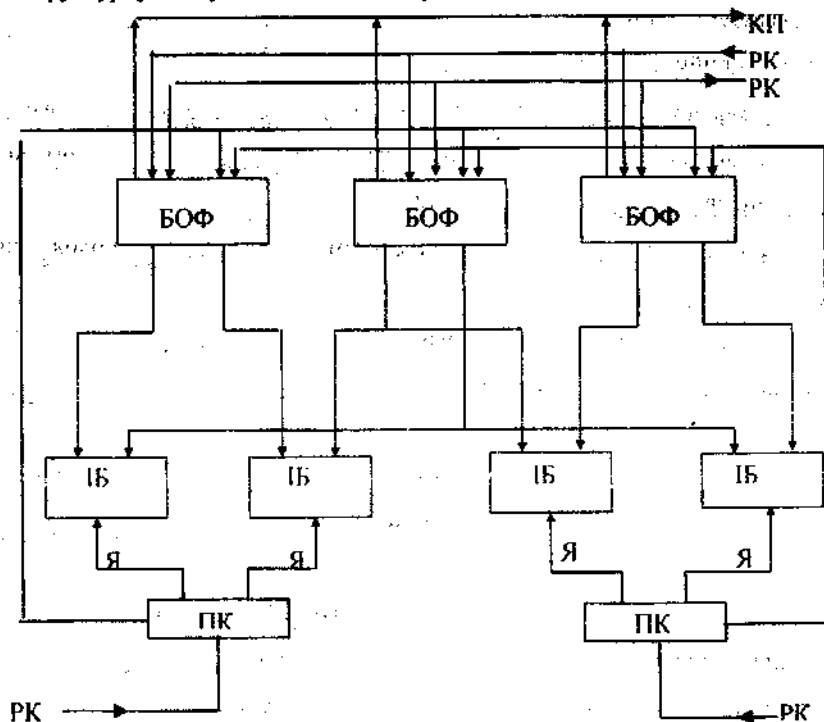


Рис. 4.3. Структурна схема бортової системи електронної індикації:  
 КП - код послідовний; РК - разова команда; БОФ - блок обчислення та формування; ІБ - індикатор багатфункціональний;  
 ПК - пульт керування; Я - яскравість

Система є багатоблочним виробом, і до її складу входять: три блоки обчислення та формування (БОФ), два пульти керування (ПК) і чотири багатфункціональних індикатори (ІБ).

Блок обчислення та формування призначений для прийому і обробки вхідних сигналів, формування інформації для відображення на екранах індикаторів і видачі кодових повідомлень і разових команд.

Індикатор є багатфункціональним. Він призначений для відображення текстової та графічної інформації від БОФ і

метеорологічної радіолокаційної станції (МнРЛС) у режимі растрової розгортки. Індикатори розташовані на приладовій дошці в кабіні екіпажу (зліва і праворуч).

Пульт керування ПК служить для виклику членами екіпажу форматів зображення на екранах індикаторів, ручного регулювання яскравості й керування режимами роботи системи.

Система забезпечує функціонування двох режимів - робочий і контрольний.

Контрольний режим включається за разовою командою від ССЛО тільки на етапі підготовки до польоту. На всіх етапах польоту передбачено блокування включення контрольного режиму й індикації його результатів.

Індикатор проводить за командою від БОФ розширений контроль власної працездатності протягом 0,1 с і у разі команди "Справність" контролюється БОФ. За результатами контролю на індикаторі видається тест-кадр. Тривалість контролю - три хвилини. Закінчення режиму контролю для системи визначається моментом зняття разової команди "Контроль" від ССЛО, після чого система переходить у робочий режим.

При нормальному функціонуванні забезпечується двоканальний стан системи. Кожний канал включає в себе блок БОФ, пульт і два індикатори. Функціонально система розділена на канал пілотажної інформації (КПІ) і канал інформації навігаційної обстановки (КІНО). Третій блок БОФ виконує функції резервного і підключається до першого або другого каналу при відмові одного із них.

СЕІ має такі технічні характеристики:

Кількість кодових ліній зв'язку за ДСТУ 18977-79 (ARINC-429) і РТМ 1495-84 зі змінами №3 із швидкістю 12...14,5 Кбіт/с — 36; із швидкістю 100 Кбіт/с — 3.

Кількість кодових ліній зв'язку, що приймають інформацію від

МНРЛС із швидкістю 1Мбіт/с — 2.

Кількість разових команд, що приймаються, — 11.

Кількість пілотажно-навігаційних параметрів, що відображаються, — не менше за 50.

Електроживлення за ДСТУ 19705-81 номінальною напругою 220/115 В, номінальною частотою 400 Гц, потужність не більше за 1270 ВА. Живлення вбудованих засобів підведено з пульта СЕІ номінальною напругою 6 В, номінальною частотою 400Гц.

Споживана потужність по ланцюгу 6 В (400 Гц) — не більше за 5ВА.

Час готовності системи — не більше за 3 хв.

Час безперервної роботи — 15 годин.

Маса системи — не більше за 92 кг.

Інформація у вигляді послідовного коду поступає:

- від трьох обчислювачів системи керування польотом (ОСКП);
- трьох бортових інерційних навігаційних систем (БІНС);
- трьох систем повітряних сигналів (СПС);
- двох обчислювачів системи літакокерування (ОСКЛ);
- двох обчислювачів системи керування тягою (ОСКТ);
- двох радіостанцій ближньої навігації (РСБН);
- двох метеорологічних радіолокаційних станцій (МНРЛС);
- двох систем попередження критичних режимів (СПКР);
- трьох радіовисотомірів (РВ);
- трьох мікрохвильових систем посадки (MLS);
- трьох міжнародних систем посадки (ILS);
- двох систем ближньої навігації (VOR);
- двох астрорадіокомпасів (АРК);
- однієї радіостанції далекої навігації (РСДН);
- однієї системи попередження про наближення землі (СПНЗ).

Разові команди типу "Розрив ланцюга - замикання на корпус"

поступають від трьох датчиків "Шасі обжато"; двох датчиків "Закрилки приборані"; чотирьох датчиків "РУД-максимал"; однієї ССЛО; однієї системи МнРЛС; однієї СНС.

Система приймає разові команди відповідно до ДСТУ 18977-79 і РТМ 1495-84:

- наявність команди - замикання на корпус при допустимій напрузі до 3 В і струмі ланцюга не більше за 1 мА;

- відсутність команди - розрив ланцюга при допустимій напрузі до 27 В і струму — до 0.01 мА.

Система приймає сигнал регулювання яскравості індикації електронних датчиків на пульті САС у вигляді регульованої напруги на вході пульта від 0 до 27 В.

Система забезпечує видачу інформації в системи з блоків БОФ і пультів ПК.

Інформація у вигляді послідовного коду відповідно до ДСТУ 18977-79 і РТМ 1495-84 зі змінами №3 із швидкістю 12... 14 Кбіт/с видається в такі системи: ОСС, СПС, МнРЛС, МСРП, КІСС (комплекс індикації системи сигналізації), ССЛО.

Інформація у вигляді разових команд типу "Розрив ланцюга - замикання на корпус" видається в ОСКП.

Інформація в систему поступає послідовним кодом в асинхронному режимі. Швидкість передачі від усіх систем (крім БІНС, ОСС) — 12... 14.5 Кбіт/с. Швидкість передачі від систем БІНС, ОСС — 100 Кбіт/с. Інформація від МнРЛС поступає кодом "Манчестер" (фазоманіпулюючим кодом без повернення до нуля). Швидкість передачі — 1 Мбіт/с.

Як вказувалося вище, система має два канали обробки та відображення інформації: КПІ та КІНО. При цьому канал КПІ формує і відображає інформацію у вигляді стандартного кадру, приклад якого показано на рис. 4.4, де 1 - вигляд відображуваного курсу; 2 - лічильник

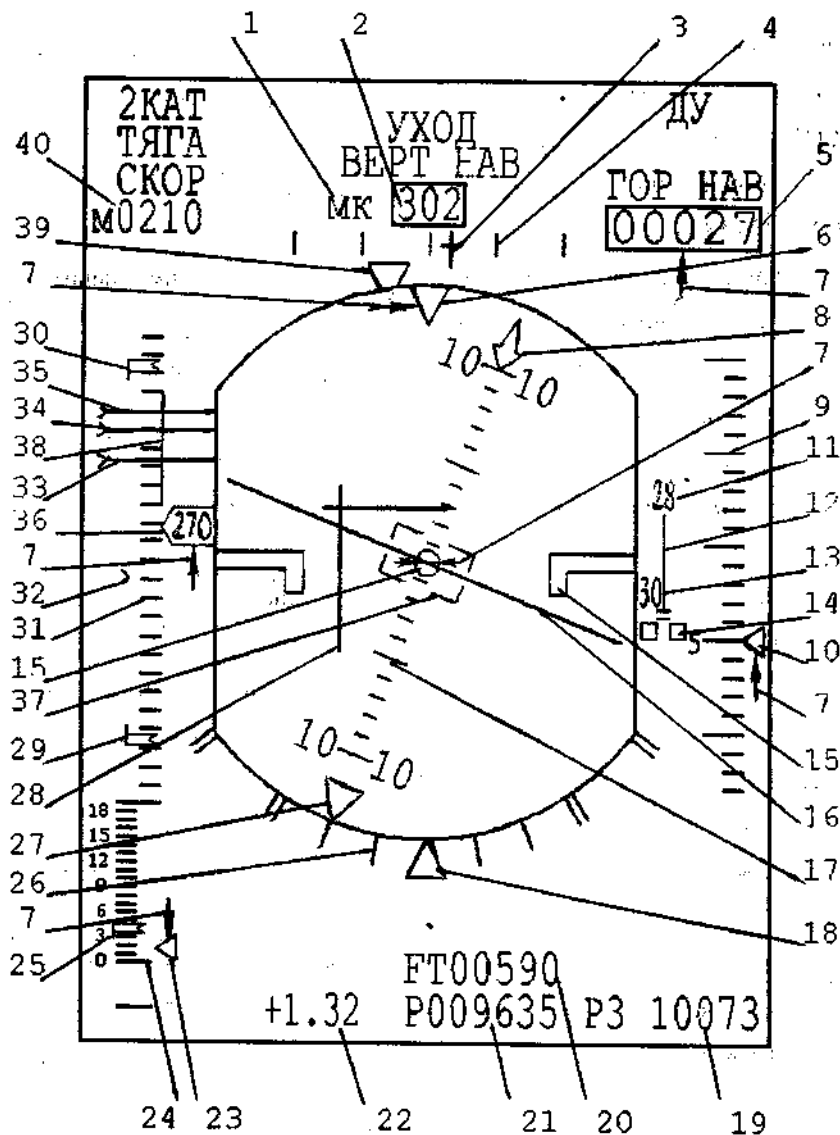


Рис. 4.4 Прилад стандартного кадру інформації по каналу КПШ

курсу; 3 - заданий шляховий кут (заданий азимут); 4 - шкала курсу; 5 - висота відносна 2; 6 - індекс відліку нульового значення курсу; 7 -

