



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

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

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

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ
ТА ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ**

**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 ВИПРЯМЛЯЧІВ
ТА ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ

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. – 57 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи на тему: «Дослідження випрямлячів та згладжуючих фільтрів» 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

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 3–5-х студентів, фронтальним методом, тобто всі бригади виконують аналогічні роботи.

При необхідності, перед початком виконання робіт, студенти вивчають методику користування вимірювальними 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 учбові 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 при-

ладів, 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 № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ ТА ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ

Мета роботи

Дослідити роботу випрямлячів: однопівперіодного та двопівперіодного.

Програма роботи

1. Електронним вольтметром та осцилографом виміряти амплітудне та середнє значення напруги на вихідних клеммах випрямлячів:
 - а) без фільтрів згладжування;
 - б) при приєднанні фільтрів до виходу випрямлячів.
2. Розрахувати середньо–випрямлене та діюче значення напруги за формулами, порівняти розрахунки з експериментальними даними.
3. Замалювати часові діаграми напруги в контрольних точках (КТ) випрямлячів.
4. Розрахувати коефіцієнт пульсації та згладжування при приєднанні до випрямляча різноманітних фільтрів.

Опис лабораторної установки

До складу лабораторної установки входить:

1. Лабораторний стенд з принциповими електричними схемами випрямлячів, множника напруги, фільтрів згладжування (L , C , RC , LC , CRC , LCL).
2. Електронний вольтметр В7–16А (В7–21) або мультиметр VC9805А.
3. Двопроменевий електронний осцилограф С1–93, С1–77 та ін.

