

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Основи електронної техніки»  
для студентів спеціалізації 171.01  
«Промислова електроніка»

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,

протокол № 1 от 19.02.2020.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи електронної техніки» для студентів спеціалізації 171.01 «Промислова електроніка» / Уклад. М. О. Тимченко, В. В. Варв'янська, В. Ю. Шутько, О. І. Холод. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020.

Укладачі: М. О. Тимченко,  
В. В. Варв'янська,  
В. Ю. Шутько,  
О. І. Холод

Рецензент доц. Крилов Д. С.

Кафедра промислової і біомедичної електроніки

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Основи електронної техніки» передбачає проведення студентами лабораторних робіт.

Методичні вказівки містять рекомендації для виконання лабораторних робіт з дослідження пристроїв стабілізації напруги, пускових пристроїв і пристроїв цифрової індикації.

Методичні вказівки дають можливість студентам самостійно ознайомитися з лабораторним обладнанням, вимірювальними приладами, зібрати схему, зняти необхідні дані та відповідно до стандарту НТУ ХП оформити звіт з роботи. В кожній лабораторній роботі наведені короткі теоретичні відомості, мета, склад електронного обладнання та контрольно-вимірювальних приладів, схема ввімкнення досліджуваного приладу в електронну схему, порядок виконання лабораторної роботи, зміст звіту і контрольні запитання для захисту лабораторної роботи. Складність завдань відповідає вимогам освітньо-кваліфікаційної характеристики підготовки бакалаврів спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації 171-1 «Промислова електроніка»

## 1 ПРИСТРОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ

### 1.1 Іонні прилади тліючого розряду

До іонних приладів тліючого розряду належать стабілітрони, сигнальні цифрові лампи, тиратрони з холодним катодом і деякі інші прилади. Ці прилади успішно застосовуються в релейних схемах автоматики, обчислюваної техніки, у схемах для дослідження процесів ядерної фізики і т.д.

Для керування схемами, що використовують іонні прилади, необхідні в десятки і навіть в сотні раз менші потужності, ніж в аналогічних схемах з електронними лампами. Термін служби іонних приладів тліючого розряду становить більш ніж 50 тисяч годин, у той час як у більшості електронних ламп термін служби не перевищує 2–3 тисячі годин. Вартість іонних приладів тліючого розряду приблизно в 10–15 разів менша вартості відповідних електронних ламп. Ще однією перевагою іонних приладів тліючого розряду є те, що вони світяться

при роботі. Це значно полегшує налаштування устаткування і знижує до мінімуму час, необхідний для виявлення неполадків. Недоліками іонних приладів тліючого розряду є, в основному, інерційність і нестабільність запалювання.

## 1.2 Стабілітрони

Стабілітрон має два електроди – катод і анод, розміщені в скляному балоні, що заповнюється сумішшю інертних газів (аргон-неон, аргон-гелій і т.д.) до тиску 20–30 мм.рт.ст.

Катод К виготовляється з нікелю, сталі або молібдену у вигляді пустотілого циліндра. Велика площа поверхні катода стабілітрона дозволяє розширити діапазон зміни робочого струму. Внутрішня поверхня циліндра, звичайно активується барієм або цезієм із метою зменшення роботи виходу катода. Анод А стабілітрона являє собою прямолінійний відрізок нікелевого дроту, укріпленого по осі циліндричного катода. На рис. 1.1 наведена вольт-амперна характеристика стабілітрона, з якої очевидно, що при напрузі, меншій напруги запалювання  $U_{a, зап}$  струм практично залишається рівним нулю.

При запалюванні стабілітрона струм стрибком збільшується до декількох одиниць або десятків міліампер залежно від величини опору резистора  $R_6$ , що обмежує струм, і включається послідовно зі стабілітроном. Через збільшення напруги на цьому резисторі напруга на стабілітроні зменшується. Для більшості стабілітронів напруга запалювання  $U_{a, зап}$  на 20–30 % більше напруги горіння, яку називають напругою стабілізації  $U_{ст}$ . Завдяки тому, що при значних змінах анодного струму стабілітрона анодна напруга практично залишається незмінною, ці іонні прилади широко застосовуються для стабілізації напруги. На рисунку 1.2 зображена найпростіша схема стабілізатора напруги.

Стабілітрон підключається паралельно навантажувальному опорі  $R_n$ . У нерозгалужену частину схеми включений баластовий резистор  $R_6$ , по якому проходить струм:

$$I_0 = I_{ст} + I_n, \quad (1.1)$$

де  $I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{ст}}}$ , а  $P_{\text{н}}$  — потужність навантаження.

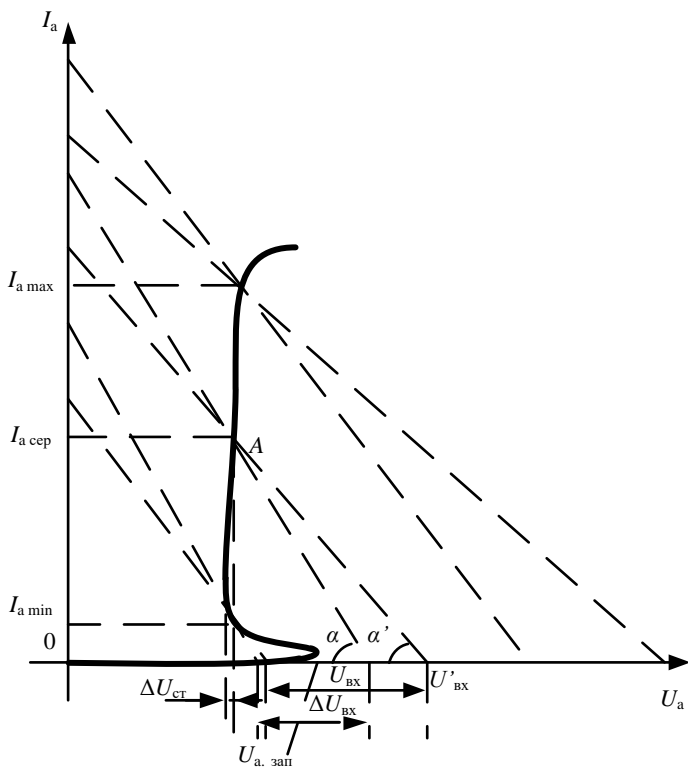


Рисунок 1.1 – Вольт-амперна характеристика стабілітрона

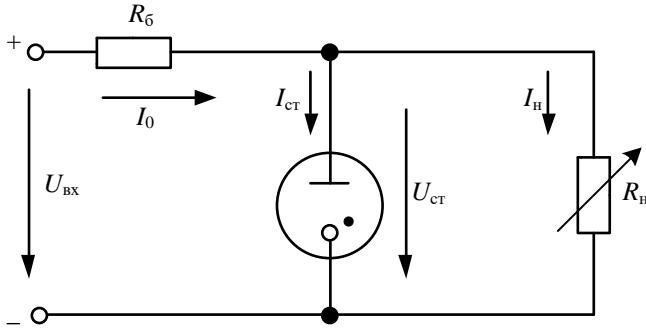


Рисунок 1.2 – Схема стабілізації напруги на стабілітроні  
Вхідна напруга схеми:

$$U_{\text{вх}} = I_0 \cdot R_{\text{с}} + U_{\text{н}}, \quad (1.2)$$

де  $U_{\text{н}} = U_{\text{ст}}$  — напруга навантаження.

