

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Системи електричної тяги”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт
з дисципліни**

«ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»

Частина 1

Харків 2009

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри СЕТ 6 жовтня 2008 р., протокол № 3.

Рекомендуються для студентів спеціальностей «Електричний транспорт» і «Електричні системи та комплекси транспортних засобів» та денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

доценти В.С.Нікулін,

О.І.Семененко

Рецензент

проф. О.Б.Бабанін

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни

«ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»

Частина 1

Відповідальний за випуск Нікулін В.С.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 14.01.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,25. Обл.-вид.арк. 2,5.

Замовлення № Тираж 150. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050 , Харків - 50, пл. Фейербаха, 7

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Кафедра «Системи електричної тяги»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»

для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей «Електричний транспорт» і
«Електричні системи та комплекси транспортних засобів»

Частина 1

Харків 2009

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри «Системи електричної тяги» 06 жовтня 2008 р., протокол № 3.

Укладачі:

доц. В.С.Нікулін
доц. О.І.Семененко

Рецензент

проф. каф. ЕРРС О.Б.Бабанін

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Призначення універсального лабораторного стенда

Універсальний лабораторний стенд призначений для проведення фронтальним методом лабораторних робіт з дисципліни "Основи промислової електроніки".

Стенд дозволяє вивчати та досліджувати схеми електричних пристроїв, які об'єднані у 8 лабораторних робіт:

- робота № 1 "Випрямляч із згладжувальними фільтрами";
- робота № 2 "Керований випрямляч";
- робота № 3.1 "Напівпровідниковий параметричний стабілізатор";
- робота № 3.2 "Напівпровідниковий компенсаційний стабілізатор";
- робота № 4 "Підсилювач постійного струму";
- робота № 5.1 "Однокаскадний підсилювач на біполярному транзисторі";
- робота № 5.2 "Однокаскадний підсилювач на польовому транзисторі";
- робота № 6 "Автоколивальний мультивібратор на транзисторах".

При роботі на стенді використовують двоканальний осцилограф С1 - 93 та цифровий вольтметр.

1.2 Опис універсального стенда

Стенд функціонує від мережі змінного струму напругою (220 ± 22) В, частотою (50 ± 5) Гц і вмістом гармонік до 5%.

1.2.1 Конструкція стенда

1.2.1.1 Стенд виконано у вигляді настільного переносного пристрою. Конструктивно стенд складається з двох стандартних корпусів. У верхньому корпусі розміщується передня панель управління, у нижньому корпусі - касета з печатними платами, силовий трансформатор і передня панель з контрольними гніздами.

1.2.1.2 На панелі управління розташовані:

- перемикач "Номер роботи" зі світловою індикацією;
- перемикач "кГц (α)" на десять положень;
- перемикачі з кнопками "S1- S5"зі світловою індикацією;
- кнопки "I - II" і "Y1 - Y4" для підключення входів осцилографа і комутатора до вимірювальних гнізд;
- вимірювальні гнізда "Y1(I)", "Y2", "Y3(II)", "Y4" для підключення входів комутатора і гніздо "U"- для підключення входу цифрового вольтметра;
- орган управління комутатором: ручка "Y2" - регулює відхилення по вертикалі променя каналу Y2, ручка "Y4" - регулює відхилення по вертикалі променя каналу Y4, ручка "→" - регулює тривалість ділянки часової осі каналів на екрані осцилографа.

1.2.1.3 Панель з контрольними гніздами має наборне поле, на якому розміщені групи гнізд. До цих гнізд підключені контрольні точки електричних схем, які досліджуються у лабораторних роботах. З правого боку панелі розташовані: кнопка "Сеть" з індикацією і п'ять ручок управління стендом:

- ручки "E1" і "E2" джерел сигналів постійної напруги з діапазоном регулювання (-7 ... +7) В;
- ручка "E_r" джерела сигналів синусоїдальної форми з діапазоном регулювання (0 ... 7) В, частота яких змінюється перемикачем "кГц (α)" в діапазоні від 80 Гц до 20 кГц;
- ручка "U_{ex}" регулювання джерела сигналів постійного струму в роботі № 3;
- ручка "R_n" регулювання опору навантаження в електричних схемах робіт № 1, 2 і 3.

На наборному полі панелі знизу праворуч розташовані підстроювальні потенціометри "E_r" і "R_n".

1.2.1.4 Лабораторні стенди обладнані змінними накладними панелями, на яких зображені електричні схеми, які досліджуються з вказанням контрольних точок. Накладна панель кріпиться на панелі з контрольними гніздами. Фіксатор складається з притискувальної планки та гвинта. На накладній панелі у місцях (•) контрольних точок схем є отвори, під якими розташовані контрольні гнізда для даної лабораторної роботи. Ці

отвори пронумеровані й використовуються для підключення до гнізд вимірювальних приладів.

1.2.1.5 На лівій боковій стінці нижнього корпусу встановлені гнізда "I" і "II" для підключення входів осцилографа С1-93, гніздо "U" для підключення цифрового вольтметра. Гнізда "синх." і "^" служать для підключення входу зовнішньої синхронізації та входу генератора розгортки С1-93.

На задній стінці встановлено запобіжник і клему заземлення стенда.

1.2.2 Заходи безпеки

1.2.2.1 Під час роботи зі стендом корпус його повинен бути заземлений.

1.2.2.2 З'єднувальні провідники не повинні мати порушення ізоляції.

1.2.2.3 Заміну накладних панелей необхідно проводити при вимкненому живленні стенда.

1.2.3 Підготовка стенда до роботи

1.2.3.1 Перед початком роботи всі органи управління необхідно встановити у початкові положення: всі кнопки стенда повинні знаходитися у вихідному відтиснутому стані, ручки регулювання - у крайньому лівому положенні.

1.2.3.2 Осцилограф С1-93 встановити зліва від стенда. Підключити сигнальні входи С1-93 до гнізд "I" та "II", а вхід цифрового вольтметра - до гнізда "U" стенда. Необхідно звернути увагу на правильне підключення входів приладів "⊥" до загальної шини стенда, відносно якої проводяться усі вимірювання.

1.2.3.3 За допомогою з'єднувальних провідників підключити вхід зовнішньої синхронізації і вхід "^" генератора розгортки осцилографа С1-93 до відповідних гнізд на боковій стінці стенда.

1.2.3.4 Установити на панелі контрольних гнізд накладну панель лабораторної роботи, яка буде виконуватися. Для цього накладну панель встановлюють на направляючих виступах і закріплюють двома фіксаторами.

1.2.3.5 Натиснути відповідну кнопку на перемикачі "Номер роботи". Увімкнути вимірювальні прилади та стенд.

Примітки:

1 Усі лабораторні роботи можна досліджувати за допомогою двох каналів осцилографа С1-93. Для цього слід натиснути кнопку "I - II" і користуватися гніздами $Y1(I)$ та $Y3(II)$ на панелі управління, до котрих підключені всі входи осцилографа.

2 Комутатор використовується при дослідженні 3 - 4 процесів одночасно тільки у роботі № 6. Для цього слід натиснути кнопку " $Y1 - Y4$ " і використовувати гнізда входів $Y1 - Y4$, а також ручки " $Y2$ ", " $Y4$ ", " \rightarrow " на панелі управління.

3 При всіх вимірюваннях необхідно мати на увазі, що сигнал зовнішньої синхронізації подається на осцилограф С1-93 тільки із входу $Y1(I)$, котрий слід використовувати як пріоритетний при спостереженні діаграм кількох сигналів схеми на екрані осцилографа.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ ЗАВДАНЬ

Перед проведенням лабораторного практикуму студентам слід ознайомитися з конструкцією, органами управління стенда, осцилографа С1 - 93 і цифрового вольтметра, а також вміти підготувати стенд до чергової роботи відповідно до підрозділу 1.2.

Нижче приводяться теоретичні положення, порядок виконання роботи, обробка експериментальних даних, зміст звіту і контрольні питання для кожної лабораторної роботи.

Посилання на рисунки та позначення елементів даються відповідно до електричних схем, які наведені на накладних панелях.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИПРЯМЛЯЧ ІЗ ЗГЛАДЖУВАЛЬНИМИ ФІЛЬТРАМИ

3.1 Мета роботи

Метою роботи є дослідження некерованого двопівперіодного випрямляча.

Ця робота дозволяє ознайомитись з принципом дії випрямляча на активне навантаження, з C -фільтром та з RC -фільтром, дослідити їх зовнішні характеристики та зняти осцилограми напруг та струмів у ланцюгах випрямляча.

3.2 Основні теоретичні положення

Випрямляч – це пристрій, призначений для перетворення енергії джерела змінного струму в енергію постійного струму. Принцип випрямлення полягає у пропусканні змінного струму через вентиляні елементи електричного кола. На виході формується однополярна напруга, миттєве значення якої змінюється у часі – пульсуюча напруга. Для одержання на навантаженні постійної напруги між вентиляною схемою - випрямляючим пристроєм і навантаженням ставлять згладжуючий фільтр, який забезпечує зменшення пульсацій випрямленої напруги.

Якщо потужність, яка споживається навантаженням від джерела постійного струму, не перевищує 0,5-1,0 кВт, споживач, як правило, живиться від однофазної мережі змінного струму через однофазні випрямлячі.

Для оцінки ступеня наближення пульсуючої напруги до постійної вводиться параметр – коефіцієнт пульсації – це відношення амплітуди змінної складової випрямленої напруги $U_{\sim m}$ до постійної складової (середнього значення) випрямленої напруги U_d :

$$K_n = \frac{U_{\sim m}}{U_d}. \quad (3.1)$$

Згладжуюча дія фільтра характеризується його коефіцієнтом згладжування, котрий дорівнює відношенню коефіцієнта пульсацій на вході фільтра до коефіцієнта пульсацій на виході фільтра:

$$K_{\text{зг}} = K'_i / K_i \quad (3.2)$$

Другим параметром фільтра, який характеризує його фільтруючі властивості, є коефіцієнт фільтрації:

$$K_{\text{ф}} = \frac{U'_{\sim\text{max}}}{U_{\sim\text{max}}}, \quad (3.3)$$

де $U'_{\sim\text{max}}$, $U_{\sim\text{max}}$ - напруга змінної складової відповідно на вході та виході фільтра.

