

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з курсу
"Енергетична електроніка"
для студентів спеціальності 090803
денної і заочної форм навчання

Суми
Вид-во СумДУ
2008

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни
"Енергетична електроніка" / Укладачі: Є. Л. Онанченко,
В. М. Гапич, І. Є. Бражник – Суми: Вид-во СумДУ 2008 - 37 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Зміст

Основні вимоги до підготовки лабораторних робіт	С. 4
Лабораторна робота 1 ВИПРЯМЛЯЧ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ	6
Лабораторна робота 2 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БАГАТОФАЗНОГО ВИПРЯМЛЯЧА	12
Лабораторна робота 3 ОДНОФАЗНИЙ КЕРОВАННИЙ ВИПРЯМЛЯЧ	17
Лабораторна робота 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ	22
Лабораторна робота 5 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАТОРА НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	30
Список літератури	36

Основні вимоги до підготовки лабораторних робіт

Дані методичні вказівки призначені для студентів спеціальності "Електронні системи". Вони нададуть допомогу студентам при підготовці й виконанні лабораторних робіт з дисципліни "Енергетична електроніка".

При позааудиторній підготовці студенти повинні відповісти на контрольні питання з теми лабораторної роботи, виконати розрахункові завдання, підготувати таблиці для запису результатів вимірів.

Обсяг кожної роботи розрахований на чотири години лабораторних занять. За цей час студенти повинні відповісти на контрольні запитання, наведені в методичних вказівках, зібрати досліджувану схему, зафіксувати результати експерименту, побудувати графіки і всі матеріали дослідження погодити з керівником робіт.

Цілі проведення лабораторних робіт з дисципліни "Енергетична електроніка":

- закріплення основних теоретичних положень і висновків з дисципліни;
- розвиток навичок самостійної роботи студентів;
- стимулювання пізнавальної активності студентів;
- вироблення у студентів навичок планування і проведення експерименту;
- обробка студентами отриманих даних для формулювання висновків за результатами досліджень;
- з'ясування студентами основних принципів складання структурних і принципових схем пристрою перетворювальної техніки;
- ознайомлення студентів із сучасними пристроями перетворювальної техніки;
- ознайомлення студентів із сучасними перетворювачами й завданнями, що вирішуються ними в народному господарстві країни;

- освоєння основної технічної документації, стандартів й ЕСКД, необхідних інженерові – проектувальникові перетворювальної техніки.

Під час виконання лабораторних робіт студенти здобувають знання з:

- цільового використання перетворювачів електричної енергії;

- критичного аналізу властивостей і можливостей окремих блоків перетворювальної техніки;

- розроблення структурних, принципівих схем і конструкцій перетворювачів;

- оформлення документації відповідно до діючих ДСТУ та ЕСКД.

Під час виконання лабораторних робіт студенти здобувають уміння:

- складати структурні і принципіві схеми перетворювачів відповідно до вихідних технічних даних до завдання;

- робити розрахунок елементів блоків перетворювальних пристроїв;

- досліджувати макети основних типів перетворювачів з оформленням необхідної документації;

- робити висновки щодо технічного стану досліджуваного макета;

- вибирати елементи пристрою відповідно до існуючої номенклатури комплектуючих виробів.

Лабораторна робота 1

ВИПРЯМЛЯЧ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Мета роботи - вивчення принципу дії головних видів випрямних схем, застосовуваних у блоках живлення малої потужності, дослідження зовнішніх характеристик випрямних схем з різними видами навантаження, діаграм напруг і струмів випрямних схем.

1 Опис лабораторної установки

1.1 Конструкція

Стенд сконструйований у вигляді настільного переносного приладу. Всі ручки й органи керування, а також вимірювальні прилади розміщені на передній панелі. На фальшпанелі й панелях, що накладаються на неї, досліджуваних випрямлячів і фільтрів нанесені зображення досліджуваних схем і відповідні написи.

На фальшпанелі встановлюються змінні панелі досліджуваних випрямлячів і фільтрів із пристроями комутації.

На лицьовій панелі стенда розміщені:

- тумблер вмикання стенда з написом "Мережа";
- сигнальна лампочка;
- тумблер $SA2$ для послідовного підключення діодів однопівперіодного випрямляча при дослідженні впливу внутрішнього опору діода на характеристики випрямляча;
- тумблер $SA3$ для підключення конденсаторів різної ємності ($C1$ або $C2$) при роботі випрямлячів на ємність;
- тумблер $SA5$ перемикає $L1$ і $L2$ у схемі "LC"- фільтру або підключає компенсаційну обмотку дроселя $L2$ при дослідженні фільтру "LC" з компенсацією;
- тумблер $SA6$ для підключення різних ємностей ($C3$ або $C4$) у фільтрах LC;
- тумблером $SA7$ підключаються різні конденсатори ($C5$ або $C6$) у транзисторному фільтрі;

- тумблером $SA4$ підключається активне навантаження до різних схем випрямлячів;
- ручка регулювання активного опору навантаження " R_H ";
- ручка регулювання активного опору в RC – фільтрі " R_ϕ ";
- ручка регулювання величини опору базового діляника в транзисторному фільтрі " R_D ";
- гнізда "1-20" для вимірювання напруг і перегляду осцилограм у характерних точках досліджуваних схем;
- вольтметр $PV1$ для вимірювання напруги на вторинній обмотці трансформатора;
- міліамперметр PA для вимірювання величини середнього випрямленого струму;
- вольтметр $PV2$ для вимірювання напруги у характерних точках схем.

До складу стенда входять:

- понижуючий трансформатор;
- однопівперіодний випрямляч;
- двопівперіодний випрямляч;
- випрямляч подвоєння напруги;
- мостовий випрямляч;
- згладжувальні фільтри;
- регульоване навантаження;
- пристрій комутації випрямлячів;
- пристрій комутації фільтрів.

1.2 Схема електрична принципова

Напруга від мережі змінного струму 220 В, 50 Гц через запобіжник і тумблер $SA1$ надходить на первинну обмотку понижуючого трансформатора.

Із вторинних обмоток змінні напруги через пристрої комутації випрямлячів надходять на кожен зі схем випрямлення:

- однопівперіодну;
- двопівперіодну;
- мостову;
- подвоєння напруги.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Дослідження двопівперіодного випрямляча

На стенді встановити змінні панелі із мнемосхемами: випрямляч двопівперіодний із середньою точкою (панель 2) і LC- фільтр (панель 6). Досліджувана схема подана на рис. 1.

