



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО
КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА**

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання,
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО
КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету ЕРКТ
Протокол № 1 від 20
жовтня 2022 р.

Харків
2023

УДК 615.47+57.08

О 75

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії
та електротехніки
Протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.

Рецензент:

О.М. Мороз, д-р тех. наук, проф. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державний біотехнологічний університет.

О 75 Дослідження випрямлячів та згладжуючих фільтрів: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: О.Д. Черенков, М.О. Чорна – Харків: [б. в.], 2023. – 23 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи на тему: «Дослідження однофазного керованого випрямляча» з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка», розроблено відповідно до навчальної програми.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

УДК 615.47+57.08

Відповідальний за випуск: М. О. Чорна, к.т.н., доцент

© О.Д. Черенков, 2023

© М.О. Чорна, 2023

© ДБТУ, 2023

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПО МЕТОДИЦІ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Практичні навички по експериментальному дослідженню студенти одержують у лабораторії кафедри. Лабораторний практикум містить вісім робіт.

Підготовка до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити відповідний теоретичний матеріал, засвоїти мету, суть роботи і її зміст, виконати домашнє завдання, що містить розрахунок параметрів досліджуваних схем, підготувати бланк звіту.

Допуск до виконання лабораторної роботи

До виконання роботи допускаються студенти, які не мають заборгованості за попередні лабораторні роботи.

Студенти, які не допущені до роботи, залишаються в лабораторії для самостійної підготовки до виконання лабораторної роботи. Якщо студент підготувався, він може бути допущений до роботи, у іншому випадку – відпрацювання призначається на додатковий час.

Порядок виконання роботи

Лабораторний практикум побудований так, що всі роботи виконують бригади, що складаються з 2–3-х студентів, фронтальним методом, тобто всі бригади виконують аналогічні роботи.

При необхідності, перед початком виконання робіт, студенти вивчають методику користування вимірними приладами.

У процесі експерименту перевіряються результати розрахунків, фіксуються осцилограми, що дають уяву про фізичну суть процесів у схемах, з'ясовується вплив елементів схеми на параметри вихідних сигналів.

Робота вважається закінченою, якщо протокол досліджень перевірений та підписаний викладачем.

На виконання експериментальної частини роботи студенти витрачають 2–4 учбових години.

Протоколи досліджень і запропоновані розрахунки схем по всіх роботах заносяться в зошит, що зберігається до кінця лабораторного практикуму.

Оформлення звіту

Звіт про лабораторну роботу, що складається студентами, повинен відповідати протоколу проведеного експерименту. Звіт повинен містити досліджувані схеми, мету роботи, перелік використаних приладів, таблиці вимірюваних та обчислених параметрів, часові діаграми напруг, що дають уявлення про фізичні процеси в схемі, висновки по кожному пункту роботи. Зразок оформлення звіту приведено у додатку А.

При оформленні звіту необхідно дотримуватись ДСТУ (креслення схем, літерні позначення основних величин, елементів схем та ін.) Найменування ДСТУ приведені в додатку Б.

Правила безпеки роботи в лабораторії

Щоб запобігти ураження електричним струмом під час проведення лабораторних робіт і забезпечення збереження приладів та устаткування, необхідно дотримуватись наступних правил:

- до лабораторних робіт допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що виконується запис у спеціальному журналі;
- виконання експерименту проводиться бригадами, що складаються не менш чим з 2-х студентів;
- перед виконанням роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами експлуатації всієї наявної на робочому місці апаратури;
- зібрану схему дозволяється вмикати тільки після перевірки її викладачем або лаборантом;
- при виявленні оголених провідників або інших неполадок апаратури студент зобов'язаний вимкнути схему і доповісти про це викладачу або лаборанту;
- категорично забороняється під час роботи з електронною чи радіовимірювальною апаратурою доторкатися до радіаторів центрального опалення;

- у випадку ураження електричним струмом негайно вимкнути електроживлення робочого місця, потерпілому надати першу допомогу, у важких випадках викликати лікаря;
- при виникненні пожежі вимкнути електроживлення робочого місця і погасити вогонь вогнегасником;
- під час виконання лабораторних робіт не дозволяється вести голосну розмову, займатися сторонніми справами.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Мета роботи

- 1) Вивчити принцип роботи керованого випрямляча на тиристорах та його системи керування;
- 2) Визначити основні параметри та характеристики керованого випрямляча.