Двопівперіодна схема, яку ще називають випрямлячем з виводом нульової точки трансформатора, складається з вхідного трансформатора TV , дві однакові обмотки котрого мають спільну точку, та вентилів $VD1$ і $VD2$, через які напруга від вторинних обмоток потрапляє до навантаження Rd (рисунок 3.1, а). Напруга на кінцях вторинних обмоток відносно спільної точки змінюється у протифазі (рисунок 3.1, б).

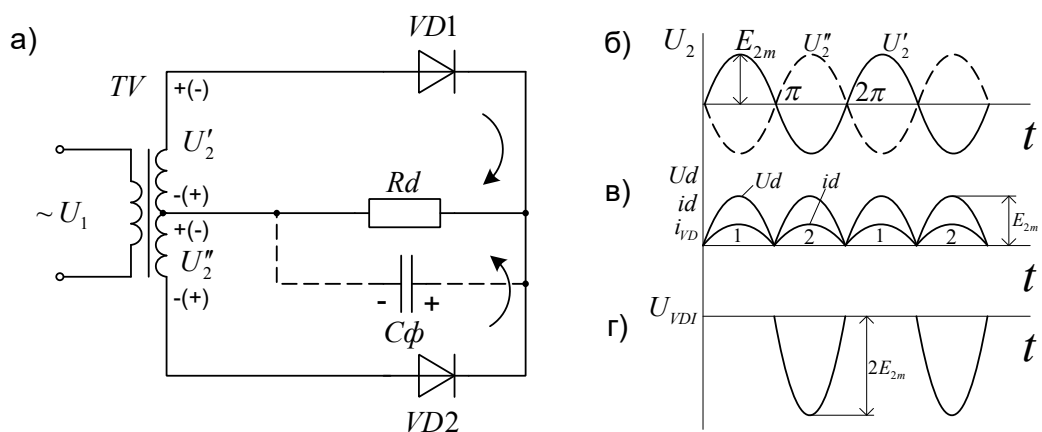


Рисунок 3.1

Слід відзначити, що потенціал спільної точки вторинних обмоток трансформатора завжди дорівнює нулю відносно зовнішніх виводів вторинної обмотки.

При одній полярності напруги живлення (на рисунку 3.1, а вказана без дужок) струм протікає через вентиль $VD1$ і до навантаження прикладається напруга позитивного півперіоду з верхньої половини вторинної обмотки. При протилежній полярності напруги живлення (на рисунку 3.1, а вказана у дужках) струм протікає через вентиль $VD2$ і до навантаження прикладається напруга позитивного півперіоду з нижньої половини обмотки. Таким чином, у навантаження надходять два півперіоди напруги живлення. Середнє значення випрямленої напруги дорівнює

$$U_{dc} = \frac{2E_{2m}}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot E_2 \approx 0,9 \cdot E_2, \quad (3.4)$$

де E_{2m} і E_2 - відповідно амплітуда і діюче значення напруги на половині вторинної обмотки трансформатора TV .

Струм, який протікає через кожен вентиль, дорівнює

$$I_{VDc} = \frac{I_{dc}}{2}, \quad (3.5)$$

де I_{dc} - середнє значення випрямленого струму, оскільки вентиля працюють по чергово (рисунок 3.1, в).

При цьому до закритого вентиля (наприклад $VD1$) прикладається зворотна напруга, яка дорівнює сумарній напрузі на двох половинах вторинної обмотки (рисунок 3.1, г)

$$U_{VDm} = 2 \cdot E_{2m} = \pi \cdot U_{dc}. \quad (3.6)$$

Типова потужність трансформатора у двопівперіодній схемі знаходиться за відомими діючими значеннями струмів і напруг в обмотках трансформатора

$$S_r = \frac{U_1 I_1 + 2U_2 I_2}{2} = 1,48 \cdot P_d. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт пульсації випрямленої напруги у двопівперіодній схемі можна визначити за формулою

$$K_n = \frac{U_{\sim m}}{U_d} = \frac{2}{m^2 - 1}, \quad (3.8)$$

де m - кратність пульсації випрямленої напруги, яка дорівнює кількості пульсацій випрямленої напруги за період напруги мережі і складає для двоперіодної схеми $m=2$.

Таким чином, коефіцієнт пульсації становить $K_n = \frac{2}{3} = 0,67 = 67\%$.

При порівнянні двопівперіодної схеми з однопівперіодною, можна зробити висновок, що вона характеризується:

- 1) кращим використанням потужності трансформатора;
- 2) меншим коефіцієнтом пульсації випрямленої напруги;
- 3) синусоїдальною формою струму, який споживається від мережі.

Якщо паралельно навантаженню R_d приєднаний конденсатор C_ϕ (рисунок 3.2, а), навантаження має активно – ємнісний характер. Напруга на конденсаторі C_ϕ у процесі роботи змінюється плавно. При заряді конденсатора C_ϕ через вентиль випрямляча VDI , коли напруга на C_ϕ досягає напруги на верхній половині вторинної обмотки трансформатора відбувається вимикання VDI і конденсатор C_ϕ починає розряджатися. Тому напруга на активному опорі навантаження R_d також буде згладжена (рисунок 3.2, б). При цьому струм, який протікає через вентилі, має форму вкорочених імпульсів з досить великою амплітудою $I_{VDm} = (3...8) I_{dc}$ (рисунок 3.2, в).

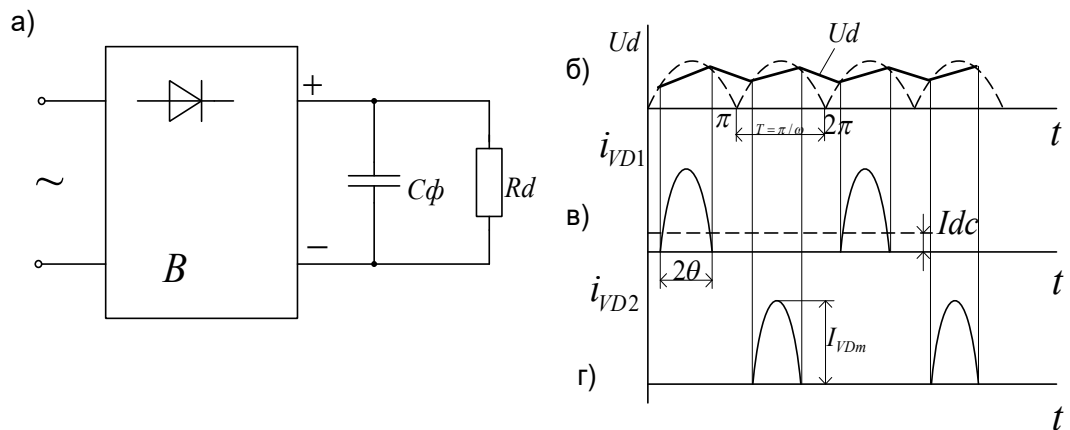


Рисунок 3.2

При роботі випрямляча на ємнісне навантаження на конденсаторі C_ϕ підтримується напруга, полярність якої вказана на рисунку 3.1, а. Тому вентиль випрямляча $VD2$ відкритий тільки тоді, коли напруга на нижній половині вторинної обмотки трансформатора за абсолютною величиною перевищує напругу на ємності $|u| > u_c = u_d$, оскільки вентиль відкритий тільки тоді, коли напруга на його аноді більш позитивна, ніж на катоді. Половина інтервалу часу, протягом якого протікає струм у вентилі, називається *кутом відсічки* θ , який має значення $2\theta < \pi$.

Після закриття вентилів навантаження від'єднується від мережі живлення і струм у ньому підтримується за рахунок розрядження конденсатора C_ϕ . Пульсації напруги на навантаженні тим менші, чим більша нерівність $\tau > T$, де $\tau = C_\phi R_d$ – стала часу кола навантаження.

Якщо $C_\phi R_d \gg T$, напруга на навантаженні практично повністю згладжена.

При активно-ємнісному навантаженні середнє значення напруги на навантаженні наближається до амплітудного значення половини вторинної обмотки трансформатора

$$U_{dc} \rightarrow E_{2m} = \sqrt{2}E_2 = 1,41 \cdot E_2,$$

а споживання енергії із мережі живлення має імпульсний характер. Амплітудне значення струму, який протікає через вентиль, значно перевищує його середнє значення. Такий режим

роботи не є сприятливим як для вентилів, так і для трансформатора. Тому такий вид навантаження використовується тільки при невеликих потужностях.

Для випрямлячів малої потужності, які живлять споживачів (струм навантаження декілька міліампер, а опір R_H декілька тисяч Ом), замість дроселя у Г-подібному фільтрі використовується резистор. У такому RC -фільтрі (рисунок 3.3) на опорі R_ϕ , окрім змінної складової, також падає частина постійної складової випрямленої напруги. ККД такого фільтра менший, ніж у LC -фільтра.

Однак RC -фільтри мають менші габаритні розміри та вартість. Для одержання високого коефіцієнта згладжування та ККД елементи RC -фільтра вибираються з таких умов:

$$1/(m \cdot \omega \cdot C_\phi) \ll R_d; R_\phi \gg 1/(m \cdot \omega \cdot C_\phi); \quad \frac{R_d}{(R_\phi + R_d)} = 0,65 - 0,8.$$

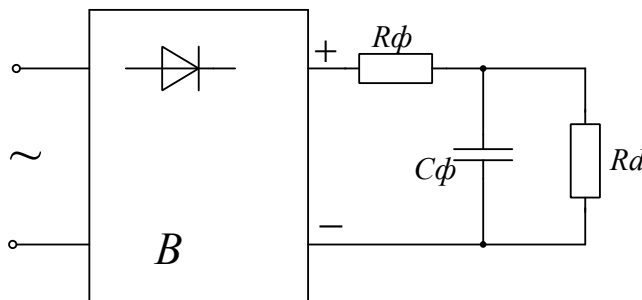


Рисунок 3.3

3.3 Порядок виконання роботи

3.3.1 Зняття зовнішньої характеристики випрямляча $U_H = f(I_H)$:

- а) при активному навантаженні;
- б) з C -фільтром;
- в) з RC -фільтром.

Таблиця 3.1

При активному навантаженні	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, V								
З С-фільтром	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, V								
З RC-фільтром	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, V								

Струм навантаження I_n слід регулювати за допомогою ручки "R_n" і визначати його шляхом вимірювання падіння напруги на шунті $r_{ш} = 1$ Ом у контрольній точці X5. Для підключення фільтрів використовують кнопки S1 і S2.