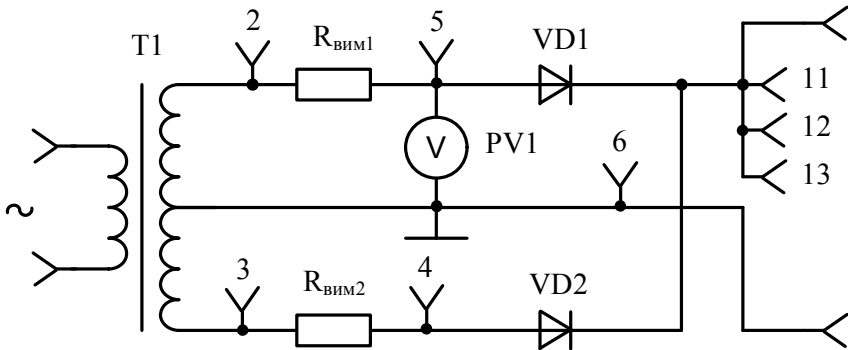


Рисунок 1 - Випрямляч двопівперіодний

У двопівперіодній схемі випрямлення вторинна обмотка трансформатора має вивід середньої точки. Напряга із вторинної обмотки трансформатора надходить на діоди $VD1$, $VD2$, катоди яких з'єднані в спільній точці.

Через пристрої комутації LC - фільтра досліджуємо роботу випрямляча на активно-індуктивне й активно-ємнісне навантаження.

2.2 Зняти зовнішні характеристики випрямляча при $U_A = const$ для таких варіантів:

- активне навантаження;
- активно-ємнісне навантаження;
- активно-індуктивне навантаження.

Примітка. Зняття зовнішньої характеристики роботи для декількох точок, змінюючи струм навантаження за допомогою потенціометра, розміщеного на передній панелі з написом " R_H "

Величина ємності вибирається перемикачем SA3. Зміна величин індуктивностей вибирається тумблером SA5.

2.3 Зарисувати тимчасові діаграми напруг на навантаженні й струму у вторинній обмотці трансформатора для варіантів п. 2.2 за допомогою осцилографа.

Примітка. Форму струму вторинної обмотки знімаємо з $R_{вим1}$ і $R_{вим2}$ (контрольні гнізда 2; 5 і 3; 4)

2.4 Розрахувати параметри E_2 , L_2 , S_T , $U_{звор.струм}$, I_a , m_n , $f_{2(1)}$, $k_{n(1)}$ для активної, індуктивної і ємнісної реакцій навантаження, якщо відомо, що $U_d = 40B$ і $I_d = 1A$.

У довіднику з напівпровідникових приладів вибрати тип вентилів.

3 Дослідження мостового випрямляча

Діяти аналогічно до пп. 2.1, 2.2 і 2.3. Досліджувана схема зображена на рис. 2.

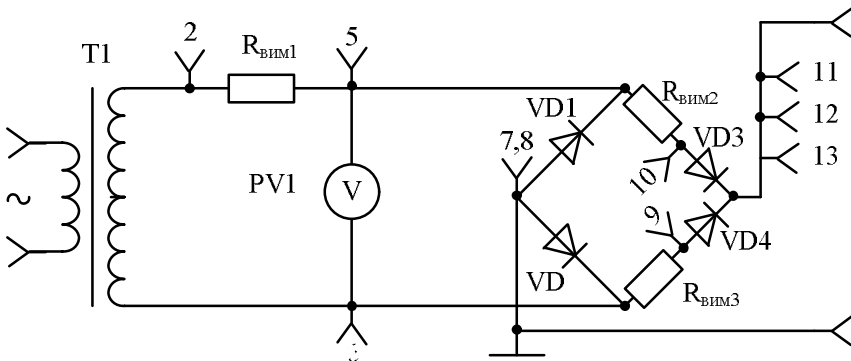


Рисунок 2 - Випрямляч мостовий

В однофазній мостовій схемі випрямлення чотири діоди $VD1 - VD4$ з'єднані так, що протягом однієї половини періоду напруга вторинної обмотки подається на навантаження через одну пару діодів $VD3, VD2$, а протягом іншої половини періоду - через іншу пару $VD1, VD4$.

У цій схемі вторинна обмотка трансформатора працює обидві половини періоду й через неї проходить струм в обох напрямках.

Через опір навантаження струм також проходить протягом обох половин періоду, але в незмінному напрямку.

4 Дослідження випрямляча подвоєння напруги

Діючи аналогічно до пп. 2.1, 2.2, 2.3, досліджувати випрямляч подвоєння напруги з різними характеристиками навантаження, необхідно тільки виключити дослідження на активно - індуктивний характер навантаження.

Досліджувана схема зображена на рис. 3.

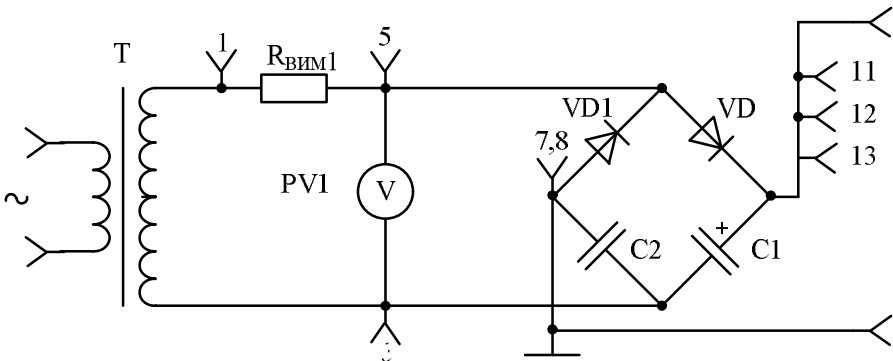


Рисунок 3 - Випрямляч із подвоєнням

У схемі на два плеча моста включені діоди $VD1$, $VD2$, а на два інших плеча – конденсатори $C1$ і $C2$.

До однієї з діагоналей моста підключена вторинна обмотка трансформатора, а до іншої діагоналі - навантаження.

У перший півперіод струм проходить через вторинну обмотку, діод $VD2$ і конденсатор $C1$, у другий півперіод струм проходить через діод $VD1$ і конденсатор $C2$.

Конденсатор розряджається на опір навантаження. Оскільки напруги на конденсаторах U_{C1} і U_{C2} зрушені по фазі на половину періоду, то сумарна напруга змінюється з подвоєною частотою, тобто в цій схемі частота першої гармоніки

випрямленої напруги дорівнює подвоєній частоті мережі ($f_{n1} = 2f_c$).

Струм у вторинній обмотці трансформатора в різні півперіоди має протилежний напрямок, і постійна складова струму у вторинній обмотці дорівнює нулю.