Опис лабораторної установки

Структурна електрична схема лабораторної установки показана на рис. 4.1.

Склад лабораторної установки:

- лабораторний стенд зі схемами керованих випрямлячів на тиристорах;
- двопробеневий осцилограф С1–93;
- електронний вольтметр В7–16А (В7–21).

Загальні відомості

Керованим називається такий випрямляч, який окрім випрямлення змінної напруги одночасно здійснює регулювання випрямленої напруги.

Керований випрямляч одержують із звичайного випрямляча заміною в ньому некерованих вентилів (діодів) – тиристорами. Керований вентиль–тиристор вмикається в момент коли анод (А) має більш високий потенціал чим катод (К), а на керуючий електрод (КЕ) подано імпульс напруги позитивної полярності.

Таким чином, регулювання напруги здійснюється затримкою відкривання чергового тиристора в межах півперіоду напруги мережі.

Відлік кута затримки відкривання тиристора (цей кут називається кутом керування – α) проводиться від моменту відкривання тиристор, тобто, коли до анода прикладається додатна (+) напруга. Для випрямлячів, що живляться від однофазної мережі, цей момент співпадає з моментом переходу напруги мережі через нуль.

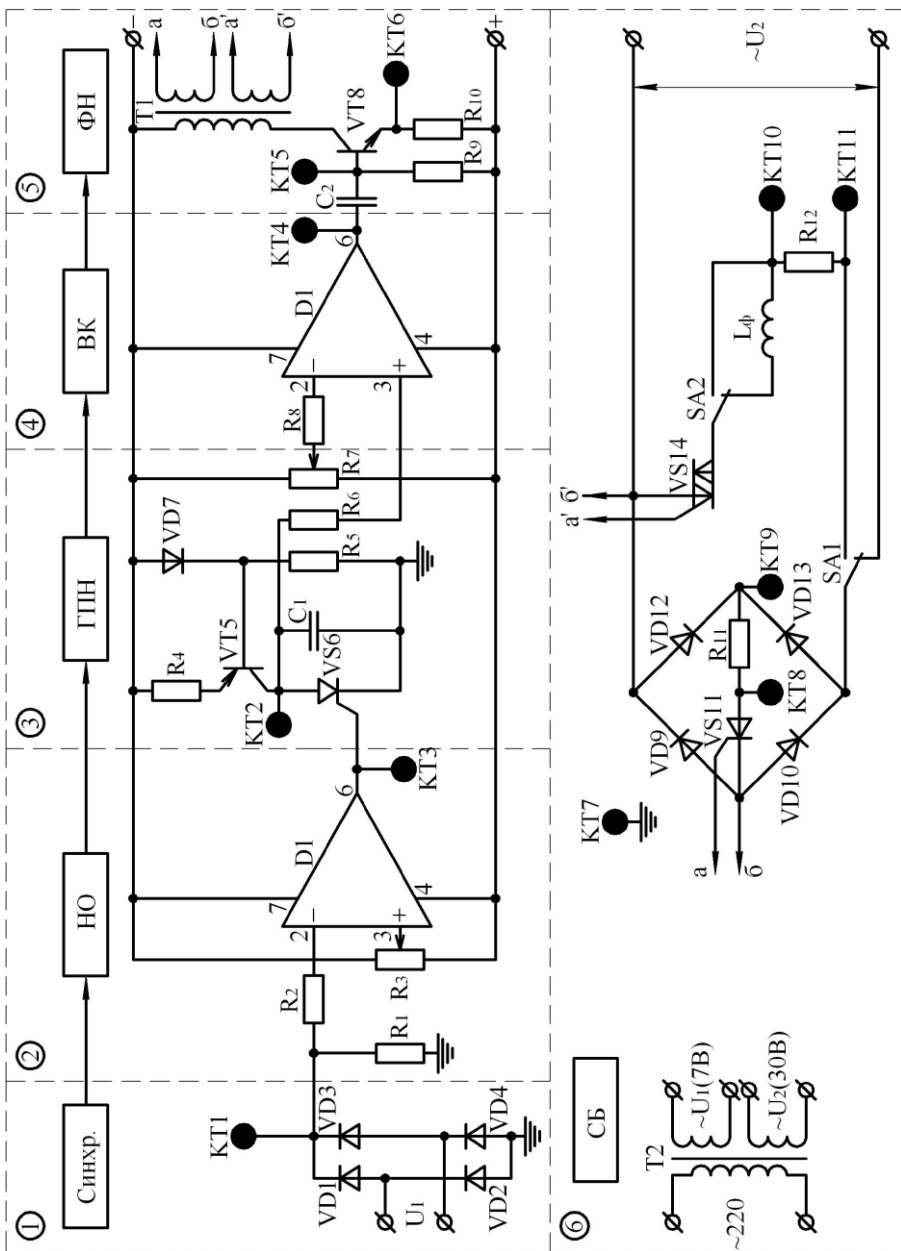


Рисунок 4.1 – Схема керування тиристорним регулятором

Надійне відпирання тиристорів в схемах перетворювачів змінного струму буде виконуватися тільки в тому випадку коли струм і напруга керування відповідають вхідним характеристиками використаних вентилів.

Роботу керованого випрямляча розглянемо за функціональною схемою (рис. 4.2).

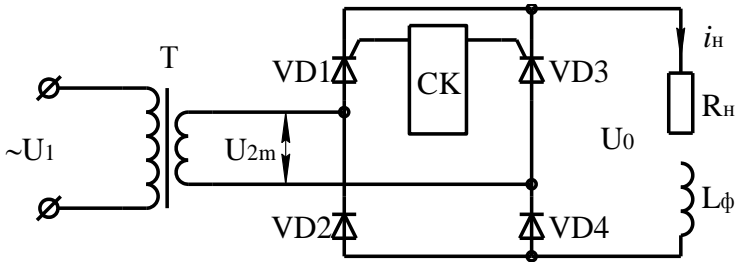


Рисунок 4.2 – Функціональна схема керованого випрямляча

- U_1 – змінна напруга на первинній обмотці трансформатора $Tr1$;
- U_{2m} – амплітудне значення змінної напруги на вторинній обмотці $Tr1$;
- CK – система імпульсного керування тиристорами;
