

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

навчальної дисципліни
«Основи електрики та електроніки, електричні вимірювання та їх
стандартизація»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Оператор безпілотних літальних апаратів)***

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробник: викладач циклової комісії Авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, спеціаліст вищої категорії, Юрко О.О.

Рецензенти:

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.
2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 3							
Тема 1. Основні закони та положення електродинаміки	12	2	0	6	0	4	екзамен
Тема 2. Провідники та діелектрики в електричному полі. Електрична ємність	12	2	0	4	0	4	
Тема 3. Постійний електричний струм. Закони Ома та Джоуля-Ленца. Електрорушійна сила	8	4	0	0	0	4	
Тема 4. Магнітне поле та магнітна індукція. Магнітна напруженість	8	4	0	0	0	4	
Тема 5. Дія магнітного поля на струм та рухомі заряди	8	2	0	2	0	4	
Тема 6. Магнітні властивості речовини. Електромагнітна індукція	6	2	0	0	0	4	
Тема 7. Електромагнітні хвилі	6	2	0	0	0	4	
Тема 8. Конденсатори та резистори в електричних колах. Еквівалентні перетворення електричних кіл	8	2	0	2	0	4	
Тема 9. Розрахунок складних електричних кіл	12	2	0	6	0	4	
Тема 10. Електричні кола однофазного синусоїдального змінного струму. Метод комплексних амплітуд	10	2	0	4	0	4	
Тема 11. Електричні кола при негармонійній дії	8	2	0	2	0	4	

Тема 12. Перехідні процеси в електричних колах	10	2	0	4	0	4
Тема 13. Вироблення змінного струму	6	2	0	0	0	4
Тема 14. Електричні машини	6	2	0	0	0	4
Тема 15. Машини постійного струму	6	2	0	0	0	4
Тема 16. Основи фізики напівпровідникових приладів. Діоди.	7	2	0	0	2	3
Тема 17 Біполярні транзистори.	5	2	0	0	0	3
Тема 18 Польові транзистори. Тиристори. ІМС	5	2	0	0	0	3
Тема 19 Підсилювачі. Операційний підсилювач	5	2	0	0	0	3
Тема 20 Алгебра логіки. Цифрові мікроелектронні пристрої	9	2	0	0	4	3
Тема 21 Випрямлячі. Стабілізатори	9	2	0	0	4	3
Тема 22 Загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання	5	2	0	0	0	3
Тема 23 Похибки вимірювань прилади	5	2	0	0	0	3
Тема 24 Електровимірювальні	5	2	0	0	0	3
Тема 25 Основи стандартизації	5	2	0	0	0	3
Всього за семестр № 3:	180	50	0	30	10	90

2. Методичні вказівки до лабораторних занять

Правила техніки безпеки при проведенні лабораторних робіт

До початку роботи:

- з дозволу викладача займіть своє робоче місце за комп'ютером, налаштуйте кут нахилу монітора так, щоб: середина екрана монітора знаходилася трохи нижче горизонтальної лінії зору; відстань від очей до поверхні екрана становила 40-80 см, залежно від розмірів об'єктів на екрані; лінія від очей до центра екрана монітора була перпендикулярна до площини екрана; пальці рук вільно лежали на клавіатурі; руки утворювали в ліктьовому суглобі кут, близький до 90°;
- наведіть лад на робочому столі, приберіть з нього предмети, які не потрібні для роботи;
- перевірте чистоту своїх рук, за потреби вимийте їх і витріть насухо;
- перевірте відсутність зовнішніх пошкоджень комп'ютерного обладнання;
- з дозволу викладача ввімкніть комп'ютер.

Під час роботи:

- тримайте робоче місце охайним, не розміщуйте на ньому сторонніх речей;
- витримуйте правильну поставу - не нахиляйтеся близько до поверхні екрана, не згинайтеся, тримайте руки без напруження;
- не намагайтеся самостійно усунути перебої в роботі комп'ютера, при їх виникненні негайно покличете викладача;
- не торкайтеся задніх стінок монітора та системного блока, не чіпайте дротів живлення;
- акуратно вставляйте і виймайте змінні носії;
- не торкайтеся екрана монітора руками (це забруднює його і порушує антиблікове покриття);
- категорично забороняється знімати кришки корпусів пристроїв комп'ютера, самостійно без дозволу викладача приєднувати і від'єднувати пристрої комп'ютера.

Після закінчення роботи:

- приберіть своє робоче місце;
- з дозволу викладача вимкніть комп'ютер або закінчіть сеанс роботи.

Підготовка до виконання лабораторних робіт

Перед виконанням лабораторної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину лабораторної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, знати систему одиниць СІ, чітко уявляти хід виконання лабораторної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні лабораторної роботи.

Структура та правила оформлення лабораторних робіт

Лабораторна робота передбачає виконання дослідних та розрахункових завдань згідно з порядком проведення лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Промислова електроніка та мікросхемотехніка».

Звіт з виконаної лабораторної роботи оформлюється на аркушах формату А4, набирається на одній стороні аркуша з форматуванням по ширині, шрифтом Times New Roman, розміри шрифту – 14, звичайний, міжрядковий інтервал – 1,15, абзац – 1,25. Поля аркушу задаються по 1 см зверху та знизу, 2,5 см – зліва й 1 см – справа. Кожен аркуш (окрім титульного) повинен мати номер сторінки (нумерація починається з титульного аркушу). Всі лабораторні роботи в кінці семестру зшиваються в журнал звітів з лабораторних робіт та здаються викладачу. Зразок титульного аркушу наведений в додатку А. Кожна лабораторна робота оформлюється на новому аркуші (додаток Б).