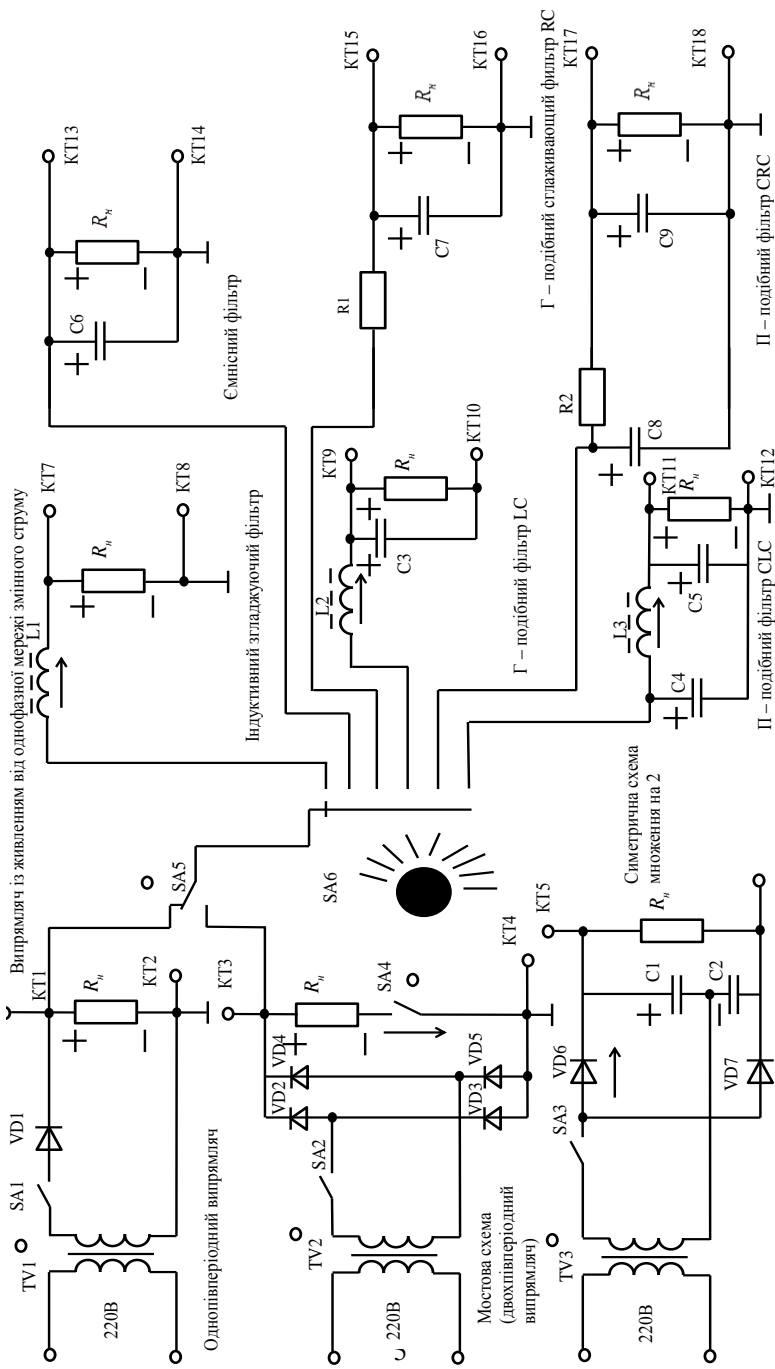


Рисунок 1.1 – Лабораторна установка «Випрямлячі та згладжуючі фільтри»

Загальні відомості

Згладжуючий фільтр – пристрій для згладжування пульсацій після випрямлення змінного струму діодним мостом. Найпростішим згладжуючим фільтром є електролітичний конденсатор великої ємності, встановлений на схемі паралельно навантаження, дотримуючи полярність конденсатора. Нерідко встановлюється паралельно електролітичного конденсатора плівковий (або керамічний) ємністю частки одиниці мікрофарад (0,1...0,001 мкФ) для усунення високочастотних перешкод.

У будь-якій схемі випрямлення на виході випрямлена напруга крім постійної складової містить змінну, яка називається *пульсацією напруги*. Пульсація напруги настільки значна, що безпосередньо живлення навантаження від випрямляча можливо у рідких випадках (при зарядці акумуляторної батареї; для живлення ланцюгів сигналізації; електродвигунів) – там, де приймач енергії не чутливий до змінної складової випрямленої напруги.

При живленні апаратури зв'язку і радіоапаратури пульсація напруги різко погіршує, а часто взагалі порушує роботу радіоелектронних пристроїв. Для зменшення змінної складової випрямленої напруги, тобто для ослаблення пульсації, між випрямлячем і навантаженням встановлюється згладжуючий фільтр, який зазвичай складається з реактивних опорів (тобто тих, які включають в себе індуктивність та ємність). Даний фільтр діє як фільтр нижніх частот, обрізаючи зайві гармоніки.

До згладжуючих фільтрів пред'являються такі основні вимоги:

1) у фільтрах необхідно максимально зменшити змінні складові напруги, разом з цим не допустити істотного зменшення постійної складової;

2) при перехідних процесах у фільтрі під час включення і виключення напруги мережі або навантаження спади напруги і струму повинні знаходитися в допустимих межах;

3) власна частота фільтра повинна бути нижче частоти основної гармоніки випрямленої напруги, щоб уникнути резонансних явищ в окремих ділянках ланцюга.

Класифікація згладжуючих фільтрів і їх параметри

В залежності від типу елементів, що застосовуються для побудови згладжуючих фільтрів розрізняють:

– пасивні фільтри (виконуються з використанням опорів, конденсаторів та котушок індуктивності), а саме:

- *C*-фільтри;
- *L*-фільтри;
- *RC*-фільтри;
- *LC* – фільтри

– електронні (активні) фільтри (виконуються з використанням активних елементів – транзисторів).

Ємнісний *C-фільтр*. Це найпоширеніший і один з найпростіших фільтрів, який забезпечує досить хороші показники. Однією з переваг є те, що через нього не протікає постійна складова струму, а це значить, що навіть при великому струмі споживання спаду напруги на фільтрі не буде.