- $VD1, VD3$ – тиристори;
- $VD2, VD4$ – випрямляючі діоди;
- R_n – опір навантаження;
- L_ϕ – індуктивний фільтр;
- U_0 – середньо випрямлена напруга.

В випрямлячах, зібраних по мостовій схемі, використовують як чотири так і два тиристори. На практиці частіше в схемі – це два тиристори і два діоди. В таких схемах катооди тиристорів з'єднані. Це спрощує приєднання системи керування (СК) до випрямляча. Часові діаграми роботи керованого випрямляча на активне навантаження показані на рисунку 4.3.

На вхід випрямляча (рис. 4.2) подається змінна напруга мережі 50 Гц. Система керування (СК) виробляє імпульси керування, часове положення яких можливо змінювати в межах півперіоду напруги мережі. На рис. 4.3 цей кут α дорівнює 90° .

На навантаженні напруга буде тільки в момент подачі на керуючий електрод тиристорі (КЕ) позитивного (+) імпульсу.

Змінюючи кут керування α – тобто, момент подачі імпульсу керування на КЕ – є можливість регулювати середнє значення випрямленої напруги – $U_{0\alpha}$. Ця напруга знаходиться за виразом:

$$U_{0\alpha} = U_0 \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}, \quad (4.1)$$

де U_0 – середня випрямлена напруги для мостової схеми зібраної на діодах. Відомо, що середньо випрямлена напруга в мостовій схемі:

$$U_0 \approx 0,636 U_{2m}.$$

Цей вираз визначає регульовальну характеристику керованого випрямляча. Середнє значення напруги на навантаженні, при зміні кута керування α від 0° до 180° , буде плавно зменшуватися від значення $U_0 \approx 0,636 U_{2m}$ до нуля.

Розглянута система керованого випрямляча має і деякі недоліки:

– ускладнення схеми, так як необхідна система керування тиристорами;

– в деякій мірі збільшується коефіцієнт пульсації випрямленої напруги за рахунок появи стрибків напруги в момент відпирання тиристорів.