Структура звіту з виконаної лабораторної роботи:

1. Номер лабораторної роботи;
2. Тема лабораторної роботи;
3. Мета лабораторної роботи;
4. Хід роботи (згідно з порядком проведення лабораторної роботи) – необхідно коротко записати етапи роботи, навести креслення схем, оформити таблиці з занесенням до них отриманих даних;
5. Висновок.

Захист лабораторних робіт

Звіт з виконаної лабораторної роботи у повному обсязі подається на перевірку викладачу. У разі виявлення помилок, робота віддається на доопрацювання. Якщо робота не містить помилок, то вона підписується до захисту. Захист лабораторної роботи проводиться безпосередньо викладачу навчальної дисципліни «Промислова електроніка та мікросхемотехніка».

Позитивна оцінка може бути одержана лише за умови, що на всі поставлені запитання дані позитивні відповіді.

Рівень позитивної оцінки (задовільно, добре чи відмінно) визначається чіткістю формулювань, якістю відповідей на запитання, викладання матеріалу та його оформлення, повне виконання поставленої задачі. При цьому, для оцінки «відмінно» необхідно враховувати граматичні показники відповіді, володіння державною мовою, відповідність графічного та іншого оформлення діючим стандартам.

Тема № 2 Класифікація напівпровідникових приладів

Лабораторне заняття: Дослідження стабілітрона..

Навчальна мета заняття: розглянути способи побудови зворотної гілки ВАХ стабілітрона та розрахунок його параметрів.

Кількість годин - 2 (денна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Література: 1 (с. 27), 2 (с. 172), 3 с. (24-81).

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів вищої освіти.

II. Основна частина заняття.

Теоретичні відомості.

Напівпровідниковий діод, на якому напруга в зоні електричного пробою майже не залежить від струму, називається стабілітроном. Стабілітрони використовують для стабілізації напруги. Щоб запобігти тепловому пробою, їх конструкція забезпечує ефективне відведення тепла від кристалу.

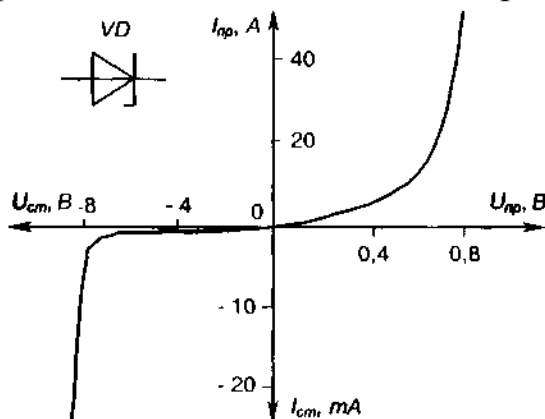


Рисунок 1.1 - Умовне позначення та ВАХ стабілітрона

Основними параметрами стабілітрона є:

- напруга стабілізації U_{cm} , що становить від 1 до 1000 В;
- динамічний опір на ділянці стабілізації (характеризує зміну величини напруги на приладі зі змінами струму крізь нього):

$$R_d = \frac{dU_{cm}}{dI_{cm}},$$

– мінімальний струм стабілізації $I_{cm \min}$ - мінімальний струм, при якому прилад гарантовано знаходиться в режимі стабілізації - складає одиниці міліампер;

– максимальний струм стабілізації $I_{cm \max}$ - максимально допустимий струм через прилад.

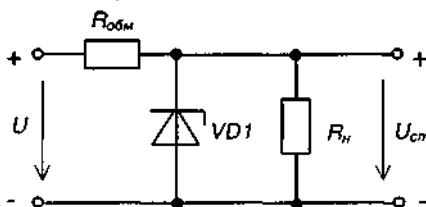


Рисунок 1.2 - Схема елементарного стабілізатора напруги

Найпростіша схема стабілізації наведена на рис. 1.2.

Хід роботи.

1. Вимірювання напруги та розрахунок струму через стабілітрон

1.1. На робочому полі зібрати схему (рис.1.3)

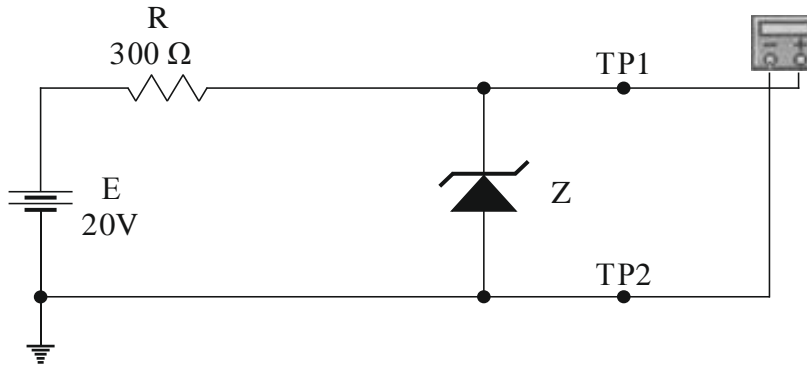


Рисунок 1.3.

1.2. З таблиці 1.1. вибрати тип стабілітрона згідно варіанту

Таблиця 1.1.

Варіант	1	2	3	4	5
Тип	1N4370A	1N4371A	1N4372A	1N4678	1N4681
Варіант	6	7	8	9	10
Тип	1N4728A	1N4729A	1N4730A	1N4731A	1N4732A

1.3. Включити схему. Виміряти значення напруги на стабілітроні при значеннях ЕРС джерела, наведених в таблиці 1.2, користуючись мультиметром в режимі вольтметра.