На *C*-фільтр поступає постійна складова і, накладена на постійну складову, змінна складова. Оскільки конденсатор для постійної складової становить нескінчений опір, то постійний струм буде протікати лише через навантаження. Опір конденсатора для змінної складової малий, а отже весь струм змінної складової буде, в основному, протікати по колу, яке утворюють конденсатор і внутрішній опір джерела живлення. Причому, спад напруги змінної складової на внутрішньому опорі джерела живлення в багатьох випадках більший чим спад напруги на конденсаторі (в ідеальному випадку спад напруги змінної складової на конденсаторі дорівнював би нулю). Оскільки паралельно до конденсатора ввімкнено навантаження, то напруга основної гармоніки на навантаженні буде дорівнювати напрузі на конденсаторі.

Резистивно-ємнісні *RC-фільтри* доцільно застосовувати при малих струмах навантаження (менше 10...15 мА) і невеликих необхідних коефіцієнти згладжування. Переваги цих фільтрів, це малі габарити та маса, низька вартість. Недолік – порівняно велике падіння напруги на фільтрі (що знижує ККД пристрою випрямлення в цілому). Щодо *RC*-фільтру, то у випрямлячах невеликої потужності з метою зменшення розмірів і ваги фільтра замість дроселя часто застосовують резистори.

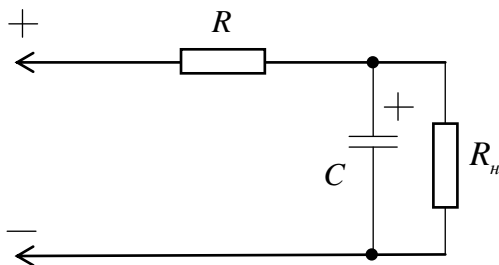


Рисунок 1.2 – Схема згладжуючого RC -фільтру

Режим роботи випрямляча в значній мірі визначається типом фільтра, включеного на його виході. У малопотужних випрямлячах, що живляться від однофазної мережі змінного струму, застосовуються найпростіші ємнісні фільтри, в випрямлячах середньої і великої потужності – Γ -подібні: LC , RC і Π -подібні: CLC і CRC фільтри.

Індуктивно-ємнісні фільтри (Γ -подібні LC і Π -подібні CLC) широко застосовуються при підвищених струмах навантаження, оскільки падіння напруги на них можна зробити порівняно невеликим.

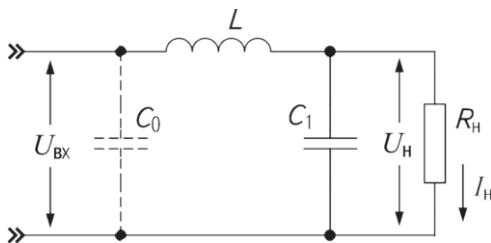


Рисунок 1.3 – Схема індуктивно-ємнісного згладжуючого фільтру

Коефіцієнт корисної дії у таких фільтрів досить високий. До недоліків індуктивно-ємнісних фільтрів відносяться: великі габаритні розміри і маса, підвищений рівень електромагнітного випромінювання від елементів фільтра, порівняно висока вартість і трудомісткість виготовлення.

Основним параметром згладжуючих фільтрів є *коефіцієнт згладжування*, який визначається як відношення коефіцієнта пульсацій на вході фільтра до коефіцієнта пульсацій на його виході (на навантаженні).

Високий коефіцієнт згладжування і хороший ККД можуть також забезпечити різноманітні фільтри на транзисторах.

Однопівперіодні випрямлячі

Середні значення випрямленого струму (I_0) і напруги (U_0) визначаються за формулами:

$$I_0 = 0,318 \cdot I_{2m} \qquad U_0 = I_0 \cdot R_H = 0,318 \cdot I_{2m} R_H ;$$

де I_{2m} – амплітудне значення струму на вторинній обмотці трансформатора.

Якщо знехтувати втратами на діоді, то можливо записати:

$$I_{2m} R_H = U_{2m}$$

Тому $U_0 = 0,318 U_{2m} = 0,45 U_2$, де U_2 – діюче значення.