Розглянемо роботу схеми (див. рис. 1.2), коли змінюється вхідна напруга  $U_{\text{вх}}$ . Якщо вхідна напруга збільшується, то повинна була б збільшитись і напруга  $U_{\text{н}}$  на навантажувальному опорі. Але стабілітрон працює в такому режимі (точка *A* на рис. 1.2), що незначне збільшення напруги на ньому викликає різке зростання струму стабілітрона  $I_{\text{ст}}$ . При цьому збільшується струм  $I_0$  і падіння напруги на резисторі  $R_{\text{с}}$ . У результаті цього падіння напруги на навантаженні практично залишиться незмінним. У випадку, коли змінюється струм навантаження  $I_{\text{н}}$ , неважко переконатися, що напруга на навантаженні також залишиться практично незмінною.

Якість роботи схеми стабілізації оцінюється коефіцієнтом стабілізації  $K_{\text{ст}}$ , що дорівнює відношенню відносної зміни напруги на вході стабілізатора до відносної зміни напруги на його виході при  $R_{\text{н}} = \text{const}$ :

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}}}{\Delta U_{\text{н}} / U_{\text{н}}}. \quad (1.3)$$

Схема зі стабілітроном має коефіцієнт стабілізації близько 10. Слід зазначити, що через інерційність стабілітрона схема стабілізації не може працювати при швидких змінах вхідної напруги і струму навантаження. Для підвищення стабілізованої напруги допускається послідовне вмикання стабілітронів. Паралельне ж з'єднання стабілітронів використовувати не можна, тому що неможливо підібрати стабілітрони, що запальовалися б одночасно. Якщо один із стабілітронів займеться раніше, то це викличе зменшення напруги на обох стабілітронах, і вже інший стабілітрон не зможе зайнятися.

### *Лабораторна робота 1*

#### ***ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО СТАБІЛІЗАТОРА НА ОСНОВІ СТАБІЛІТРОНА ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ***

**Мета:** ознайомитися з фізичними основами роботи і характеристиками параметричних стабілізаторів на основі стабілітронів тліючого розряду.

**Зміст роботи:** В роботі знімається характеристика стабілітрона без навантаження та з навантаженням  $R_{\text{н}}$ , визначаються напруга запалення розряду, робочий діапазон струмів і напруга стабілізації. Досліджується область стабілізації. Розраховуються диференціальний  $R_i$  і статичний  $R$  опори стабілітрона, а також коефіцієнт стабілізації по напрузі  $K_{\text{ст}}$ .

#### **Схема дослідження**

На рис. 1.3 наведена схема, яка дозволяє зняти характеристику  $I_a = f(U_a)$  стабілітрона, дослідити область стабілізації напруги, виміряти коефіцієнт стабілізації.

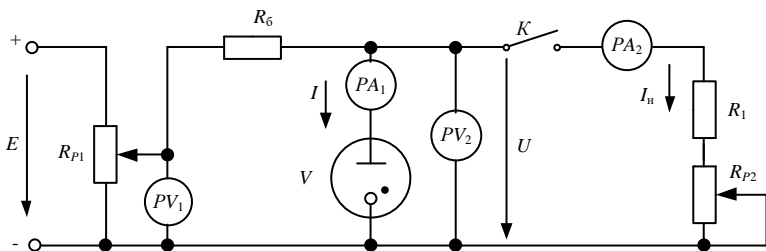


Рисунок 1.3 – Схема для зняття характеристик стабілітрона і визначення коефіцієнта стабілізації

Вхідна напруга  $E$  подається від джерела постійної напруги 300 V, регулюється потенціометром  $R_{p1}$  і контролюється вольтметром  $PV_1$ . Вихідна напруга  $U$  контролюється вольтметром  $PV_2$ .

### Робоче завдання 1

1. Скласти схему випробування стабілітрона без навантаження (див. рис. 1.3). Ключ  $K$  при цих вимірюваннях повинен бути розімкненим.

2. Зняти залежність напруги на стабілітроні  $U$  від струму стабілітрона  $I$ , відзначаючи одночасно величину вхідної напруги  $E$ . Виміряти потенціал запалювання розряду в стабілітроні. На одержаному графіку відмітити область стабілізації.

### Обробка результатів вимірювань

1. Визначити за вольт-амперною характеристикою основні параметри стабілітрона: напругу запалювання  $U_{a. зап.}$ , напругу стабілізації  $U_{ст.}$ , робочий діапазон струмів ( $I_{a. min} - I_{a. max}$ ), максимальну зміну напруги  $\Delta U$  в робочому діапазоні струмів, диференціальний  $R_i = dU/dI$  і статичний  $R_{ст} = U/I$  опори.

2. Розрахувати коефіцієнт стабілізації за напругою  $K_{ст}$  за формулою



$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta E / E}{\Delta U / U}, \quad (1.4)$$

де  $\Delta E/E$  – відносна зміна вхідної напруги;

$\Delta U/U$  – відносна зміна вихідної (стабілізованої) напруги.

3. Побудувати графіки залежності вихідної напруги  $U$  від вхідної напруги  $E$  за даними вимірювань за схемою (див. рис. 1.3).

### Робоче завдання 2

1. Скласти схему для дослідження стабілітрона при навантаженні (див. рис. 1.3). Ключ  $K$  при цих вимірюваннях повинен бути замкнений.

2. Включивши ключ  $K$ , при постійній вхідній напрузі  $E = 300 \text{ V}$ , зняти залежності напруги на навантаженні  $U$  і струм через стабілітрон  $I$  від струму навантаження  $I_{\text{н}}$  ( $U = f(I_{\text{н}})$  і  $I = f(I_{\text{н}})$ ).

3. Зняти зовнішню характеристику  $U = f(E)$  при постійному опорі навантаження  $R_{\text{н}} = R_1 + R_{p2}$ .

### Методичні вказівки

1. Коефіцієнт стабілізації напруги можна також визначити за формулою

$$K_{\text{ст}} = \frac{1/R_{\text{б}} + 1/R_{\text{н}} + 1/R_{\text{і}}}{1/R_{\text{б}} + 1/R_{\text{н}} + 1/R_{\text{ст}}}, \quad (1.5)$$

де  $R_{\text{і}}$  – диференціальний опір стабілітрона;

$R_{\text{ст}}$  – статичний опір;

$R_{\text{б}}$  – величина баластного опору;

$R_{\text{н}}$  – величина опору навантаження.