Занести результати вимірювань до цієї ж таблиці.

Таблиця 1.2.

Е, В	U _{СТ} , В	I _{СТ} , А
0		
4		
6		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

1.4. Розрахувати струм стабілітрона I_{СТ} для кожного значення напруги U_{СТ} за формулою:

$$I_{СТ} = (E - U_{СТ}) / R$$

Результати розрахунків занести до таблиці 1.2.

1.5. За даними таблиці 1.2 побудувати ВАХ стабілітрона I_{СТ} = f(U_{СТ})

1.6. За вольтамперною характеристикою стабілітрона визначити напругу

стабілізації $U_{\text{СТАБ}}$.

1.7. Розрахувати потужність, розсіювану на стабілітроні при напрузі $U_{\text{СТ}}=20\text{ В}$:

$$P_{\text{СТ}} = I_{\text{СТ}} \cdot U_{\text{СТ}}, \text{ Вт}$$

1.8. Виміряти кут нахилу ВАХ в області стабілізації напруги (кут меж дотичною в області стабілізації та віссю напруг) та визначити диференційний опір стабілітрона в цій області:

$$R_{\text{диф}} = \text{tg} \alpha, \text{ Ом}$$

2. Вимірювання точок навантажувальної характеристики параметричного стабілізатора.

2.1. На робочому полі зібрати схему (рис.1.4), підключивши паралельно стабілітрону резистор $R_L=75\text{ Ом}$. Значення ЕРС джерела встановити рівним 20 В.

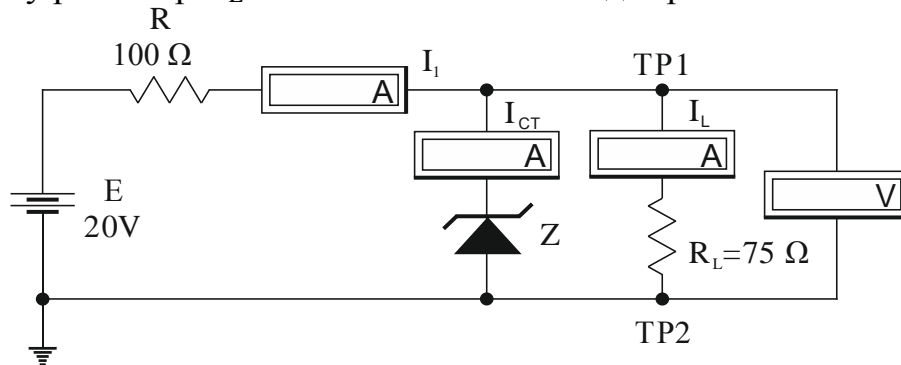


Рисунок 1.4.

2.2. Включити схему. Показання приладів занести до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

$R_L, \text{ Ом}$	$U_{\text{СТ}}, \text{ В}$	$I_1, \text{ mA}$	$I_L, \text{ mA}$	$I_{\text{СТ}}, \text{ mA}$
75				
100				
200				
300				
600				
1000				
к.з.				

2.3. Повторити виміри при опорах резистора R_L , указаним в табл. 1.3 та при короткому замиканні. Покази приладів занести до цієї ж таблиці.

3. Отримання ВАХ на екрані осцилографа.

3.1. На робочому полі зібрати схему (рис.1.5).

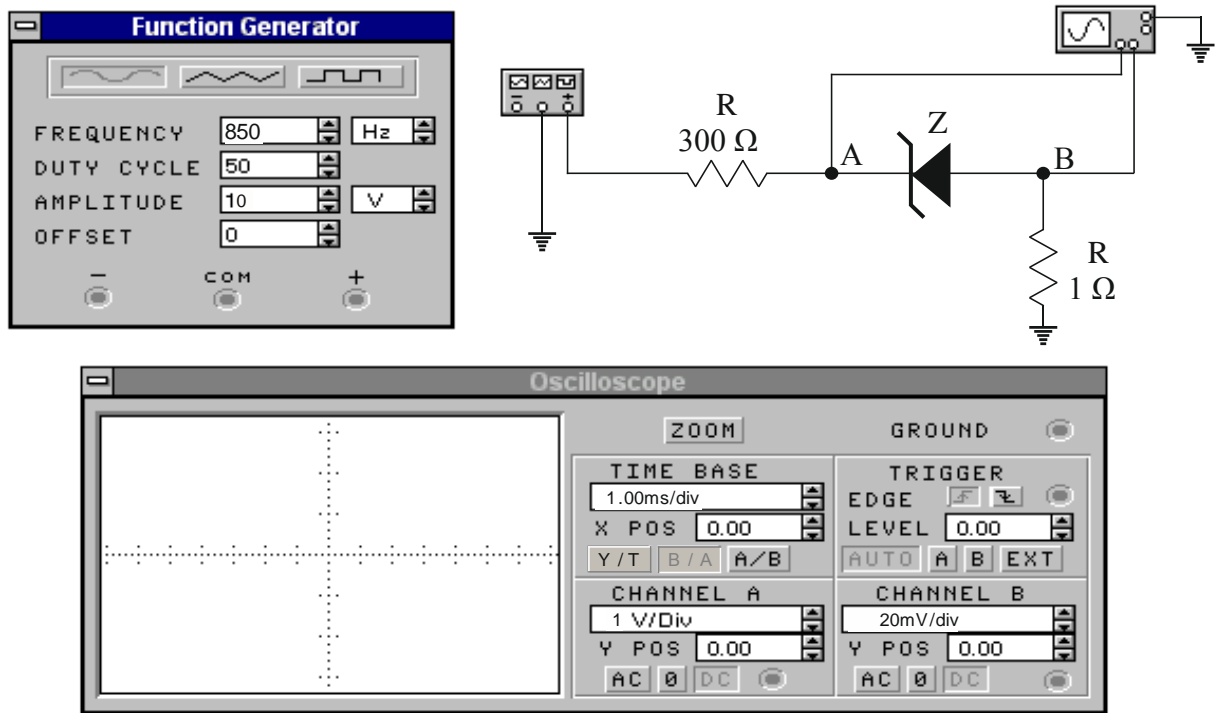


Рисунок 1.5.