Коефіцієнт трансформації n і величина зворотної напруги $U_{звор}$ будуть визначатися за виразами:

$$U_0 = 0,45 U_2; \qquad n = U_2 / U_C ;$$

$$U_{звор} = U_{2m}; \qquad U_{звор} = 3,14 U_0 .$$

Якість перетворення змінної напруги в пульсуюче буде визначатися коефіцієнтом пульсацій (K_{II}), котре буде визначатися за виразом:

$$K_{II} = \frac{U_{1mII}}{U_0} \cdot 100\% ,$$

де U_{1mII} – амплітуда першої гармоніки пульсуючої напруги.

Велика величина K_{II} є значним недоліком однопівперіодної схеми. Крім того, постійна I_0 менше діючого значення I_2 струму у вторинній обмотці трансформатора, що призводить до недостатнього використання обмоток трансформатора.

Двопівперіодна мостова схема

В схему входять силовий трансформатор і чотири діоди, увімкнених за мостовою схемою (рис. 1.4)

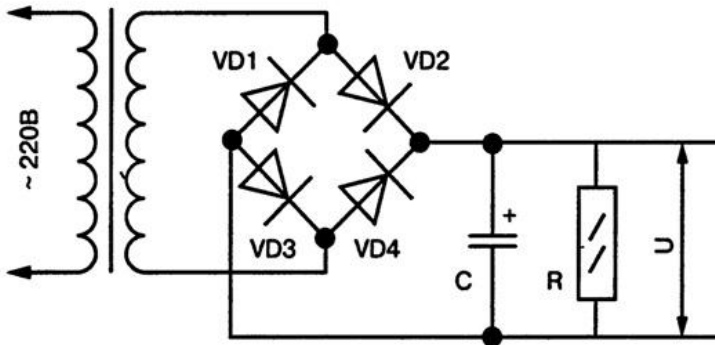


Рисунок 1.4 – Мостова схема випрямляча

Постійна складова випрямленої напруги визначається із закону Ома, $U_0 = I_0 R_H = 0,636 I_{2m} R_H = 0,636 U_{2m}$, якщо знехтувати втратами на діодах.

Якщо замінити амплітудне значення напруги U_{2m} його діючим ($U_{2m} = \sqrt{2} U_2$), отримаємо $U_0 \approx 0,9 U_2$.

Так як мостова схема двопівперіодна, то частота пульсацій випрямленого струму дорівнює подвоєній частоті мережі ($f_n = 2 f_c$), а коефіцієнт пульсацій буде дорівнювати:

$$K_{\Pi} = \frac{U_{1m\Pi}}{U_0} \cdot 100\% = 67\% ,$$

$U_{1m\Pi}$ – амплітуда першої гармоніки пульсуючої напруги.

Мостова схема отримала широке розповсюдження в електротехніці, оскільки: 1) розміри та маса трансформатора менші внаслідок ефективнішого використання обмоток за струмом; 2) конструкція трансформатора виконана без спеціального виводу від середньої точки; 3) зворотна напруга, що припадає на один діод, вдвічі менша, ніж у схемі із середньою точкою.

Послідовність виконання роботи

1. Тумблери SA1 ÷ SA4 на панелі стенду поставити в положення “Вимкнено”.
2. Перемикач SA6 поставити на мітку “1”. Відлік позицій перемикача SA6 вести за годинниковою стрілкою.
3. Підготувати до роботи електронні прилади.

4. Увімкнути канали I та II осцилографа: для цього натиснути кнопку $\rightarrow\rightarrow$ на передній панелі осцилографа. Ручками \updownarrow (переміщення лінії розгортки “вгору–вниз”) звести обидві лінії розгортки в одну лінію.

Перемикач режимів роботи “ $\simeq \perp \sim$ ” поставити в позицію “ \sim ” (“закритий вхід”).

5. Вхід каналу I осцилографу приєднати до контрольних точок $KT1'$, $KT2'$ (вихідні клеми вторинної обмотки трансформатора $TP1$). Потенціальний провідник приєднати до $KT1'$, “земляний” – до $KT2'$.