Необхідно враховувати також і характер навантаження: активне, активно–індуктивне, ємнісне. При активному навантаженні тривалість протікання струму через діоди і тиристиори:

$$\lambda = \pi - \alpha. \quad (4.2)$$

Якщо навантаження має активно–індуктивний характер, то тривалість протікання струму через діоди та тиристиори збільшується, тому що в момент переходу напруги мережі через нуль навантаження відокремлюється від мережі, а струм в R_n підтримується за рахунок енергії, що накопичується в котушці індуктивності. Цей струм замикається через тиристор (що був відкритий) та суміжний діод.

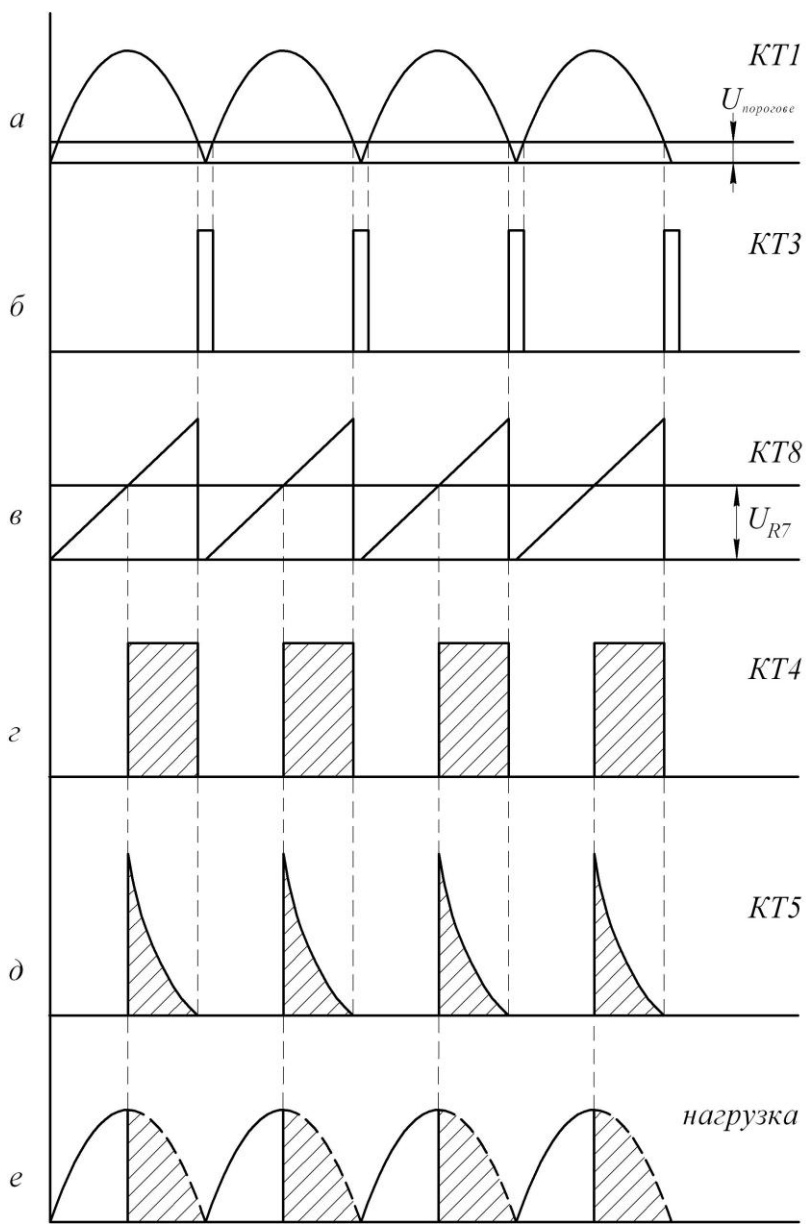


Рисунок 4.3 – Часові діаграми роботи керованого випрямляча

При ємнісному характері навантаження, при незначних кутах α , можливі пропуски ввімкнення тиристорів, тому що напруга на ємності в цей час буде більшою ніж напруга мережі в момент подачі імпульсу керування. В зв'язку з цим керований випрямляч, як правило, не використовують для навантажень ємнісного характеру.

Незважаючи на деякі недоліки, керовані однофазні випрямлячі знаходять широке використання в різноманітних пристроях, наприклад, для регулювання:

- 1) частоти обертів електродвигунів;
- 2) сили струму та величини напруги;
- 3) режимів роботи електронагрівальних приладів;
- 4) температури;
- 5) світлового потоку електроламп та інше.