2. Коефіцієнт стабілізації за струмом визначається за формулою

$$K'_{\text{ст}} = \frac{\Delta I_{\text{н}} / I_{\text{н}}}{\Delta U / U}. \quad (1.6)$$

де  $I_{\text{н}}$  – величина струму, який протікає через опір  $R_{\text{н}} = R_1 + R_{P2}$

### Обробка результатів вимірювань

1. Підрахувати диференціальний опір  $R_i = dU/dI$  і статичний опір  $R_{\text{ст}} = U/I$  у стабілітрона, дослідженого в роботі.

2. Побудувати графіки залежностей вихідної напруги  $U$  від вхідної напруги  $E$  за даними вимірювань, одержаними при роботі зі схемою, зображеною на рис. 1.3, при підключеному опорі навантаження.

3. Підрахувати коефіцієнти стабілізації напруги  $K_{\text{ст}}$  і коефіцієнт стабілізації струму  $K'_{\text{ст}}$ .

4. Побудувати графік залежності вихідної напруги  $U_{\text{н}}$  від величини опору навантаження  $R_{\text{н}}$ .

5. Побудувати графік залежності сумарного струму (через стабілітрон і опір навантаження) від струму навантаження  $I + I_{\text{н}} = f(I_{\text{н}})$  при постійній напрузі живлення  $E$ .

6. Підрахувати процентну зміну напруги  $U_{\text{н}}$  в області стабілізації.

7. Розрахувати величину баластного опору  $R_6$  при заданому типі стабілітрона і заданій потужності навантаження.

8. Розрахувати, при заданій вхідній напрузі  $E$ , діапазон зміни опору  $R_{\text{н}}$ , за якого зміна величини  $U$  залишається не нижчою від заданої величини.

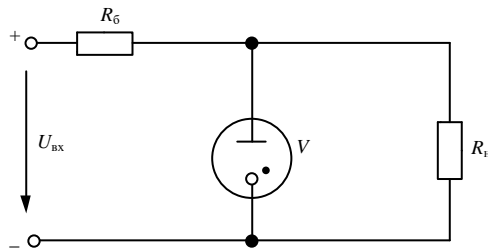


Рисунок 1.4 – Схема для розрахунку баластного опору  $R_6$

### Зміст звіту

1. Схеми для дослідження стабілітронів.
2. Основні параметри дослідженого в роботі стабілітрона: напруга запалювання, напруга стабілізації, робочий діапазон струмів, максимальне значення  $\Delta U$  в робочому діапазоні струмів.
3. Розрахунок диференціального  $R_i$  і статичного  $R_{ст}$  опорів стабілітрона.
4. Характеристика залежності вихідної напруги  $U$  від вхідної напруги  $E$ .
5. Графіки залежностей вихідної напруги від величини опору  $U_n = f(R_n)$ , а також  $I + I_n = f(I_n)$ .
6. Зовнішня характеристика  $U_n = f(E)$ , при постійному величенні  $R_n$ .
7. Розрахунок коефіцієнтів стабілізації напруги  $K_{ст}$  і струму  $K'_{ст}$ .
8. Розрахунок баластного опору  $R_б$  за схемою, що зображена на рис. 1.4.
9. Розрахунок діапазону зміни навантаження  $R_n$ , за якого зміна напруги  $U$  залишається не нижчою від заданого значення.

### Контрольні запитання

1. Що таке потенціал запалювання розряду  $U_{а. зап}$  і від чого залежить його значення?
2. Для чого в колі газорозрядного приладу включається баластний опір, і з яких міркувань вибирається його значення?
3. Як визначаються коефіцієнт стабілізації напруги?
4. Який вплив на величину  $R_б$  створюють параметри джерела стабілізованої напруги?
5. Накресліть розподіл потенціалу між плоскими електродами при тліючому розряді. Що таке катодне падіння потенціалу і якими факторами воно визначається?
6. При якій щільності струму спостерігається тліючий розряд?
7. Назвіть закономірності нормального і аномального тліючих розрядів.

## 2 ПУСКОВІ ПРИСТРОЇ НА ОСНОВІ ГАЗОРОЗДЯРНИХ ПРИЛАДІВ

### 2.1 Тиратрон

Газотрон – двохелектродний некерований газорозрядний прилад, наповнений інертним газом, воднем або парами ртуті, що використовує тліючий або несамостійний дуговий розряд.

Газотрон тліючого розряду є приладом з холодним катодом і графітним анодом, що працює в режимі нормального тліючого розряду; наповнюється інертним газом (звично He) при тиску 13–25 кРа. Випрямляюча дія приладу заснована на особливості конструкції електродів: поверхня катода у багато разів перевищує поверхню анода. Для підвищення емісійної здатності катода використовують активуюче покриття (цезій, барій).

*Тиратроном називається газотрон з третім управляючим електродом (сіткою), розташованим між катодом і анодом.*

Тиратрон тліючого розряду є керованим газорозрядним приладом з холодним катодом, в якому виникнення розряду в проміжку анод – катод здійснюється за допомогою управляючого електрода.

Катод тиратрона (наприклад, тиратрона типу МТХ-90) виконаний у вигляді нікелевого циліндра, внутрішня поверхня якого активується цезієм. Управляючий електрод виконаний у вигляді диска з отвором в центрі, через який проходить стрижньовий анод з молібдену. Все це розміщується в скляному балоні, заповненому неоном (тиск 250 Ра).

Рівень напруги між анодом і катодом в тиратроні підбирається таким, при якому без участі поля управляючого електрода розряд неможливий. При подачі на управляючий електрод позитивного потенціалу (наприклад, 70–80 V для тиратрона типу МТХ-90) між управляючим електродом и катодом виникає тихий самостійний розряд, що створює початкову іонізацію. Тихий розряд є підготовчим, що полегшує виникнення основного тліючого розряду між анодом і катодом. При цьому потенціал запалення тиратрона знижується, і тиратрон відкривається. Анодний струм, одержаний при відкритті тиратрона, значно більший струму в ланцюзі його управляючого електрода, що характеризує підсилювальні властивості тиратрона.

При подачі напруги між катодом і управляючим електродом (сіткою) в приладі виникає розряд між катодом і сіткою. Зарядженні частинки, що утворилися в розряді, полегшують «пробій» основного газорозрядного проміжку: катод – анод. Зміною струму  $I_c$  в допоміжному проміжку (катод – сітка) регулюють напругу виникнення розряду  $U_3$  в основному проміжку. Пускова характеристика тиратрона  $U_3 = f(I_c)$  наведена на рисунку 2.1.