6. Тумблер $SA5$ перевести в позицію “Вимкнено” (випрямляч відокремлений від фільтрів згладжування).

7. Подати змінну напругу на однопівперіодний випрямляч, для цього перевести тумблер $SA1$ в позицію “Двімкнено”.

На екрані осцилографа з'явиться осцилограма – синусоїдна напруга (рис. 3.1).

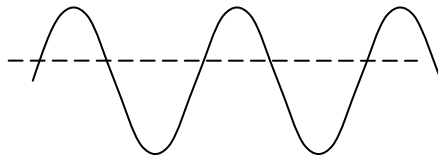


Рисунок 1.5 – Осцилограма синусоїдної напруги

Органами керування осцилографа: “ $V/дел$ ”, “Розгортка” та ін. відрегулювати зображення на екрані по горизонтальній та вертикальній шкалі (вісі) таким чином, щоб зображення синусоїди не виходило за межі екрану по вертикалі – тим самим уникаємо перевантаження вхідного кола осцилографа.

Виміряти за допомогою осцилографа амплітудне значення синусоїдної напруги, а діюче значення напруги в $KT1'$, $KT2'$ – електронним вольтметром.

Тумблер $SA1$ перевести в положення “Вимкнено”.

8. Перенести потенціальний провідник $C1-93$ в точку $KT1$, “земляний” – в точку $KT2$.

Тумблер $SA1$ перевести в положення “В+, ввімкнено”.

На екрані з'явиться осцилограма (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Випрямлена напруга

Відрегулювати зображення на екрані (див. п. 7). Виміряти амплітудне значення випрямленої (пульсуючої) напруги по осцилографу. Визначити постійної складової (середньо випрямленої напруги – U_0) за виразом:

$$U_o \approx 0,318U_m . \quad (1.1)$$

9. Знайти постійну складову випрямленої напруги U_0 за допомогою осцилографа, для цього перевести перемикач “ $\approx \perp \sim$ ” в положення “ \sim ” (“відкритий вхід”).

10. Осцилограма на екрані зміститься на величину Δl [см] відносно лінії розгортки каналу II. Виміряти величину цього зміщення в одиницях напруги – вольтах: зміщення Δl помножити на значення поділки перемикача “V/дел”.

Наприклад: на рис. 3.3 зміщення осцилограми від початкового стану $\Delta l = 1,1 \text{ см}$ (по масштабній шкалі на екрані), а перемикач “V/дел” знаходиться в позиції “5B/дел”.

Тоді: $U_o = \Delta l \cdot 5B = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ В}$.

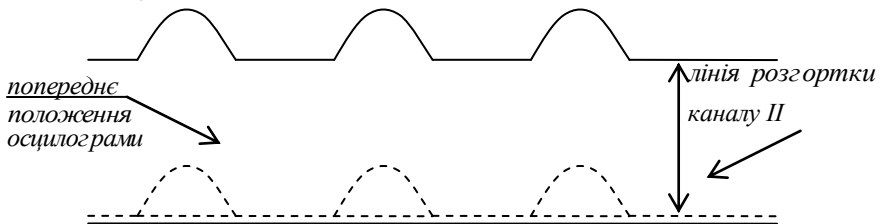


Рисунок 1.7 – Середньо випрямлена напруга

11. Від'єднати вимірювальні провідники осцилографа від $KT1, KT2$, а вольтметром В7–16А виміряти в цих точках значення напруги U_0 .

Результати вимірів та розрахунків занести в таблицю 1.

12. Тумблер SA5 перевести в положення “Ввімкнено” [вгору]. Вихід випрямляча, при цьому, буде приєднано до того чи іншого фільтру згладжування в залежності від позиції перемикача SA6 .

13. Переводячи послідовно перемикач з позиції “1” в “2”, “3”, “4”, “5”, “6”, приєднуємо до виходу випрямляча різні типи фільтрів згладжування .