5 Зміст звіту з роботи

- 1 Мета роботи.
- 2 Порядок виконання роботи й розрахункових даних за п. 2.4.
- 3 Принципова схема.
- 4 Таблиця експериментальних даних за п. 2.2.
- 5 Графіки зовнішніх характеристик і осцилограм вихідних напруг за пп. 2.2, 2.3.
- 6 Висновки із порівняння результатів експерименту з теоретичними положеннями з досліджуваних питань.

6 Питання для опрацювання матеріалу до лабораторної роботи

6.1 Зрисуйте структурну схему випрямляча і поясніть значення окремих блоків.

6.2 Назвіть основні класифікаційні ознаки схем випрямлення і наведіть їх класифікацію.

6.3 Зрисуйте двопівперіодну схему випрямляча. Назвіть призначення елементів схеми. Розкажіть принцип її дії при різних видах навантаження із застосуваннями часових діаграм струмів і напруг. Наведіть основні розрахункові вирази. Оцініть якісні показники цієї схеми в порівнянні з іншими схемами випрямлення.

6.4 Те саме за п. 6.3 для мостової схеми випрямляча й випрямляча подвоєння напруги.

6.5 Зрисуйте графіки зовнішніх характеристик мостового випрямляча для варіантів за п. 2.2.

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БАГАТОФАЗНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Мета роботи - вивчення принципу дії трифазної нульової й трифазної мостової схем випрямлення і їх основні розрахункові співвідношення, дослідження зовнішніх характеристик схем, діаграм напруг і струмів для різних ділянок схеми.

1 Конструкція стенда

Стенд виконаний у вигляді настільного переносного приладу. Конструктивно стенд складається з розбірного каркаса й кожуха зі знімною задньою стінкою. До передньої панелі кріпиться лицьова панель із нанесеним на ній зображенням частини схеми стенда.

До лицьової панелі двома гвинтами, що не випадають, кріпиться лицьова панель із нанесеним на ній зображенням частини схеми стенда.

До лицьової панелі двома гвинтами, що не випадають, кріпиться одна зі змінних панелей із зображенням схеми досліджуваного трифазного випрямляча.

Всі органи керування, контрольні гнізда й вимірювальні прилади розміщені на передній панелі й мають такі написи:

- вимикач "Q1" "Мережа" – для вмикання стенда;
- лампочка індикації - для контролю вмикання живлення за фазами;
- прилад "I1" – для вимірювання струму у фазі;
- прилад "I2" і кнопка " $\frac{x_2}{x_1}$ " – для вимірювання струму у вторинному ланцюзі;
- прилад "U2" – для вимірювання фазної або лінійної напруги;
- прилад "Ia" – для вимірювання постійного струму в ланцюзі випрямляча;

- прилад " I_d " – для вимірювання постійного струму в навантаженні;
- прилад " U_d " – для вимірювання постійної напруги на навантаженні;
- тумблер " $S1$ ", " La ", " Lb ", " Lc " – для вмикання індуктивностей у фазах А, В, С;
- тумблер " $S2$ ", " $U_l - U_\phi$ " - для перемикання приладу;
- тумблер " $S3$ ", " Ld " – для підключення індуктивності до навантаження;
- тумблер " $S4$ ", " R_n " – для вмикання активного навантаження;
- перемикач " R_n " – для перемикання величини навантаження " $0,5R_n$ ", " R_n ", " $2R_n$ ";
- гнізда "1-12" – для перегляду осцилограм струму.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Трифазний нульовий випрямляч (рис. 4)

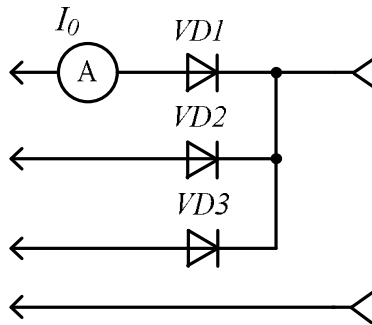


Рисунок 4 - Трифазний нульовий випрямляч

Трифазний випрямляч із виводом нульової точки трансформатора зібраний на діодах $VD1$, $VD2$, $VD3$.

У ланцюгах живлення фаз після трансформатора включені дроселі La , Lb , Lc , що імітують індуктивності розсіювання обмоток трансформатора, які можна закорочувати тумблером $S1$ " La ", " Lb ", " Lc ".

Величина активного навантаження змінюється дискретно перемикачем $S5$ НАВАНТАЖЕННЯ і має такі значення: " $0,5R_n, R_n, 2R_n$ ".

Тумблером $S4$ (R_n) можна створити режим X, X .

Індуктивно-активне навантаження створюється підключенням дроселя L_d . Вмикання дроселя L_d здійснюється тумблером $S3$ (" L_d ").

Для перегляду осцилограм у характерних ділянках схеми включені вимірювальні резистори опором 1 Ом , від яких виведені контрольні гнізда.

2.2 Зняти зовнішні характеристики випрямляча для таких варіантів:

- активне навантаження;
- індуктивно-активне навантаження.

***Примітка.** Для побудови зовнішньої характеристики досить виміряти випрямлену напругу при різних значеннях струму навантаження відповідно $2R_n, R_n, 0,5R_n, R_n = \infty$*

2.3 Зарисувати часові діаграми напруг на навантаженні для варіантів п. 2.2, на вентилі $VD1$ і струму, що проходить через вентиль $VD1$.

2.4 За даними експерименту визначити співвідношення $U_d/U_2, I_d/I_2$ і порівняти їх з теоретичними співвідношеннями. У довіднику з напівпровідникових приладів вибрати тип вентиля.

2.5 Розрахувати зовнішню характеристику випрямляча $U_d = f(I_d), E2 = const$, що працює на активне навантаження. Вихідні дані для розрахунку зовнішньої характеристики $U_d = 40\text{ В}, r_{np} = 3\text{ Ом}$, тип діодів Д226Д, струм навантаження змінювати від 0 до 1 А .

3 Трифазний мостовий випрямляч (рис. 5)

Трифазний мостовий випрямляч зібраний на діодах $VD1 - VD6$. Все інше аналогічно до сказаного в п. 2.

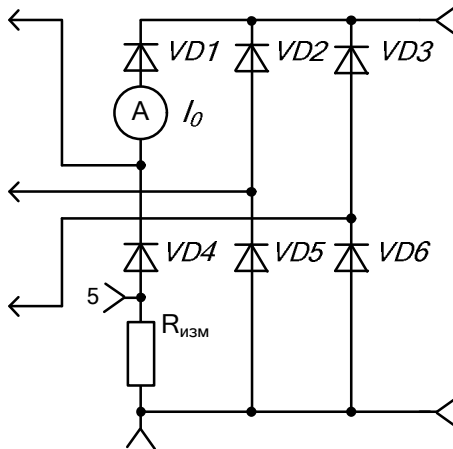


Рисунок 5 - Трифазний мостовий випрямляч

3.1 Для мостової схеми - аналогічно до пунктів 2.2 - 2.3.