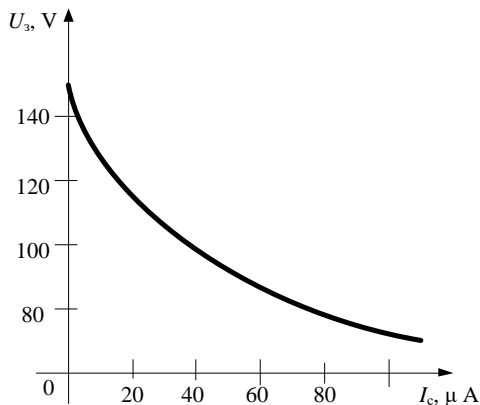


Рисунок 2.1 – Пускова характеристика тиратрона

З моменту запалення тиратрона струм в анодному ланцюзі його залишається незмінним. Після запалення тиратрона зміною потенціалу на сітці погасити його не можна. Це пояснюється тим, що поле управляючої сітки нейтралізується позитивними іонами. Тиратрон закривається лише після зняття або зниження анодної напруги до значення, меншого, ніж напруга горіння  $U_r$ .

Тиратрони працюють при малих струмах (до 50 mA) та середніх анодних напругах (150–300 V). Основними параметрами тиратронів тліючого розряду є: падіння напруги між анодом і катодом, катодом і сіткою при проходженні струму через тиратрон, максимальне значення анодного струму, час відновлення електричної міцності, контрольні точки пускових характеристик і довговічність.

*Лабораторна робота 2*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ**  
**ТИРАТРОНІВ ТЛЮЧОГО РОЗЯДУ**

**Мета і зміст роботи:** ознайомитися з фізичними основами роботи, конструкціями, характеристиками і параметрами тиратронів тліючого розряду із струмовим і електростатичним керуванням.

У роботі досліджуються вольт-амперні характеристики  $U_a = f(I_a)$  і  $U_c = f(I_c)$  тиратрона із струмовим керуванням, а також його пускова характеристика  $U_{a. зап} = f(I_c)$ . Визначаються його параметри:  $U_{a. гор}$ ,  $U_{c. гор}$ , діапазон струмів, в межах якого в тиратроні зберігається стійкий нормальний тліючий розряд, опори тиратрона і його чутливість:

$$h = \frac{dU_{a. зап}}{dI_c}. \quad (2.1)$$

Знімаються вольт-амперні характеристики  $U_a = f(I_a)$  і  $U_{c2} = f(I_{c2})$  тиратрона з електростатичним керуванням, а також сімейство пускових характеристик  $U_{a. зап} = f(U_{c2})$  для різних струмів  $I_{c1}$ . Визначаються параметри тиратрона:  $U_{a. гор}$ ,  $U_{c1. гор}$ ,  $U_{c2. гор}$ , робочий діапазон струмів, чутливість:

$$h = \frac{dU_{a. зап}}{dU_{c2}}. \quad (2.2)$$

Вивчається можливість роботи тиратрона з двома сітками в режимі струмового керування.

**Схема дослідження**

На рис. 2.2 наведена схема для дослідження основних характеристик тиратрона із струмовим керуванням, яка дозволяє зняти його вольт-амперні і пускові характеристики. Баластний опір  $R_b$  в даній схемі становить від 5 до 20 к $\Omega$  (залежно від типу тиратрона); опір в колі сітки  $R_c$  – близько 3 М $\Omega$ .

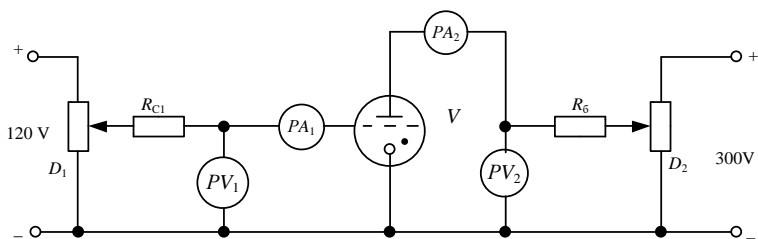


Рисунок 2.2 – Схема для зняття характеристик тиратрона гліючого розряду із струмовим керуванням

За допомогою схеми (див. рис. 2.2) можна зняти вольт-амперні характеристики різних газорозрядних проміжків і пускові характеристики тиратрона з електростатичним керуванням.

### Робоче завдання

1. Скласти схему для дослідження тиратрона із струмовим керуванням (рис. 2.2).
2. Зняти вольт-амперну характеристику  $U_a = f(I_a)$  ділянки анод – катод.
3. Зняти вольт-амперну характеристику  $U_c = f(I_c)$  ділянки сітка – катод.
4. Зняти пускову характеристику  $U_{a\text{ зап}} = f(I_c)$  тиратрона із струмовим керуванням.

### Методичні вказівки

Пускова характеристика тиратрона із струмовим керуванням  $U_{a\text{ зап}} = f(I_c)$  знімається таким чином: при потенціалі анода тиратрона, який дорівнює нулю, потенціометром  $D_1$  встановлюється чергове значення струму підготовчого розряду, яке фіксується мікроамперметром. Потім потенціометром  $D_2$  збільшується потенціал анода тиратрона до виникнення в ньому розряду, що фіксується появою струму через міліамперметр анодного кола.

Показання вольтметра в момент виникнення струму в основному розрядному проміжку тиратрона відповідають потенціалу

запалювання. Для отримання наступної точки характеристики необхідно спочатку загасити тиратрон (встановивши  $U_a < U_{a. \text{гор}}$ ), потім встановити наступне значення  $I_c$ . Плавню збільшуючи анодну напругу, знову запалити тиратрон. Аналогічно знімають решту точок пускової характеристики.

Змінюючи значення струму підготовки, можна зняти сімейство пускових характеристик тиратрона.

### Обробка результатів вимірювань

1. Визначити за вольт-амперною характеристикою  $U_a = f(I_a)$  ділянки анод – катод тиратрона із струмовим керуванням основні параметри приладу: потенціал горіння розряду, діапазон струмів  $I_{a \text{ min}} - I_{a \text{ max}}$ , в межах якого в тиратроні зберігається стійкий нормальний тліючий розряд, статичний  $R = \frac{U_a}{I_a}$  і динамічний  $R_i = \frac{dU_a}{dI_a}$  опори тиратрона.

2. Визначити за вольт-амперною характеристикою  $U_c = f(I_c)$  ділянки сітка – катод тиратрона із струмовим керуванням, параметри кола сітка – катод: потенціал горіння  $U_{c. \text{гор}}$ , вхідний статичний  $R_{\text{вх}} = \frac{U_c}{I_c}$  і динамічний опори.

3. За пусковою характеристикою  $U_{a. \text{зап}} = f(I_c)$  тиратрона із струмовим керуванням визначити чутливість  $h = \frac{dU_{a. \text{зап}}}{dU_{c2}}$  на крутій і пологій ділянках.