3.3.2 Встановити максимальний струм навантаження, повернувши ручку "R_n" у крайнє праве положення. Натиснути кнопку "I - II" і, користуючись Y1(I) та Y3(II), зняти діаграми у контрольних точках X1, X4, X5 випрямляча при активному навантаженні та при наявності фільтрів: у контрольних точках X3, X4 – з С-фільтром, у контрольних точках X2, X4 – з RC-фільтром. У даному експерименті здійснюється осцилографування напруг і струмів із використанням двох каналів осцилографа С1-93, що створює наочність досліджуваних процесів у роботі схеми.

3.3.3 Зняття залежності коефіцієнтів згладжування фільтра від струму навантаження $K_{згл} = f(I_n)$:

- а) з С-фільтром;
- б) з RC-фільтром.

Таблиця 3.2

Струм навантаження	$I_n min$	$I_n cp$	$I_n max$
--------------------	-----------	----------	-----------

При активному навантаженні	$U'_{\sim m}, B$			
	U'_{cp}, B			
З C-фільтром	$U_{\sim m}, B$			
	U_{cp}, B			
	I_n, mA			
З RC-фільтром	$U_{\sim m}, B$			
	U_{cp}, B			
	I_n, mA			

Для знаходження коефіцієнта згладжування необхідно виміряти змінну складову й середнє значення напруги відповідно на вході та виході фільтра.

Амплітуду змінної складової напруги вимірюють осцилографом С1-93, а середнє значення напруги - цифровим вольтметром у контрольній точці X4 при активному навантаженні та з фільтром, який досліджується. Також визначається струм навантаження I_n при наявності фільтрів у контрольній точці X5.

3.4 Обробка експериментальних даних

3.4.1 Побудувати зовнішні характеристики випрямляча $U_n = f(I_n)$: при активному навантаженні, з C-фільтром і з RC-фільтром. Визначити внутрішній опір випрямляча $R_{вих} = \Delta U_n / \Delta I_n$ при максимальному струмові навантаження.

3.4.2 Зняті осцилограми розміщувати вертикально, одна під іншою, відповідно до їх часових співвідношень.

3.4.3 Побудувати залежність коефіцієнта згладжування фільтра від струму навантаження $K_{зг\ddot{a}} f(I_i)$, де $K_{зг\ddot{a}} = K'_n / K_n$;

$$K'_n = U'_{\sim max} / U_{\dot{n}\delta}; \quad K_n = U_{\sim max} / U_{\dot{n}\delta},$$

де K'_n, K_n - коефіцієнти пульсацій відповідно на вході та виході фільтра;

$U'_{\sim max}, U_{\sim max}$ - амплітуда змінної складової напруги відповідно на вході та виході фільтра;

U'_{cp}, U_{cp} - середні значення напруги відповідно на вході та виході фільтра.

3.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинно бути зазначено номер роботи, її назву і мету дослідження; приведено принципову схему дослідженого випрямляча (рисунок 3.4), дані вимірювань та результати розрахунків, графіки зовнішніх характеристик та залежності коефіцієнта згладжування фільтра від струму навантаження, зарисовані осцилограми, указані в підрозділі 3.3.2.

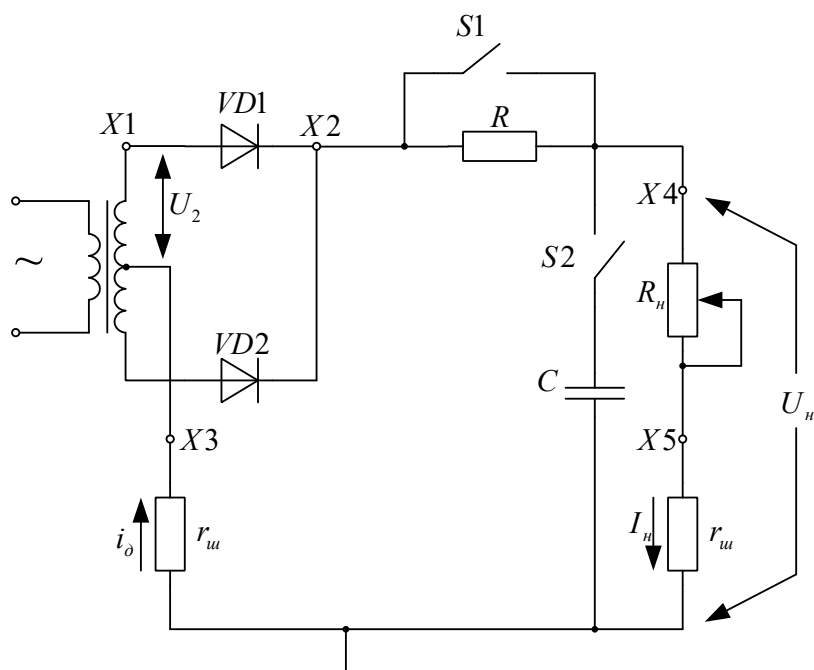


Рисунок 3.4

Контрольні питання

- 1 Поясніть принцип дії двопівперіодної схеми з виводом нульової точки трансформатора.
- 2 Перелічіть переваги двопівперіодної схеми з виводом нульової точки трансформатора.
- 3 У чому полягає явище змушеного підмагнічування магнітопровода трансформатора?
- 4 Що таке зовнішня характеристика випрямляча? Від чого залежить її нахил?

5 Чому максимальне значення струму вентиля випрямляча різне для різних видів навантаження при одній і тій же потужності у навантаженні?

6 Наведіть формулу струмів у елементах схеми випрямляча та струм навантаження.

7 Від чого залежить ККД випрямляча?

8 Порівняйте схему з виводом нульової точки трансформатора з мостовою схемою випрямляча.

9 Поясніть принцип роботи різних схем фільтрів.

10 Яким чином здійснюється вибір конденсатора в ємнісному фільтрі? Коли використовується ємнісний фільтр?

11 З яких міркувань вибирають опір R_ϕ у RC - фільтрі?

12 Назвіть основні параметри фільтрів.

13 Що таке кут відсічки θ ?

14 Порівняйте C - та RC -фільтр.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 КЕРОВАНІЙ ВИПРЯМЛЯЧ

4.1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення принципу роботи керованого випрямляча та його системи керування, визначення основних параметрів і характеристик керованого випрямляча.

4.2 Основні теоретичні положення

Керованим називають такий випрямляч, котрий крім випрямлення змінної напруги одночасно здійснює плавне регулювання середнього значення випрямленої напруги.

Керований випрямляч можна отримати з некерованого заміною в ньому некерованих вентилів (діодів) керованими вентилями – тиристорами, момент вмикання яких можна змінювати за допомогою спеціальної системи керування. Регулювання здійснюється затримкою відчинення чергового тиристора у межах півперіода напруги мережі. Кут затримки відкривання тиристора, який називають **кутом керування α** , відраховується від моменту природного відкривання вентиля,

тобто від моменту, в який до вентиля починає прикладатися позитивна напруга. Для випрямлячів, які живляться від однофазної мережі, цей момент співпадає з моментом переходу напруги мережі через нуль.

Розглянемо роботу керованого випрямляча на активне навантаження на прикладі однофазної нульової схеми (рисунок 4.1, а).

При позитивній полярності напруги на вторинній обмотці трансформатора (вказана без дужок), поки на тиристри від системи керування СК не поданий сигнал керування i_k , вони будуть закриті, а напруга на навантаженні дорівнюватиме нулю. У момент часу $t = \alpha$ від системи керування СК на тиристор $VS1$ подається сигнал керування. Тиристор відкривається і до навантаження прикладається напруга верхньої половини вторинної обмотки трансформатора протягом частини півперіоду синусоїди вхідної напруги (рисунок 4.1, б, в, г).

У момент часу $t = \pi$ напруга в мережі змінює полярність і під дією зворотної напруги тиристор $VS1$ закривається. Напруга на навантаженні u_a знову дорівнює нулю.

У момент часу $t = \pi + \alpha$ від системи керування надходить імпульс для відкривання тиристора $VS2$, до навантаження знову прикладена частина півперіоду синусоїди вхідної напруги. Змінюючи момент подавання імпульсу керування відносно моменту проходження через нуль напруги мережі живлення, подають на навантаження більшу або меншу частину півперіоду напруги живлення, чим регулюється середнє значення випрямленої напруги. Середнє значення напруги залежить від кута керування α :

$$U_{dc\alpha} = \frac{E_{2m}}{\pi}(1 + \cos \alpha). \quad (4.1)$$

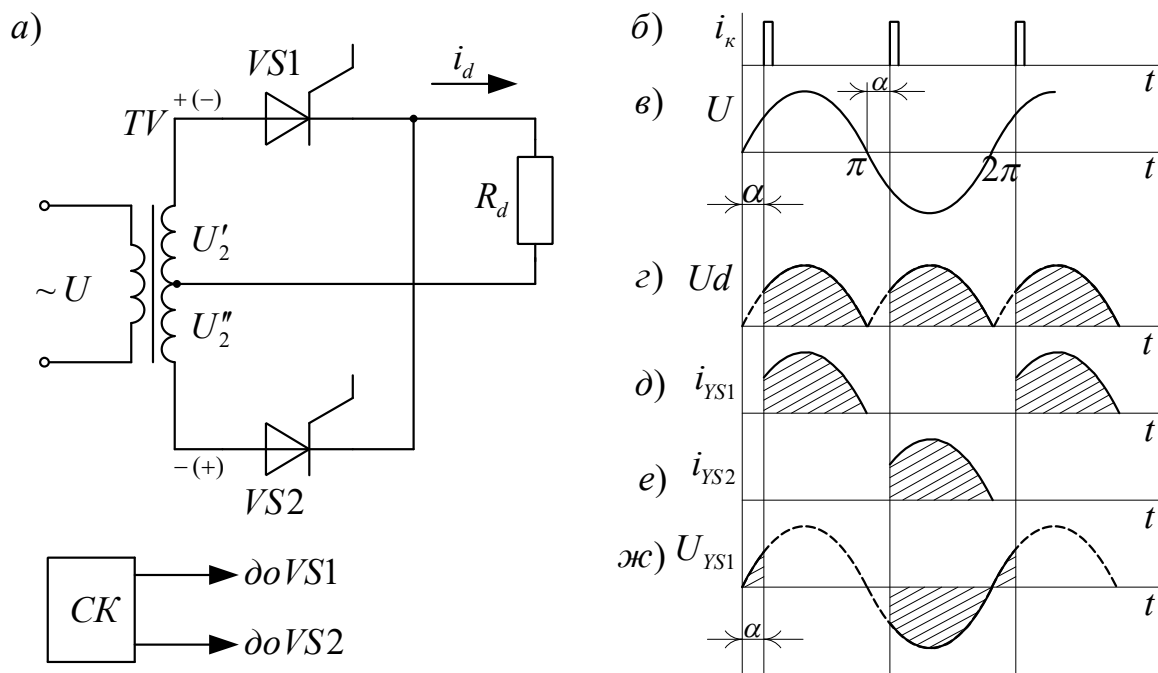


Рисунок 4.1

Якщо кут керування $\alpha = 0$, керований випрямляч працює аналогічно некерованому і середнє значення випрямленої напруги

$$U_{dc\alpha} = U_{dc0} = \frac{2E_{2m}}{\pi}. \quad (4.2)$$

З урахуванням цього залежність середнього значення випрямленої напруги від кута керування, яка називається **регулювальною характеристикою випрямляча**, може бути визначена за формулою

$$U_{dc\alpha} = U_{dc0} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (4.3)$$