Примітка. Для п. 2.3 на вентилі VD4

4 Зміст звіту з роботи

1 Мета роботи.

2 Порядок виконання роботи й розрахункових даних за п. 2.5.

3 Принципова схема.

4 Таблиця експериментальних даних за п. 2.2.

5 Графіки зовнішніх характеристик і осцилограм вихідних напруг за пп. 2.2, 2.3.

6 Висновки із порівняння результатів експерименту з теоретичними положеннями з досліджуваних питань.

5 Питання для опрацювання матеріалу до лабораторної роботи

5.1 Розкажіть про принцип дії трифазної нульової схеми випрямлення із застосуванням часових діаграм струмів і напруг.

5.2 Розкажіть про принцип дії трифазної мостової схеми випрямлення із застосуванням часових діаграм струмів і напруг.

5.3 Наведіть основні розрахункові співвідношення для трифазної нульової схеми випрямлення.

5.4 Те саме, що і у п. 5.3, але для трифазної мостової схеми випрямляча.

5.5 Оцініть якісні показники досліджуваних схем випрямлення і зазначте їх застосування.

5.6 Що таке кут комутації вентилів і від чого він залежить.

5.7 Поясніть хід зовнішньої характеристики схеми.

5.8 Розкажіть про порядок виконання робіт.

Лабораторна робота 3

ОДНОФАЗНИЙ КЕРОВАНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ

Мета роботи - вивчення способів регулювання вихідної напруги, принципу дії тиристорних керованих випрямлячів, характеристик і параметрів керованих випрямлячів, схем систем керування тиристорними випрямлячами.

1 Конструкція стенда

Конструктивно стенд виконаний настільним переносним приладом і складається з окремих вузлів і блоків, змонтованих у металевому кожусі.

До передньої панелі й кожуха кріпиться фальшпанель із нанесеним на ній зображенням досліджуваної схеми однофазного регульованого випрямляча на тиристорах.

На панель виведені ручки керування й регулювання:

- тумблер " $S1$ " – вимикач активного або активно-індуктивного навантаження;
- потенціометр НАВАНТАЖЕННЯ – для зміни величини опору активного навантаження;
- перемикач " $R\phi$ " – для зміни кута α ;
- гнізда "1 - 16" – для зняття осцилограм у характерних точках випрямляча.

2 Порядок виконання робіт

У заданій схемі (рис. 6) як випрямні елементи використовуються керовані тиристори $VS1$ і $VS2$. Катоди тиристорів об'єднані в спільну точку і з'єднані з навантаженням, а аноди - приєднані до кінців вторинних обмоток силового трансформатора T з виведеною середньою точкою.

Із вторинних обмоток трансформатора стосовно середньої точки знімаються дві протифазних напруги.

У той півперіод, коли через одну із вторинних обмоток трансформатора проходить позитивна півхвиля синусоїдальної напруги, потенціал анода одного з тиристорів (допустимо V_{S1}) вище щодо потенціалу катода, і, отже, тиристор V_{S1} може пропустити струм через навантаження випрямляча при появі керуючої напруги.

Тиристор V_{S2} у цей півперіод замкнений, тому що в цей момент часу в нього потенціал на катоді вище потенціалу анода.

В інший півперіод полярність напруги на обмотках трансформатора зміниться на протилежну, і тиристор V_{S1} закритється, а V_{S2} - відкриється.

Подаючи на керуючий електрод тиристора імпульс із деякою затримкою, можна регулювати середнє значення струму й напруги в ланцюзі навантаження.

Навантаження випрямляча підключене між спільною точкою катодів тиристорів і середньою точкою трансформатора.

Напруга керування тиристорами повинна відставати за фазою від анодної напруги. У цьому випадку тиристор буде закритий з моменту подачі позитивної анодної напруги до подачі керуючої напруги. Запізнювання запалювання оцінюється кутом регулювання α .

Кут α у загальному випадку може бути визначений за формулою

$$\alpha = -2\arctg R\omega C,$$

де R - активний опір у плечі моста ($R_3 - R_{I0}$);

C - конденсатор C_1 .

Залежність середнього значення напруги в ланцюзі навантаження від кута регулювання α є регулювальною характеристикою випрямляча.