Система керування(СК) тиристорного перетворювача

Система керування (СК) виконує такі завдання:

- створює синхронізовану з напругою мережі m -фазну систему імпульсів керування, кожен з яких може ввімкнути той чи інший тиристор в схемі;
- зсувати по фазі імпульси керування відносно напруги на аноді тиристорів.

Для керування тиристорами використовують різноманітні схеми, вимоги до яких залежать від специфіки схем та властивостей тиристорів:

- для надійного відпирання тиристорів необхідний струм керування повинен бути не більший ніж 300 мА (це залежить від величини опору р-п переходу КЕ – К тиристора);

- напруга на вході тиристора керування повинна бути не більше 8 – 12 В, тому що опір р-п переходу складає декілька десятків Ом. Така властивість тиристорів дозволяє використовувати в схемах керування малогабаритні та малопотужні елементи: резистори, конденсатори та інше.

- забороняється подавати на КЕ від'ємну напругу більше 1 В. При зворотній півхвилі анодної напруги це призведе до збільшення зворотного струму тиристора та його пошкодження.

- для чіткого відпирання тиристорів імпульси керування повинні бути з крутим переднім фронтом – швидкість наростання

струму до 10^5 А за секунду та шириною (тривалістю) близько (10 – 15)°. Це забезпечить швидке зростання струму через тиристор до значення струму утримання – технічної характеристики тиристора.

– імпульси керування повинні бути симетричними відносно фаз напруги з точністю 1 – 2°. Наприклад, (див. рис. 4.3), якщо тиристор VD1 відкривається при $\alpha = 90^\circ$, то тиристор VD3 повинен відкриватися при куті не більше $90^\circ \pm (1-2)^\circ$. Така вимога усуває нерівномірне завантаження фаз тиристорного перетворювача.

– система керування повинна забезпечити необхідний діапазон зміни кута керування α так, щоб напруга на навантаженні змінювалася плавно від нуля до максимального значення та навпаки.

Відомо, що симистори проводять струм як в одному так і в іншому напрямку. Такі прилади використовують, головним чином, в тих пристроях де необхідно зменшити габарити та масу пристрою. Це, поперше, відноситься до побутової техніки.

Симистор – це два тиристиори в одному корпусі ввімкнених зустрічно–паралельно. Для керування симистором необхідне одне коло, немає потреби розділяти потенціали та ізоляцію. Це підвищує надійність, зменшує габарити та собівартість регулятора на симисторі в порівнянні з подібним на тиристорах.

Основні методи регулювання напруги

Метод широтно–імпульсного регулювання напруги на навантаженні

Метод полягає в тому, що при сталому надходженні імпульсів керування ($T = const$) змінюють їх тривалість (t_i). Тоді маємо:

$$U_n = E \cdot \frac{t_i}{T}, \quad (4.3)$$

де U_n – напруга на навантаженні;

E – ЕРС джерела живлення;

t_i – тривалість імпульсу керування;

T – період надходження імпульсів;

γ – коефіцієнт заповнення ($0 \div 1$).

$$\gamma = \frac{t_i}{T}. \quad (4.4)$$

Змінюючи коефіцієнт заповнення, можливо регулювати напругу на навантаженні R_n від нуля до величини ЕРС джерела живлення – Е.

Метод фазоімпульсного регулювання напруги на навантаженні

Принцип дії такого регулятора полягає в тому, що за допомогою спеціальної схеми керування забезпечується регульована в часі затримка вмикання тиристорів (симистора) відносно переходу через нуль змінної синусоїдної напруги, тобто, фаза послідовності імпульсів керування змінюється відносно фази синусоїдної напруги.

Як правило, такі системи керування складаються з таких вузлів:
 – фазозсувного пристрою;
 – проміжного підсилювача;
 – формувача імпульсів.

Фазозсувний пристрій, або система імпульсного керування – СІФК регулює фазу керуючого сигналу. Регулювання фази може бути побудовано по “горизонтальному” або по “вертикальному” принципу.

“Горизонтальний принцип” регулювання фази передбачає зсув в часі (горизонтально) сигналу, який формує і зсув керуючого імпульсу (тиристорів або симистора).