3.2. Включити схему та розгорнуте зображення осцилографа (кнопка «Expand» осцилографа). Включити режим роботи В/А. На ВАХ на екрані осцилографа, виміряти напругу стабілізації $U_{\text{СТАБ}}$.

3.3. Порівняти напругу стабілізації п. 1.5 з вимірним значенням, зробити висновок:

3.4. Замалювати ВАХ, отриману на екрані осцилографа.

III. Заключна частина заняття.

Питання для перевірки.

1. Назвіть види пробою електронно-діркового переходу.
2. Наведіть основні характеристики стабілітрона.
3. Які властивості кремнієвих стабілітронів дозволяють використовувати їх в схемах стабілізаторів напруги?
4. За якою формулою можна розрахувати опір обмежуючого резистора в схемі параметричного стабілізатора?

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема № 9 Алгебра логіки. Реалізація простих логічних функцій.

Лабораторне заняття: Елементи цифрової техніки.

Навчальна мета заняття: вивчення логічних елементів цифрової техніки.

Кількість годин - 2 (денна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Література: 3 (с.171-178), 4 (с.357-362).

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів вищої освіти.

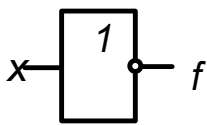
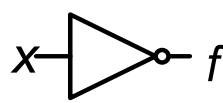
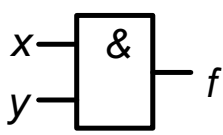
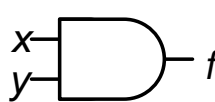
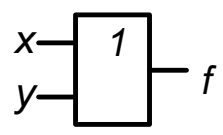
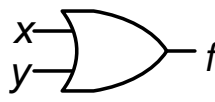
II. Основна частина заняття.

Теоретичні відомості.

1. Основні логічні елементи.

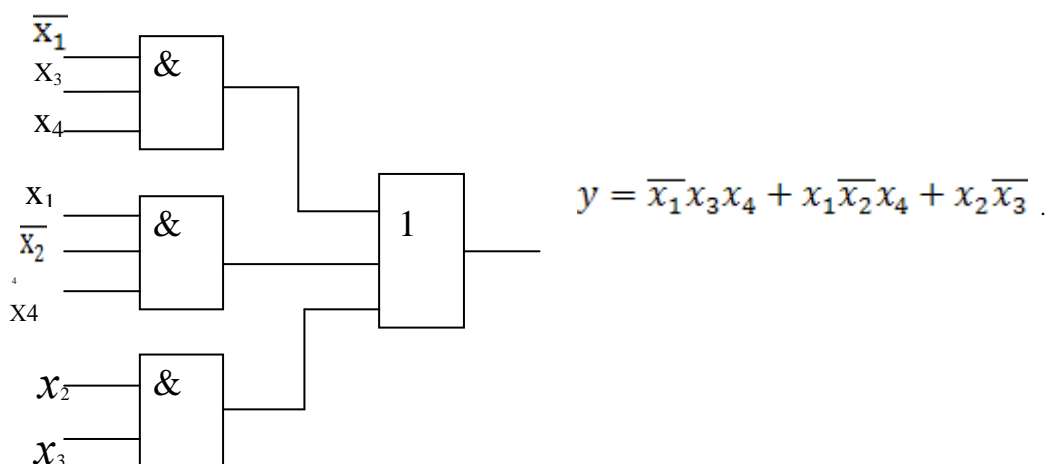
Основні логічні елементи наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

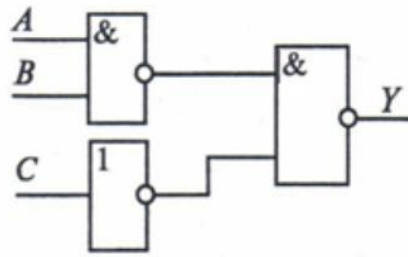
Назва	Варіанти позначення		Варіанти запису	Таблиця істинності															
НІ (інвертор) NOT			$f = \bar{x}$ $f = \neg x$	<table><tr><td>x</td><td>f</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	x	f	0	1	1	0									
x	f																		
0	1																		
1	0																		
І (кон'юнкція) AND			$f = x \& y$ $f = x \wedge y$ $f = x \cdot y$	<table><tr><td>x</td><td>y</td><td>f</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	x	y	f	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
x	y	f																	
0	0	0																	
1	0	0																	
0	1	0																	
1	1	1																	
АБО (диз'юнкція) OR			$f = x + y$ $f = x \vee y$	<table><tr><td>x</td><td>y</td><td>f</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	x	y	f	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
x	y	f																	
0	0	0																	
1	0	1																	
0	1	1																	
1	1	1																	

2. Складання логічних схем за логічними функціями.