З графіка регулювальної характеристики (рисунок 4.2) видно, що зі зміною кута керування від 0 до π середнє значення випрямленої напруги $U_{dc\alpha}$ плавно змінюється від максимального значення U_{dc0} до нуля.

Таким чином, основна перевага керованого випрямляча - це можливість плавного регулювання середнього значення випрямленої напруги на навантаженні.

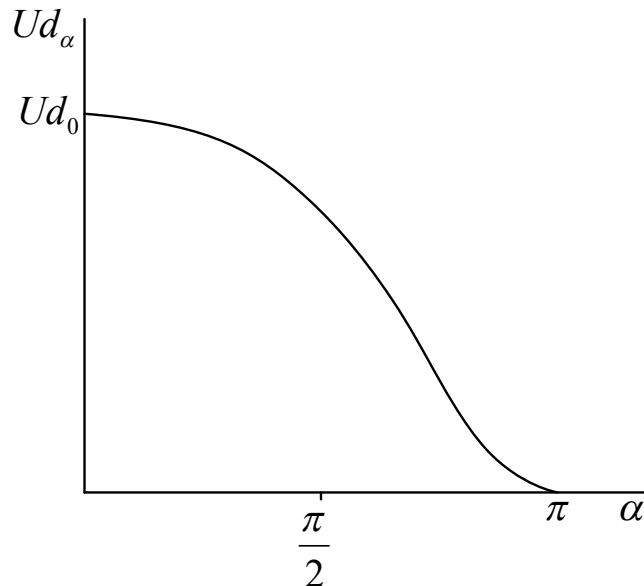


Рисунок 4.2

До недоліків слід віднести:

1) введення додаткового пристрою (системи керування) та застосування тиристорів, що ускладнює схему і збільшує її вартість;

2) збільшення коефіцієнта пульсацій випрямленої напруги, особливо при великих кутах керування, внаслідок чого для згладжування пульсацій використовують досить громіздкі фільтри;

3) при регулюванні збільшується фазовий зсув першої гармоніки струму, який споживається від мережі відносно напруги мережі, що приводить до зниження коефіцієнта потужності із збільшенням кута керування α .

Роботу керованих випрямлячів при активно - індуктивному навантаженні розглянемо на прикладі однофазної нульової схеми (рисунок 4.3, а). Вважатимемо, що індуктивність навантаження L_d досить велика і струм навантаження i_d добре згладжений (рисунок 4.3, д).

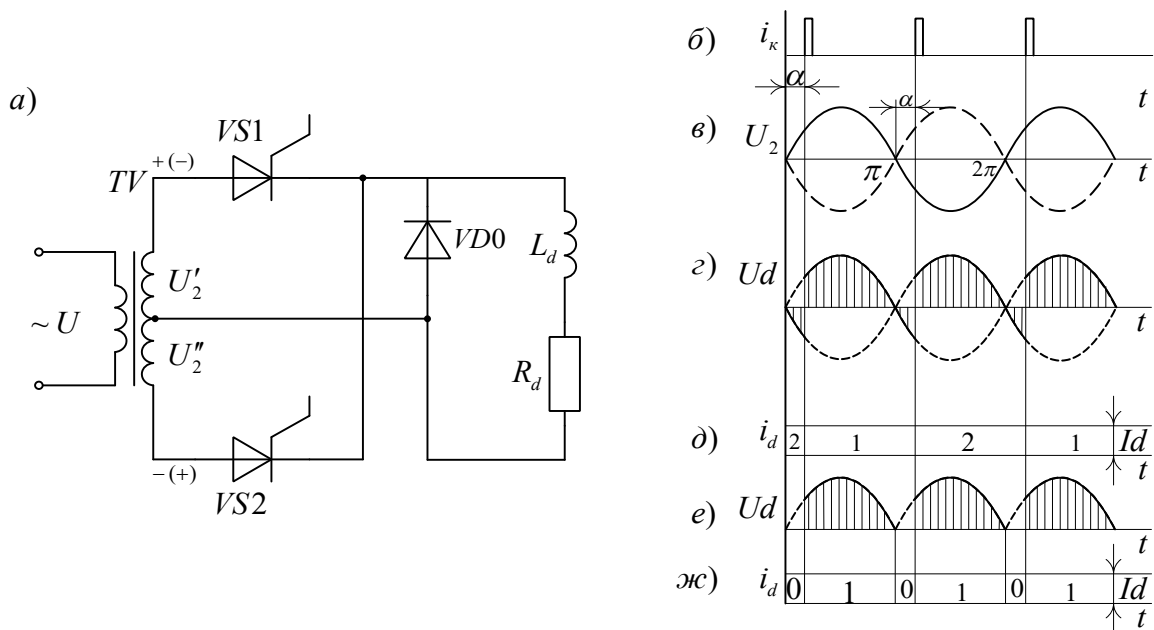


Рисунок 4.3

При позитивному півперіоді напруги живлення (полярність вказана без дужок) у момент $t = \alpha$ відкривається тиристор $VS1$. У момент часу $t = \pi$ цей тиристор повинен закритися, оскільки полярність напруги в мережі змінюється на протилежну. Однак до цього моменту часу в індуктивності L_a накопичено запас енергії і струм у ній не може миттєво припинитися. Тому струм навантаження протікатиме в тому самому напрямку, замикаючись у колі $L_a - R_d - U_2' - VS1 - L_a$. Цей струм підтримує тиристор $VS1$ у відкритому стані. У результаті у випрямленій напрузі U_d з'являються ділянки з негативною напругою (рисунок 4.3, г). У момент часу $t = \pi + \alpha$, коли відкривається тиристор $VS2$, до тиристора $VS1$ прикладена зворотна напруга, яка дорівнює сумі напруг $U_2' + U_2''$. При цьому тиристор $VS1$ закривається, а струм навантаження переходить у тиристор $VS2$. Для розглянутого випадку регульовальна характеристика випрямляча (рисунок 4.4, крива 1) може бути описана виразом

$$U_{dc\alpha} = \frac{2E_{2m}}{\pi} \cdot \cos \alpha = U_{dc0} \cdot \cos \alpha. \quad (4.4)$$

Із формули (4.4) видно, що вже при $\alpha = 90^\circ$ середнє значення випрямленої напруги $U_{dc\alpha} = 0$. Це пов'язано з тим, що

при $\alpha = 90^\circ$ площі позитивних і негативних ділянок випрямленої напруга U_a стають однаковими (рисунок 4.3, г). Якщо в схему ввести додатковий "нульовий" вентиль $VD0$, негативні ділянки у випрямленій напрузі ліквідуються (рисунок 4.3,е), а регульовальна характеристика буде такою самою, як і при суто активному навантаженні (рисунок 4.4, крива 2).

Це пов'язано з тим, що в момент $t = \pi$, коли напруга в мережі змінює полярність, відкривається вентиль $VD0$ і тиристор VSI закривається. При цьому струм навантаження замикатиметься в колі $L_d - R_d - VD0 - L_d$.

Випрямлячі з "нульовим" вентилям характеризуються більш широким діапазоном зміни кута керування α і їх регульовальна характеристика є більш плавною. Крім того, такі випрямлячі мають вищий коефіцієнт потужності. Проте при відсутності "нульового" вентиля перетворювач може працювати в іншому режимі - режимі інвертора, веденого мережею.

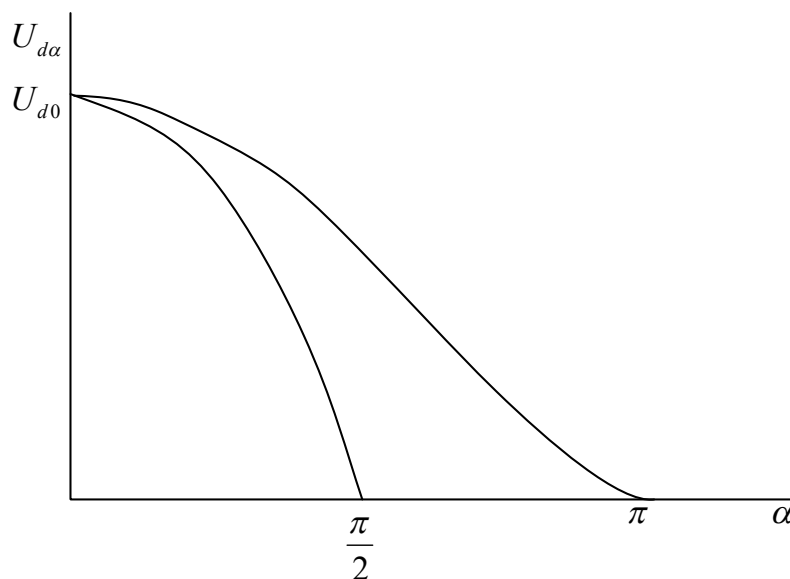


Рисунок 4.4

Для забезпечення роботи силової частини керованого випрямляча необхідно відповідно до заданого алгоритму роботи забезпечити формування сигналів керування і подачу їх на керуючі електроди вентилів силового кола. Цю функцію виконує система керування перетворювача. Принцип будови системи керування обумовлений деякими факторами:

1) задавальним генератором системи керування є мережа живлення змінного струму;

2) керуюча дія на силову схему полягає у затримці моменту відкривання силових ключів відносно моменту їх природного відкривання (фазовий зсув імпульсів керування відносно напруги мережі живлення);

3) використовується природне вимикання силових ключів (тиристорів). У зв'язку з цим немає необхідності формувати спеціальні імпульси для вимкнення силових ключів;

4) з цієї ж причини імпульси керування, як правило, значно менші за тривалістю ввімкненого стану силових ключів. За рахунок цього зростає економічність системи керування і спрощується реалізація її вихідних каскадів.

