

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Дослідження роботи електронних випрямлячів

- Мета.** 1. Вивчення роботи випрямних пристроїв.
2. Вивчення впливу фільтрів, що згладжують, на випрямлену напругу.

Прилади й устаткування: віртуальна лабораторія Multisim, в тому числі – понижувальний силовий трансформатор, осцилограф, випрямні діоди 1N3900, щитові прилади.



Рис. 6.1. Діод 1N3900

Загальні теоретичні положення.

У якості джерел живлення різних електронних пристроїв часто використовують випрямлячі. До складу випрямляча (мал. 6.2) входять наступні основні елементи: трансформатор T - пристрій для перетворення напруги змінного струму живильної мережі в необхідну змінну напругу й розділення електричних кіл; вентиль B - пристрій, що випрямляє, володіє однобічною провідністю електричного струму; фільтр Φ - пристрій, що забезпечує необхідне ослаблення пульсації випрямленої напруги.

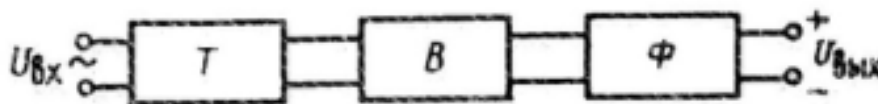


Рис. 6.2. Структурна схема випрямляча

Вентиль перетворює змінну напругу в пульсуючу, що забезпечується його властивістю однобічної електропровідності. При прямій напрузі опір

вентиля близько до нуля, а при зворотній напрузі він стає дуже великим. У цей час більшість випрямлячів виконують на напівпровідникових діодах (германієвих і кремнієвих). Силкові напівпровідникові діоди в порівнянні з іншими мають низку переваг: більш високий ККД; постійну готовність до роботи, великий термін служби, малі масу й габарити, високу надійність.

Вольт-амперна характеристика напівпровідникового діода (мал. 6.3, б) відрізняється від ідеальної характеристики вентиля (мал. 6.3, а), тому що при зворотній напрузі діод проводить струм. Однак у гарних діодів зворотні струми досить малі й несуттєво впливають на роботу випрямляча. У табл. 6.1 наведені основні електричні параметри напівпровідникових діодів, найбільш часто використовуваних у схемах випрямлячів: максимальна зворотна напруга $U_{зв.маx}$, максимальний зворотний струм $I_{зв.маx}$, максимальний середній випрямлений струм $I_{0маx}$.

Таблиця 6.1. Основні електричні параметри напівпровідникових діодів

Позначення діодів	$U_{зв.маx}$, В	$I_{зв.маx}$, мкА	$I_{0маx}$, А
1N3899	50	50	20
1N3900	100	50	20
1N3901	200	50	20
1N3902	300	50	20
1N3903	400	50	20

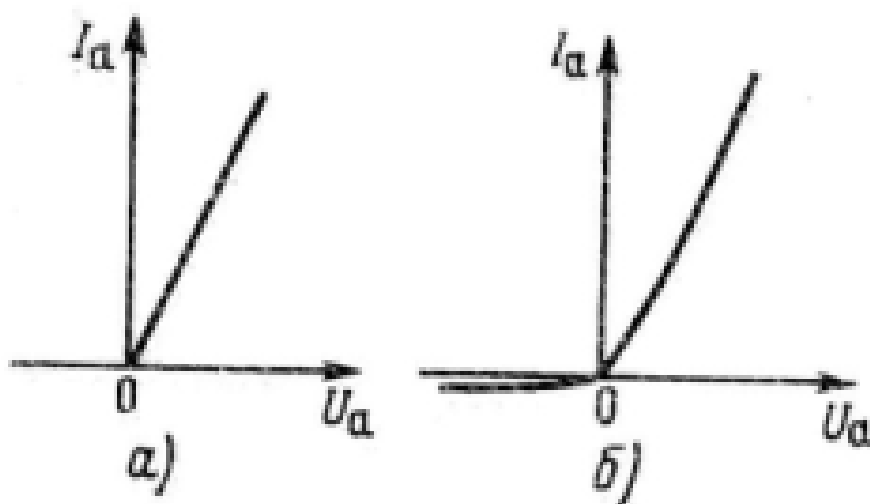


Рис. 6.3. Ідеальна (а) і реальна (б) вольт-амперні характеристики напівпровідникового діода

На мал. 6.4 представлена найпростіша схема однопівперіодного випрямляча, до складу якої входять трансформатор Т, діод VD і навантаження

Р. Діаграми напруг і струму в схемі однопівперіодного випрямляча показані на мал. 6.5.