сигналізація досягнення граничних значень; 8 - індекс зеніту; 9 - шкала вертикальної швидкості; 10 - індекс відліку значень вертикальної швидкості; 11 - лічильник радіовисоти; 12 - шкала радіовисоти; 13 - лічильник висоти прийняття рішення; 14 - індекс висоти прийняття рішення; 15 - силует літака; 16 - лінія горизонту; 17 - шкала тангажа; 18 - індекс відліку нульового значення курсу; 19 - барокорекція 1; 20 - барокорекція 2; 21 - висота відносна 1; 22 - нормальне прискорення; 23 - індекс відліку кута атаки; 24 - шкала кута атаки; 25 - індекс максимально допустимого кута атаки; 26 - шкала кута нахилу; 27 - індекс відліку значень кута нахилу; 28 - директорні планки (директорні команди); 29 - індекс мінімально допустимої приладової швидкості; 30 - індекс максимально допустимої приладової швидкості; 31 - шкала приладової швидкості; 32 - індекс заданої приладової швидкості; 33 - індекс швидкості прийняття рішення; 34 - індекс швидкості початку підйому переднього стояка; 35 - індекс безпечної швидкості зльоту; 36 - лічильник приладової швидкості; 37 - вікно граничних відхилень; 38 - продольне прискорення; 39 - індекс кута ковзання; 40 - число М,АП або ДУ - автоматичний або директорний спосіб керування.

Канал КІНО формує і відображає інформацію у вигляді двох стандартних кадрів. Це кадр власне навігаційної обстановки, приклад якого показано на рис.4.5, де 1 - відстань до ППМ; 2 - ознака відображеного курсу; 3 - лічильник курсу; 4 - шляховий кут; 5 - лічильник заданого шляхового кута (заданого азимута, курсу ЗПП); 6 - символ літака; 7 - напрям вітру; 8 - швидкість вітру; 9 - кут вітру; 10 - висота задана; 11 - висота мінімально безпечна; 12 - шкала азимутальних кутів (для відліку азимутів системи АРК); 13 - шкала відліку вертикальних відхилень; 14 - шкала відліку бокових відхилень; 15 - шкала курсу (для відліку курсу і азимутів системи VOR); 16 - азимут VOR 2; 17 - планка бокових відхилень; 18 - шляхова швидкість; 19 - відстань від радіосистеми РСБН

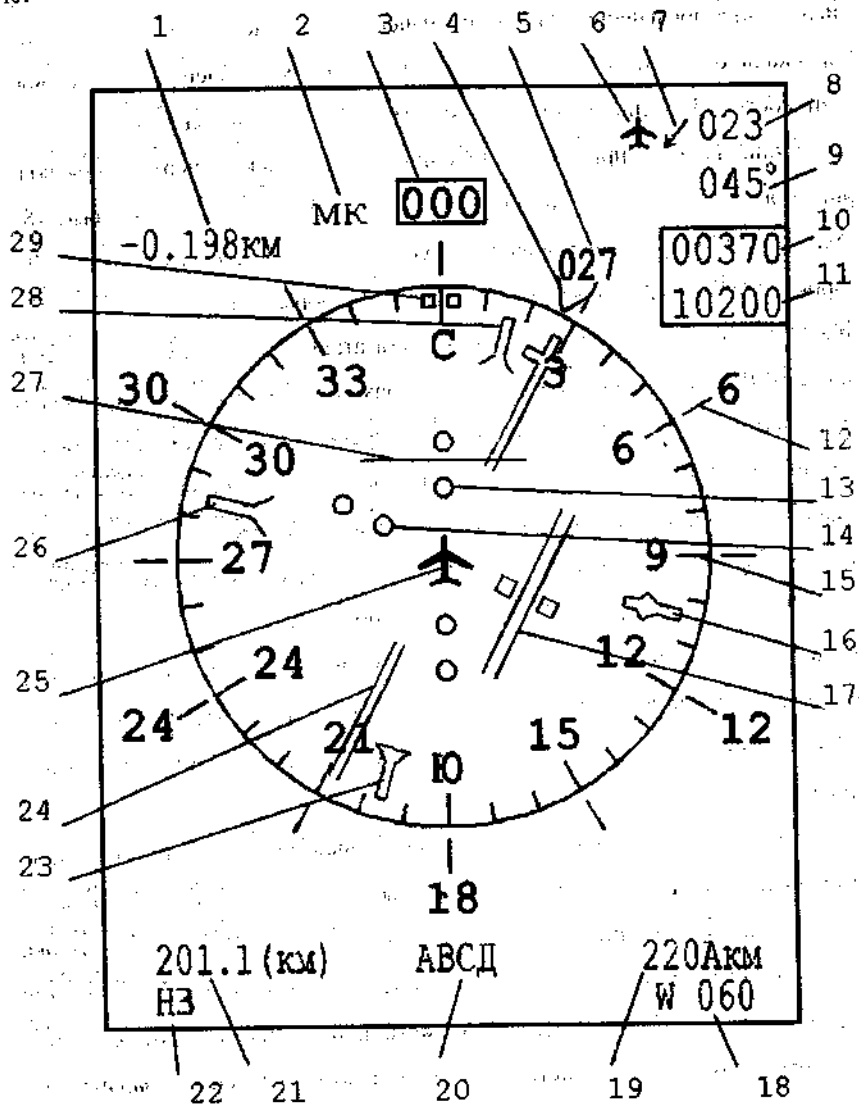


Рис. 4.5. Приклад стандартного кадру інформації по каналу КІНО (режим ПНО)

(відстань від системи ДМЕ 2); 20 - ознака радіосистеми; 21 - азимут радіосистеми (відстань від системи ДМЕ 1); 22 - ознака кадру; 23 - азимут VOR 1; 24 - заданий шляховий кут (заданий азимут); 25 - символ літака; 26 - азимут APR 2; 27 - планка вертикального відхилення; 28 - азимут APR 1;



29 - напрям на ЗПП (заданий курс ЗПП).

Другий кадр – це кадр метеорологічної обстановки, приклад якого показано на рис. 4.6, де 1 - індекс; 2 - показник напрямку на північ; 3 - шкала курсу; 4 - ознака курсу; 5 - лічильник курсу; 6 - заданий шляховий кут; 7 - шляховий кут; 8 - показник напрямку вітру; 9 - символ літака; 10 - швидкість вітру; 11 - кут вітру; 12 - висота задана; 13 - висота мінімально безпечна; 14 - метеобстановка; 15, 16 - відмітка дальності.

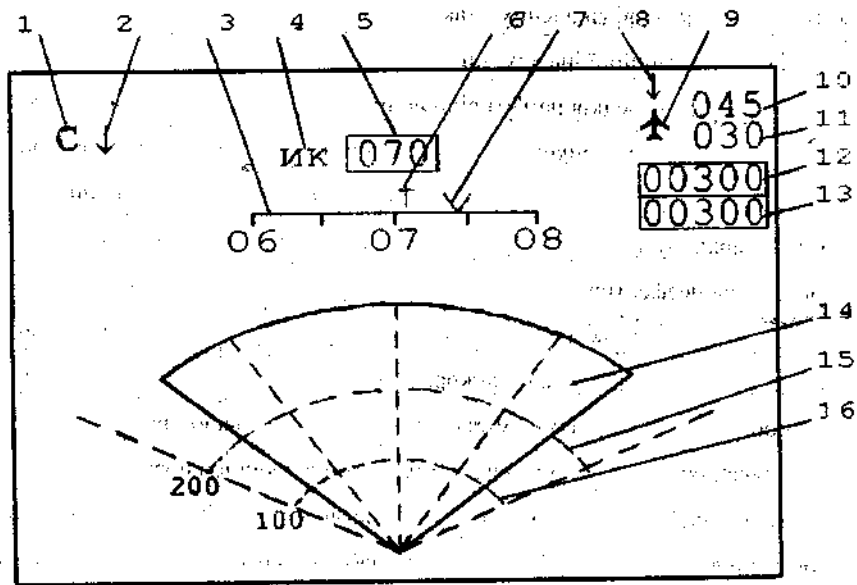


Рис. 4.6. Приклад стандартного кадру інформації по каналу КІНО (режим МиРЛС)

Аналіз відображеної на екрані електронно-променевої трубки багатофункціонального індикатора інформації показує, що для організації процесу її формування необхідна особлива структура пам'яті. Вона може складатися з декількох блоків.

Це оперативна пам'ять змінної знаково-цифрової інформації. Вона може бути організована аналогічно відображенню на екрані ЕПТ, тобто

по знакомісцях з обов'язковими проміжками між ними по горизонталі і вертикалі. Незважаючи на те, що майже 40% знакомісць для цього формату не використовується, відсутність осередків пам'яті в запам'ятовуючому пристрої (ЗП) усе ж неприпустимо. Це пояснюється тим, що в режимі контролю системи електронної індикації текстова інформація може займати всі знакомісця. Знаково-цифрова інформація так само є присутньою в організації форматів навігаційної та радіолокаційної обстановки. Незважаючи на те, що в цих форматах її значно менше, вона формується як у відзначених, так і у вільних знакомісцях у форматі пілотажно-навігаційної інформації.