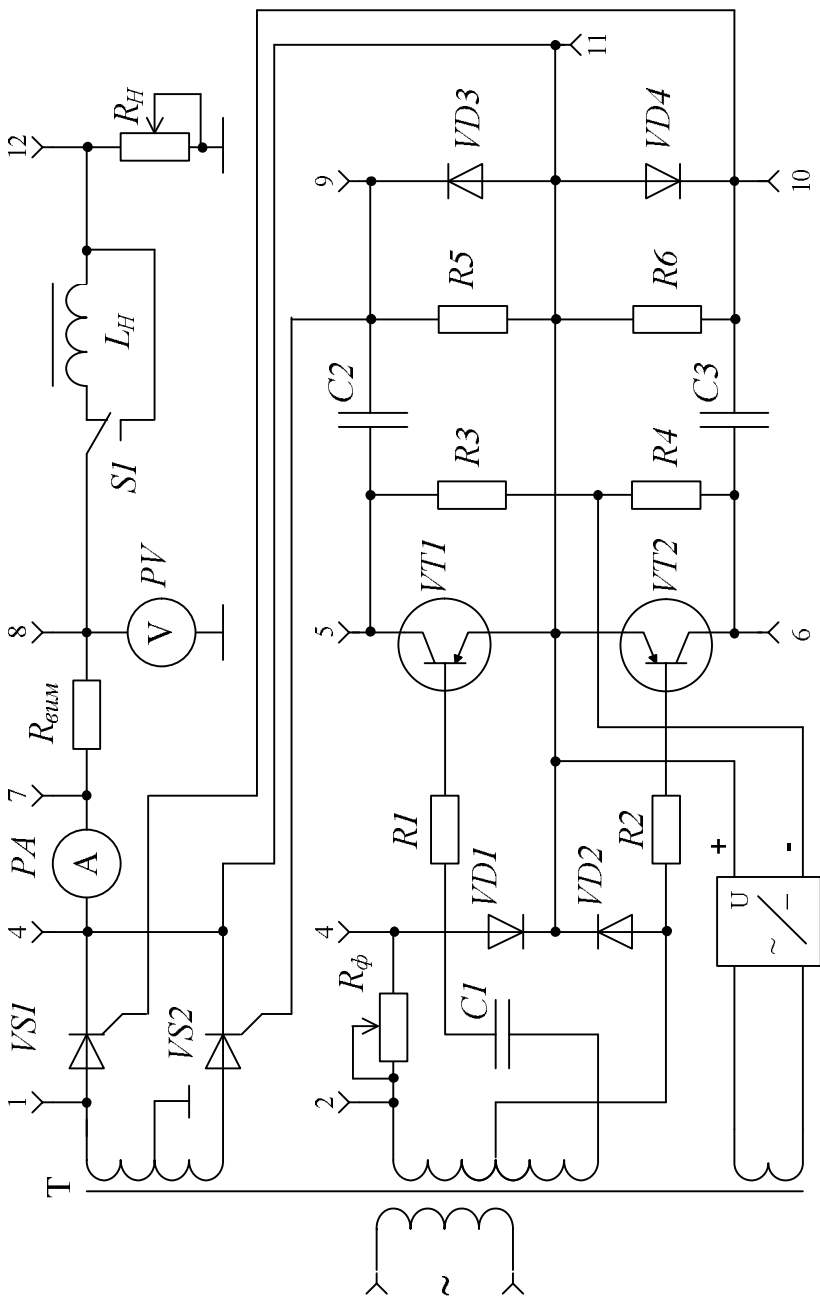


Рисунок 6 – Однофазный кероаний выпрямляч

2.1 Зняти зовнішні характеристики випрямляча $U_d = f(I_d)$ при $U_a = const$ і $\alpha = const$ для таких варіантів:

- навантаження активне;
- навантаження активно-індуктивне.

Для кожного з варіантів повинно бути знято не менше двох зовнішніх характеристик при різних кутах керування тиристорами: $\alpha = min$, $\alpha = max$, $\alpha = 60^\circ$.

2.2 Зарисувати осцилограми напруг на навантаженні і струм для варіантів за п. 2.1 для різних кутів керування.

2.3 Зняти регульовальні характеристики $U_d = f(\alpha)$ керованого випрямляча для таких варіантів:

- навантаження активне;
- навантаження активно-індуктивне.

Залежність $U_d = f(\alpha)$ знімається при $U_a = const$ і $R_H = const$.

2.4 Розрахувати параметри:

$U_{звор}$, I_a , I_2 , S_T для активного й активно-індуктивного навантажень, якщо відомо, що $U_d = 40 B$ і $I_d = 1 A$. У довіднику з напівпровідникових приладів вибрати тип вентилів.

3 Зміст звіту щодо роботи

1 Мета роботи.

2 Порядок виконання роботи й розрахункових даних за п. 2.4.

3 Принципова схема випрямляча.

4 Таблиці експериментальних даних за пп. 2.1, 2.3.

5 Графіки зовнішніх регульовальних характеристик за пп. 2.1, 2.3 і осцилограми напруг за п. 2.2.

6 Висновки щодо порівняння результатів експерименту з теоретичними положеннями з вивчених питань.

4 Питання для опрацювання матеріалу до лабораторної роботи

4.1 Перелічити способи зміни вихідної напруги випрямлячів.

4.2 Чому виникає необхідність у регулюванні вихідної напруги випрямлячів?

4.3 Оцініть якісні показники різних способів зміни вихідної напруги випрямлячів.

4.4 Зарисуйте зовнішні й регульовальні характеристики випрямляча при активному й активно-індуктивному навантаженнях.

4.5 Зарисуйте осцилограми напруг на навантаженні при різних кутах керування.

Лабораторна робота 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ

Мета роботи - дослідження згладжуючих фільтрів і їх вплив на роботу некерованих випрямлячів, експериментальне визначення основних параметрів і характеристик схем різних фільтрів, їхня порівняльна оцінка.

1 Опис лабораторної установки

Опис стенда й конструкція аналогічні раніше розглянутому стенду в лабораторній роботі 1.

2 Порядок виконання роботи

На стенді встановити змінні панелі із мнемосхемами двопівперіодного випрямляча й досліджуваних фільтрів:

- індуктивний ($L1$ і $L2$);
- ємнісний ($C1$ і $C2$);
- Г- подібний (LC);
- П- подібний (RC) і (LC);
- Г- подібний резонансний (з послідовним і паралельним резонансом);
- транзисторний.

2.1 Індуктивний фільтр (панель 6) складається із дроселя $L1$ або $L2$, що підключається тумблером $SA4$. Зміна величин індуктивностей здійснюється тумблером $SA5$ (рис. 7).

2.2 Ємнісний фільтр (панель 6) складається з конденсаторів $C1$ і $C2$, що підключаються тумблером $SA3$, або конденсаторів $C3$ і $C4$, що комутують тумблером $SA6$ (рис. 7).

2.3 Г - подібний LC - фільтр (панель 6) містить у собі дроселі $L1$ або $L2$ і конденсатори $C3$ і $C4$, що комутують відповідно $SA4$ і $SA6$ (рис. 7).

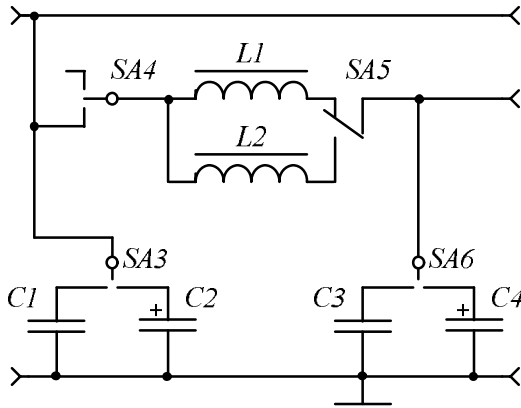


Рисунок 7 - LC - фільтр

2.4 П - подібний RC (панель 5) і LC (панель 6) фільтри. Схема RC - фільтра складається з активного опору " R_ϕ " і ємностей C1 - C4. Оскільки через резистор " R_ϕ " проходить весь струм навантаження, то відмінною рисою схеми є значне зменшення постійної складової напруги на виході фільтра і збільшення втрат потужності в опорі " R_ϕ ".

Для дослідження впливу величини опору RC - фільтра на параметри випрямляча резистор " R_ϕ " обраний регульованим (рис. 8).

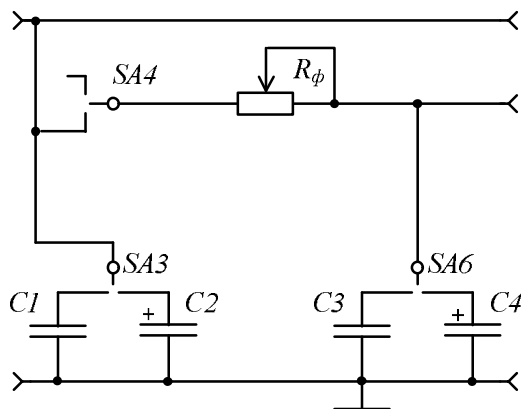


Рисунок 8 - RC - фільтр

Схема LC Π -подібного фільтра містить у собі індуктивності $L1$ і $L2$, а також конденсатори $C1 - C4$ (рис. 7).