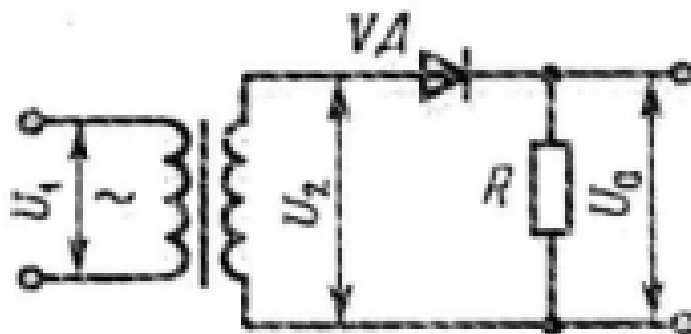


Рис. 6.4. Схема однопівперіодного випрямляча

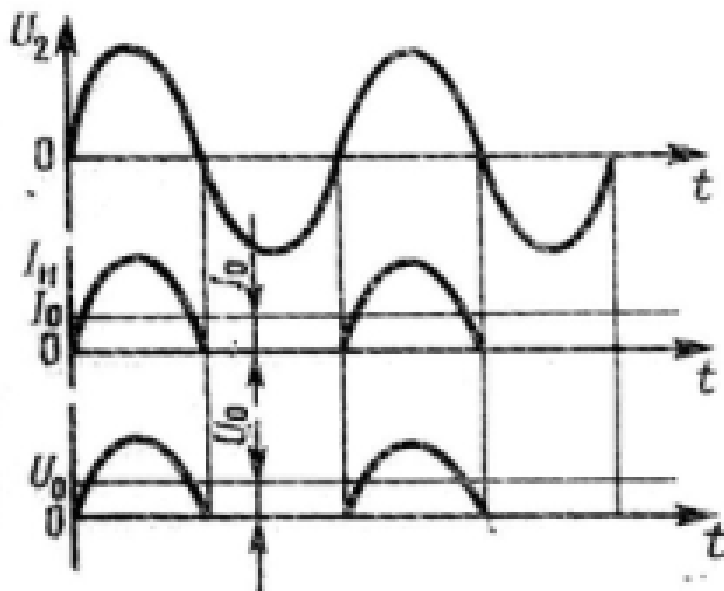


Рис. 6.5. Діаграми напруг і струмів у схемі однопівперіодного випрямляча

Струм у ланцюзі навантаження, включеному послідовно з діодом, проходить лише в ті моменти часу, коли до нього прикладена пряма напруга. Кожну половину періоду напруга вторинної обмотки трансформатора міняє знак. Тому протягом півперіоду до діода прикладена пряма напруга, протягом наступного півперіоду - зворотня.

Через діод і навантаження струм проходить тільки в одному (прямому) напрямку, тобто струм у навантаженні постійний по напрямкові, але пульсуючий. Випрямлена напруга збігається за формою з випрямленим струмом. Частота пульсацій випрямленої напруги дорівнює частоті мережі.

Пульсуючі струм і напруга містять постійні складові. Середнє за період значення випрямленої (пульсуючої) напруги, тобто її постійна складова,

визначається вираженням $U_0 = \frac{U_{2m}}{\pi}$, де U_{2m} - амплітуда напруги у вторинній обмотці трансформатора, або $U_0 = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,45U_2$, де U_2 - діюча напруга.

Максимальне значення зворотної напруги, що прикладається до діода, дорівнює амплітудному значенню: $U_{обр.м} = U_{2m} = \pi U_0$.

Якість випрямляча характеризується відношенням постійної складової U_0 випрямленої напруги до діючого значення змінної напруги U_2 : U_0/U_2 . Чим більше значення цього відношення, тем вище якість схеми випрямляча. Для однопівперіодного випрямляча $U_0/U_2 = 0,45$.