Економію осередків пам'яті відповідно до кількості знакомісць можна організувати шляхом використання окремих запам'ятовуючих пристроїв для трьох стандартних форматів відображення. При цьому кожний ЗП за обсягом може бути незначним. Проте у цьому випадку ЗП будуть використовуватися неефективно, тому що в кожному режимі працюватиме тільки один із трьох. При цьому значно ускладнюється адресація як запису, так і зчитування, що для методу використання знакомісць характеризується синхронним зчитуванням змісту пам'яті з рядковою розгорткою та підсвічуванням відповідних точок імпульсами відеопідсилювача.

Тому найбільше прийнятною є організація ЗП для регенерації зображення на екрані ЕПТ у вигляді набору матриць, що повторюють умовне розбивання екрана на знакомісця. При цьому відновленням змісту цієї пам'яті (повного або часткового) керує блок формування й обчислення через буферний ЗП і знакогенератор.

Другий блок пам'яті містить ЗП, призначені для відображення постійних складових кадру. У цьому випадку кадр включає в себе вікна для числа  $M$ , виду і значення курсу, відносної висоти, барокорекції і нормального прискорення, а також шкали курсу, вертикальної швидкості, кута атаки, приладової швидкості, кутів нахилу і тангажа з індексами

відліку нульових значень і zenіту. Ця пам'ять може бути організована аналогічно попередній, тобто з розбиванням по знакомісцях. Тільки в цьому випадку знакомісця повинні містити вертикальні та горизонтальні проміжки. Проте більш прийнятним є варіант організації з виведенням інформації по точках. По суті це подібні варіанти, тільки запис у першому випадку має формуватися через відповідний знакогенератор, а в другому - двоадресною матричною адресацією по відповідному рядку або номеру точки чи елементу відображення. Зчитування інформації в тому та іншому випадку організовано аналогічно і здійснюється по рядках одночасно з розгорткою променя.

Третій блок пам'яті призначений для оперативних змінних даних у символічному виді. Це індекс кута ковзання; індекс заданої приладової швидкості; індекс приладової швидкості; заданий азимут; стрілка, що вказує на досягнення граничних значень параметрів відносно висоти, вертикальної швидкості, курсу, кута атаки, приладової швидкості, кута нахилу; стрілка змінної довжини покажчика радіовисотоміра; індекс відліку кута атаки; прапорці - індекси максимально припустимого кута атаки та мінімально і максимально припустимих значень приладової швидкості; індекси швидкості прийняття рішення, швидкості початку підйому переднього стояка і безпечної швидкості зльоту; стрілка змінної довжини вимірювача поздовжнього прискорення; індекс відліку кута нахилу; вікно граничних відхилень; директорні планки системи посадки; лінія обрїю та шкала тангажа. Це найбільш складна пам'ять із точки зору її організації. Запис по точках потребує великого об'єму адресної інформації і, отже, великої швидкодії апаратної частини як у блоці формування та обчислення, так і в самому індикаторі. Якщо при цьому врахувати, що передача інформації від блока обчислення та формування до індикатора проводиться в послідовному кодї з обмеженою швидкістю, то такий варіант стає неприйнятним. Дещо краще варіант із використанням

знакогенератора і розбивання інформаційного поля (отже, і ЗП) на знакомісця. Проте в цьому випадку значення параметрів, що змінюються безупинно, відобразитимуться дискретно, тому що індекс не може змінювати своє положення не в межах знакомісця, а тільки переміщуючись з одного в інший.

Тому найбільше прийнятним варіантом можна вважати використання оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП) із відповідними "вікнами", в межах яких переміщається індекс. Тоді від блока обчислення та формування має надходити інформація з адресою "вікна" та адресою контрольної точки індексу. Зображення самого індексу в цій точці може формуватися знакогенератором знаково-цифрової інформації або найпростішим знакогенератором із використанням комбінаційних логічних схем. Складніше реалізувати таким способом відображення значень кутів нахилу і тангажа. Можливі декілька варіантів.

Перший полягає в тому, що шкалу тангажа, нахилу та лінію обрїю розміщають у постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) разом з усіма шкалами. Інформація, яка поступає від блока обчислення та формування, вказує, під яким кутом робити розгортку в процесі зчитування. При цьому все інформаційне поле й об'єм ПЗП скануються двічі: перший раз - горизонтально, але без інформації у "вікні" нахилу і тангажа; другий - під зазначеним кутом і тільки в межах маски. Проте в цьому випадку достатньо складно організувати адресацію осередків пам'яті в процесі читання. Тому другий варіант полягає в тому, що при нормальному одноразовому процесі зчитування розгортка зображення у "вікні" нахилу і тангажа зміщується вертикальною розгорткою за допомогою додаткового рівня напруги, пропорційного величині вимірюваного параметра. При цьому спочатку вносяться зміни по тангажу шляхом зміни адреси по рядках вгору або вниз, а потім здійснюється читання з нахилом і наступним поворотом на заданий кут.

Можливий ще один варіант, що полягає в записі в ПЗП визначеної кількості зображень, кожне з яких відповідає визначеній величині параметра. Кількість зображень у цьому випадку залежить від розміру припустимої похибки вимірювання або від ціни розподілу шкали. Проте у разі припустимої похибки  $+0.5$  град. по нахилу і тангажу і при діапазонах вимірювання від  $+10$  до  $-10$  град. по тангажу і від  $20$  град. правого крену до  $20$  град. лівого крену пам'ять повинна містити 3200 зображень. При цьому зміна кута буде відображатися дискретно.

Четвертий блок пам'яті призначений для збереження інформації розфарбування фону кадру. Так, доведено, що найбільше прийнятний при тривалому користуванні жовто-зелений колір фону. Проте при цьому не все інформаційне поле буде пофарбовано в цей колір, тому що "вікно" нахилу і тангажа розділено лінією обрису і пофарбовано у верхній половині в блакитний, а в нижній - у коричневий кольори. Якщо ця інформація була постійною, то можна було б використовувати одне ПЗП з поточковим виведенням інформації. Проте інформація щодо нахилу і тангажа є змінною і фарбування по-різному заповнює "вікно" (див. рис 3.5). Тому в ПЗП для збереження постійного фону кадру буде вирізане "вікно", що відповідає "вікну" нахилу і тангажа. А ПЗП фарбування "вікна" нахилу і тангажа видаватиме інформацію через маску й адресація фарбування буде організована, як і в ОЗП рухливих індексів. Тільки в цьому випадку положення шкал та індексів нахилу і тангажа збігатиметься з фарбуванням фону (див. рис.3.6 і 3.7).

Таким чином, загальна кількість пам'яті, необхідної для регенерації зображення на екрані ЕПТ, повинна містити не менше шести ОЗП і ПЗП із відповідною структурою адресації та керування.

Розглянемо приклад організації роботи індикатора з використанням подібного набору ОЗП і ПЗП та формуванням повного зображення за два півкадри.



Тактовий генератор 1 (рис.4.7) виробляє імпульси синхронізації СІ роботи всього устрою, що надходять на вхід лічильника елементів відображення (або лічильника точок) 2. На виході лічильника точок 2 формується імпульс, тривалість якого є основою для формування напруги рядкової розгортки. Тому вихід лічильника точок 2 включений на вхід генератора рядкової розгортки 3, що керує роботою відхиляючої системи 4 у горизонтальній площині. Лічильник точок 2 також включений на вхід лічильника телевізійних рядків 5 і лічильника знаків 6. На виході лічильника телевізійних рядків 5 формується імпульс тривалістю одного кадру. Тому його вихід включений на вхід генератора кадрової розгортки 7, що керує відхиляючою системою 8 у вертикальній площині. Вихід лічильника знаків 6 включений на лічильник текстових рядків 9.

Оскільки все зображення формується за два півкадри, то для керування використовують сигнал із частотою в два рази нижче кадрової розгортки. Цей сигнал виробляється подільником 10, на вхід якого надходить сигнал із генератора кадрової розгортки 7. Подільник 10 має прямий  $Q$  та інверсний  $\bar{Q}$  виходи, з яких керуючі сигнали надходять на два блоки пам'яті, крім їхньої одночасної роботи в режимі запису або читання. Вихід прямого сигналу  $Q$  і з подільника 10 надходить на комутатор 11, підключаючи інформаційний канал блока обчислення і формування до ОЗП буквено-цифрової інформації 12. Режим запису даних, що надходять, забезпечується сигналом  $Q$  від подільника 10 і синхроімпульсами СІ від тактового генератора 1. Адресація здійснюється сигналами з виходу дешифратора знаків 13 і дешифратора текстових рядків 14, входи яких залучені відповідно до виходів лічильника знаків 6 і лічильника текстових рядків 9.

Незважаючи на те, що на ПЗП шкал 15, ПЗП кольору фону 16 і ПЗП маски 17 надходять синхроімпульси СІ від тактового генератора 1 і необхідні адресні сигнали, ці ПЗП у режимі читання працювати не можуть,

тому що на них надходить забороняючий сигнал  $Q$  із виходу подільника 10. У цьому випадку другий блок пам'яті буде працювати в режимі читання і забезпечується це сигналом  $\bar{Q}$  із подільника 10, що надходить на ОЗП рухомих індексів 18, ПЗП кольору шкал тангажа і нахилу 19 і ПЗП маски 20. Оскільки на комутатор 11 надходить сигнал  $Q$  із виходу подільника 10, то вихід даних на ОЗП індексів 18 закритий, а режим читання даних з ОЗП 18, ПЗП 19 і 20 здійснюється за допомогою синхроімпульсів  $C1$  і сигналу  $\bar{Q}$ .

Адресація вибірки осередків пам'яті здійснюється сигналами з дешифратора лічильника точок 21 і дешифратора лічильника телевізійних рядків 22, забезпечуючи поточкове виведення інформації. Інформація з виходу ОЗП індексів 18 у вигляді послідовності імпульсів надходить у канал яскравості 23 через комутатор 24, що керується сигналом  $Q$  подільника 10. Інформація з виходу ПЗП кольору 19 і з виходу ПЗП маски 20 через схему "I" 25 надходить у канал кольоровості 26 через комутатор 27, роботою якого керує сигнал  $\bar{Q}$  подільника 10.