Одночасно переносимо вимірювальний провідник I каналу в контрольні точки $[KT7, KT8] \div [KT15, KT16]$, замальовуємо відповідні осцилограми в лабораторний зошит.

Зробити висновки, аналізуючи кожен осцилограму, про вплив того чи іншого фільтру на форму вихідної напруги та її величину в порівнянні з випрямленою напругою без фільтрів згладжування.

14. В кожній позиції перемикача SA6 виміряти середньо випрямлену напругу U_0 осцилографом та вольтметром В7–16А (див. пункт 10). Результати вимірів занести в таблицю 1.

15. Для дослідження мостової схеми випрямляча (двопівперіодного) тумблер SA1 перевести в положення “Вимкнено”.

Перемикач SA6 повернути в вихідний (початковий) стан на позначку “1”. Тумблер SA2 поставити в положення “Вимкнено”.

Вимірювальні провідники осцилографа приєднати до точок $KT3', KT4'$ – вторинної обмотки TP2 , виміряти амплітудне значення напруги на вході двопівперіодного випрямляча.

16. Тумблер SA2 поставити в положення “Вимкнено”. Перенести вимірювальний провідник осцилографу в контр. точки $KT3, KT4$; SA2, SA4 – поставити в положення “Ввімкнено”.

На екрані повинна з'явитися осцилограма пульсуючої напруги з подвійною частотою пульсації – 100 Гц рис. 3.4.

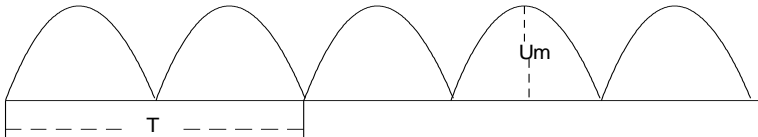


Рисунок 1.8 – Пульсуюча напруга

Органами керування на передній панелі осцилографа встановити зображення зручним для спостереження.

Перед проведенням вимірів за допомогою осцилографа, щоб уникнути похибки, необхідно перевірити положення ручок плавного регулювання амплітуди вхідного сигналу та тривалості розгортки (вони повинні бути в крайньому правому положенні).

17. Для мостового випрямляча виконати аналогічно виміри та замалювати осцилограми як і для однопівперіодного випрямляча (див. пункти 10 ÷ 14). Результати вимірів та розрахунків занести в таблицю 1.1.

18. Дослідження множника напруги (в лабораторному стенді це подвоювач напруги), складається з виміру напруги на вході ($KT5'$, $KT6'$) та виході $KT5$, $KT6$, розрахувати коефіцієнт множення:

$$K \approx U_{вих} / U_{вх} . \quad (1.2)$$

Звіт виконання лабораторної роботи

В зошиті для лабораторних робіт повинні бути:

- електричні схеми одно– та двопівперіодного випрямлячів, множника напруги, фільтрів згладжування.
- осцилограми напруги на вході та виході випрямлячів без фільтрів згладжування та з ними для кожного типу випрямлячів (рис. 1.9)