### Зміст звіту

1. Схеми для дослідження тиратронів.
2. Вольт-амперні  $U_a = f(I_a)$  і  $U_c = f(I_c)$  та пускові  $U_a = f(I_c)$  характеристики тиратрона із струмовим керуванням.
3. Параметри тиратрона із струмовим керуванням, визначені за його характеристиками: потенціали горіння розряду, діапазон струмів,



в межах якого в тиратроні зберігається стійкий нормальний тліючий розряд, опори тиратрона, а також його чутливість.

### **Контрольні запитання**

1. Наведіть структуру та поясніть принцип роботи тиратронів із струмовим керуванням.

2. Поясніть вигляд вольт-амперних характеристик тиратрона із струмовим керуванням.

3. Нарисуйте пускову характеристику тиратрона з однією управляючою сіткою і поясніть її хід.

4. Визначити основні параметри тиратронів із струмовим керуванням.

5. Наведіть структуру та поясніть принцип роботи тиратронів з електростатичним керуванням.

6. Поясніть хід вольт-амперних характеристик тиратрона із електростатичним керуванням.

7. Нарисуйте пускову характеристику тиратрона з двома управляючими сітками і поясніть її особливості.

8. Як визначаються основні параметри тиратронів із електростатичним керуванням?

9. Від чого залежить швидкість перемикання в тиратронах тліючого розряду?

10. Яка роль баластного опору в схемі для дослідження параметрів тиратрона? Як визначається величина цього опору?

11. Яку роль відіграють в схемах дослідження тиратронів опори  $R_{c1}$  та  $R_{c2}$ ? Як визначаються величини цих опорів?

12. Що таке чутливість тиратрона? Як визначається цей параметр? Що він характеризує?

13. Наведіть приклади практичного використання тиратронів тліючого розряду.

## **3 ПРИСТРОЇ ЦИФРОВОЇ ІНДИКАЦІЇ**

### **3.1 Цифрова індикація**

Принцип цифрової індикації представлений на основі багаторозрядного індикатора ІВ-18, виконаного в циліндричному

скляному балоні. Розмір інформаційного поля індикатора ІВ-18 становить 10,5 x 81,8 mm. Індикатор має 9 тріодів із загальним катодом прямого накалювання, що дозволяє забезпечити індикацію службових знаків і цифрових розрядів. Індикатор має 22 виводи, які розташовані з одного боку циліндричного балона. Один десятковий цифровий розряд являє собою набір 7 сегментів у вигляді вісімки й окремо розташований десятковий знак (крапку).

Структурна схема керування індикаторами наведена на рис. 3.1. На входи  $x_4, x_3, x_2, x_1$  блока керування анодами індикатора подається інформація в коді 8-4-2-1 про цифру, що видається на індикатор, а на входи  $y_4-y_1$  блока керування сітками індикатора – інформація в коді 8-4-2-1, яка визначає, який десятковий розряд індикатора світиться в цей момент.

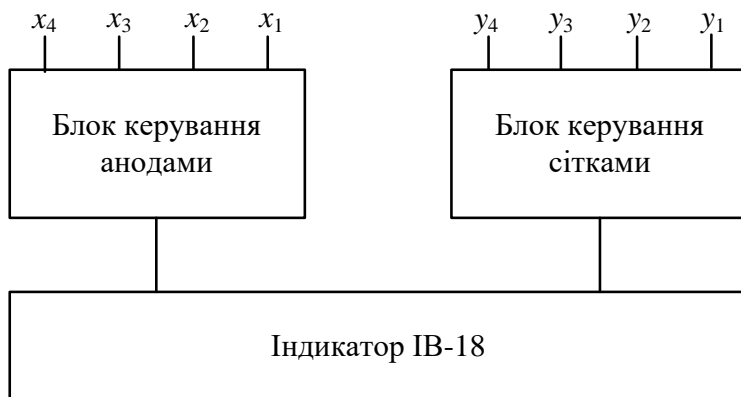


Рисунок 3.1 – Структурна схема керування індикаторами

Пристрій статичної індикації на вакуумних люмінесцентних індикаторах показано на рис. 3.2.

У статичному режимі для індикації одного десяткового розряду необхідно включити напругу накалювання, подати позитивну напругу на аноди-сегменти відповідних цифр (див. рис. 3.2). В статичному режимі блок керування сітками не функціонує.

Принцип статичної індикації цифри одного з десяткових розрядів полягає в наступному.

Катод прямого накалювання є джерелом електронів. На аноди-сегменти й керуючу сітку підводиться позитивна, щодо катода, напруга значенням 30 В для статичного або 50 В – для імпульсного режимів роботи.

Електричне поле керуючої сітки прискорює електрони, які, пролітаючи через рідку сітку, досягають тих анодів-сегментів, на які подана анодна напруга. Електрони, потрапляючи на люмінофор, нанесений на аноди-сегменти, викликають їхнє світіння.

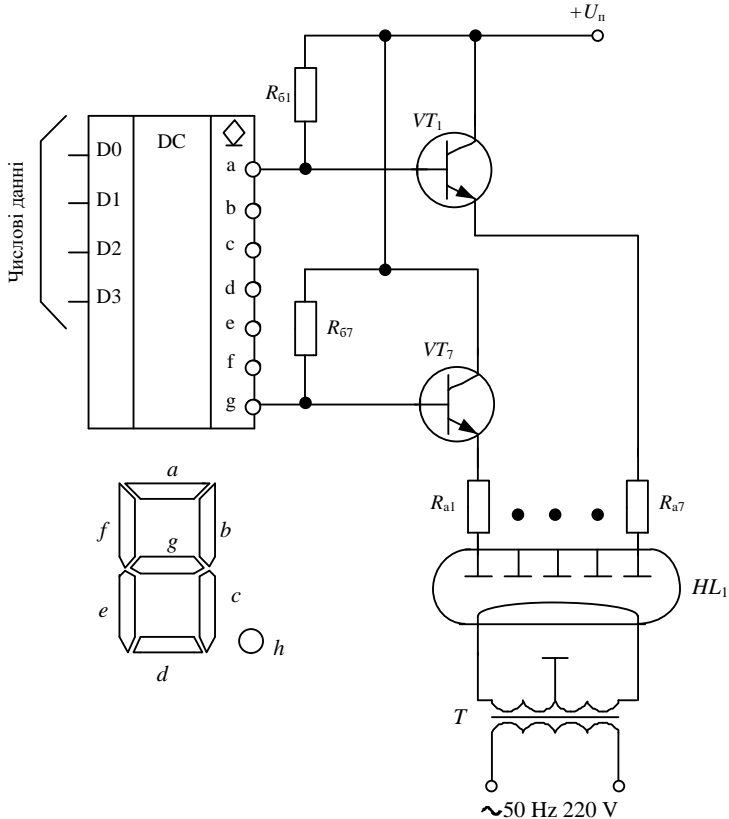


Рисунок 3.2 – Пристрій статичної індикації на вакуумних люмінесцентних індикаторах

Пристрій динамічної індикації на вакуумних люмінесцентних індикаторах показано на рис. 3.3.