Після закінчення періоду кадру режими роботи блоків пам'яті змінюються. Комутатор 11 прислує інформаційний канал блока обчислення і формування до ОЗП індексів 18. Синхронізація видачі інформації з цього каналу здійснюється синхроімпульсами з виходів лічильників точок 2, телевізійних рядків 5 і знаків 6.

Оскільки на ОЗП індексів 18 надходить сигнал  $Q$  подільника 10 і синхроімпульси  $C1$  від тактового генератора 1, то ОЗП працює в режимі запису з адресацією по сигналах від дешифратора лічильника точок 21 і дешифратора лічильника телевізійних рядків 22. Незважаючи на те, що синхроімпульси  $C1$  й адресні сигнали надходять на ПЗП кольору 19 і ПЗП маски 20, у режимі читання вони працювати не можуть, тому що на них надходить сигнал  $Q$  із подільника 10.

Протягом періоду цього кадру з подільника 10 сигнал  $\bar{Q}$  надходить на



ОЗП буквено-цифрової інформації 12, ПЗП шкал 15, ПЗП кольору фону екрана 16 і ПЗП маски 17, дозволяючи їхню роботу в режимі читання. При цьому з ПЗП кольору 16 і ПЗП маски 17 здійснюється поточкове виведення інформації, тому що адресація зчитування здійснюється за сигналом від дешифратора точок 21 і дешифратора телевізійних рядків 22. Інформація з виходів ПЗП 16 і 17 через схему "Г" 28 поступає у канал кольоровості 26 через комутатор 27. Таку комутацію забезпечує зміна керуючого сигналу з виходу подільника 10 на комутатор 27.

Інформація з ОЗП 12 і ПЗП 15 зчитується за допомогою сигналів  $\bar{Q}$  із виходу подільника 10 і синхроімпульсів СІ з адресацією за сигналами із дешифратора лічильника знаків 13 і дешифратора лічильника текстових рядків 9. При цьому вміст осередків пам'яті ОЗП 12 через знакогенератор 28 і схему "АБО" 29 подає на регістр зсуву 30, робота якого в режимі запам'ятовування і зсуву вправо здійснюється синхроімпульсами від тактового генератора 1.

На схему "АБО" також надходить вміст ПЗП шкал 15. Вихід регістра зсуву 30 через комутатор 24 підключається на вхід каналу яскравості 23.

Таким чином, структура оперативної пам'яті й організація процесу формування зображення на екрані БПТ передбачає організацію повного зображення за два кадри. При цьому одну частину пам'яті використовують у процесі формування зображення, а другу - у процесі відновлення інформації. Ці процеси мають синхронне керування, що виключає зриви або збої в загальному процесі.

#### 4.3. Особливості відображення інформації на стендовому обладнанні

Велика кількість інформаційних моделей процесу тестування та контролю працездатності електронних і механічних систем рухомого транспорту (наприклад, автомобілів) виключає в цей час

можливість визначити уніфікований формат зображення інформації і змушує розробників стендового обладнання використовувати багатофункціональні індикатори. При цьому з основних методів формування зображення в таких індикаторах переважним є растровий метод. Він найбільш задовольняє вимоги багатофункціональності. Це пояснюється тим, що організація розгортки променя не залежить від сформованого зображення, а різноманітність табличних, графічних та інших форм відображення інформації можливе внаслідок набору ОЗП і ПЗП, адресація занесення і вибірки даних в яких здійснюється синхронно з організацією переміщення променя в інформаційному полі індикатора.

Різнманітність інформації, що відображається на індикаторі, пояснюється декількома причинами. З одного боку, постійно змінюється парк машин зі збільшенням кількості параметрів, які контролюються. З іншого боку, збільшується кількість фірм з їх обслуговування, що вимагає постійного вдосконалення апаратури тестування. Тому останнім часом всі розробки таких пристроїв ураховують перспективу впровадження електронних пристроїв на борту автомобіля, у тому числі і в Україні.

Так, фірма ЧМП «Open System» (м. Хмельницький) [14] розробила діагностичний комплекс «Автосканер» OS-04, призначений для тестування та перевірки працездатності електронних і напівмеханічних систем впорскування палива, систем запалювання (Motronic, Mono-Motronic, KE-Jetronic, LE-Jetronic, Mono-Jetronic, VAG Digifant, Digijet, Fenix/Renix і т.д.) різних автомобілів, а також ABS легкових автомобілів Opel, Audi, BMW, Mercedes, Volkswagen і т.д. При цьому комплекс «Автосканер» дозволяє також проводити аналіз сигналів, що поступають з датчиків невідомих користувачеві систем.

Комплекс має 51 вхідну лінію опитування (сканування) з вхідним опором кожної не менше за 1,1 МОм і частотою вибірки одного сигналу до 200 кГц.

Кількість діаграм, що одночасно відображаються, - до 51.

Приклад жаду інформації, сформований діагностичним комплексом, показано на рис. 4.8, де представлено вікно перегляду даних. У заголовку вікна відображається назва конфігурації, яку використовують для сканування і аналізу даних. У верхній частині, під заголовком вікна, розташовані кнопки керування зображенням. У середній частині на координатній сітці відображається відсканована дані. Область відображення розбита на горизонтальні частини під кожен ліній, що сканується (на рисунку таких частин вісім із відповідним номером лінії і найменуванням параметра в службовій зоні зліва від вікна перегляду даних). У нижній частині вікна розташовано шкалу часу. Праворуч і внизу інформаційного поля розташовані смуги прокручування вертикального і горизонтального скролінга зображення.

У верхній лівій частині над службовою областю розташовані кнопки керування, які використовуються для перемикання режимів роботи. Режимми роботи передбачено можливість збільшення або зменшення зображення, переміщення, виділення окремої області й відкриття додаткового вікна настройки параметрів лінії.

У верхній частині вікна, праворуч від кнопок керування розташовано інформаційну панель. На ній відображається інформація про лінію, на якій встановлено (позиціоновано) курсор і параметри сигналу в точці позиціонування. Інформація відображається в трьох рядках. У верхньому рядку вказують номер контакту для поточної лінії та її назву, в середній - примітки для цієї лінії, в нижній - поточні параметри сигналу. Для різних типів ліній відображаються різні сигнали:

- для цифрових сигналів відображається поточний рівень сигналу («0» або «1») і час від початку сканування сигналів;
- для аналогових сигналів відображається поточна напруга на лінії у вольтах, фактичні мінімальне і максимальне значення рівнів напруги на лінії і час від початку сканування сигналів.



У службовій області на кольоровому фоні зображено показник типу сигналу, номер лінії в дужках і назву лінії. Для аналогових ліній у верхній і нижній частинах рядка відображаються верхня та нижня межі вимірювання сигналів на лінії. При цьому їх значення відображаються контрастним у відношенні до фону кольором, а висота рядка аналогового сигналу може бути змінена. Для цього необхідно підвести курсор на лінію-кордон і при появі двоспрямованої стрілки потягти вгору або вниз.

Висота рядка відображення цифрових сигналів є фіксованою.

При розгляді області відображення даних за переміщенням курсора (для зручного орієнтування) по шкалах часу і напруги переміщуються вертикальна та горизонтальна координатні лінії. При цьому у вікні відображається шкала часу, а шкала напруг не відображається. Тому праворуч від курсора відображається позиція курсора на шкалі напруг для поточного значення аналогового сигналу. У режимі показника можливо виділення частини ліній, що відображаються. Для цього необхідно зафіксувати курсор в одному місці і перемістити його в бік. Виділена частина змінює колір фону. При цьому праворуч внизу від курсора відображаються виділений період часу і відповідна йому частота.

Дещо по-іншому формується кадр відображення інформації діагностичним комплексом "Дизель-адмірал" (С-Петербург, Росія). Приклад організації кадру інформації показано на рис. 4.9.

Кадр має два вікна. Основне інформаційне вікно призначене для формування графіка динаміки зміни досліджуваного параметра і має вертикальну та горизонтальну шкали. При цьому вертикальна шкала може мати два оцифрування (абсолютне і процентне, наприклад). Інформаційне поле вікна розбито горизонтальними пунктирними лініями на процентні області. В інформаційному вікні можуть відображатися декілька графіків для зіставлення (наприклад, номінальний і реальний процеси). Нульова позначка горизонтальної шкали, що має позитивну та негативну зони,

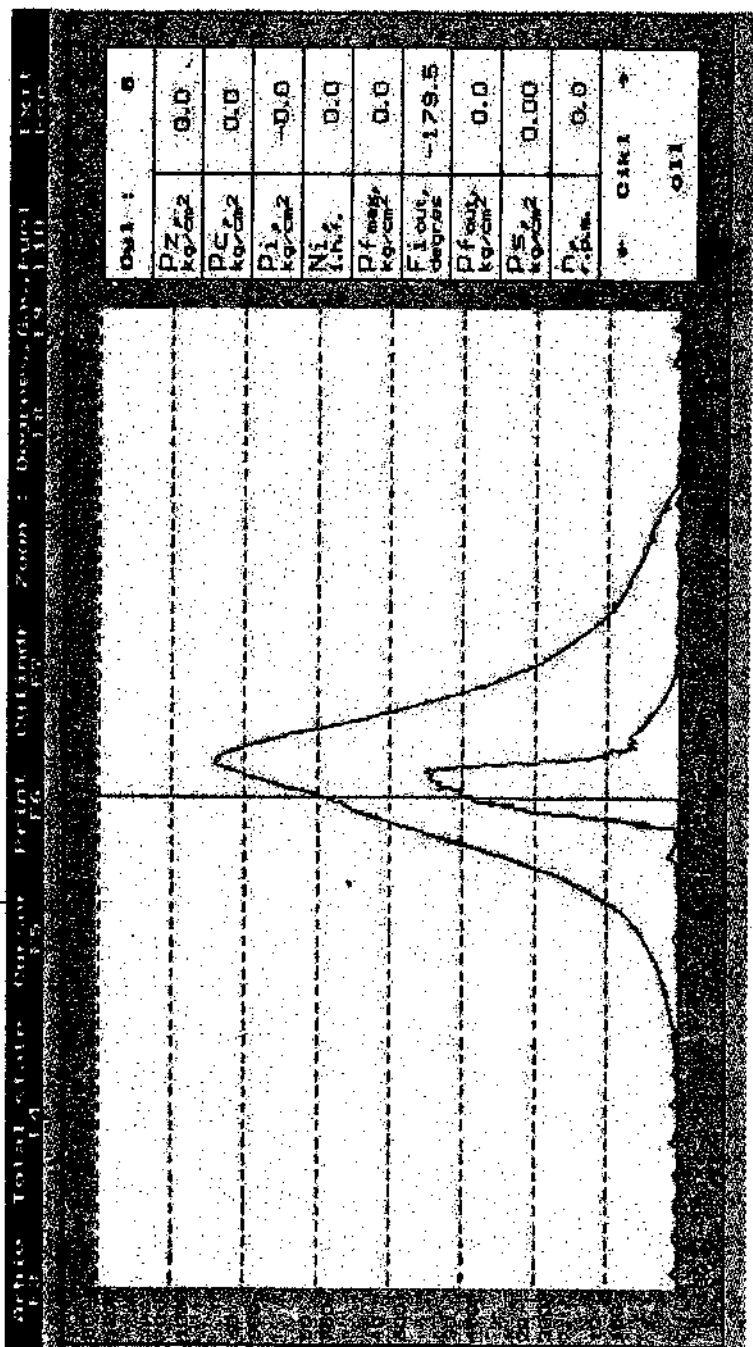


Рис. 4.9. Приклад організації кадру інформації діагностичного комплексу "Дизель-адмірал"