Структурна схема системи керування керованого випрямляча у загальному випадку має вигляд, наведений на рисунку 4.5.

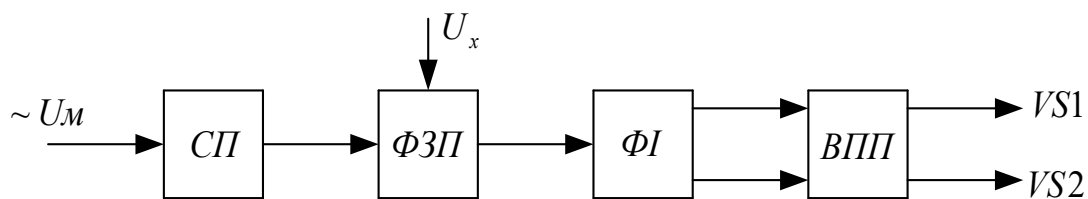


Рисунок 4.5

Змінна напруга U_m , частота якої дорівнює частоті напруги мережі живлення, подається на синхронізуючий пристрій (СП), який часто являє собою генератор пилкоподібної напруги (ГПН) і формує опорну напругу відповідної форми, синхронізовану з мережею живлення. Ця напруга подається на один із входів фазозміщуючого пристрою (ФЗП), котрий є пристроєм порівняння (ПП). На інший вхід цього пристрою подається керуюча напруга U_k джерела U_{yd} . На виході ФЗП формується сигнал, фазовий зсув якого відносно напруги мережі живлення залежить від величини сигналу керування U_k . Формувач імпульсів (ФІ) забезпечує одержання імпульсів керування тиристорів $VS1$ і $VS2$ необхідної форми і тривалості. Сформовані імпульси керування подаються на вихідний підсилювач

потужності (ВПП). Після підсилення вони надходять на керуючі електроди тиристорів $VS1$ і $VS2$ керованого випрямляча. Таким чином, система керування виконує часто інформаційні функції:

а) перетворення керуючого сигналу у тривалість вихідного імпульсу (формування фазового зсуву);

б) формування параметрів одержаного сигналу (фази, амплітуди, тривалості імпульсу), необхідних для оптимального керування силовими ключами.

Вихідний підсилювач потужності ВПП забезпечує підсилення потужності імпульсів керування до значень, достатніх для надійного ввімкнення силових напівпровідникових приладів, а також електричну розв'язку силової частини і системи керування. Крім вказаних функцій, система керування може також виконувати і деякі інші: захист від аварійних режимів, формування перехідного процесу та ін. У зв'язку з вищесказаним системи керування будуються на основі пристроїв інформаційної електроніки, найчастіше на базі інтегральних схем.

4.3 Порядок виконання роботи

4.3.1 Зняття регульовальної характеристики випрямляча $U_d = f(\alpha)$ при максимальному активному навантаженні. Для цього натиснути кнопку $S1$, ручку " R_n " поставити у крайнє праве положення. Кут регулювання задається натисненням відповідної кнопки перемикача " α ". Напряга U_d вимірюється у контрольній точці $X2$.

Таблиця 4.1

α, \circ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	120°	150°	170°
$U_d, \text{В}$										

4.3.2 Зняття зовнішніх характеристик випрямляча $U_{d\alpha} = f(I_n)$ при активному навантаженні для кутів регулювання $0, 30^\circ$ і 60° . Струм навантаження змінювати за допомогою ручки " R_n " і визначати шляхом вимірювання падіння напруги на шунті $r_{ш} = 1 \text{ Ом}$, (контрольна точка $X5$).

Таблиця 4.2

$\alpha = 0^\circ$	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, B								
$\alpha = 30^\circ$	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, B								
$\alpha = 60^\circ$	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
	U_n, B								

4.3.3 Встановити максимальний струм активного навантаження. Натиснути кнопку "I - II" і, користуючись входами $Y1(I)$ та $Y3(II)$, зняти діаграми у контрольних точках $X1$, $X2$ і $X3$ при $\alpha = 0^\circ$ і у контрольних точках $X2$ і $X3$ при $\alpha = 30^\circ$ та 90° .

На накладній панелі наведено структуру СІФК, яка складається з генератора "пилкоподібної" напруги ГПН, джерела керованої напруги $U_{y\alpha}$, вузла зрівняння і формувача імпульсів ФІ. Робота СІФК здійснюється за вертикальним принципом. У контрольній точці $X3$ можна спостерігати імпульси керування, котрі по черзі подаються на тиристори з виходів ФІ.

4.3.4 Зняття регульовальної характеристики випрямляча $U_{d\alpha} = f(\alpha)$ при максимальному активно - індуктивному навантаженні (кнопка S1 відтиснута).

Таблиця 4.3

α, \circ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	120°	150°	170°
U_d, B										

4.3.5 Зняття зовнішніх характеристик випрямляча $U_{d\alpha} = f(I_n)$ при активно-індуктивному навантаженні для кутів регулювання $0, 30^\circ$ та 60° .

Таблиця 4.4

	I_n, mA	$I_n min$							$I_n max$
--	-----------	-----------	--	--	--	--	--	--	-----------

$\alpha = 0^\circ$	U_n, B							
$\alpha = 30^\circ$	I_n, mA	$I_n min$						$I_n max$
	U_n, B							
$\alpha = 60^\circ$	I_n, mA	$I_n min$						$I_n max$
	U_n, B							

4.3.6 Зняття діаграм U_d і I_n у контрольних точках $X1$, $X2$ і $X5$ при $\alpha = 30^\circ$ і у контрольних точках $X2$ і $X5$ при $\alpha = 75^\circ$ та 150° . Змінювання струму навантаження і спостереження виникнення режиму переривчастих струмів.

4.4 Обробка експериментальних даних

4.4.1 Збудувати регульовальні характеристики випрямляча $U_d = f(\alpha)$ при активному і активно - індуктивному навантаженнях.

4.4.2 Збудувати зовнішні характеристики випрямляча $U_{d\alpha} = f(I_n)$ при активному і активно - індуктивному навантаженнях для кутів регулювання $0, 30^\circ$ та 60° .

4.4.3 Зняті осцилограми розміщувати вертикально одна під іншою, відповідно до їх часових співвідношень.

4.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинно бути зазначено номер роботи, її назву і мету дослідження; наведено принципову схему дослідженого випрямляча (рисунок 4.6), дані вимірювань, графіки регульовальних та зовнішніх характеристик окремо для активного та активно-індуктивного навантажень, зарисовані осцилограми, указані в підрозділах 4.3.3 і 4.3.6.

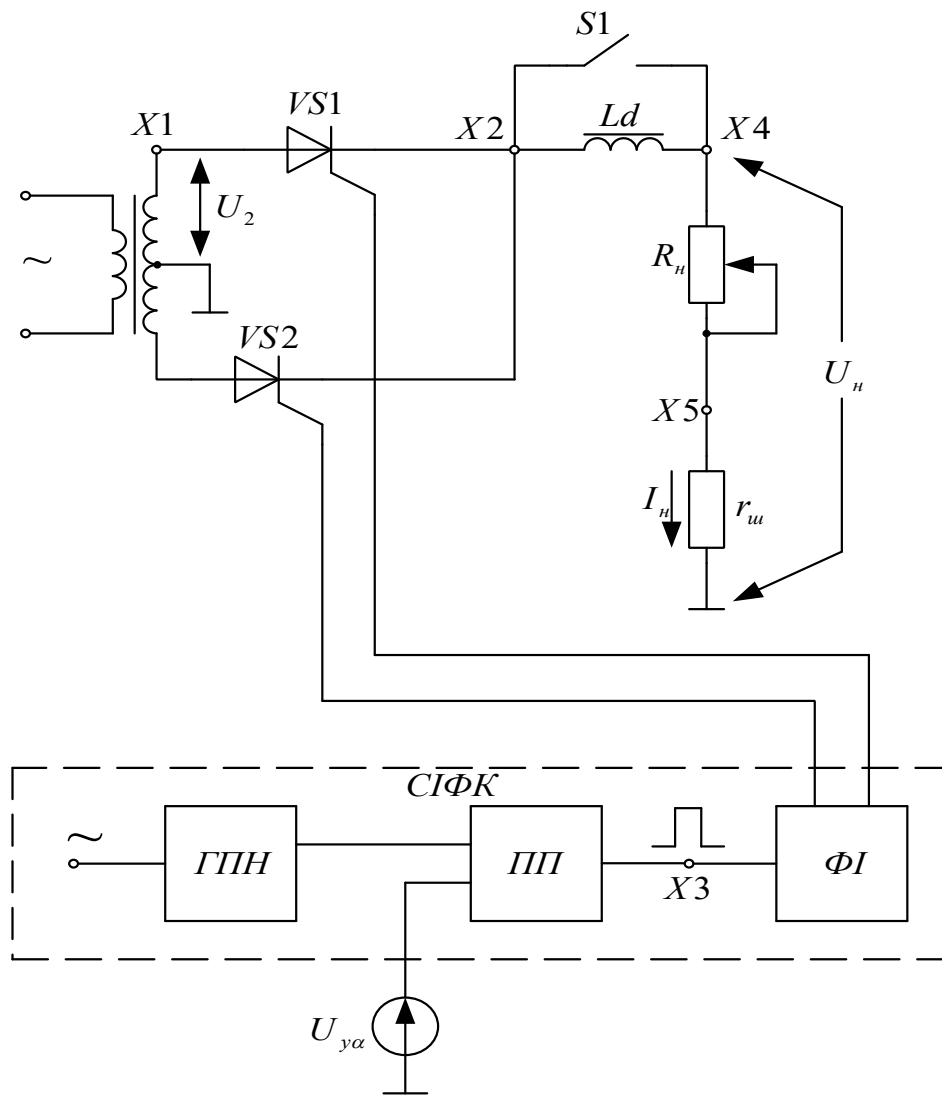


Рисунок 4.6

Контрольні питання

1 Поясніть призначення й принцип роботи керованого випрямляча.