2.5 Γ -подібний резонансний з послідовним (панель 9) або паралельним резонансом (панель 8). Резонансні фільтри утворюються зі звичайного LC -фільтра шляхом:

- вмикання паралельно індуктивності дроселя $L2$ ємності конденсатора C_ϕ , тобто виходить фільтр із паралельним резонансним контуром (рис. 9);

- послідовного включення ємності C_ϕ і дроселя $L1$, тобто утвориться фільтр із послідовним резонансним контуром (рис. 10).

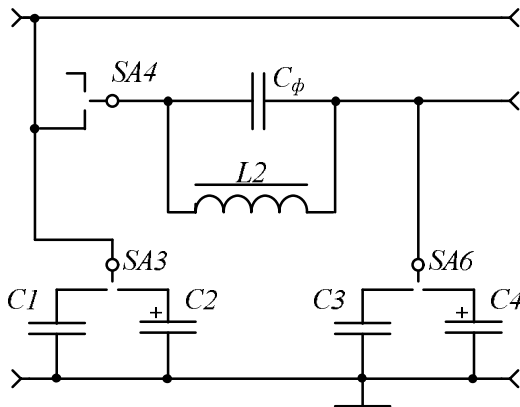


Рисунок 9 - LC -фільтр із паралельним резонансом

У порівнянні зі звичайним Γ -подібним LC -фільтром коефіцієнт згладжування фільтра з паралельним контуром в 3-4 рази вище.

Коефіцієнт згладжування резонансних фільтрів залежить від струму навантаження випрямляча.

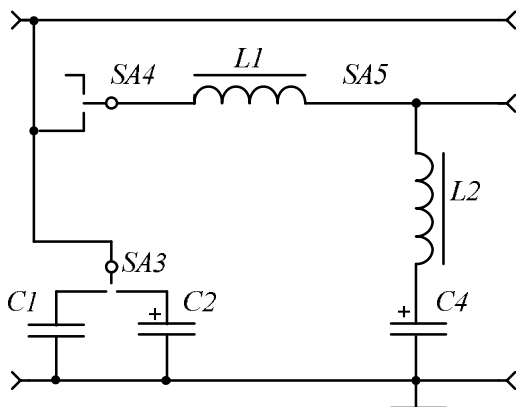


Рисунок 10 - LC - фільтр із послідовним резонансом

2.6 Транзисторний фільтр (рис. 11).

На стенді застосована схема транзисторного фільтра з послідовним регулюючим транзистором і навантаженням, включеними в ланцюг емітера.

Для підвищення коефіцієнта фільтрації, для живлення базового ланцюга використовується деталь у вигляді дволанкового RC - фільтра. Подвійний RC - фільтр зміщує напругу пульсації на 180 електричних градусів.

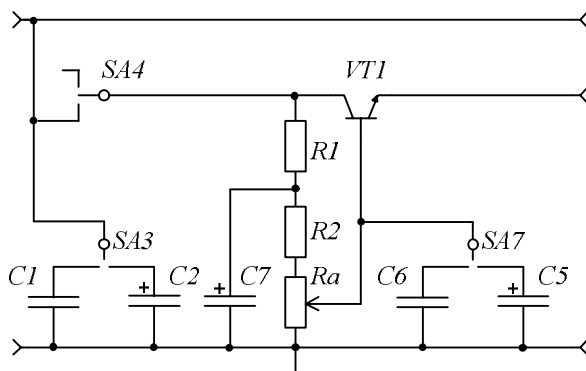


Рисунок 11 - Транзисторний фільтр

2.7 Результати вимірювань усіх дослідів занести до таблиці 1.

Таблиця 1

Тип фільтра	U_2	I_2	I_d	U'_d	U_d	$U'_{\text{вд}}$	$U_{\text{вд}}$
	B	A	A	B	B	B	B

U_2 - напруга на вході випрямляча;

I_2 - струм у вторинній обмотці трансформатора;

I_d - постійна складова струму навантаження;

U'_d - постійна складова напруги до фільтра;

U_d - постійна складова після фільтра;

$U'_{\text{вд}}$ - змінна складова напруги до фільтра;

$U_{\text{вд}}$ - змінна складова після фільтра.

2.8 За даними вимірювань зробити розрахунок змінних складових $U'_{\text{вм}}$ і $U_{\text{вм}}$, коефіцієнтів пульсацій на вході фільтра k'_n і на навантаженні k_n , коефіцієнт фільтрації k_ϕ і ККД.

Дані розрахунків занести до таблиці 2

Таблиця 2

Тип фільтра	$U'_{\text{вм}}$	$U_{\text{вм}}$	k'_n	k_n	k_ϕ	η
	B	B	%	%	%	%

2.9 За даними дослідів і теоретичних розрахунків побудувати залежності для кожного з досліджуваних фільтрів:

$$U_d = f(I_d), k_n = f(I_d), k_\phi = f(I_d).$$

3 Методичні вказівки

При розрахунку за п. 2.7 завдання варто мати на увазі, що згладжуюча дія фільтра звичайно оцінюється за величиною його коефіцієнта згладжування.

Коефіцієнтом згладжування фільтра гармоніки пульсацій прийнято вважати відношення коефіцієнта пульсацій на вході фільтра $k'_{n(\kappa)}$ до коефіцієнта пульсацій на його виході $k_{n(\kappa)}$, де

$$k_{n(\kappa)} = \frac{U_{\epsilon m(\kappa)}}{U_d},$$

$$k_{c2(\kappa)} = \frac{k'_{n(k)}}{k_{n(k)}}. \quad (1)$$

Звичайно коефіцієнт пульсацій визначають за основною гармонікою, тому коефіцієнт згладжування оцінюють також за нижчою гармонікою пульсацій випрямленої напруги. Номером гармоніки в позначенні k_{c2} звичайно нехтують. Підставивши значення $k'_{n(\kappa)}$ і $k_{n(\kappa)}$ в (1), одержимо

$$k_{c2} = \frac{U'_{(1)m}}{U'_d} \cdot \frac{U_d}{U_{(1)m}} = k_\phi \cdot \eta_\phi,$$

де $\eta_\phi = \frac{U_d}{U'_d}$ - коефіцієнт передачі постійної складової із входу фільтра на його вихід, що характеризує втрату напруги у фільтрі і його ККД.

Величина коефіцієнта корисної дії фільтрів великої потужності $\eta_\phi = 0,99$, а малої потужності $\eta_\phi = 0,50 \dots 0,90$.