відмічена вертикальною лінією. Графік відображається в кольорі. Колір фону вікна може змінюватися. Зліва від цього вікна розташовано друге вікно, в якому відображається цифрова інформація. Першою зверху вказується інформація про лінію, що досліджується. Далі у вигляді таблиці відображаються основні абсолютні і відносні показники параметра, що тестується. У нижній частині вікна розташовано знаки можливості керування зображенням (наприклад, зміна положення графіка або розширення зони перегляду). У верхній частині виділено горизонтальну область позначення і призначення функціональних можливостей (архівування, керування курсором, друк, файл, вихід і т.п.). Знаки відображаються в білому кольорі на темному фоні.

Таким чином, аналіз структури кадрів зображення інформації, сформованих діагностичним обладнанням, указує на можливість розділення її на декілька складових з метою організації оптимального процесу керування та синхронізації індикатором. І це, передусім, змінна і постійна складові. У свою чергу, змінна може бути розділена на оперативну знакову (що вимагає використання перетворення коду інформації у відеокод або знакогенератора), змінну графічну (що вимагає використання генератора векторів), змінну для відображення рухомих індексів і шкал. І, нарешті, змінна місця положення рухомих вікон на інформаційному полі. Постійна складова зображення містить інформацію про нерухомі шкали з оцифруванням і позначеннями, постійні написи, фарбування фонів (основного та вікон), кольорного кодування змінної і постійної складових зображення.

Отже, для організації роботи багатофункціонального індикатора необхідно використати оперативний буферний запам'ятовуючий пристрій і пристрій постійної пам'яті з повними наборами функціональної структури кадру і адресувати занесення даних у них з урахуванням можливості прочитання синхронно з розгорткою променя ЕПТ.

#### 4.4. Графічні пристрої відображення інформації

Від форми представлення інформації залежить її об'єм, який може бути сприйнятий оператором і вірно ним інтерпретований. Інженерна практика показує, що в багатьох випадках найбільша наочність забезпечується при представленні різних залежностей у вигляді діаграм, графіків, креслень і т. п., у той час як часто цифрову інформацію оператору необхідно заздалегідь осмислити. Цим можна пояснити появу в складі стендового обладнання контролю та діагностики поряд з буквено-цифровими і графічними пристроїв відображення, хоч останні значно складніше і дорожче. Особливого поширення в стендовому обладнанні одержали більш прості спеціалізовані графічні пристрої на базі ЕПТ, що дозволяють у зручній формі відображати на екрані значення параметрів, що контролюються (параметрографи).

Розглянемо основні принципи формування графічного зображення на екрані ЕПТ. Відмінність функцій, що виконуються, визначає різноманіття графічних пристроїв відображення. Однак, як і для буквено-цифрових пристроїв, за принципом роботи їх можна розділити на два основних класи - з функціональним і растровим способами переміщення променя на екрані.

При функціональному способі переміщення променя розрізняють такі принципи формування графічного зображення: з поточковим виведенням; з аналоговим вектор-генератором; з дискретним вектор-генератором.

При растровому способі переміщення променя розрізняють такі принципи формування графічного зображення: з аналоговими схемами порівняння; з дискретними схемами порівняння; з дискретним генератором векторів (квазіграфічний); з програмним генератором векторів (повнографічний).



Поточкове формування зображення є найпростішим способом виведення графічної інформації від досить складного пристрою його підготовки (наприклад, EOM). Такі пристрої відображення інформації використовують в основному для відображення експериментально одержаної залежності або результатів розрахунку різних кривих. Зображення тут виходить шляхом послідовної передачі координат кожної точки в блок керування, який встановлює необхідну напругу (або струм) у відхиляючій системі трубки і підсвічує кожну точку імпульсами модуляції. Цей процес повторюється з частотою 30...50 Гц для виключення мигтіння. При досить близькому розташуванні точок криві виходять злитими і в принципі таким методом можна відобразити досить складні геометричні фігури.

Блок керування такого пристрою відображення включає в себе (рис. 4.10) реєстри координат  $P_x$  і  $P_y$ , два цифро-аналогові перетворювачі ЦАПх і ЦАПу кодів координат в аналогові сигнали і підсилювачі, що виробляють сигнали керування відхиляючих систем.

Основний недолік цього методу полягає в необхідності високої швидкості виведення від джерела інформації ДІ. Дійсно, передбачимо, що ЕПТ середньої роздільної здатності забезпечує можливість висвічення 500x500 точок у лінійній частині екрана (при розмірах точки 0.5 мм). Тоді для креслення, наприклад, лінії сумарної довжини всього в один метр буде потрібна швидкість виведення

$$V = L F_c n / d, \quad (4.35)$$

де  $L$  - довжина лінії, мм;  $F_c$  - частота циклічності, 1/с (прийнемо її такою, що дорівнює 40);  $n$  - розрядність слова інформації (прийнемо його таким, що дорівнює 18 біт);  $d$  - діаметр точки, мм. Тоді

$$V = 1000 \cdot 40 \cdot 18 / 0.5 = 1440000 \text{ біт/с,}$$

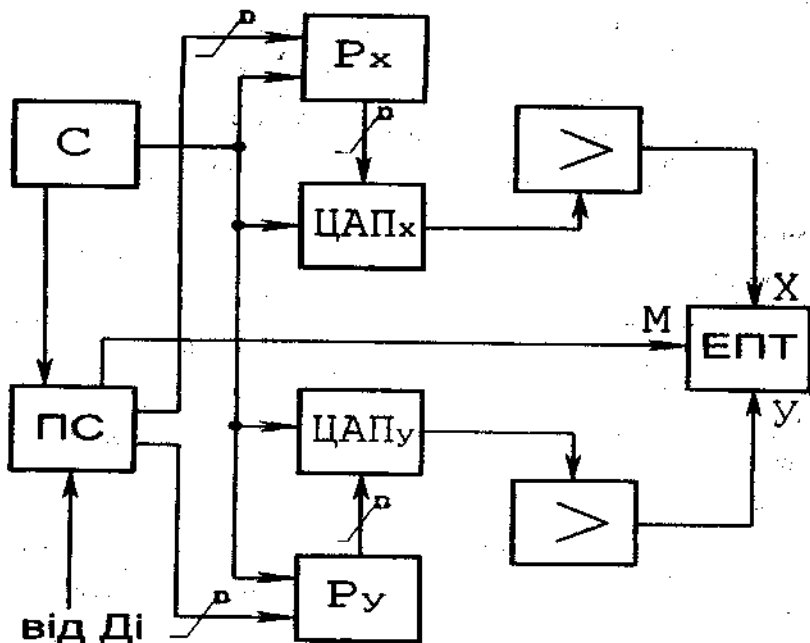


Рис. 4.10. Блок керування пристрою відображення з поточковим формуванням графічної інформації.

С – синтезатор; ПС – пристрій спряження;  $P_x$ ,  $P_y$  – реєстри координат; ЦАП $_x$ , ЦАП $_y$  – цифроаналогові перетворювачі; М – модулюючий сигнал; Х, У – сигнали відхилення променя по горизонталі і вертикалі; Ді – джерело інформації

тобто приблизно 1.5 млн. бітів інформації в секунду. Тому пристрої відображення такого типу знаходять застосування в спеціалізованих системах, наприклад для контролю даних, що циклічно повторюються, від високочастотних датчиків.

Метод формування відрізків прямих ліній, або метод векторів, одержав найбільш широке застосування в функціональних, графічних пристроях відображення. При цьому методі від джерела інформації в блок керування поступають лише координати початку  $X_n$ ,  $U_n$  і кінця  $X_k$ ,  $U_k$  вектора, а формування приростів напруг для відхилення променя ЕПТ по осі  $x$  і  $y$

здійснюється автономно. З цією метою в схему включено відповідний вузол, який називають генератором векторів. При даному методі потрібна набагато менша швидкість виведення, чим при поточковому. Причому ефективність його тим більше, чим довше відрізок, що генерується.

Існує два основних методи генерування векторів: цифровий, при якому апаратно обчислюються значення координат кожної точки відрізка прямої, і аналоговий, при якому генерується напруга для безперервного переміщення променя від початкової точки відрізка до кінцевої. Незалежно від типу генератори мають забезпечувати необхідну лінійність і точність проведення відрізків, їх однакову яскравість, незалежно від довжини, і досить високу швидкість викреслення.

Розглянемо спрощену схему генерування векторів, побудовану на аналоговому принципі (рис. 4.11). У два вхідних реєстри  $R_x$  і  $R_y$  поступають цифрові значення проєкцій довжини вектора  $D_x = X_k - X_n$  і  $D_y = Y_k - Y_n$ , які в цифроаналогових перетворювачах ЦАП $_x$  і ЦАП $_y$  переводяться в постійну напругу. Амплітуди цих сигналів відповідають необхідній швидкості розгортки променя по осях  $x$  і  $y$ . Виходи ЦАП підключені до входів операційних підсилювачів, які працюють у режимі інтегрування на проміжок часу, що визначаються імпульсом  $t_{int}$  від пристрою керування ПК. Напруга на виходах інтеграторів забезпечує переміщення променя ЕПТ відповідно до довжини і напрямку заданого вектора.