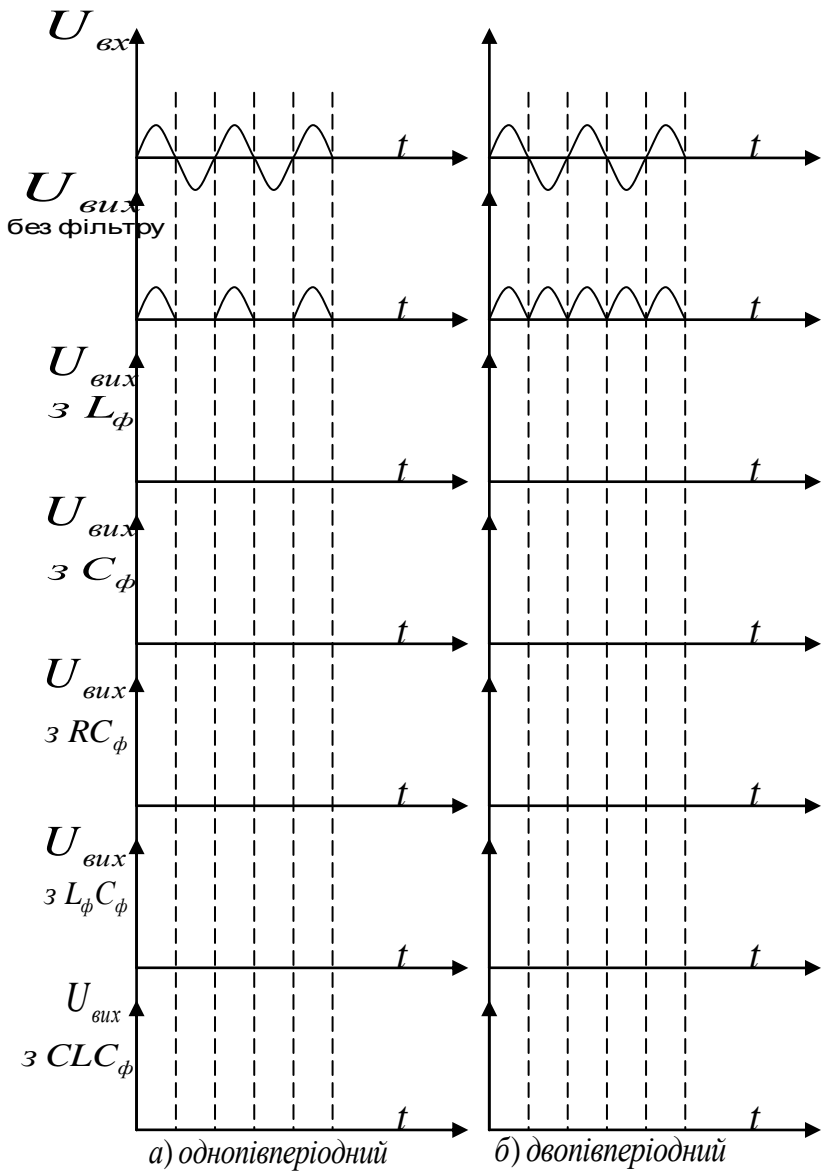


Рисунок 1.9 – Приклад оформлення знятих осцилограм

Таблиця 1.1

Результати дослідів та розрахунків

Тип випрямляча	Напруга U_2 , В	Напруга U_0 до фільтру, В	Напруга U після фільтру, В	Коефіцієнт пульсацій	Коефіцієнт згладжування
<u>Однопівперіодний</u>					
фільтр L					
фільтр C					
фільтр RC					
фільтр LC					
фільтр CRC					
фільтр CLC					
<u>Двопівперіодний</u>					
фільтр L					
фільтр C					
фільтр LC					
фільтр CLC					
множник ($U_0 \times 2$)					

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Утворення $p-n$ переходу. Процеси в $p-n$ переході при дії прямої та зворотної напруги.
2. Принцип роботи випрямляючого діоду. Вольт-амперна характеристика (ВАХ).
3. Пробій $p-n$ переходу (лавинний, тунельний, тепловий).

4. Типи діодів. Принцип роботи, сфера використання (тип діоду вказує викладач).
5. Принцип роботи фільтрів згладжування :індуктивного L , ємнісного C , Γ – подібних: RC, LC ; Π – подібних: RCR, LCL .
6. Коефіцієнт пульсації, порядок обрахування при одно–та двопів-періодному випрямленні змінної напруги.
7. Принцип роботи випрямлячів (однопівперіодного, двопівперіодного, трифазного), переваги та недоліки, сфера використання.
8. Пояснити принцип роботи діоду (тип вказує викладач).

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 ВИПРЯМЛЯЧІВ
ТА ЗГЛАДЖУЮЧИХ ФІЛЬТРІВ

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. 1,4

Наклад 50 пр.

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