Схема керування за “горизонтальним” принципом складається з фазозсувного елемента (ФЕ) та формувача імпульсів (ФІ), рис 4.4.

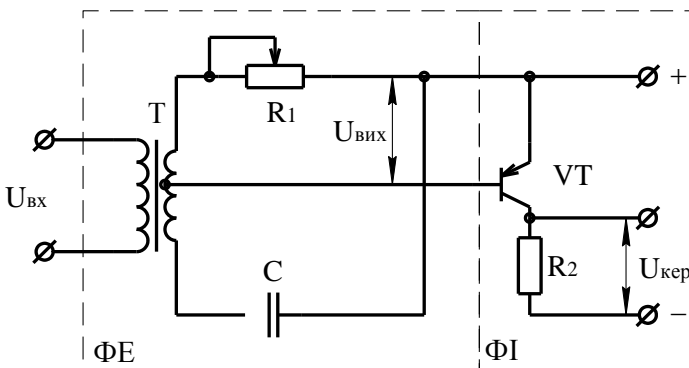


Рисунок 4.4 – Схема керування за «горизонтальним» принципом

Як ФЕ частіше використовують мостову схему, що складається з трансформатора T з нульовою точкою на вторинній обмотці з активним опором RI та реактивним $-X$ (конденсатор C , або індуктивність L).

При зміні значення опору одного з цих елементів, змінюється фаза вихідної напруги відносно вхідної. В залежності від фази вхідної напруги змінюється також положення переднього фронту керуючого імпульсу (рис 4.5).

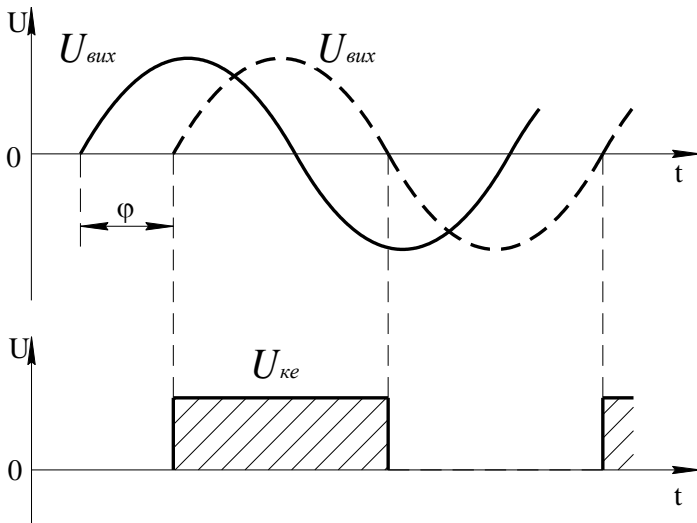


Рисунок 4.5 – Зміна положення переднього фронту керуючого імпульсу

При “вертикальному” принципі керування порівнюється дві напруги: опорна (незмінна) та регульована по величині (по вертикалі). В момент їх рівності формується керуючий імпульс який поступає на KE тиристорів (симистора).

Форма опорної напруги може бути пилкоподібна, трикутна, синусоїдна.

Вертикальний принцип регулювання фази керуючих імпульсів використаний в даній роботі.

Опис схеми установки по керуванню тиристорним регулятором

Дана лабораторна робота має фазо – імпульсну систему керування, виконану на операційних підсилювачах. Використання цієї елементної

бази дозволяє створити малогабаритну, економічну і високонадійну систему керування.

Для кращого розуміння роботи системи керування і випрямляча розіб'ємо схему на ряд функціонально закінчених вузлів, об'єднаних у загальну схему: вузол синхронізації, виконаний на вторинній обмотці трансформатора $T2$ і діодах $VD1-VD4$; граничний пристрій або нуль-орган (НО), виконаний на операційному підсилювачі $D1$; генератор пилкоподібної напруги (ГПН), зібраний на транзисторі $VT5$ і тиристорі $VS6$; вузол керування (ВК), виконаний на операційному підсилювачі $D2$; вузол формування напруги (ФН), зібраний на транзисторах $VT8$ і $T1$; силовий вузол $VD9-VD13$, $VS11$ і $VS12$.