При такому способі будь-який вектор викреслюється на екрані за один і той же час, що визначається швидкістю аналогової схеми (від декількох до десятків мікросекунд). Щоб забезпечити однакову яскравість висвічення всіх векторів, потрібно керувати рівнем сигналу модуляції променя. Звичайно досить використання декількох рівнів сигналів яскравості, які вибираються в пристрої керування на основі вхідних даних за допомогою комбінаційної схеми типу дешифратора.

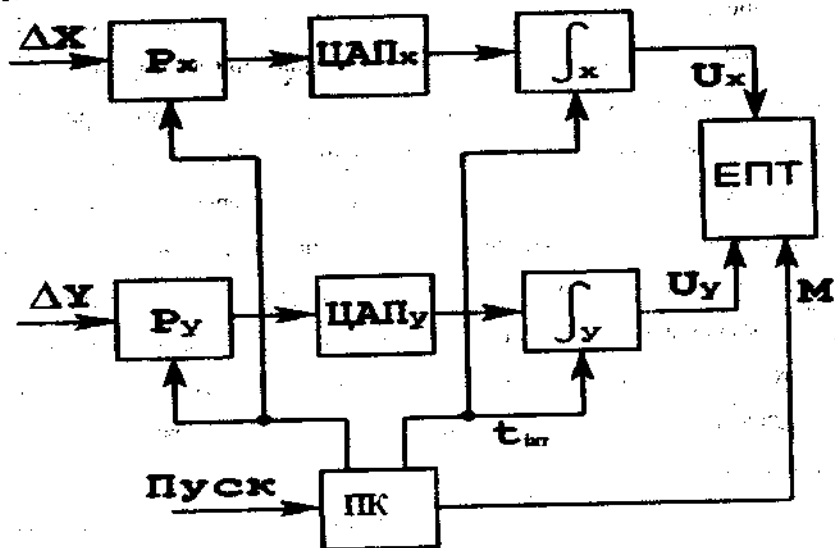


Рис. 4.11. Структура генератора векторів аналогового типу:

$\Delta X, \Delta Y$  - проєкції довжини вектора на осях  $X$  та  $Y$ ;  $P_x, P_y$  - регістри;  $\text{ЦАП}_x, \text{ЦАП}_y$  - цифроаналогові перетворювачі;  $\int_x \int_y$  - операційні підсилювачі, які працюють у режимі інтегрування;  $t_{\text{int}}$  - час інтегрування; ПК - пристрій керування;  $U_x, U_y$  - напруги керування відхиляючої системи;  $M$  - модулюючий сигнал

Можливо використання аналогових генераторів векторів із змінною тривалістю розвертаючого сигналу. Однак цей метод вимагає більш складної схеми керування і, крім того, дані від джерела інформації повинні поступати нерівномірно, що не завжди зручно. На основі аналогових методів можуть бути побудовані також генератори криволінійних відрізків, які дозволяють викреслювати різні складні фігури. Частіше за все при цьому використовують широко відомий метод фігур Ліссажу для утворення дуг кіл та еліпсів.

В основному аналогові генератори забезпечують високу якість відображення і хорошу роздільну здатність. Однак цьому методу властиві принципові недоліки, пов'язані з помилками через дрейф нуля операційних підсилювачів.

Принцип, на якому основано роботу цифрових генераторів векторів, пов'язаний з послідовним виведенням на екран точок, що складають лінійний відрізок. Кількість точок, відповідних вектору визначеної довжини, залежить від умовно заданої на екрані координатної сітки. Точки, що виводяться, можуть висвічуватися лише у визначених місцях цієї сітки і повинні забезпечувати якомога кращу апроксимацію прямої лінії, розташовуючись вздовж неї з рівномірною щільністю. Оскільки цифрові генератори здійснюють виведення з постійною частотою, то цим забезпечується однакова яскравість всіх фігур, що відображаються.

Всі алгоритми, що використовують у цифрових генераторах, основані на способах приростів, тобто розрахунок координат кожної подальшої точки здійснюється по координатах попередньої. Найпростішим з них є алгоритм, що реалізується звичайно в цифрових диференціальних аналізаторах, в яких апаратним способом забезпечується чисельне рішення диференціальних рівнянь.

Цифрові генератори векторів на відміну від аналогових не мають нагромаджуючих похибок, пов'язаних із дрейфом інтеграторів. Недоліком їх є, однак, менша швидкодія, що визначається як елементною базою, що використовується, так і середньою кількістю точок, що складають вектор. Тому в графічних пристроях відображення з високою роздільною здатністю, де кількість точок, що складають зображення, може бути великою, використовують в основному аналоговий генератор. У них застосовують могутні, швидкодіючі і високоточні операційні підсилювачі, а також спеціальні схемні рішення дозволяють будувати на функціональному принципі високоякісні графічні пристрої відображення інформації. Основним обмеженням для них є відносно невелика припустима сумарна довжина ліній, що викреслюються на екрані, яка забезпечується немеректливим зображенням. Так, наприклад, при середній швидкості викреслення векторів приблизно 5 мм за 1 мкс сумарна довжина ліній обмежується декількома десятками метрів.

Розглянемо тепер принципи реалізації графічних зображень у растровому полі, що створюється безперервною розгорткою променя типу телевізійної. Розгляд почнемо з найпростіших методів, оснований на принципах порівняння, які використовують частіше за все в спеціалізованих вимірювальних і ряді інших пристроїв. Ці методи, що забезпечують індикацію лише досить простих зображень, передбачають використання наборів комбінаційних схем, які керують модуляцією яскравості променя ЕПТ в моменти, зумовлені певними станами лічильників кадрів і лічильників імпульсів.

Аналоговий метод формування зображення в растровому полі пов'язаний з операціями порівняння, для чого величина, що відображається, вводиться у взаємодію з деякою розгортаючою функцією.

Перетворення, пов'язані з одержанням параметра, що відображається на екрані індикатора, можуть бути описані такими операторами:

$$\begin{array}{ccc}
 S1(t) & & S2(t) \\
 | & & | \\
 U_x - N1 - U(t) - N2 - X, Y. & (4.36) & \\
 & & | \\
 & & S3(t)
 \end{array}$$

Ліва частина оператора описує перетворення, пов'язане динамічною компенсацією величини  $U_x$  розгортаючої функції, що відображається  $S1(t)$  у деякому пристрої порівняння. Часове положення імпульсу визначається величиною  $N1$ . Перетворення цієї величини в точку з координатами  $x$ , у здійснюється другим пристроєм порівняння  $N2$ , роль якого відіграє індикатор на ЕПТ. обов'язковою умовою функціонування індикатора є жорстка синхронізація функцій  $S1(t)$  і  $S2(t)$ . При цьому сканування променя по екрану при розгортці растра характеризується функціями зміни сигналу за часом як рядкового, так і кадрового одночасно.

У загальному випадку вхідна величина не постійна у часі, крім того,

може бути декілька вхідних величин. Найпростіша схема, яка може перетворити набір вхідних величин у сигнал, що поступає на індикатор, будується за принципом паралельного перетворення з генераторами компенсуючого сигналу і пристроями порівняння.

Розглянемо один з варіантів схеми (рис. 4.12), що перетворює чотири вхідних аналогових сигнали  $U_1(t) - U_4(t)$ , які поступають від датчика Д1 - Д4. Ця схема дозволяє відобразити в растровому полі чотирикутники, вектори або в загальному випадку замкнену криву на екрані ЕПТ. Сигнали  $U_1(t) - U_4(t)$  поступають від датчиків Д1 - Д4 на пристрій порівняння Н1.1 - Н1.4. На інші входи цих пристроїв надходять компенсуючі напруги  $S1.1(t)$  і  $S1.2(t)$ . Ці сигнали поступають від генераторів рядкової ГРР і кадрової ІКР розгортки, через перетворювачі П1 і П2, які, наприклад, змінюють амплітуду напруг рядкової  $S2(t)$  і кадрової  $S3(t)$  розгортки до рівнів максимально можливих амплітуд зміни сигналів  $U_1(t) - U_4(t)$ . У момент порівняння напруг, наприклад,  $U_1(t)$  з напругою  $S1.1(t)$ , пристрій порівняння Н1.1 виробляє короткий імпульс напруги  $U1.1(t)$ , що поступає на формувач Ф1. Це пристрій тригерного типу, що змінює стан сигналу на виході при надходженні імпульсу  $U1.1(t)$ . Стан на виході Ф1 знов зміниться в момент появи короткого імпульсу  $U1.2(t)$ , коли напруга  $U_2(t)$  зрівняється з напругою  $S1.1(t)$ . На виході формувача виникає імпульс тривалістю  $t_1$ , який дорівнює проміжку часу між двома моментами порівняння вхідної напруги з розгортаючою  $S1.1(t)$ .

Аналогічно працює і другий ланцюжок датчиків Д3, Д4, що порівнюють пристрої Н1.3, Н1.4, і формувача Ф2, на виході якого виникає імпульс тривалістю  $t_2$ , що дорівнює проміжку часу між двома моментами порівняння вхідної напруги з розгортаючою  $S1.2(t)$ .

Обидва імпульси через пристрій збігу поступають на ЕПТ, формуючи сигнал М модуляції променя, який переміщається по екрану під впливом розгортаючих напруг  $S2(t)$  (рядкова розгортка) і  $S3(t)$  (кадрова розгортка).

Внаслідок впливу цих трьох сигналів на екрані висвічується прямокутна світлова область.