Нехтуючи втратами у фільтрі, можна вважати, що

$$k_{c2} = \frac{U'_{(1)m}}{U_{(1)m}} = k_\phi, \quad k_\phi = \frac{U'_{\epsilon d}}{U_{\epsilon d}}.$$

Величина коефіцієнта пульсацій на вході фільтра залежить від обраної схеми випрямляча й для фільтра з індуктивною реакцією і без втрат на комутацію може визначатися як

$$k_{n(1)} = \frac{U_{(1)m}}{U_d}, \text{ або } k_{n(1)} = \frac{2}{P^2 - 1},$$

де $P = n_T m_z$.

Таким чином, коефіцієнт фільтрації фільтра

$$k_\phi = \frac{k'_{n(1)}}{k_{n(1)}} = \frac{2}{(P^2 - 1)k'_{n(1)}}.$$

При ємнісній реакції фільтра

$$k'_{n(1)} = \frac{H(\theta)}{P\omega R_a C_\phi}.$$

4 Зміст звіту з роботи

- 1 Мета роботи.
- 2 Схеми досліджуваних фільтрів.
- 3 Таблиця вимірювань за п. 2.7.
- 4 Таблиця розрахунків за п. 2.8.
- 5 Графіки за п. 2.9.
- 6 Осцилограми напруг на вході й виході фільтрів.

5 Питання для опрацювання матеріалу до лабораторної роботи

5.1 У яких випадках рекомендується використовувати дані фільтри?

5.2 Як впливає характер фільтра на роботу некерованого випрямляча?

5.3 При яких фільтрах коефіцієнт використання вентилів випрямляча вище?

5.4 При яких фільтрах коефіцієнт використання перетворювального трансформатора буде вище?

5.5 У яких випадках рекомендується застосовувати багатоланкові фільтри?

5.6 Особливості роботи й розрахунку Γ - подібного LC – фільтра.

5.7 Принцип дії резонансних фільтрів і сфера їх застосування.

5.8 Особливості роботи дроселів фільтрів згладжування.

5.9 Особливості роботи електричних конденсаторів у фільтрах.

5.10 Принцип дії транзисторних фільтрів.

5.11 Методи розрахунку простих фільтрів.

5.12 Методи розрахунку складних фільтрів.

5.13 За наявності двох конденсаторів і одного дроселя, за якою схемою краще включити дані елементи фільтра?

5.14 За наявності двох дроселів і одного конденсатора, за якою схемою їх краще включити у фільтрі?

5.15 У яких фільтрах можуть виникати перенапруги?

5.16 У яких фільтрах можуть виникати надструми?

5.17 Які конденсатори рекомендується застосовувати у фільтрах?

Лабораторна робота 5

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАТОРА НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи - вивчення принципу дії стабілізаторів постійного струму; дослідження параметрів і характеристик стабілізаторів постійної напруги.

1 Конструкція стенда

Стенд сконструйований у вигляді настільного переносного приладу. Всі ручки й органи керування, а також вимірювальні прилади розміщені на передній панелі. На фальшпанелі й на панелі, що накладається на неї, досліджуваного стабілізатора нанесені зображення досліджуваних схем і відповідні написи.

На фальшпанелі встановлюються змінні блоки досліджуваних стабілізаторів із пристроями комутації.

На лицьовій панелі стенда розміщені:

- тумблер вмикання стенда з написом "Мережа";
- сигнальна лампочка з написом "Вкл";
- тумблер $B2$ для підключення різних видів вхідної напруги: згладженої і пульсуючої;
- тумблер $B3$ для підключення навантаження;
- ручка регулювання вхідної напруги " U_0 ";
- ручка регулювання струму навантаження " I_H ";
- ручка регулювання величини опору гасіння, у параметричному стабілізаторі " R_r ";
- ручка регулювання величини опору омичного дільника в мостовому стабілізаторі " R_0 ";
- ручки регулювання величини опору порівняльного дільника, у компенсаційних стабілізаторах " U_{CT1} ", " U_{CT2} ";
- ручка регулювання величини баластового опору в компенсаційному стабілізаторі " R_B ";

- гнізда "1 – 26" і " U_m " для вимірювання напруг і перегляду осцилограм у характерних точках досліджуваних схем;
- вольтметр " U_0 " для вимірювання вхідної напруги;
- міліамперметр " I_0 " для вимірювання вхідного струму;
- міліамперметр " I_{CT}, I_{Ω} " для вимірювання струму стабілізації в параметричних стабілізаторах і струму емітера регулюючого транзистора в компенсаційному стабілізаторі з паралельним включенням регулюючого елемента;
- вольтметр " U_m " для вимірювання напруг у характерних точках досліджуваних схем;
- міліамперметр " I_H " для вимірювання струму навантаження;
- вольтметр " U_H " для вимірювання напруги навантаження.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Дослідити параметричні стабілізатори напруги

Однокаскадний параметричний стабілізатор (рис. 12) складається з активного лінійного опору $R_{Г}$, включеного послідовно з навантаженням, і стабілітрона VD_1 , включеного паралельно навантаженню.

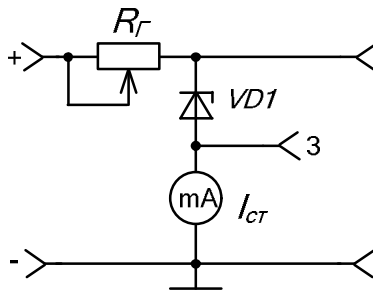


Рисунок 12 - Стабілізатор параметричний

Більш точність стабілізації можна одержати за допомогою мостової схеми (рис. 13), що складається з однокаскадного параметричного стабілізатора VD_1 , $R_1 - R_2$ і омичного дільника напруги R_D . Вихідна напруга цієї схеми дорівнює різниці напруг стабілізації стабілітрона VD_1 й напруги, що знижується на опорі дільника. Оскільки при зміні вхідної напруги відповідні напруги на стабілітроні й опорі дільника змінюються синфазно, то їх різниця при певному виборі R_D може змінюватися набагато менше, ніж напруга на стабілітроні.

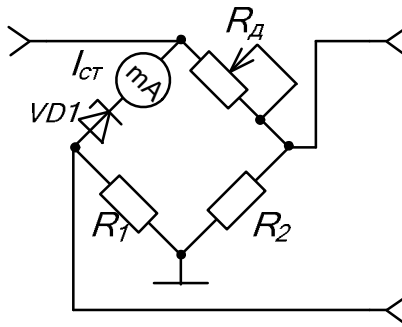


Рисунок 13 - Стабілізатор мостовий

2.2 Зняти дані для побудови залежності $U_D = f(U_{вх})$ при $I_H = 0$. Вхідну напругу змінювати від 0 до 20 В.