Важливою вимогою до випрямляча є зниження змінної складової випрямленої напруги, яка характеризується коефіцієнтом пульсацій K_{Π} , рівним відношенню амплітудного значення змінної складової випрямленої напруги до його постійної складової: $K_{\Pi} = U_{\sim m}/U_0$. Коефіцієнт пульсацій часто визначають по першій гармоніці: $K_{\Pi 1} = U_{m1}/U_0$, де U_{m1} - амплітуда першої гармоніки випрямленої напруги. Для однопівперіодного випрямляча $K_{\Pi 1} = 1,57$.

До випрямлячів пред'являється також вимога, що стосується режиму роботи вентилів: зворотна напруга на закритому вентилі не повинна набагато перевищувати випрямлену напругу. Виконання цієї вимоги характеризується відношенням максимального значення зворотної напруги $U_{обр.м}$ до середнього значення випрямленої напруги U_0 : $U_{обр.м}/U_0$. Для однопівперіодного випрямляча $U_{обр.м}/U_0 = \pi$.

Схеми однопівперіодних випрямлячів мають ряд істотних недоліків: мале значення випрямленої напруги, великий коефіцієнт пульсацій і ін. На практиці використовують різні схеми двохпівперіодних випрямлячів. На мал. 6.6 представлені схеми двохпівперіодного випрямляча з виводом від середини вторинної обмотки трансформатора (а) і мостова (б).

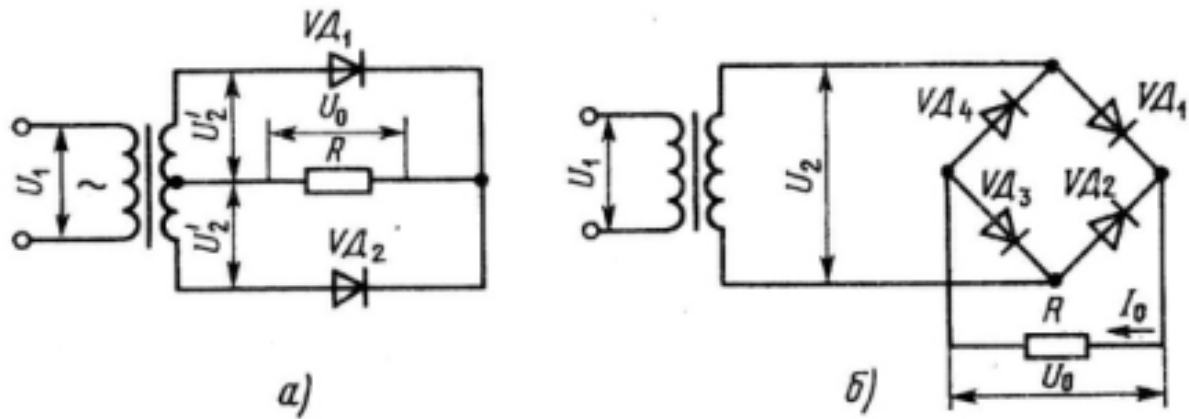


Рис. 6.6. Схеми двохпівперіодних випрямлячів:
 а - з відведенням від середньої точки вторинної обмотки трансформатора; б – мостова схема

Найпоширенішою є мостова схема, завдяки тому, що не потрібен трансформатор, що має відвід від середини вторинної обмотки. Чотири діоди схеми утворюють міст, до одній діагоналі якого приєднуються кінці вторинної обмотки трансформатора, а до іншої - навантаження випрямляча. Діоди працюють по черзі попарно: при позитивній півхвилі напруги U_2 , яка відповідає прямій напрузі діода VD_1 , струм проходить через VD_1 , навантаження й VD_3 , а при негативній півхвилі напруги U_2 , відповідної до прямої напруги діода VD_2 , струм проходить через VD_2 , навантаження й VD_4 . На мал. 6.7 представлені діаграми напруг і струму в мостовій схемі.