2 Поясніть принцип побудови і роботи системи керування за структурною схемою.

3 Поясніть призначення "нульового" діода і вплив його на режим роботи та характеристики схеми.

4 Нарисуйте форму напруг і струмів в елементах силової частини керованого випрямляча при кутах керування $\alpha = 30^\circ$ та $\alpha = 120^\circ$.

5 Поясніть роботу керованого випрямляча на індуктивний фільтр.

6 У чому переваги і недоліки керованого випрямляча?

7 Поясніть зовнішню характеристику керованого випрямляча.

8 Поясніть регульовальну характеристику керованого випрямляча.

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.1 НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ПАРАМЕТРИЧНИЙ СТАБІЛІЗАТОР

5.1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення принципу роботи, основних параметрів і характеристик та умов вибору елементів параметричного стабілізатора.

5.2 Основні теоретичні положення

Напруга на виході пристроїв електроживлення може змінюватися у досить широких межах під дією різних дестабілізуючих факторів. Головними з них є:

- 1) коливання рівня напруги у мережі живлення;
- 2) зміна струму навантаження;
- 3) зміна умов навколишнього середовища, насамперед температури.

Відношення зміни напруги ΔU до її номінального значення U називається **нестабільністю напруги**

$$\sigma_U = \frac{\Delta U}{U}. \quad (5.1)$$

Для живлення багатьох споживачів потрібна напруга, яка має невелику нестабільність. Тому часто між випрямлячем і навантаженням ставлять пристрій, який автоматично підтримує сталу напругу на навантаженні. Такий пристрій називається **стабілізатором напруги**. Він характеризується такими параметрами:

- **коефіцієнт стабілізації** – це відношення нестабільності напруги на вході стабілізатора до нестабільності на його виході:

$$K_{\text{нò}} = \frac{\sigma_{\text{Аò}}}{\sigma_{\text{Аèò}}} = \frac{\Delta U_{\text{Аò}}}{U_{\text{Аò}}} / \frac{\Delta U_{\text{Аèò}}}{U_{\text{Аèò}}} = \frac{\Delta U_{\text{Аò}}}{\Delta U_{\text{Аèò}}} \cdot \frac{U_{\text{Аèò}}}{U_{\text{Аò}}}; \quad (5.2)$$

- **внутрішній (вихідний) опір** – це відношення зміни вихідної напруги ΔU_H до зміни струму навантаження ΔI_H , яка спричинила зміну напруги:

$$r_i = \frac{\Delta U_i}{\Delta I_i}; \quad (5.3)$$

- **температурний коефіцієнт напруги (ТКН)** – це відношення зміни вихідної напруги ΔU_H до зміни температури навколишнього середовища Δt° , яка спричинила зміну напруги:

$$\frac{\Delta U_i}{\Delta t^\circ} = \gamma = \frac{\Delta U_i}{\Delta t^\circ}. \quad (5.4)$$

Розглянемо напівпровідниковий параметричний стабілізатор. Принцип дії параметричних стабілізаторів ґрунтується на використанні приладів, які мають нелінійні вольт - амперні характеристики. Для побудови параметричних стабілізаторів напруги широко застосовуються кремнієві стабілітрони (рисунок 5.1, а). Робочу точку 0 вибирають між точками 1...2 на вольт - амперній характеристиці стабілітрона (рисунок 5.1,б). На цій ділянці при зміні струму через стабілітрон від $I_{cm \min}$ до $I_{cm \max}$ напруга на ньому мало змінюється (на ΔU_{cm}).

Оскільки навантаження R_n з'єднане паралельно із стабілітроном VD , напруга на навантаженні також буде практично постійною. При збільшенні вхідної напруги U_{ex} зростає струм, який протікає через баластний резистор R_σ . Цей струм, згідно з першим законом Кірхгофа, дорівнює сумі струмів стабілітрона та навантаження. Оскільки напруга на стабілітроні, а отже, і на навантаженні R_n , практично не змінюється, струм навантаження I_k залишається сталим. Отже, практично весь

приріст струму баластного резистора проходитиме через стабілітрон VD . При цьому робоча точка стабілітрона 0 зміщуватиметься донизу. Таким чином, майже всі зміни вхідної напруги у цій схемі будуть виділятися на баластному резисторі R_{σ} .

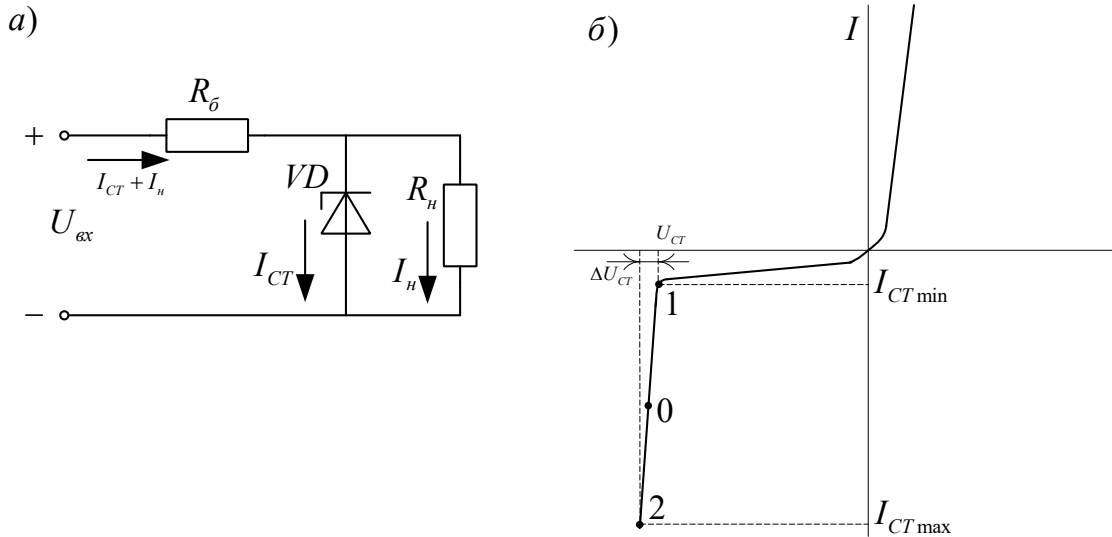


Рисунок 5.1

Якщо напруга на вході стабілізатора U_{ex} стала, струм через баластний резистор R_{σ} також буде сталий: $I_{R_{\sigma}} = I_{cm} = I_n = Const$. Якщо струм навантаження збільшиться на ΔI_n , струм через стабілітрон зменшиться: $\Delta I_{cm} = -\Delta I_n$. При цьому робоча точка 0 зміститься вгору, а вихідна напруга практично не зміниться. Коефіцієнт стабілізації параметричного стабілізатора буде

$$\hat{E}_{\tilde{N}\tilde{O}} = \frac{R}{r_A} \cdot \frac{U_{\tilde{n}\tilde{o}}}{U_{\tilde{a}\tilde{o}}}, \quad (5.5)$$

де r_d - диференційний опір стабілітрона $r_A = \frac{\Delta U_{\tilde{n}\tilde{o}}}{(I_{\tilde{n}\tilde{o} \max} - I_{\tilde{n}\tilde{o} \min})}$.

Вихідний (внутрішній) опір параметричного стабілізатора

$$r_i = \frac{\Delta U_i}{\Delta I_i} = r_A. \quad (5.6)$$

Параметричні стабілізатори найчастіше використовують для живлення малопотужних навантажень.

Головна їх перевага – проста схема.

Недоліки:

- 1) неможливо регулювати вихідну напругу U_H на навантаженні;
- 2) невисокий коефіцієнт стабілізації (одиниці, десятки).

5.3 Порядок виконання роботи

5.3.1 Зняття зовнішньої характеристики параметричного стабілізатора $U_H = f(I_H)$ при постійній номінальній вхідній напрузі $U_{BX} = 20\text{В}$ (контрольна точка $X1$). Струм навантаження змінюється ручкою " R_H ", а вхідна напруга регулюється ручкою " U_{ex} ". Одночасно знімають також значення струму стабілітрона I_{cm} . Визначення струмів I_H і I_{cm} виконується шляхом вимірювання падіння напруги на шунтах $r = 1\text{ Ом}$ у контрольних точках $X4$ і $X3$ відповідно.

Таблиця 5.1

При $U_{BX} = 20\text{В}$

I_H, mA	$I_H \text{ min}$							$I_H \text{ max}$
$U_H, \text{В}$								
I_{cm}, mA								

5.3.2 Зняття залежності $U_H = f(U_{BX})$ при струмі навантаження $I_H = 10\text{ mA}$ виконувати, змінюючи напругу в межах від максимальної до мінімальної величини ручкою " U_{ex} ". Напруга U_H вимірюється у контрольній точці $X2$.

Таблиця 5.2

При $I_H = 10\text{ mA}$

$U_{ex}, \text{В}$	$U_{ex \text{ max}}$			$U_{ex \text{ ном}}$			$U_{ex \text{ min}}$
$U_H, \text{В}$							

5.4 Обробка експериментальних даних

5.4.1 Побудувати зовнішню характеристику параметричного стабілізатора $U_H = f(I_H)$.

5.4.2 Визначити внутрішній опір параметричного стабілізатора за формулою (5.6).

5.4.3 Побудувати залежність $U_H = f(U_{BX})$.

5.4.4 Визначити коефіцієнт стабілізації параметричного стабілізатора за формулою (5.2).

5.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинно бути зазначено номер роботи, її назву і мету дослідження. Необхідно навести принципову схему дослідженого параметричного стабілізатора (рисунок 5.2), дані вимірювань та результати розрахунків, графіки зовнішньої характеристики та залежність напруги навантаження від вхідної напруги.