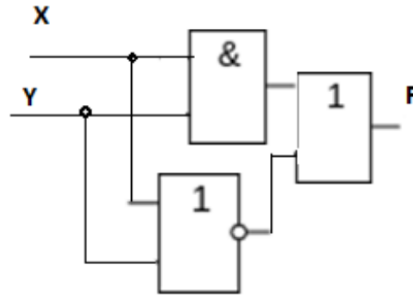
2.1. За логічною схемою записати логічну функцію



2.2. Скласти логічну схему для логічної функції: $Y = \overline{(A \& B)} \& \bar{C}$



2.3. Скласти логічну схему для логічної функції: $F = X \& Y \cdot (\overline{X \cdot Y})$



Хід роботи.

1. Скласти логічну схему за заданими логічними функціями:

- | | |
|--|---|
| 1) $F = (A \& B) \vee (B \& C) \vee (A \& C)$ | 2) $F = (A \& B) \vee (B \vee C) \& (A \& C)$ |
| 3) $F = \overline{(A \& B) \vee (B \& C) \vee (A \& C)}$ | 4) $F = \overline{(A \& B) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)}$ |
| 5) $F = (\overline{A \& B}) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)$ | 6) $F = \overline{(A \& \overline{B}) \vee (B \vee C) \& (\overline{A} \& C)}$ |
| 7) $F = \overline{(A \& B) \vee (B \& C) \vee (A \& C)}$ | 8) $F = \overline{(A \& B) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& \overline{C})}$ |
| 9) $F = (A \& B) \vee (\overline{B \& C}) \vee (\overline{A} \& C)$ | 10) $F = (A \& B) \vee (B \vee \overline{C}) \& (\overline{A} \& C)$ |
| 11) $F = (A \& B) \vee (B \& C) \vee (\overline{A \& C})$ | 12) $F = \overline{(\overline{A} \& B) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)}$ |
| 13) $F = (A \& B) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)$ | 14) $F = \overline{(\overline{A} \& B) \vee (B \vee C) \& (\overline{A} \& C)}$ |
| 15) $F = (\overline{A \& B}) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)$ | 16) $F = \overline{(A \& \overline{B}) \vee (B \& C) \vee (\overline{A} \& C)}$ |

2. Довільно задати декілька комбінацій вхідних даних та отримати значення функції F.

3. Створити модель логічної схеми в програмі симуляторі та перевірити розраховані комбінації. Приклад складеної схеми наведений на рис. 2.1.

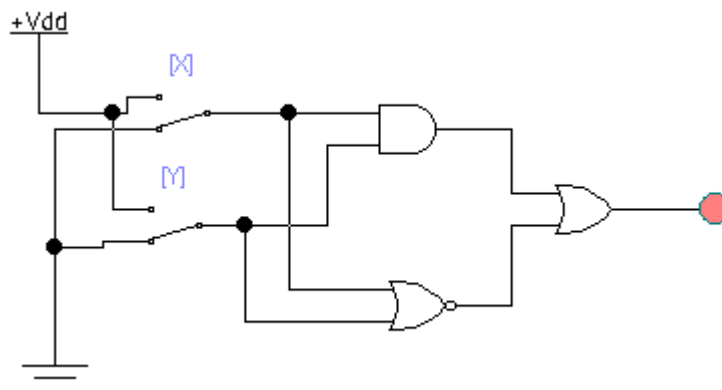


Рисунок 2.1. – Логічна схема

III. Заключна частина заняття.

Питання для перевірки.

1. Навести позначення та таблицю істинності для логічного елемента НІ.
2. Навести позначення та таблицю істинності для логічного елемента АБО.
3. Навести позначення та таблицю істинності для логічного елемента І.
4. Навести позначення та таблицю істинності для логічного елемента АБО-НІ.
5. Навести позначення та таблицю істинності для логічного елемента І-НІ.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема №10 Цифрові мікроелектронні пристрої.

Лабораторне заняття: Семисегментний індикатор.

Навчальна мета заняття: вивчення принципу роботи семисегментних індикаторів та перетворювачів коду.

Кількість годин - 2 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Література: 3 (с. 188-238).

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів вищої освіти.

II. Основна частина заняття.

Теоретичні відомості.

1. Відображення інформації на семисегментному індикаторі.

Семисегментний індикатор (Seven-Segment Display) знаходиться на панелі компонентів Indicators (рис. 3.1, а).

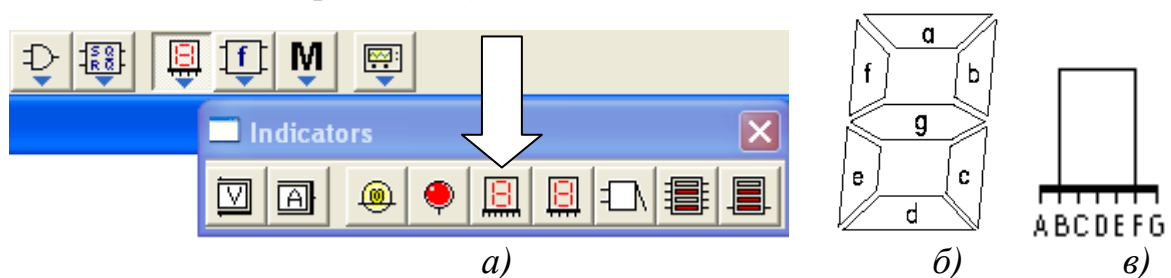



Рисунок 3.1


Сегменти індикатора зазвичай позначаються латинськими буквами від а до g, як показано на рис. 3.1, б. Кожний вивід індикатора відповідає одному сегменту (рис. 3.1, в); дану відповідність можна подивитись у меню елемента Help.