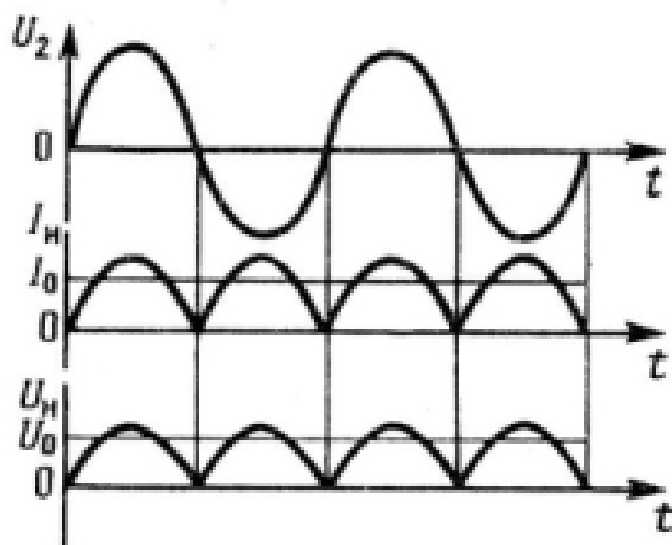


Рис. 6.7. Діаграми напруг і струмів у схемі двохпівперіодного випрямляча

Частота пульсацій випрямленої напруги тут у два рази більше, ніж в однопівперіодній схемі, що збільшує середнє значення випрямленої напруги:

$$U_0 = \frac{2U_{2m}}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,9U_2.$$
 Коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги по першій гармоніці $K_{П1} = 0,667$.

Максимальне значення зворотної напруги на закритих діодах дорівнює амплітудному значенню напруги U_{2m} , тому що спадання напруги на відкритих вентилях близько нулю: $U_{обр.т} = U_{2m} = \frac{\pi U_0}{2} = 1,57U_0$.

Найпростіші схеми випрямлячів мають великий коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги. Тому далі передбачаються фільтри, що згладжують. Звичайно використовують Г- або П- образні фільтри, що включають дроселі, конденсатори й резистори. Найчастіше використовують LC-фільтри (мал. 6.8, а, б), що забезпечують гарне згладжування пульсацій при різних навантаженнях.

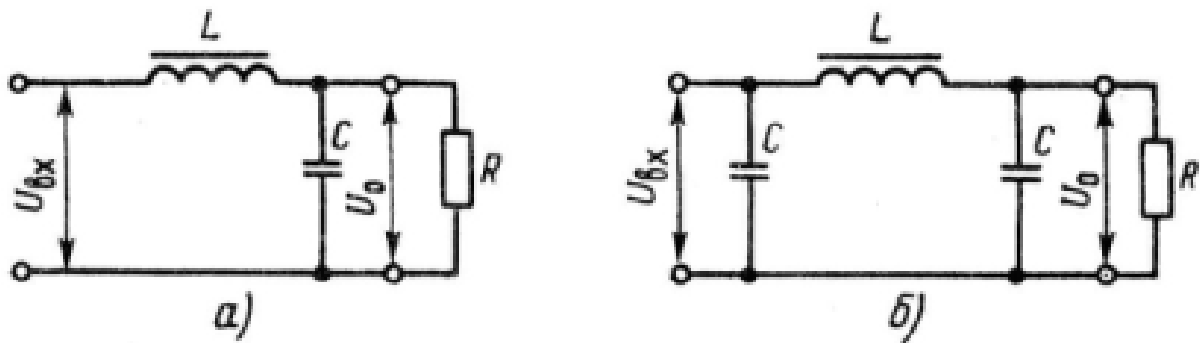


Рис. 6.8. Г- образна (а) і П- образна (б) схеми фільтрів, що згладжують

Конденсатор С фільтра включають паралельно навантаженню R. Тоді при виконанні умови $X_C = \frac{1}{\omega C} \ll R$ конденсатор шунтує навантаження по змінній складовій і значно зменшує змінну напругу на навантаженні. Дросель L включають послідовно з навантаженням. При виконанні умови $X_L = \omega L \gg R$ змінна напруга виходу випрямляча затримується на дроселі фільтра й у навантаження не попадає. Одночасне включення L і С дає великий ефект у згладжуванні пульсацій випрямленої напруги. Якість фільтра оцінюють коефіцієнтом згладжування $K_{згл} = \frac{K_{Пвх}}{K_{Пвых}}$, де $K_{Пвх}$, $K_{Пвых}$ - коефіцієнти пульсацій випрямляча на вході й виході фільтра. Чим більше $K_{згл}$, тем ефективніше працює фільтр.

Порядок виконання роботи

1. Розібратися в роботі схеми макета лабораторної установки (мал. 6.9). Зібрати схему в програмі Multisim (мал. 6.10).