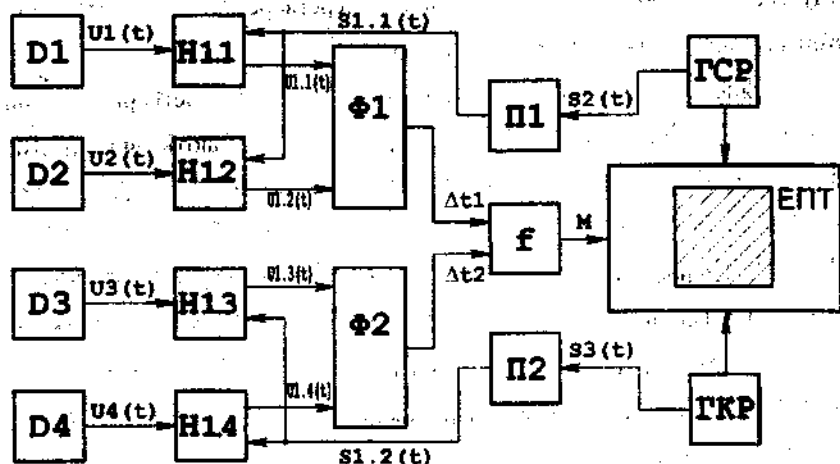


Рис.4.12. Схема перетворення аналогових сигналів:

$U_1(t) - U_4(t)$ ;  $H_{1.1} - H_{1.4}$  - пристрої порівняння;  $U_{1.1}(t) - U_{1.4}(t)$  - імпульси напруг, які утворюються в момент порівняння;  $\Phi_1, \Phi_2$  - формувачі імпульсів  $\Delta t_1$  і  $\Delta t_2$ ;  $\Pi_1, \Pi_2$  - перетворювачі напруг  $S_2(t)$  та  $S_3(t)$ ; ГСР, ГКР - генератори рядкової та кадрової розгортки, які утворюють напруги  $S_2(t)$  і  $S_3(t)$

На рис. 4.13 показано часову діаграму утворення проміжку  $t_1$  за умови (як у розглянутому прикладі), що  $U_1 < U_2$ . Якщо параметри  $U_1(t) - U_4(t)$  постійні у часі, то прямокутник нерухомий і має фіксовані розміри, причому розташування кожної його сторони визначається відповідним вхідним параметром. Це відкриває деякі можливості представлення параметрів, що досліджуються в зручній для сприйняття формі (якщо деякі з вхідних сигналів одержувати від датчиків у вигляді відомих напруг).

Наприклад, якщо значення  $U_1(t)$  наближається до значення  $U_2(t)$ , то прямокутник вироджується у вертикальну лінію, а при  $U_3(t) = U_4(t)$  - в горизонтальну. Отже, якщо стенд контролю та діагностики вирішує задачу відповідності параметра, що вимірюється, допустимому, то напругу



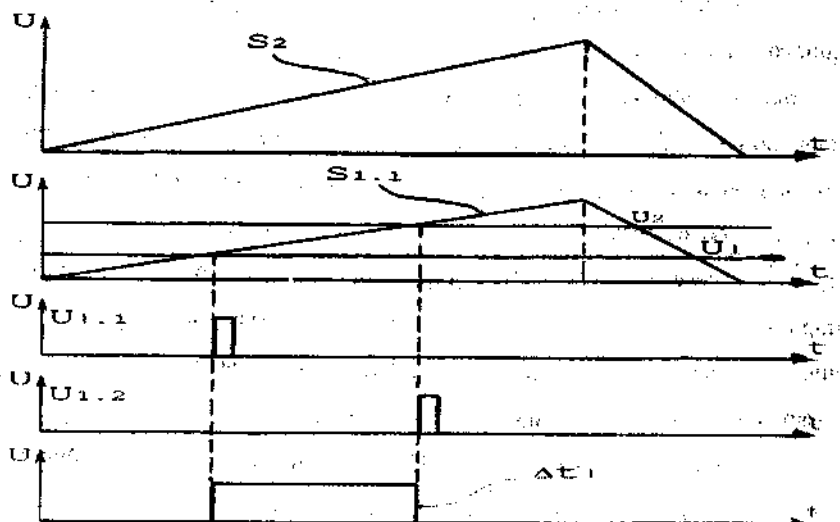


Рис.4.13. Часова діаграма утворення проміжку  $\Delta t$

$U_2$  можна встановити задатчиком, а та, що контролюється, -  $U_1$ . Ширина вертикальної області на екрані ЕПТ, проградуєвана в абсолютних або відносних величинах, буде вказувати на їх відмінність. Якщо вхідні сигнали є періодичними, синхронізованими з кадровою частотою, то на екрані можна одержувати складніші фігури.

Для отримання вектора довільного напрямку формувач  $\Phi 1$  слід вимкнути, а параметр  $U_1(t)$  (при  $U_2(t)=0$ ) необхідно міняти лінійно у часі. Довжина вектора при цьому задається параметрами  $U_3(t)$  і  $U_4(t)$ . Підбираючи вхідні сигнали від задатчиків змінними за більш складною залежністю і комбінуючи їх з тим, що досліджується, можна одержувати різні криві, в тому числі і замкнені. Даний графічний пристрій є досить простим, якщо аналогові вхідні сигнали формуються датчиками і поступають на схеми порівняння безпосередньо. Однак використання аналогових сигналів від датчиків і різних генераторів аналогових спеціальних сигналів є досить серйозним обмежувачем використання подібних пристроїв. З одного боку, в наш час перевагу віддано при

використанні в техніці датчиків із частотним або цифровим виходом, з іншого - аналогова техніка має багато недоліків у порівнянні з цифровою.

Більш широкі можливості має схема з дискретними пристроями порівняння. Дані можуть поступати від ЕОМ, мікропроцесорних обчислювальних пристроїв чи пристроїв обробки інформації від цифрових датчиків або зберігаються в автономній пам'яті пристрою відображення. У процесі регенерації зображення координати точок послідовно порівнюються з поточним значенням розгортаючої функції, яка має числову форму. Ця функція може бути реалізована за допомогою цифрового лічильника, з виходів якого паралельно знімається код функції, що монотонно міняється в процесі рахунку (рис. 4.14). У момент рівності кодів розгортаючої функції і координати точки пристрій порівняння видає сигнал, що поступає на модулятор яскравості ЕПТ.

Такі графічні пристрої широко використовують для аналізу вимірювальної інформації. В принципі вони можуть бути застосовані і для відображення складних графічних образів шляхом розбиття останніх на ряд однозначних кривих. Однак характерною тут є пропорційна залежність між складністю зображення і об'ємом зображення, оскільки кількість

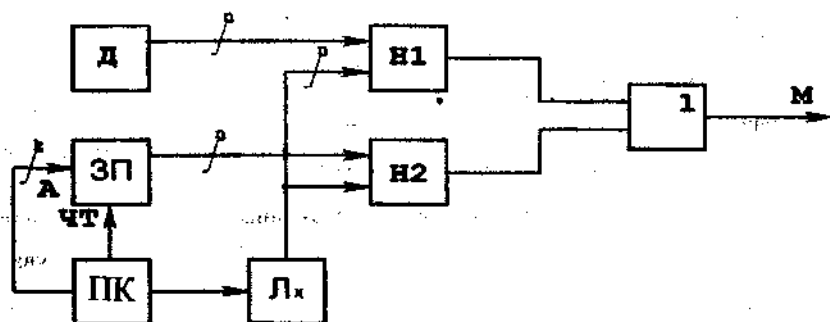


Рис.4.14. Спрощена схема перетворення цифрових кодів у графічне зображення: Д – цифровий датчик;  $n$  – розрядність кодів даних; ЗП – запам'ятовуючий пристрій;  $k$  – розрядність адрес ЗП; А, ЧТ – сигнали адрес і дозвіл читання; ПК – пристрій керування; Лх – лічильник строків імпульсів; Н1, Н2 – пристрої порівняння; М – сигнал модуляції променя

каналів "підмасив даних у ЗП - схема порівняння" дорівнює числу однозначних кривих, що відображаються. Для даного методу характерні всі ті недоліки, які властиві способу "поточкового" виведення в функціональних пристроях відображення. Для відображення складних графічних образів буде потрібна дуже велика пам'ять ЗП.

Растрові графічні пристрої відображення з використанням генераторів векторів набули широкого поширення і є по суті модифікацією звичайного буквено-цифрового індикатора на ЕПТ, в якому генератор символів замінено генератором векторів і введено ряд додаткових вузлів. Цим пояснюється термін, прийнятий для позначення даної групи пристроїв відображення - "квазіграфічні". Інформація в них представляється у вигляді сукупності графічних елементів із заданого набору. Відображення кривих при цьому здійснюється за методом лінійно-кускової апроксимації. Генератори векторів у більшості випадків будують за тими ж принципами, що і описані раніше генератори символів. Однак матриці векторів включають в себе також відстань між знаками в рядку і інтервали між рядками для забезпечення злитості апроксимуючих графіків. Відсутність міжзнакових і міжрядкових проміжків вимагає введення додаткових буферних ЗП.

Аналогічно з буквено-цифровими пристроями ділянку екрана, де розташовується один елементарний вектор, будемо називати знакомісцем. Очевидно, що якість і складність зображення, що забезпечуються пристроєм зображення, визначаються розмірністю знакомісця і кількістю різних елементарних векторів, які в ньому можна розташувати. Обидва ці параметри впливають на об'єм апаратури графічних пристроїв відображення інформації. При фіксованому інформаційному полі зменшення розміру знакомісця вимагає збільшення кількості елементів автономної пам'яті, що зберігає коди векторів. Збільшення набору векторів спричиняє збільшення як розрядності елементів пам'яті (в логарифмічній

залежності), так і об'єму запам'ятовуючих або комбінаційних елементів у генераторі векторів (квадратичною залежністю).

Мінімальний розмір знакомиць, де відображаються як вектори, так і символи, становить  $7 \times 9$  точок. З метою спрощення генераторів кількість векторів звичайно обмежується декількома десятками прямих відрізків різної довжини і орієнтації. З урахуванням цього до квазіграфічних пристроїв відображення інформації не можуть пред'являтися високі вимоги відносно різноманітності й складності графіків, що відображаються. Однак за їх допомогою зручно відтворювати так звану лінійно-графічну інформацію: лінійні діаграми, графіки у вигляді ламаних ліній, мнемосхеми, креслення простих конструкцій і т.д. Крім того, квазіграфічні пристрої дозволяють у більшості випадків повністю замінити буквено-цифрові, виконуючи суміщені функції. Основним недоліком таких пристроїв відображення є необхідність досить складної попередньої обробки інформації перед передачею її в автономну пам'ять. Для кожного фрагмента, що відображається, необхідно підібрати апроксимуючі його найкращим чином елементарні вектори із заданого набору. Після цього коди всіх векторів мають бути згруповані в порядку, відповідному їх розташуванню на екрані. При цьому до блоків керування квазіграфічних пристроїв пред'являють такі ж високі вимоги щодо швидкодії, як у растрових буквено-цифрових пристроїв відображення інформації.