Світіння сегмента відбувається, якщо на відповідний вивід індикатора подати додатну напругу (рівень логічної одиниці). Для цього можна використати джерело фіксованої напруги V_{CC} величиною +5 В, яке знаходиться на панелі компонентів Sources. Так, формування зображення цифр потребує активації певних сегментів індикатора. Дану відповідність наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

№	Зобра- ження	Двійковий код				Сегмент індикатора						
		X ₃ (D)	X ₂ (C)	X ₁ (B)	X ₀ (A)	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
10	A	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
11	B	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
12	C	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
13	D	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
14	E	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
15	F	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1

На рисунку 3.2, а зображено пристрій для відображення інформації, у якому ввімкнення необхідного сегмента здійснюється за допомогою перемикача Switch  з панелі компонентів Basic. Перемикання ключа з одного положення до іншого відбувається при натисненні конкретної клавіші, яку можна задати у властивостях даного елемента на вкладці Value, рис. 3.2, б (за замовчанням використовується клавіша Space).

У даному випадку для керування вибрані літери А...Г, які відповідають позначенням сегментів індикатора. Для більш зручного візуального контролю положення ключів біля останніх увімкнені світлоіндикаторні прилади Probe  (розташований на панелі компонентів Indicators, рис. 3.1, а), які змінюють свій колір, якщо у колі присутній рівень логічної одиниці.

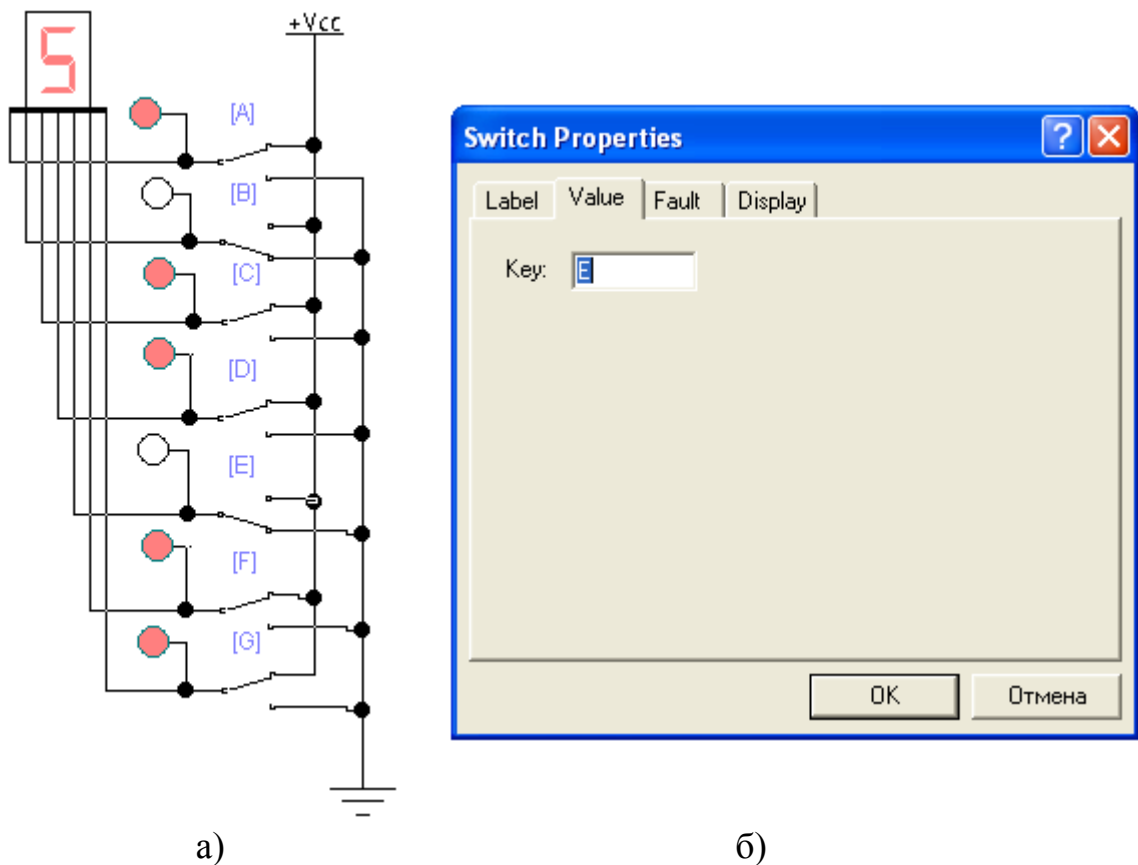



Рисунок 3.2 – Схема для статичної індикації семисегментного індикатора (а) та вікно властивостей елемента Switch (б)

2. Перетворювач з двійкового до семисегментного коду.

Перетворювач двійкового коду до керуючого коду семисегментного індикатора в програмі EWB представлений мікросхемою-дешифратором 7448. Мікросхему можна знайти на панелі компонентів Digital ICs  – вкладка 74xx. Дешифратор має чотири входи A, B, C, D, на які подається двійковий код, причому A – відповідає молодшому розряду, як наведено в таблиці відповідності 3.1. Усі останні входні комбінації, що не наведені в таблиці, не мають сенсу.

Виходи мікросхеми – OA...OG мають високий потенціал.

Також є інверсні входи: (LT) Lamp Test – контроль індикатора; (BI/RBO) – Blanking Input/ Ripple Blanking Output – вхід гасіння/ вихідний сигнал схеми послідовного гасіння; (RBI) Ripple Blanking Input – вхідний сигнал схеми послідовного гасіння. Для нормальної роботи мікросхеми на дані входи необхідно подати високий рівень напруги.