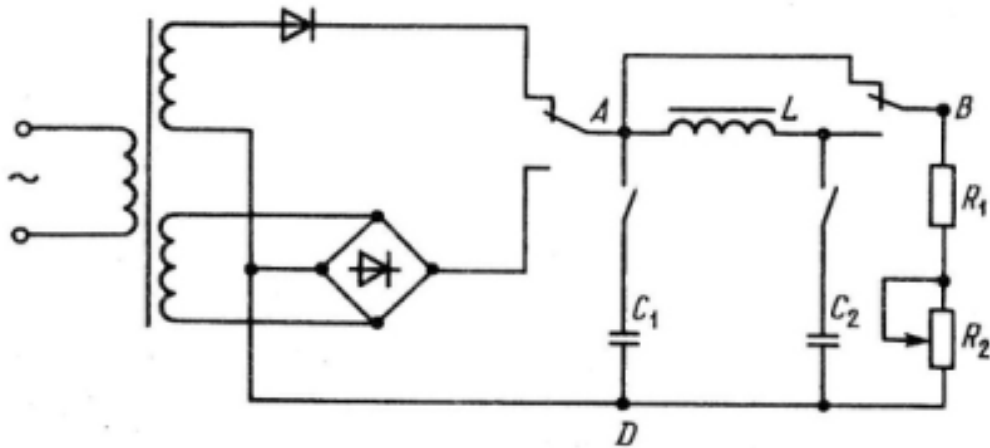


Рис. 6.9. Схема лабораторної установки для дослідження випрямляча

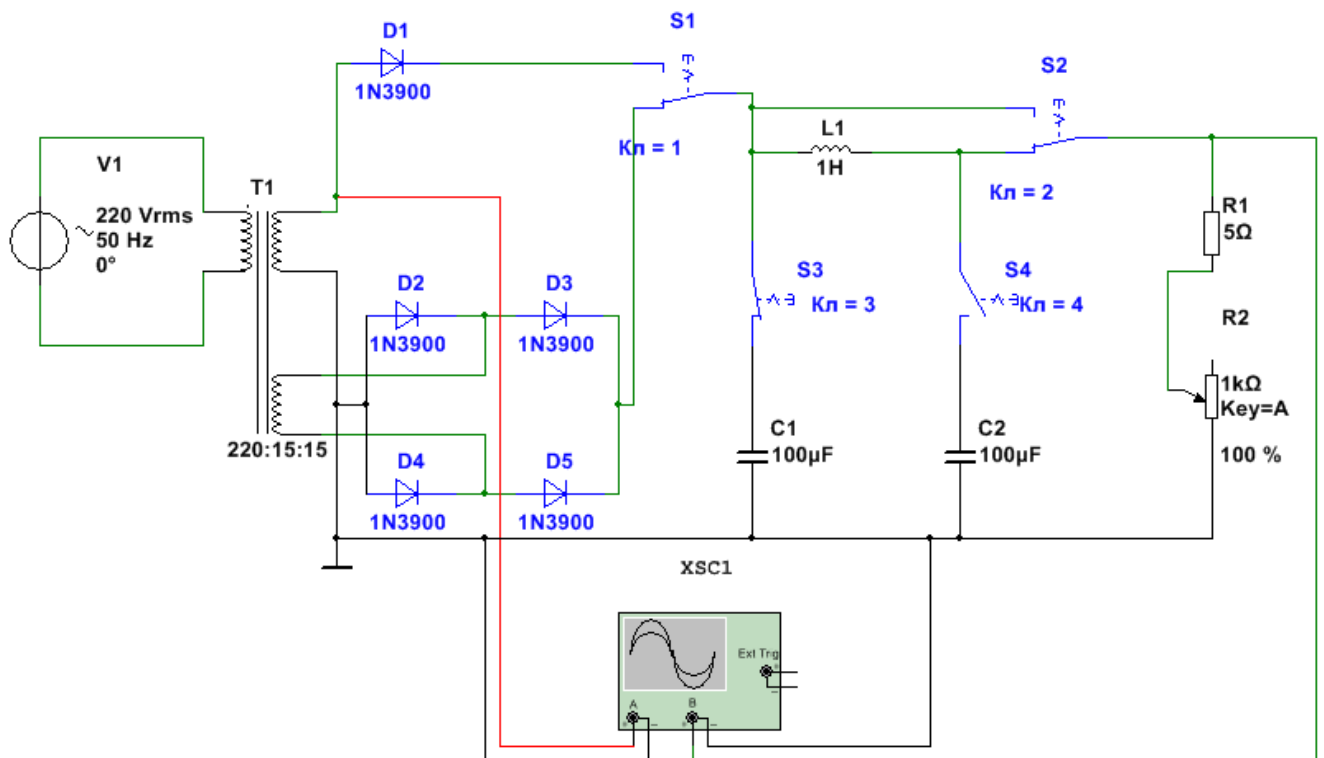




Рис. 6.10. Схема лабораторної установки в програмі Multisim

2. Встановити повзунок потенціометра R2 у верхнє за схемою положення (100%). Замалювати зображення кривих з екрана осцилографа на вторинній обмотці трансформатора й на виході випрямляча для випадку однопівперіодної і мостовий схем без фільтрів, що згладжують, і при використанні всіх фільтрів:

- 1) осцилограма напруги вторинної обмотки трансформатора (однакова для обох схем випрямлення) – червона крива на екрані осцилографа;
- 2) осцилограма випрямленої напруги на виході однопівперіодного випрямляча (без згладжуючих фільтрів) – зелена крива на екрані осцилографа, положення вимикачів та перемикачів: S1, S2 – у верхньому, по схемі, положенні, S3, S4 – розімкнуті;
- 3) осцилограма випрямленої напруги на виході двонапівперіодного випрямляча (без згладжуючих фільтрів) – зелена крива на екрані осцилографа, положення вимикачів та перемикачів: S1– у нижньому, по схемі, положенні, S2 – у верхньому, по схемі, положенні, S3, S4 – розімкнуті;
- 4) осцилограма випрямленої напруги на виході двонапівперіодного випрямляча із згладжуючим C-фільтром – зелена крива на екрані осцилографа, положення вимикачів та перемикачів: S1– у нижньому, по схемі, положенні, S2 – у верхньому, по схемі, положенні, S3 - замкнутий, S4 – розімкнутий;
- 5) осцилограма випрямленої напруги на виході двонапівперіодного випрямляча із згладжуючим Г-образним LC-фільтром – зелена крива на екрані осцилографа, положення вимикачів та перемикачів: S1, S2 – у нижньому, по схемі, положенні, S3 - замкнутий, S4 – розімкнутий;