У растрових пристроях відображення з повнографічними можливостями образи створюються не на основі обмеженого набору векторів, а шляхом накопичення інформації в спеціальному запам'ятовуючому блоці, званому "пам'яттю регенерації". Кожній точці реєстру залежно від того, повинна вона підсвічуватися чи ні, відповідає значення "1" або "0" в певному елементі пам'яті. Об'єм цієї пам'яті в бітах, таким чином, повинен дорівнювати кількості точок растра, яка залежить, в свою чергу, від роздільної здатності екрана. При необхідності кольорового

кодування або введення яких-небудь інших додаткових ознак об'єм пам'яті регенерації має зростати у відповідне число разів.

Структурну схему пристрою відображення з повнографічними можливостями показано на рис. 4.15.

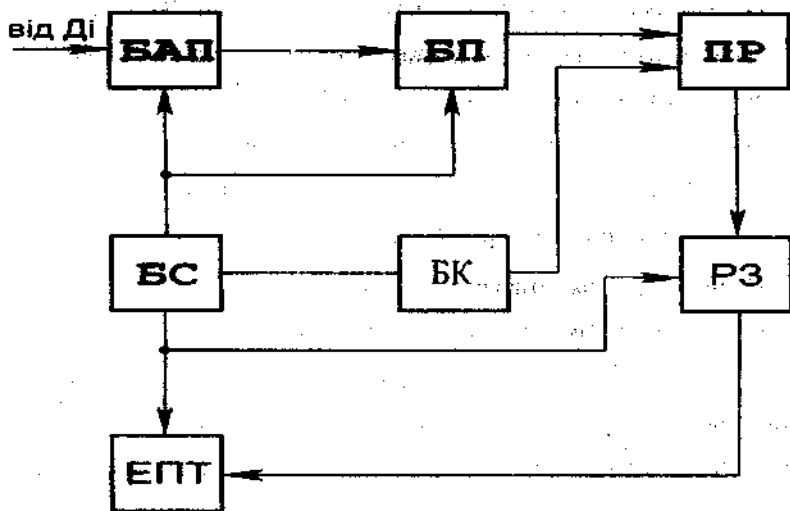


Рис. 4.15. Спрощена структурна схема пристрою відображення з повнографічними можливостями: Ді – джерело інформації; БАП – блок автономної пам'яті; ВП – блок перетворення; ПР – пам'ять регенерації; БС – блок синхронізації; БК – блок керування; РЗ – регістр зсуву; ЕПТ – електронно-променева трубка

Процес формування векторів або інших графічних елементів у пристроях даного типу здійснюється аналогічно описаному вище методу цифрової генерації в функціональних пристроях відображення. Тут також використовують генератор, який перетворює початкову та кінцеву координати в серію точок, що забезпечує найкращу апроксимацію прямої лінії, укладеної між цими двома координатами. Однак на відміну від функціональних пристроїв, де швидкодія генераторів визначає допустиму сумарну довжину ліній, що відображаються, в цьому випадку такого

обмеження немає. Пам'ять регенерації ПР дозволяє звільнити блок керування і генератори від функцій регенерації зображення і відповідно значно знизить вимоги та їх швидкодію. Блок керування повинен забезпечити лише однократну обробку масиву кодів інформації, що відображається, які зберігаються в автономній пам'яті БАП, і послідовне побітове занесення зображення в пам'ять регенерації ПР. Регенерація кадру здійснюється шляхом прочитання даних із цієї пам'яті синхронно з телевізійною розгорткою, що забезпечується блоком синхронізації БС.

До переваг таких пристроїв відображення відносять простоту схеми керування і можливість координатного завдання графіків без якої-небудь попередньої обробки інформації. Невисокі вимоги до швидкодії основних вузлів схеми керування дозволяють відмовитися від апаратної реалізації більшості з них і використати мікропроцесори із здійсненням чисто програмних способів формування графіки. Складність цієї графіки в принципі визначається тільки роздільною здатністю екрана.

Недоліком схеми є необхідність значної витрати елементів для пам'яті регенерації, однак на базі сучасних великих інтегральних схем ЗП динамічного типу ця пам'ять може бути побудована з прийнятними техніко-економічними характеристиками. Пристрої відображення даного типу в наш час набули найбільшого поширення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яблонский Ф.М., Троицкий Ю.В. Средства отображения информации: Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1985.
2. Костюк Б.М., Ходаков В.Е. Системы отображения информации и инженерная психология. - Киев: Вища школа, 1987.
3. Савельев А.С. Устройства отображения информации: Учеб. пособ. по курс. проект. - Харьков: ХАИ, 1994.
4. Корнейчук В. И., Тарасенко В. П., Мишинский Ю. Н. Вычислительные устройства на микросхемах: Справочник. - К.: Техніка, 1986.
5. Иванов В.И., Аксенов А. И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Быстров Ю.А., Литвак И.И., Персианов Г.М. Электронные приборы для отображения информации. - М.: Радио и связь, 1985.
7. Смоляров А.М. Системы отображения информации и инженерная психология. - М.: Высш. шк., 1982.
8. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы. - М.: Высш. шк., 1981.
9. Яблонский Ф.М. Газоразрядные приборы для отображения информации. - М.: Энергия, 1979.
10. Борисюк А.А. Матричные системы отображения информации. - К.: Техніка, 1980.
11. Шерр С. Электронные дисплеи. - М.: Мир, 1982.
12. Дисплей / Под ред. Дж. Панкова. - М.: Мир, 1982.
13. Лямичев И.Я. Устройства отображения информации с плоскими экранами. - М.: Радио и связь, 1983.
14. Диагностический комплекс «Автосканер»: Техническое описание.

Инструкция по эксплуатации. ЧМП «ОУПЕН СИСТЕМ». Хмельницкий, 1999.

15. Организация взаимодействия человека с техническими средствами: Практ. пособие / В.М. Гасов, Л.А. Соломанов; Под ред. В.Н. Четверикова. — М.: Высш. шк., 1990.

16. Ревенко В.Н., Сегал В.М. Комплекс средств отображения информации. — М.: Радио и связь, 1985.

17. Агеев В. М., Павлова Н. В. Приборные комплексы детальных аппаратов и их проектирование: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Петрова. — М.: Машиностроение, 1990.

18. Основы инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. — М.: Высш. шк., 1986.

19. Яблонский Ф.М. Системы отображения информации. — М.: Знание, 1983.

20. Згурский В.С., Лисицин Б.Л. Элементы индикации: Справочник. — М.: Энергия, 1980.



## Зміст

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>1. ГОЛОВНІ ПРИНЦИПИ СПРИЙНЯТТЯ І ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ</b> .....	4
1.1. Основні фотометричні параметри.....	4
1.2. Психофізичні особливості сприйняття зорової інформації.....	8
1.3. Інформаційна модель.....	14
1.4. Системи адресації елементів відображення.....	19
<b>2. ДИСКРЕТНІ ІНДИКАТОРИ</b> .....	26
2.1. Класифікація і головні визначення.....	26
2.2. Напівпровідникові індикатори .....	28
2.2.1. Принцип дії напівпровідникових індикаторів.....	28
2.2.2. Схема підключення напівпровідникових індикаторів.....	32
2.3. Електролюмінесцентні дискретні індикатори.....	33
2.4. Вакуумні люмінесцентні індикатори.....	39
2.4.1. Принцип дії та конструкція.....	39
2.4.2. Схема керування дискретними вакуумними люмінесцентними індикаторами.....	42
2.5. Вакуумні індикатори розжарювання.....	46
2.6. Дискретні газорозрядні індикатори.....	49
2.6.1. Загальні властивості газорозрядних індикаторів.....	49
2.6.2. Конструкція знакових індикаторів.....	51
2.6.3. Схеми статичного режиму керування дискретними газорозрядними цифровими індикаторами.....	53
2.7. Рідинно-кристалічні індикатори.....	54

2.7.1. Загальні властивості.....	54
2.7.2. Типи індикаторів.....	57
2.7.3. Способи підсвічування рідинно-кристалічних індикаторів.....	60
2.7.4. Характеристики індикаторів.....	60
2.7.5. Фазоімпульсний спосіб керування рідинно-кристалічними індикаторами.....	61
<b>3. ЗАСОБИ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЮ ТРУБКОЮ.....</b>	<b>63</b>
3.1. Електронно-променевий індикатор.....	63
3.2. Принцип формування знаків на екрані електронно-променевої трубки.....	66
3.3. Телевізійний растр та його основні характеристики.....	73
<b>4. ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ БОРТОВІ ТА СТЕНДІВ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ.....</b>	<b>80</b>
4. Пристрої формування знакової інформації на основі ЕПТ.....	80
4.1.1. Структура пристроїв формування знакової інформації.....	80
4.1.2. Буферні запам'ятовуючі пристрої.....	86
4.1.3. Постійні запам'ятовуючі пристрої знакогенераторів.....	91
4.2. Бортова система електронної індикації.....	96
4.3. Особливості відображення інформації на стендовому обладнанні.....	113
4.4. Графічні пристрої відображення інформації.....	120
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>135</b>

**Кошовий Микола Дмитрович  
Савельєв Анатолій Семенович  
Чумаченко Ігор Володимирович  
Коханчук Сергій Васильович**

## **ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

**Редактор Т. Г. Карлаш**

Зв. план, 2001

Підписано до друку 12. 07. 2001

Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.

Умовн.-друк. арк. 6,3. Облік.-вид. арк. 7,7. Т. 500 прим.

Замовлення 293. Ціна вільна

---

Національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

Друкарня “Х А Г”

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17