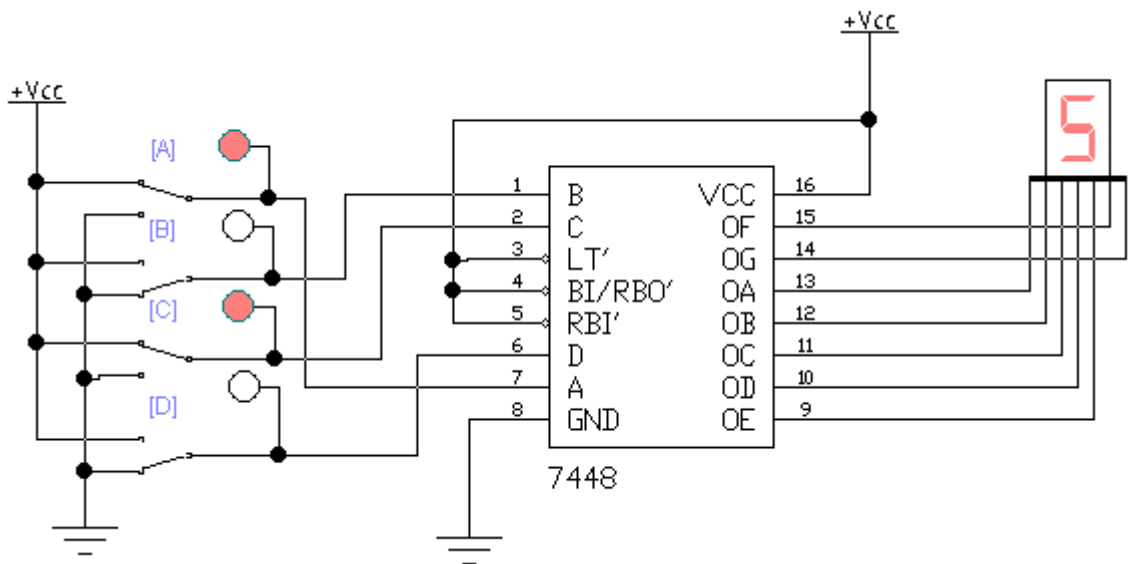



Рисунок 3.3 – Схема індикації на дешифраторі з двійкового до семисегментного коду

Приклад використання семисегментного індикатора разом із дешифратором наведено на рис. 3.3.

У програмі EWB є окремий знаковий індикатор із внутрішнім дешифратором, тобто об'єднує у собі двійковий дешифратор і семисегментний індикатор. Він має назву Decoded Seven-Segment Display , знаходиться на панелі компонентів Indicators (рис. 3.1, а) і має чотири входи. На відміну від попередньої схеми, додатково може відображати літери A...F, що відповідають цифрам від 10 до 15 у шістнадцятковому коді. Відповідні кодові комбінації наведено наприкінці таблиці 1.1 у рядках, виділених сірим кольором.

Хід роботи.

1. За допомогою семисегментних індикаторів та мікросхем-дешифраторів 7448 скласти схему для відображення двох останніх цифр залікової книжки.

2. Відобразити цифри з попереднього завдання за допомогою індикатора з убудованим дешифратором – Decoded Seven-Segment Display.

III. Заключна частина заняття.

Питання для перевірки.

1. Які існують класифікації знакосинтезуючих індикаторів?
2. Особливості та принцип дії вакуумних люмінесцентних індикаторів.
3. Особливості та принцип дії рідкокристалічних індикаторів.
4. Особливості та принцип дії газорозрядних індикаторів.
5. Особливості та принцип дії напівпровідникових індикаторів.
6. Особливості та принцип дії електролюмінесцентних індикаторів.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема №11 Некеровані випрямлячі.

Лабораторне заняття: Дослідження двонапівперіодних випрямлячів

Навчальна мета заняття: Аналіз процесів в схемах двонапівперіодних випрямлячів та визначення параметрів випрямленої напруги.

Кількість годин - 2 (денна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Дослідження вхідного і вихідного напруги двонапівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора.

2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора і ємнісним фільтром на виході.

3. Дослідження вхідного і вихідного напруги мостового випрямляча.

Література: 3 (с. 241-250), 4 (с. 371-386).

План проведення заняття:

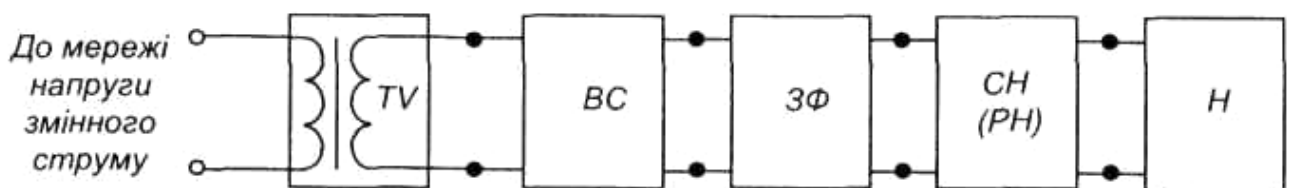
I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів вищої освіти.

II. Основна частина заняття.

Теоретичні відомості.

Випрямлячі – це електротехнічні пристрої, призначені для перетворення енергії джерела напруги змінного струму на енергію напруги постійного струму.

Склад випрямляча показано на узагальненій структурній схемі, наведеній на рис. 4.1.



TV– трансформатор напруги; *BC*– вентильна схема; *ЗФ*– згладжуючий фільтр; *CH(PH)* – стабілізатор напруги (регулятор напруги); *Н*– навантаження

Рисунок 4.1 – Структурна схема випрямляча

Трансформатор призначений для перетворення величини напруги мережі до значення, необхідного для роботи випрямляча. Він також забезпечує електричну (гальванічну) розв'язку мережі та навантаження.