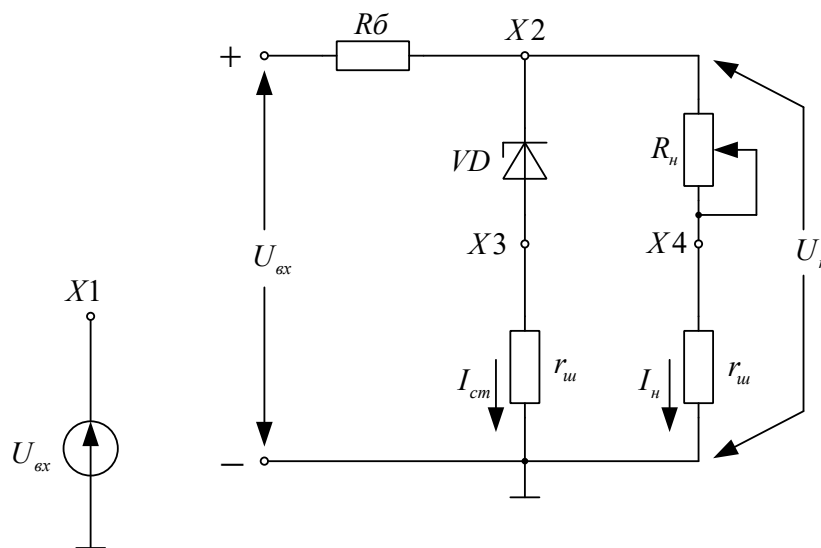


Рисунок 5.2

Контрольні питання

- 1 Поясніть принцип роботи параметричного стабілізатора.
- 2 Що таке нестабільність напруги і як вона визначається?
- 3 Що таке коефіцієнт стабілізації і як його визначити?

4 Що таке внутрішній опір стабілізатора, від чого він залежить і як його експериментально визначити?

5 Поясніть, у яких межах можна змінювати струм навантаження у параметричному стабілізаторі.

6 Поясніть, у яких межах можна змінювати вхідну напругу у параметричному стабілізаторі.

7 Області використання параметричних стабілізаторів, їх переваги і недоліки.

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.2 НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР

6.1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення принципів роботи та визначення основних параметрів і характеристик компенсаційного стабілізатора.

6.2 Основні теоретичні положення

Компенсаційний стабілізатор працює як замкнена система автоматичного регулювання із зворотним зв'язком і являє собою керований подільник вхідної напруги, який складається з опору навантаження H і регулюючого елемента PE , котрий працює у лінійному (підсилювальному) режимі. Структурну схему компенсаційного стабілізатора напруги подано на рисунку 6.1.

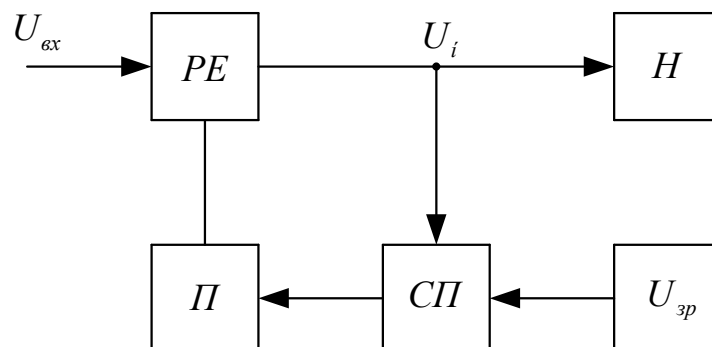


Рисунок 6.1

Вхідна напруга U_{BX} через регулюючий елемент (РЕ) подається на вихід стабілізатора для живлення навантаження (Н). Одночасно вихідна напруга U_H (або її частина) подається на схему порівняння (СП), де вона порівнюється із стабільною зразковою напругою $U_{зр}$. На виході СП формується сигнал помилки, який залежить від розбіжності між вихідною і зразковою напругами. Цей сигнал підсилюється підсилювачем (П) і діє на РЕ таким чином, щоб вихідна напруга стабілізатора підтримувалась сталою.

Розглянута структура схеми відображає роботу стабілізатора напруги з безперервним регулюванням. У таких стабілізаторах РЕ працює в режимі керованого змінного опору. Під дією підсиленого сигналу помилки опір РЕ змінюється так, щоб вихідна напруга U_H залишалася сталою. На РЕ виділяється напруга, яка дорівнює різниці вхідної і вихідної напруг. Отже, потужність, яка виділяється на РЕ, пропорційна різниці напруг ($U_{BX} - U_H$). Тому й ККД стабілізаторів з безперервним регулюванням невисокий.

У ролі РЕ у таких стабілізаторах найчастіше використовують транзистори, які працюють у режимі керованого опору (в активному режимі). На рисунку 6.2 подано схему найпростішого компенсаційного стабілізатора напруги, побудованого на транзисторах.

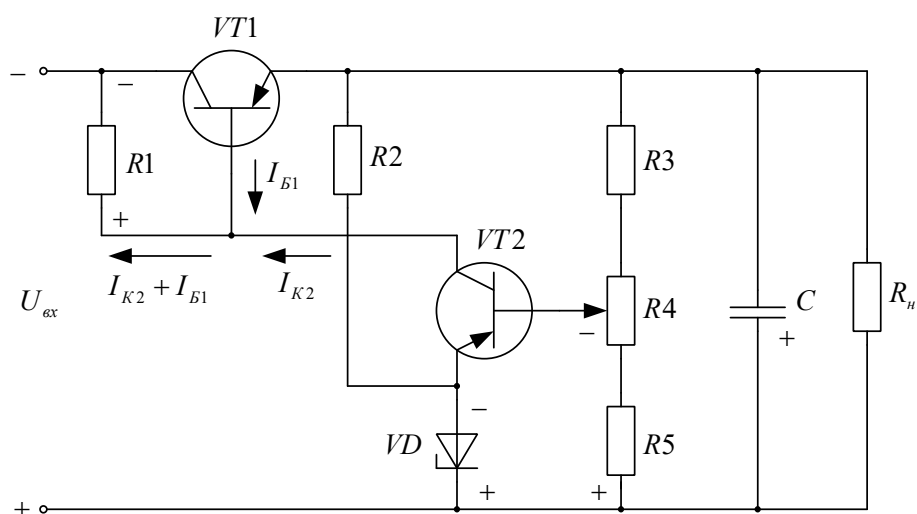


Рисунок 6.2

Транзистор $VT1$, увімкнений послідовно з навантаженням, виконує функцію РЕ. Резистори $R3 \dots R5$ є подільником вихідної напруги, з якого сигнал, пропорційний вихідній напрузі U_H , подається на СП. Роль схеми порівняння відіграє перехід база - емітер транзистора $VT2$, на якому відбувається порівняння вихідної напруги із зразковою. Джерело зразкової напруги $U_{зр}$ працює на параметричному стабілізаторі $R2, VD$. Транзистор $VT2$ одночасно є підсилювачем сигналу помилки П. Навантаженням цього підсилювача є резистор $R1$.

Із збільшенням напруги на вході схеми у перший момент часу напруга на виході U_H також починає зростати. При цьому збільшується спад напруги на нижньому плечі подільника $R3 \dots R5$ (полярність показана на рисунку 6.2). Напруга на стабілітроні VD (і на емітері транзистора $VT2$) при цьому не змінюється. Отже, напруга база - емітер транзистора $VT2$ стає більш негативною. Транзистор $VT2$ більше відкривається і його колекторний струм $I_{к2}$ зростає. Протікаючи через резистор $R1$, цей струм збільшує спад напруги на резисторі (полярність показана на рисунку 6.2). Отже, потенціал бази транзистора $VT1$ стає більш позитивним і транзистор прикривається. Його опір збільшується, що приводить до збільшення спаду напруги на ньому. У результаті практично вся зростаюча вхідна напруга виділятиметься на регулюючому транзисторі $VT1$, а вихідна напруга U_H майже не зміниться.

Коефіцієнт стабілізації компенсаційних стабілізаторів дуже залежить від коефіцієнта підсилення підсилювального елемента П. Для підвищення коефіцієнта стабілізації підсилювач сигналу помилки П часто виготовляють на основі інтегрального підсилювача, який забезпечує високий коефіцієнт підсилення. Для одержання у навантаженні великих значень струму і зменшення вихідного опору стабілізатора РЕ виконують на основі складеного транзистора $VT1, VT4$ (рисунок 6.3).

У схемі (рисунок 6.2) підсилювач постійного струму на транзисторі $VT2$ живиться від нестабільного джерела вхідної напруги. Тому при його зміні буде змінюватися й вихідна напруга підсилювача, що призведе до зменшення коефіцієнта стабілізації схеми. Для ослаблення впливу зміни вхідної напруги

підсилювача на точність роботи схеми вводять негативний зворотний зв'язок по вихідній напрузі за допомогою резистора R^* . Опір цього резистора підбирається, як правило, експериментально.

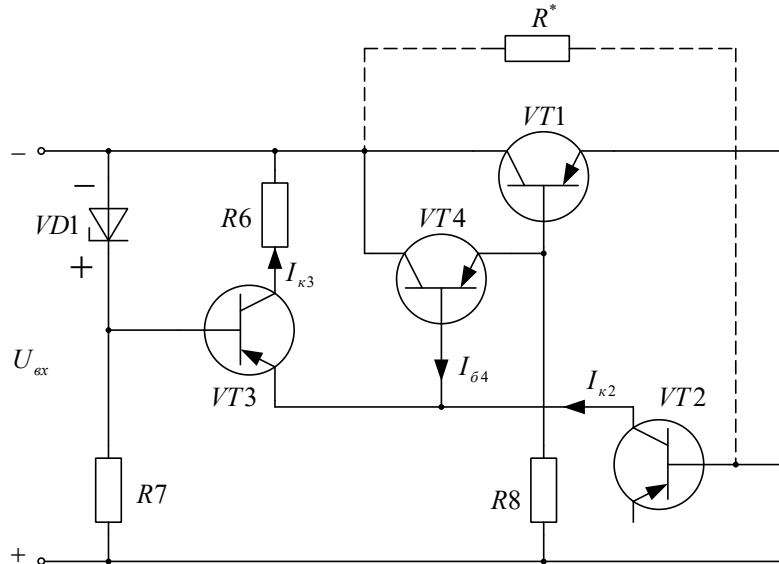


Рисунок 6.3

Другим способом поліпшення коефіцієнта стабілізації схеми є живлення транзистора $VT2$ від стабілізатора струму (рисунок 6.3), зібраного на транзисторі $VT3$. Через те, що напруга на базі $VT3$ застабілізована стабілітроном $VD1$, то напруга на резисторі $R6$ буде практично постійною і дорівнюватиме різниці напруг U_{VD} стабілітрона $VD1$ та переходу емітер - база транзистора $VT3$ – U_{EE3} . Струм через резистор $R6$, а отже, струм емітера I_{E3} також буде постійним і дорівнюватиме

$$I_{E3} \approx \frac{U_{VD} - U_{EE3}}{R6} \approx \frac{U_{VD}}{R6}. \quad (6.1)$$

Тому що $I_{A\zeta} \approx I_{E\zeta}$, струм колектора транзистора $VT3$ I_{K3} , який дорівнює $I_{E\zeta} = I_{E2} + I_{A4}$ (рисунок 6.3), практично не залежить від коливань вхідної напруги.