2.3 Побудувати характеристику за даними п. 2.2, розрахувати коефіцієнт стабілізації, вихідний опір і баластовий опір стабілізатора, виконаного на стабілітроні типу Д815Б.

2.4 Зняти осцилограму вхідної й вихідної напруг при баластовому опорі на максимумі, струмі навантаження $I_H = 0$ і живленні пульсуючої напруги.

3 Дослідити компенсаційні стабілізатори

I Компенсаційний стабілізатор з послідовним регулювальним елементом і елементом прямого зв'язку (рис. 14).

У цій схемі регулювальний елемент включений послідовно з навантаженням, і компенсація здійснюється за рахунок зміни спадання напруги на самому регулювальному елементі.

Частина вихідної напруги надходить на вхід схеми порівняння, що складається із джерела опорної напруги й порівнювального діляника, де вона порівнюється зі стабільною опорною напругою. Різниця вихідної й опорної напруг надходить на вхід підсилювача постійного струму, де вона підсилюється й подається в необхідній фазі на регулювальний елемент. При цьому зміна вихідної напруги викликає таку зміну напруги на регулювальному елементі, при якому величина вихідної напруги відновлюється із заданим ступенем точності.

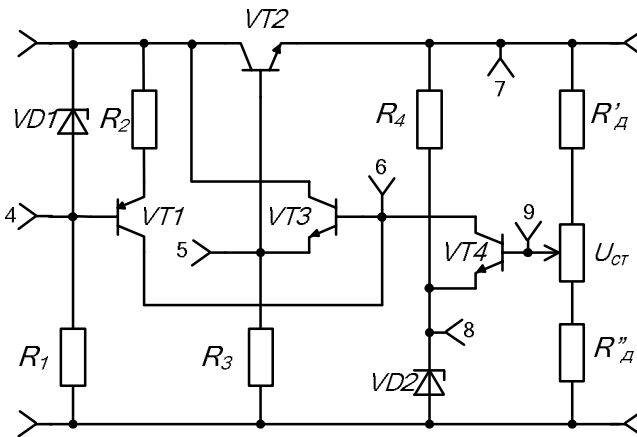


Рисунок 14 - Стабілізатор компенсаційний послідовного типу

Для стабілізації струму підсилювача постійного струму як навантаження транзистора VT4 використовується емітерний повторювач.

II Компенсаційний стабілізатор з паралельним регулювальним елементом (рис. 15).

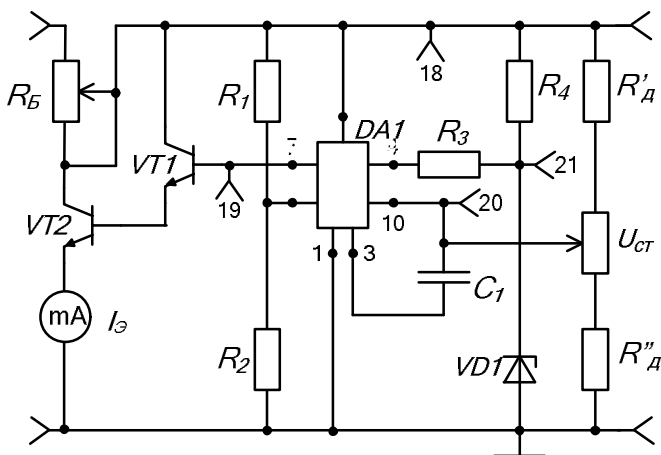


Рисунок 15 - Стабілізатор компенсаційний паралельного типу

У цій схемі регульовальний елемент включений паралельно з навантаженням, а рівень вихідної напруги підтримується за рахунок зміни струму через регульовальний елемент, у результаті чого змінюється спадання напруги на баластовому резисторі, включеному послідовно з навантаженням.

Інші вузли виконують функції, аналогічні функціям схеми з послідовним регульовальним елементом.

3.1 Записати дані для побудови сімейства характеристик $U_d = f(U_{ex})$ при $R_H = const.$ і різних значеннях напруги стабілізації (зазначається керівником робіт).

3.2 Записати дані для побудови сімейства залежностей $U_d = f(I_d)$ для різних значень вхідної напруги (зазначається керівником робіт).

3.3 Побудувати сімейство характеристик за пп. 3.1, 3.2, розрахувати вихідний опір, коефіцієнт стабілізації і ККД стабілізатора.

3.4 Зняти осцилограму вхідної й вихідної напруг при баластовому опорі на максимумі, струмі навантаження $I_H = 0$ і живленні пульсуючими напругами.

4 Зміст звіту з роботи

- 1 Мета роботи.
- 2 Порядок виконання роботи.
- 3 Принципові схеми параметричних і компенсаційних стабілізаторів.
- 4 Таблиці експериментальних даних за пп. 3.1, 3.2, 2.2.
- 5 Графіки характеристик за пп. 2.3, 3.3.
- 6 Розрахунок параметрів за пп. 2.3, 3.3.
- 7 Осцилограми напруг за пп. 2.4, 3. 4.
- 8 Висновки щодо порівняння результатів експерименту з теоретичними положеннями теми дослідження.

5 Питання для опрацювання матеріалу до лабораторної роботи

5.1 Чому виникає необхідність у застосуванні стабілізаторів напруги і яке їх призначення?

5.2 Наведіть класифікацію стабілізаторів напруги.

5.3 Зарисуйте схему й опишіть принцип дії компенсаційного стабілізатора напруг безперервної дії.

5.4 Зарисуйте схему й опишіть принцип дії параметричного стабілізатора напруги.

5.5 Назвіть способи збільшення коефіцієнта стабілізації компенсаційного стабілізатора напруг.

5.6 Проаналізуйте вираз для визначення коефіцієнта стабілізації, вихідного опору і ККД досліджуваних схем стабілізаторів.

5.7 Які параметри стабілізаторів можна визначити за графіками залежностей $U_d = f(U_{ex})$, $U_d = f(I_d)$?

Список літератури

1. Руденко В.С., Сенько В. И., Чиженко И. М. Перетворювальна техніка. - 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ: Вища шк., 1983. - 431 с.

2. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основа преобразовательной техники: - М.: Высш. шк., 1980 - 427 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до лабораторних робіт
з курсу "Енергетична електроніка"
для студентів спеціальності 090803
денної і заочної форм навчання

Відповідальний за випуск О.А. Борисенко
Редактор Н.В. Лисогуб
Комп'ютерне верстання І.Є. Бражник

Підп. до друку 10.06.08 , поз.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Cyr. Друк офс.
Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Тираж 50 пр. Собівартість вид.
Зам. № .

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК №3062 від 17.12.2007.
Надруковано у друкарні СумДУ
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2