- 6) осцилограма випрямленої напруги на виході двонапівперіодного випрямляча із згладжуючим П-образним LC-фільтром – зелена крива на екрані осцилографа, положення вимикачів та перемикачів: S1, S2 – у нижньому, по схемі, положенні, S3, S4 – замкнуті.

3. У висновках по роботі проаналізуйте отримані осцилограми та визначіть, які схеми випрямлячів та згладжуючих фільтрів забезпечують менші пульсації випрямленої напруги.

Зменшіть опір навантаження (потягнувши повзунок потенціометра R2 вниз по схемі) і подивіться, як зміниться в цьому разі рівень пульсацій на виході випрямляча. Зробіть висновок про те, як ефективність згладжувальних фільтрів залежить від потужності навантаження.

4. Вимкніть живлення схеми, натиснувши кнопку  або . Зробіть висновки по роботі (по кожному пункту).

Контрольні питання.

1. Пояснити призначення схеми випрямляча.
2. Які переваги мають силові напівпровідникові діоди в порівнянні з іншими?
3. Намалюйте вольт-амперну характеристику вентиля.
4. Які елементи можна використовувати в якості вентилів?

5. За якими основними характеристиками підбирають діоди для випрямляючих схем?
6. Намалюйте схему однопівперіодного випрямляча.
7. Намалюйте часові діаграми (графіки) вхідної та вихідної напруг однопівперіодного випрямляча.
8. Які переваги й недоліки має однопівперіодний випрямляч?
9. Намалюйте мостову схему двонапівперіодного випрямляча.
10. Намалюйте часові діаграми (графіки) вхідної та вихідної напруг двонапівперіодного випрямляча.
11. Які переваги й недоліки має двонапівперіодний випрямляч?
12. Від чого залежить частота пульсацій випрямленої напруги?
13. Дати визначення коефіцієнта пульсацій.
14. Дати визначення коефіцієнта згладжування.
15. З яких міркувань вибирають елементи фільтра, що згладжує?