Для скорочення числа виводів однойменні аноди-сегменти у всіх десяткових розрядах мають електричне з'єднання між собою усередині кожного індикатора і мають загальні виводи. Сітка кожного розряду має окремий вивід.

Для індикації одного розряду в динамічному режимі необхідно включити напругу накаливання, подати позитивну напругу на відповідні аноди-сегменти цифр і напругу на керуючу сітку тріода даного розряду (див. рис. 3.3).

У момент включення у режимі динамічної індикації (див. рис. 3.3) напруга подається відразу на всі однойменні аноди-сегменти й на керуючу сітку одного з десяткових розрядів. Якщо подана позитивна напруга, то спостерігається світіння. Аноди-сегменти інших тріодів у цей момент часу не світяться, тому що ці тріоди працюють у діодному режимі, на них надходять дані від дешифратора двійкового коду в семисегментний. Кількості електронів, що попадають у діодному режимі на аноди, недостатньо для видимого світіння люмінофора.

Для висвітлення на індикаторі багаторозрядного числа на керуючі сітки послідовно подається позитивна напруга з одночасною подачею позитивної напруги на аноди-сегменти, відповідні потрібній цифрі. Щоб виключити мерехтіння зображення, частота зміни інформації на одному десятковому розряді повинна бути не менш 50 Hz.

Цей режим задається генератором  $GN$  тактових імпульсів регульованої частоти, вихідні імпульси цього генератора надходять на реверсивний лічильник імпульсів  $CT$ , а цей лічильник керує дешифратором  $DC$  для вибору знакомісця числа, згідно з розрядом десяткового числа (одиниці, сотні, тисячі і т.п.).

Функціональні схеми електронних блоків, що складають пристрій цифрової індикації, показані на рис. 3.4–3.7.

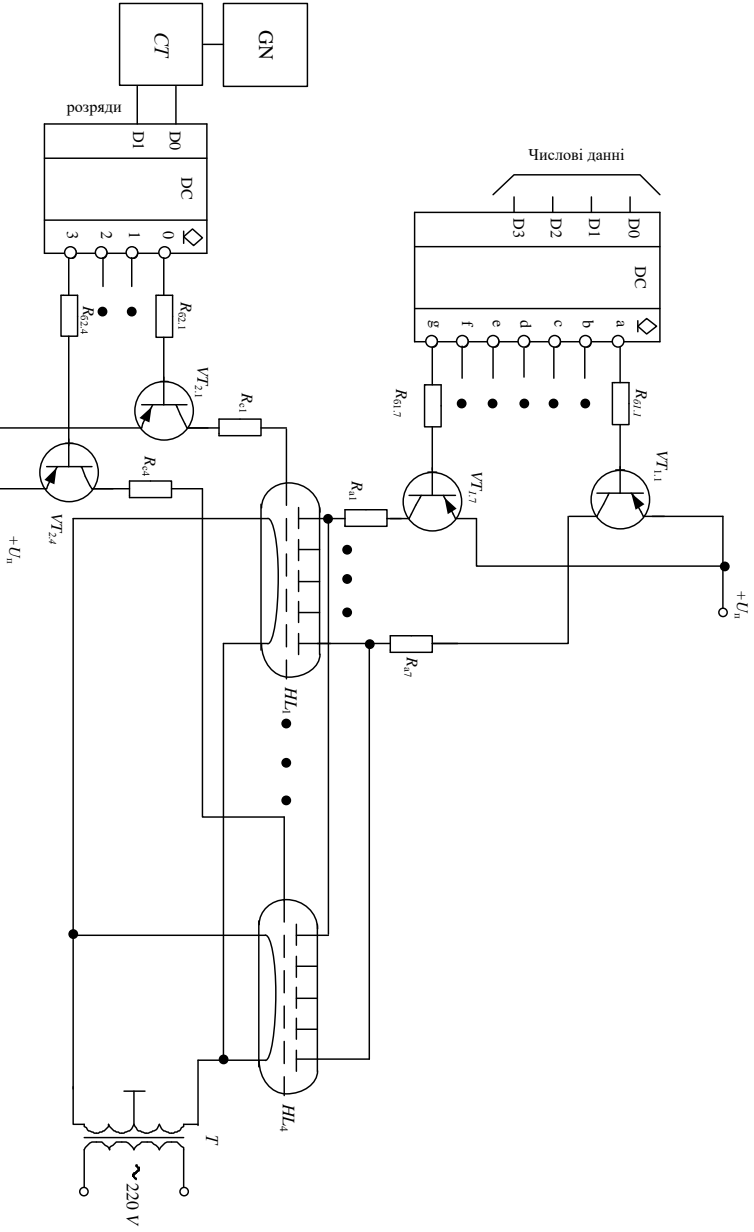


Рисунок 3.3 – Пристрій динамічної індикації на вакуумних люмінесцентних індикаторах