Пристрій працює таким чином:

Синхронізуюча напруга U_1 з трансформатора $T2$ поступає на випрямляючий міст, зібраний на діодах $VD1-VD4$, з метою одержання пульсуючої напруги частотою 100 Гц, необхідної для синхронізації часових режимів роботи пристрою керування і силових вузлів (рис. 4.3 а). Далі синхронізуюча напруга через $R2$ подається на мікросхему $D1$, що виконує роль нуль-органа. У момент рівності амплітуд пульсуючої напруги, що надходить на вхід 2, і постійної напруги, що поступає на вхід 3, мікросхема виробляє прямокутний імпульс (рис. 4.3 б), що свідчить про перехід синусоїдної напруги через нуль. Цей прямокутний імпульс подається на керуючий електрод тиристора $VS6$ генератора пилкоподібної напруги (ГПН), що зібраний на транзисторі $VT5$. За рахунок стабілізованого зсуву, поданого на базу $VT5$ від дільника напруги (стабілітрон $VD7$ і резистор $R5$), транзистор $VT5$ відкритий і конденсатор $C1$ заряджається через цей транзистор по експоненціальному закону. В момент подачі на нуль-орган (мікросхема $D1$) прямокутного імпульсу тиристор $VS6$ відкривається і конденсатор $C1$ через внутрішній опір $VS6$ розряджається. Пилкоподібна напруга з конденсатора $C1$ (рис. 4.3 в) через резистор $R6$ подається на вхід мікросхеми $D2$. (вхід 3). На другий вхід мікросхеми подається постійна регульована напруга з потенціометра $R7$ через резистор $R8$. Дана мікросхема виконує роль компаратора таким чином, що в момент рівності пилкоподібної напруги на вході 3 ($D2$) і напруги на вході 2 ($D2$), на виході мікросхеми $D2$ виникають імпульси (рис. 4.3 г).

Таким чином, регулюючи потенціометром $R7$ напругу на вході 2 мікросхеми $D2$, можна зміщувати в часі імпульс керування відносно опорної силової змінної напруги, що подається на тиристор. Тим

самим досягається вмикання тиристора в будь-якій точці фази силової напруги, а отже, і регулювання вихідної напруги. Імпульс з виходу мікросхеми $D2$ через ланцюг, що диференціює, $C2, R9$ (рис. 4.3, д) подається на базу $VT8$ для подальшого підсилення. Диференціювання імпульсу необхідно для зменшення тривалості імпульсу керування, що приводить до зменшення енергетичних втрат (за рахунок меншого нагрівання). Транзистор $VT8$, у момент подачі на його базу позитивного імпульсу з ланцюга, що диференціює ($C2, R9$), відкривається, і по первинній обмотці трансформатора $T1$ протікає струм. В обмотках $a, б$, та $a', б'$ наводиться ЕРС, що подається на несиметричний ($VS11$) або симетричний ($VS14$) тиристорний регулятори, на які в залежності від положення перемикача $S1$ подається напруга з трансформатора $T2$ ($U = 30B$).

Тиристор $VS11$ живиться від мостового випрямляча, зібраного на діодах $VD9, VD10, VD12, VD13$, в одну діагональ якого подана змінна напруга U_2 . В другу діагональ через резистор $R11$ ввімкнено тиристор $VS11$. У момент співпадання імпульсів з обмоток $a-б$ трансформатора $T1$, що поступають на керуючий електрод $VS11$, і пульсуючої напруги (рис. 4.3, е) у діагоналі моста, тиристор відкривається на весь півперіод, що залишився, подано на анод-катод пульсуючої напруги. Коли перемикач $S1$ знаходиться в іншому положенні, працює симетричний тиристор. У кожен півперіод напруги, що подається на анод-катод одного або другого тиристора, через них буде протікати струм.

Величина середнього струму залежить від положення потенціометра $R7$, тобто від моменту рівності пілкоподібної напруги і напруги зсуву, що поступає з потенціометра $R7$ (див. рис. 4.3 в). Чим менше зсув, тим раніше відкривається тиристор, тим більше струм, що тече через тиристор, і навпаки.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Підготувати контрольно-вимірювальні прилади до роботи.
2. Вивчити функціональну схему лабораторної роботи.
3. Подати напругу на стенд: тумблер $SA3$ перевести “Уверх”.
4. Тумблер $SA1$ перевести в положення “Вниз”. Ручку резистора $R7$ – в середнє положення.