Таким чином, при зміні I_{K3} під дією сигналу помилки струм I_{B4} буде змінюватися на ту ж саму величину, але в протилежну сторону.

Використання замість резистора $R1$ (рисунок 6.2) стабілізатора струму еквівалентне використанню резистора з великим динамічним опором, що різко підвищує коефіцієнт стабілізації схеми.

Компенсаційний стабілізатор з регулюючим елементом, який працює в лінійному режимі, має відносно низький ККД $\eta \approx U_{вих} / U_{вх}$, котрий складає 40 ... 60 %.

6.3 Порядок виконання роботи

6.3.1 Зняття зовнішньої характеристики компенсаційного стабілізатора $U_H = f(I_H)$ при постійній вхідній напрузі $U_{вх} = 20\text{В}$ (контрольна точка $X1$).

Струм навантаження I_H змінюється в межах від мінімального до максимального значення за допомогою ручки " R_H " і визначається шляхом вимірювання падіння напруги на шунті $r_{ш}$ в контрольній точці $X6$. У процесі зміни струму навантаження слід підтримувати постійною вхідну напругу за допомогою ручки " $U_{вх}$ ".

Таблиця 6.1

При $U_{вх} = 20\text{В}$

I_H, mA	$I_{H \min}$							$I_{H \max}$
$U_H, \text{В}$								
I_{cm}, mA								

Для вимірювання напруги на навантаженні U_H використовується компенсаційний метод, який дозволяє виміряти малі прирощення напруги U_H . Вимірювання слід проводити у такому порядку. Встановити і виміряти мінімальний струм I_H . Потім виміряти й записати значення напруги U_{H0} у контрольній точці $X5$. На порівняльній пристрій ПП подається напруга U_H і компенсуюча напруга $E1$. Регулюючи компенсуючу напругу ручкою " $E1$ ", добиваються на виході ПП напруги не більше $\pm(20 \div 30)$ мВ та запам'ятовують її. Змінюючи струм навантаження, визначають прирощення ΔU_H , як різницю між новим та запам'ятованим раніше значенням напруги з урахуванням знака

на виході ПП, тобто одержують напругу на навантаженні $U_H = U_{H0} + \Delta U_H$.

6.3.2 Зняття залежності: $U_H = f(U_{BX})$ при струмові навантаження $I_H = 60$ мА виконувати, змінюючи вхідну напругу від 18 до 23 В ручкою " U_{BX} ". При вимірюванні прирощення напруги на навантаженні U_H використовується компенсаційний метод, наведений вище.

Таблиця 6.2

При $I_H = 60$ мА

U_{ex}, B	$U_{ex\ max}$			$U_{ex\ ном}$			$U_{ex\ min}$
U_H, B							

6.4 Обробка експериментальних даних

6.4.1 Побудувати зовнішню характеристику компенсаційного стабілізатора $U_H = f(I_H)$.

За знятою й побудованою зовнішньою характеристикою визначити вихідний опір стабілізатора $R_{вих} = \frac{\Delta U_H}{\Delta I_H}$.

6.4.2 Побудувати залежність $U_H = f(U_{BX})$.

6.4.3 За результатами експерименту визначити коефіцієнт стабілізації при $U_{BX\ ном} = 20$ В; $U_{H\ ном} = U_H$ при $U_{BX\ ном}$

$$K_{\dot{u}} = \left(\frac{\Delta U_{\dot{u}}}{U_{\dot{u}}} \right) \cdot \left(\frac{U_{i, \dot{u}}}{\Delta U_i} \right). \quad (6.2)$$

6.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинно бути зазначено номер роботи, її назву і мету дослідження. Необхідно навести принципову схему дослідженого компенсаційного стабілізатора (рисунок 6.4), дані вимірювань та результати розрахунків, графіки зовнішньої характеристики та залежності напруги навантаження від вхідної напруги.

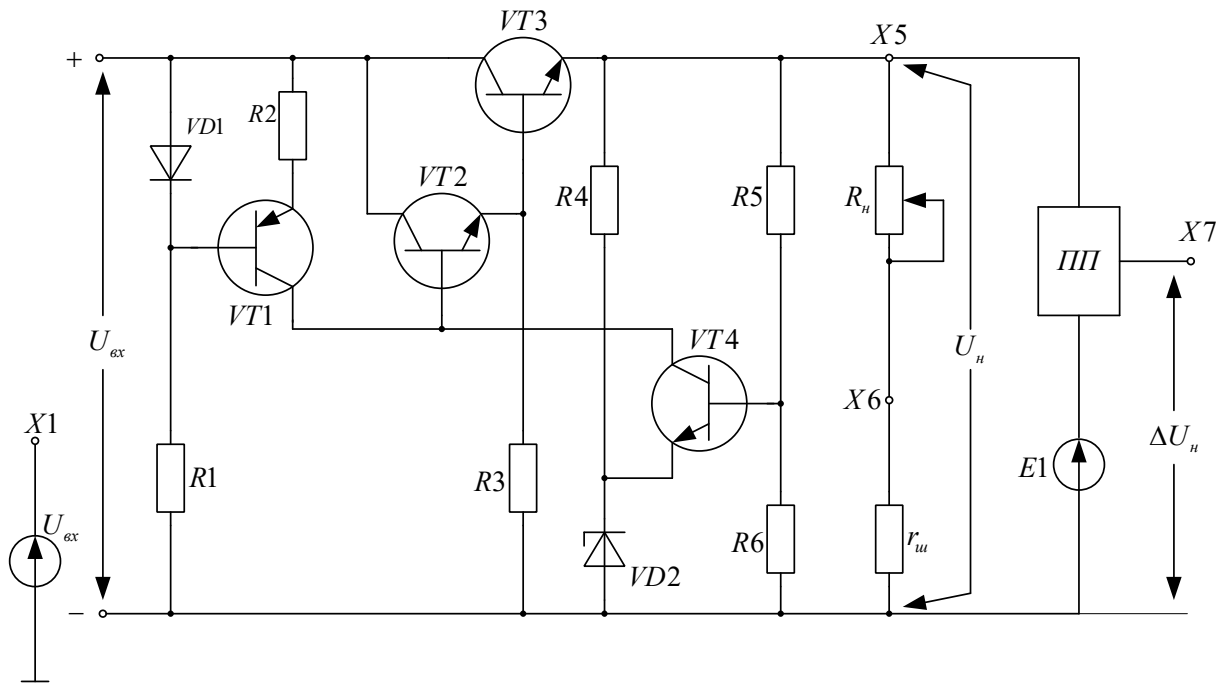


Рисунок 6.4

Контрольні питання

- 1 Поясніть принцип дії компенсаційного стабілізатора напруги.
- 2 Укажіть призначення стабілізатора і взаємодію його основних вузлів.
- 3 Що таке нестабільність напруги і як вона визначається?
- 4 Що таке зовнішня характеристика стабілізатора?
- 5 Як знаходиться вихідна напруга компенсаційного стабілізатора?
- 6 Якими параметрами характеризується стабілізатор напруги?
- 7 Що таке температурний коефіцієнт напруги?
- 8 Із яких складових складається структура компенсаційного стабілізатора?
- 9 Що таке коефіцієнт стабілізації і як його визначити теоретично і експериментально?
- 10 Що таке внутрішній опір стабілізатора, від чого він залежить і як його експериментально визначити?

11 Які переваги має схема стабілізатора на дискретних елементах з ОП у ланцюзі зворотного зв'язку в порівнянні зі схемою стабілізатора з транзистором у ланцюзі зворотного зв'язку?

12 З якою метою вмикається резистор R^* у схемі стабілізатора (рисунок 6.3)?

13 Для чого у стабілізаторі використовуються складені транзистори?

14 Для чого у компенсаційному стабілізаторі використовується стабілізатор струму?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа, 1982.

2 Руденко В.С., Сенько В.И., Трифонюк В.В. Основы промышленной электроники. – К.: Техніка, 1985.

3 Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Промышленная электроника. – К.: Вища школа, 1983.

4 Руденко В.С., Сенько В.И., Трифонюк В.В. Приборы и устройства промышленной электроники. – К.: Техніка, 1990.

5 Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка. – К.: Либідь, 1993.

6 Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. Електроніка і мікро схемотехніка: У 4-х т.– К.: Обереги, 2000. – Т. 1.

7 Панасенко М.В., Нікулін В.С. Конспект лекцій з дисципліни „Основи промислової електроніки”. Ч.1. Напівпровідникові прилади. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 66 с.

8 Панасенко М.В., Нікулін В.С. Конспект лекцій з дисципліни „Основи промислової електроніки”. Ч.2. Підсилювальні пристрої. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 69 с.

9 Панасенко М.В., Нікулін В.С. Конспект лекцій з дисципліни „Основи промислової електроніки”. Ч. 3. Імпульсні пристрої. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 41 с.

10 Нікулін В.С. Конспект лекцій з дисципліни „Основи промислової електроніки”. Ч. 4. Перетворювальні пристрої, ведені мережею. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 85 с.

11 Нікулін В.С. Конспект лекцій з дисципліни „Основи промислової електроніки”. Ч. 5. Стабілізуючі та автономні перетворювальні пристрої. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 82 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»

для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей «Електричний транспорт» і
«Електричні системи та комплекси транспортних засобів»

Частина 1

Відповідальний за випуск Нікулін В.С.

Редактор

Підписано до друку

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 2,5. Обл.-вид. арк. 2.75.

Замовлення № Тираж 100 Ціна

Друкарня УкрДАЗТу.

161050, Харків – 50, пл. Фейербаха, 7