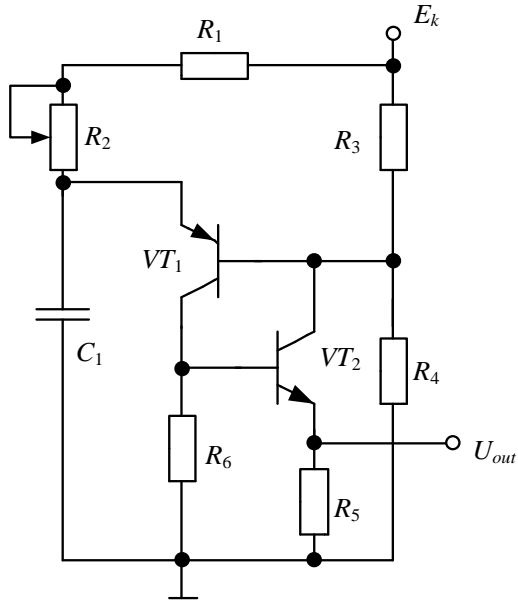


Рисунок 3.4 – Генератор імпульсів регульованої частоти

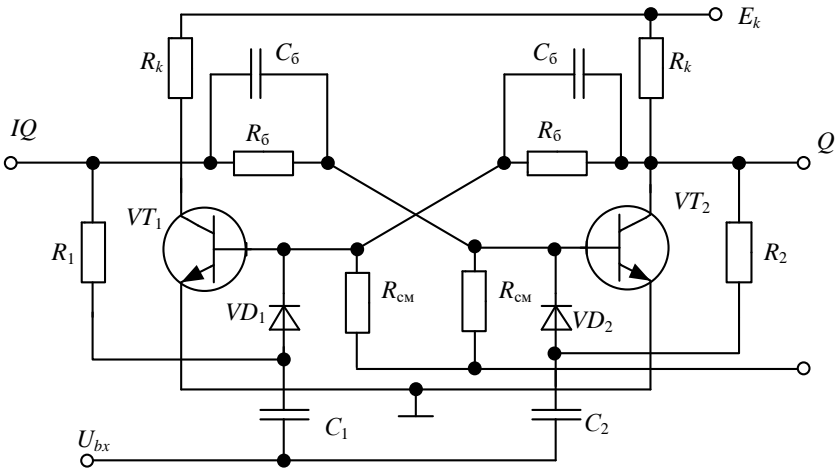


Рисунок 3.5 – Лічильний тригер-ділник частоти на два

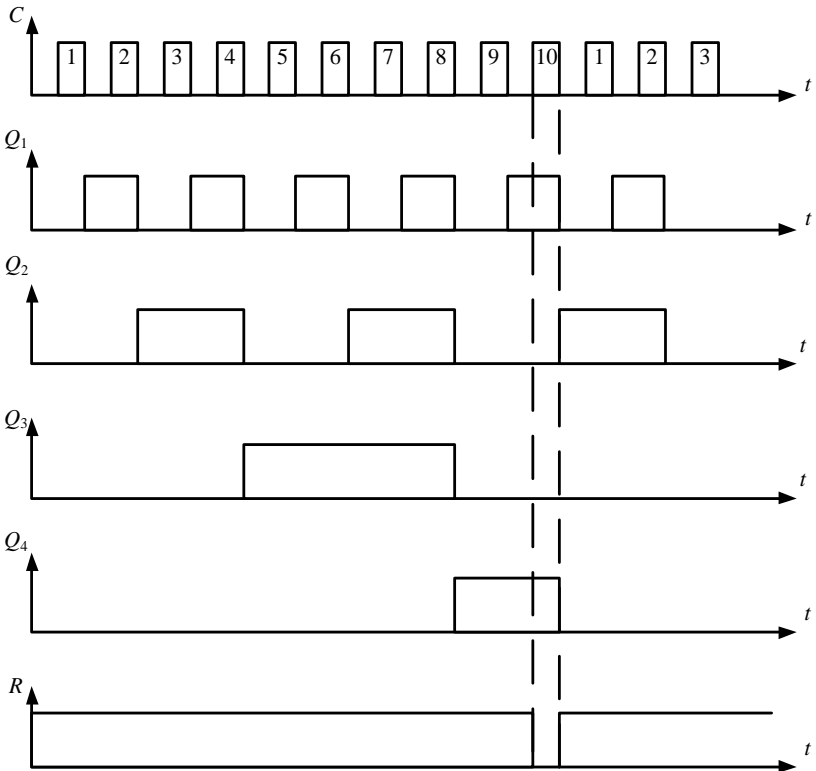
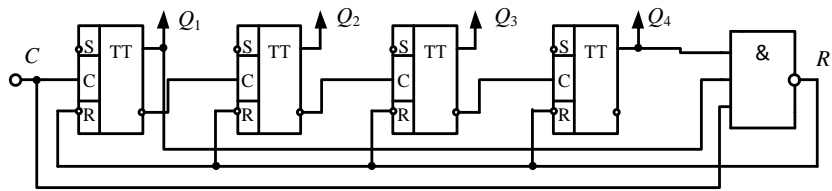


Рисунок 3.6 – Багатокаскадний лічильний тригер з коефіцієнтом перерахунку 10

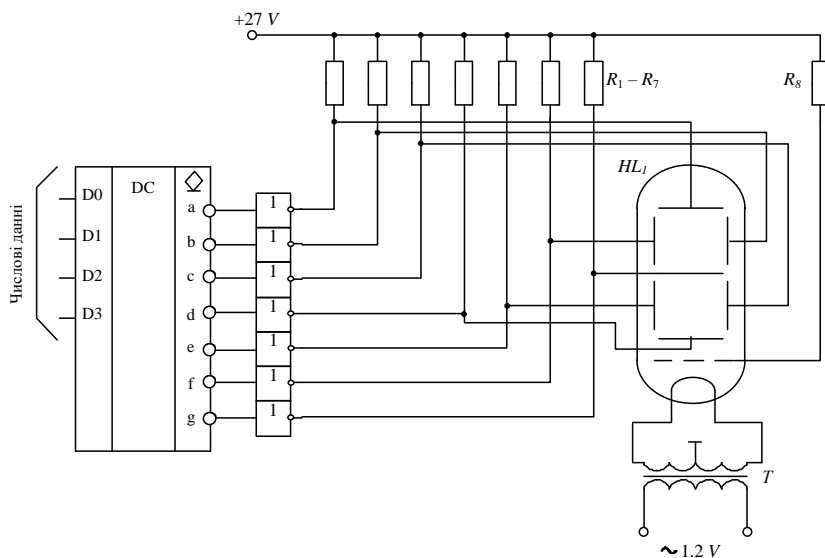


Рисунок 3.7 – Дешифратор двійкового коду в семисегментний

### *Лабораторна робота 3* **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДИКАТОРІВ НА ОСНОВІ ПРИЛАДІВ ТЛЮЧОГО РОЗРЯДУ**

**Мета і зміст роботи:** вивчити принцип роботи складових блоків і ознайомитись з параметрами цифрових індикаторів тліючого розряду.

У роботі знімаються вольт-амперні характеристики газорозрядних проміжків цифрового індикатора. Визначаються потенціали запалювання  $U_{\text{зап}}$  і горіння  $U_{\text{гор}}$  розряду, а також струм індикації  $I_{\text{інд}}$  проміжку анод-катод.

#### **Схема дослідження**

Функціональна схема, яка використовується для дослідження основних характеристик індикаторів, наведена на рис. 3.8. До цієї схеми входять блоки, показані на рис. 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7.

На рис. 3.9 показана принципова схема для зняття вольт-амперних характеристик сегментів накаливающего індикатора.

У схемі рис. 3.9 баластний опір  $R_6$  становить близько 50 кΩ. Послідовно встановлюючи ключ у положення 0, 1, 2, 3 ..., 9, можна



зняти характеристики всіх газорозрядних проміжків накаливального індикатора (між кожним з десяти катодів і анодом).