5. Під'єднати земляний провідник осцилографа до точки $KT7$, а потенціальний спочатку до $KT1$, надалі послідовно в $KT2$, $KT3$, $KT4$, $KT5$, навантаження $R11$ ($KT8$, $KT9$). Замалювати осцилограми в кожній KT .

6. Тумблер $SA1$ перевести в положення "Уверх" (двопівперіодне випрямлення з ввімкненням симистора як регулюючого елемента).

7. Зняти осцилограму напруги на навантаженні $R12$ (точка $KT10$, $KT11$).

8. Осцилограми напруги в кожній контрольній точці занести в лабораторний зошит (подібно рис. 4.3).

9. Аналогічні виміри провести при активно–індуктивним навантаженні. Для цього тумблер $SA2$ перевести в положення "Вгору" (ввімкнено). Послідовно з опором навантаження $R12$ під'єднати індуктивність L_{ϕ} . Замалювати осцилограми на резисторах $R11$, $R12$.

10. Зняти та побудувати регулювальні характеристики при активному та активно–індуктивному навантаженні: $U = F(\alpha)$. Кут керування α змінювати резистором $R7$, значення кута α фіксувати за осцилографом.

11. Зняти та побудувати графік залежності коефіцієнта пульсацій від кута α : $K = F(\alpha)$.

Звіт виконання лабораторної роботи

1. Представити схему керованого випрямляча на ІМС. Пояснити роботу схеми. Показати осцилограми напруги в контрольних точках.

2. Відповісти на запитання для захисту лабораторної роботи:

- призначення тиристорів (симисторів), принцип роботи;
- вольт–амперна характеристика (ВАХ) тиристора;
- системи керування тиристорами, пояснити принцип вертикального керування;
- пояснити осцилограми напруги в контрольних точках;
- привести приклади використання схем керування тиристорами (симисторами) в техніці (в т.ч. в побутовій);
- привести порівняльні дані активних та пасивних елементів, що використані в схемі, уміти користуватися довідниковою літературою по тематиці роботи.

Додаток А

Основні стандарти, що використовуються при оформленні лабораторних робіт

1. ДСТУ 2.702–75. Правила виконання електричних схем.
2. ДСТУ 2.701–76. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання.
3. ДСТУ 2.747–68. Позначення. Умовні, графічні в схемах. Розміри умовних графічних позначень.
4. ДСТУ 2.743–72. Позначення умовні графічні в схемах. Двійкові логічні елементи.
5. ДСТУ 18.630–73. Трансформатори імпульсні. Основні параметри.

Буквені позиційні позначення елементів:

конденсатор – C ;

логічний елемент, мікросхема – D ;

резистор – R ;

потенціометр – RP ;

трансформатор, автотрансформатор – T ;

діод, стабілітрон – VD ;

транзистор – VT ;

тиристор – VS .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, ОЭП. Справочник под редакцией Горюнова Н. Н. – М.: «Энергоиздат», 1987. – 744 с.
2. Новаченко И. В. Микросхемы для бытовой аппаратуры. Справочник / Новаченко И. В. и др. – М.: «Радио и связь», 1989. – 384 с.
3. Замятин В. Я. Тиристоры. Справочник / Замятин В. Я и др. – М.: "Радио и связь", 1987. – 576 с.
4. Терещук Р. М. Справочник радиолюбителя / Терещук Р. М. – Киев.: "Наукова думка", 1981. – 671 с.
5. Андреев Ю. Н. Резисторы. Справочник / Андреев Ю. Н. – М.: "Энергоиздат", 1981. – 352 с.
6. Нефедов А. В. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги. Справочник / Нефедов А. В., Гордеева В. И. – М.: "Радио и связь", 1990. – 401 с.
7. Забродин Ю. С. Промышленная электроника, учебник для ВУЗов. / Забродин Ю. С. – М.: "Высшая школа", 1982.
8. Транзисторы. Справочник под общей редакцией И. Ф. Николаевского. – М.: "Связь", 1969. – 624 с.

Навчальне видання

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО
КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

ЧЕРЕНКОВ Олександр Данилович
ЧОРНА Марія Олександрівна

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,45

Наклад 50 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44