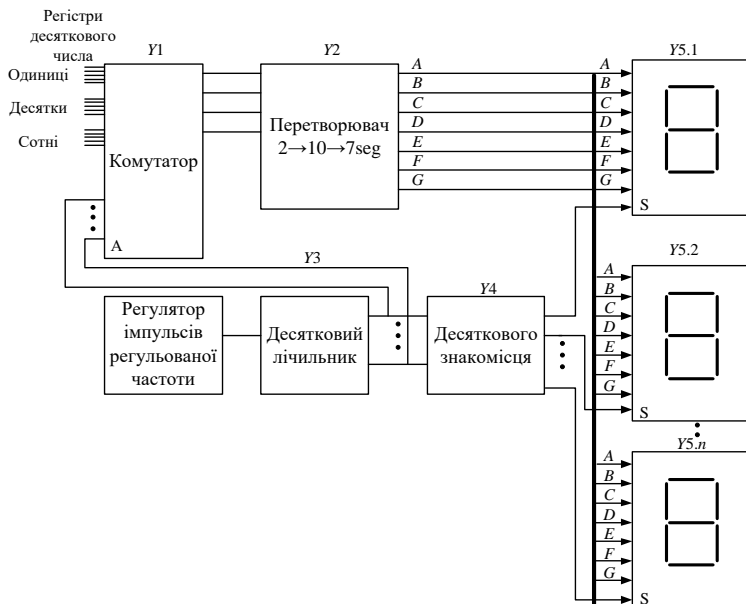


Рисунок 3.8 – Функціональна схема пристрою цифрової індикації

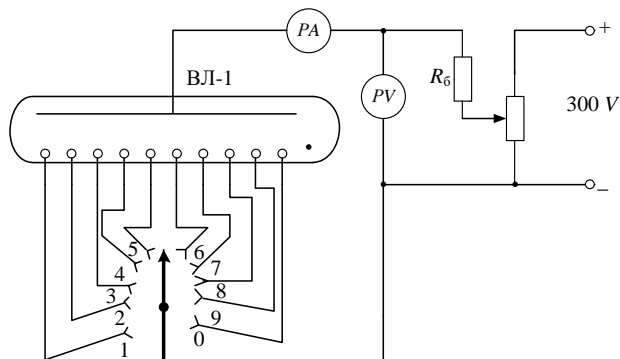


Рисунок 3.9 – Схема зняття вольт-амперних характеристик сегментів накаливального індикатора

### Робоче завдання

1. Ознайомитись із принципом дії складових блоків, що входять до схеми цифрової індикації (див. рис. 3.1–3.9).
2. Виміряти напругу запалювання  $U_{\text{зап}}$  та горіння  $U_{\text{гор}}$  для кожної цифри індикатора при робочому струмі, вказаному на стенді. У процесі експериментів відзначити струм індикації  $I_{\text{інд}}$  у проміжку катод – анод. Струмом індикації  $I_{\text{інд}}$  прийнято називати величину струму, за якого катод даного розрядного проміжку (відповідний сегмент цифрового знака) індикатора повністю вкритий світінням.
3. Визначити робочі частоти для пристроїв статичної індикації.
4. Визначити робочі частоти для пристроїв динамічної індикації.

### Зміст звіту

1. Схеми (див. рис. 3.2, 3.3, 3.8, 3.9) для дослідження цифрової індикації.
2. Параметри приладів цифрової індикації  $I_{\text{інд}}$  і  $U_{\text{гор}}$ , а також робочі частоти генераторів досліджуваних пристроїв (див. рис. 3.2, 3.3).
3. Вольт-амперні характеристики  $U = f(I)$  газорозрядних приладів, що використані в роботі.

### Контрольні запитання

1. Поясніть роботу схемних блоків для цифрової індикації.
2. Накресліть робочі характеристики блоків цифрового індикатора.
3. Назвіть основні параметри блоків статичної та динамічної індикації. У чому полягають відмінності між статичною і динамічною індикацією на основі приладів тліючого розряду?
4. Який діапазон частот імпульсів генераторів для цифрової індикації? Як задається частота імпульсів?
5. Чому вольт-амперні характеристики індикаторів відрізняються від характеристик стабілітронів тліючого розряду?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Методичні вказівки до лабораторного практикуму «Вакуумна та плазмова електроніка» / А. В. Бабіч, А. В. Коротун, Н. А. Смирнова. – Запоріжжя: в-во. ЗНТУ, 2015. – 62 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Вакуумна та плазмова електроніка» / Ю. С. Кравченко, С. Ю. Кравченко. – Вінниця: в-во. ВНТУ, 2013. – 48 с.
3. Вакуумна та плазмова електроніка. Частина 3. Плазмові прилади / С. Я. Швець, А. В. Юдачов, М. М. Турба. – Запоріжжя: в-во. ЗДІА, 2011. – 138с.
4. Стахів П. Г. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування: підручник / П. Г. Стахів, В. І. Коруд, О. Є. Гамола. — Львів: «Магнолія плюс».—2003. —208 с.
5. Шишкин Г. Г. Електроніка : учебн. для вузов / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. – М.: Дрофа, 2009. – 703 с.
6. Егоров, Н. М. Електроніка : конспект лекцій / Н. М. Егоров. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 330 с.
7. Москатов Е. А. Электронная техника. Начало. – 3-е изд., перераб. и доп. – Таганрог, 2010. – 204 с.
8. Шука А.А. Электроника : учебн. пособие / под ред. проф. А. С. Сигова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
9. Солдатов А. И. Расчет схем управления дискретными индикаторами : учебн. пособие / А. И. Солдатов, В. С. Макаров, П. В. Сорокин. – Томск, Изд-во ТПУ, 2009. – 105 с.
10. Светцов В. И. Вакуумная и плазменная электроника : учебн. пособие / В. И. Светцов. – Иваново: ИГХТУ, 2003. – 172 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
<b>1. Пристрої стабілізації напруги.....</b>	<b>3</b>
1.1 Іонні прилади тліючого розряду.....	3
1.2 Стабілітрони.....	4
Лабораторна робота 1. Дослідження параметричного стабілізатора на основі стабілітрона тліючого розряду.....	7
<b>2. Пускові пристрої на основі газорозрядних приладів.....</b>	<b>12</b>
2.1	
Тиратрон.....	12
Лабораторна робота 2. Дослідження пускових пристроїв на основі тиратронів тліючого розряду.....	14
<b>3. Пристрої цифрової індикації.....</b>	<b>17</b>
3.1 Цифрова індикація.....	17
Лабораторна робота 3. Дослідження індикаторів на основі пристроїв тліючого розряду.....	24
Список джерел інформації.....	27

Навчальне видання

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Основи електронної техніки»  
для студентів спеціалізації 171.01  
«Промислова електроніка»**

Укладачі: ТИМЧЕНКО Микола Олександрович  
ВАРВ'ЯНСЬКА Вікторія Віталіївна  
ШУТЬКО Валентин Юрійович  
ХОЛОД Ольга Ігорівна

Відповідальний за випуск проф. Жемеров Г. Г.  
Роботу рекомендував до друку проф. Долбня В. Т.

Редактор М.П. Єфремова

План 2020, поз. 14

Підп. до друку 17.06.2020 Формат 60x84 1/16. Папір офсет.  
№2.

Друк – ризографія. Гарнітура – Times New Roman.

Ум. друк. арк. 2.0 Тираж 50 прим.

Зам. № . Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ"ХП", 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017р.

---

Центр оперативної поліграфії "Рейтинг"  
Харків, пров. Соляніковський, 4.