Вентильна схема перетворює змінну напругу на випрямлену – пульсуючу однополярну. Вона може виконуватись на напівпровідникових ключах.

Згладжуючий фільтр перетворює випрямлену напругу на постійну. Фільтри виконуються на реактивних елементах, що мають властивість накопичувати електричну енергію: конденсаторах, дроселях. Такі фільтри називаються пасивними.

Для живлення радіоелектронних пристроїв часто використовують активні фільтри, що будуються на транзисторах, операційних підсилювачах та реактивних елементах.

Стабілізатор напруги підтримує напругу на навантаженні на незмінному рівні при змінах напруги мережі або навантаження у заданих межах.

За необхідності регулювання напруги на навантаженні за необхідним законом і в заданих межах використовують регулятори напруги.

Параметри вузлів випрямляча та їх елементів, режими їх роботи повинні бути узгоджені із заданими умовами роботи навантаження. Навантаження також вважають елементом випрямляча, бо зміни його опору в процесі роботи впливають на режим роботи всього пристрою.

Згладжуючий фільтр, стабілізатор (регулятор), а іноді й трансформатор можуть не входити до складу випрямляча, коли у них немає необхідності.

Крім вказаних вузлів, випрямляч може мати вузли та елементи захисту від короткого замикання, перевантаження, зниження напруги мережі та ін.

Випрямлячі класифікують за числом фаз – однофазні та багатифазні (останні – найчастіше трифазні). За потужністю випрямлячі бувають малої потужності (до 100 Вт), середньої (до 10 кВт) і великої (понад 10 кВт). Є некеровані випрямлячі та керовані. Перші будуються на некерованих вентилях – на діодах, другі – на керованих, наприклад, на тиристорах.

За принципом дії випрямлячі поділяються на однокатні та двокатні.

Однокатними називають випрямлячі, у яких по вторинній обмотці трансформатора струм протікає один раз за період напруги мережі та лише в одному напрямку.

Важливим параметром випрямляча є кратність пульсацій випрямленої напруги m – відношення частоти пульсацій випрямленої напруги до частоти мережі. В однокатних випрямлячів він відповідає числу фаз мережі.

Двокатними (двопівперіодними) називають випрямлячі, у яких по вторинній обмотці трансформатора струм за період напруги мережі протікає двічі та у різних напрямках. Кратність пульсацій у двокатних випрямлячів дорівнює подвоєному числу фаз.

Робота випрямляча фактично полягає у тому, що навантаження за допомогою ключів так підключається до джерела енергії напруги змінного струму, щоб за час кожного півперіоду його напруги (позитивного і негативного) струм у навантаженні протікав в одному напрямку. Виходячи з цього, найважливішим вузлом випрямляча є вентильна схема – схема випрямлення.

Найширшого розповсюдження набули схеми випрямлячів, зображені на рис. 4.2.

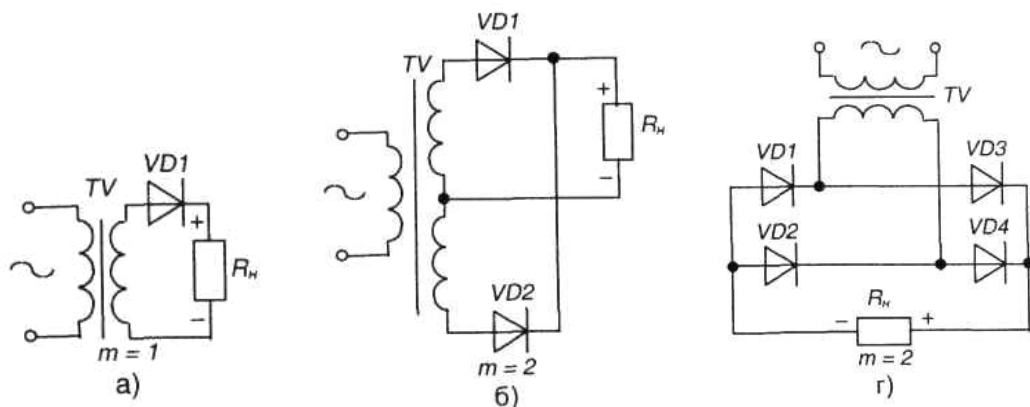


Рисунок 4.2 – Випрямлячі: а-б- однокатні (з нульовим виводом); г – двокатна (мостова); а) однофазна однопівперіодна; б) однофазна двопівперіодна з нульовим виводом; г) однофазна мостова

1. Основними експлуатаційними характеристиками є середня напруга на

навантаженні U_d (див. рис. 4.3) та його середній струм I_d . Опір навантаження становить $R_n = U_d / I_d$, а його потужність $P_d = U_d I_d$.

2. Коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги $K_n = U_{m(1)} / U_d$, де $U_{m(1)}$ – амплітудне значення основної гармоніки випрямленої напруги при розвиненні останньої у ряд Фур'є.

3. Зовнішня (навантажувальна) характеристика $U_d = f(I_d)$.

4. Середнє значення струму через вентиль I_a .

5. Амплітудне значення струму через вентиль I_{am} .

6. Амплітудне значення зворотної напруги, що прикладається до вентилів U_{em} .

7. Коефіцієнт корисної дії η .

Знаючи експлуатаційні характеристики різних схем випрямлячів і вимоги з боку навантаження, вибирають конкретну схему. На основі параметрів 5...7 вибирають вентилі.

Як видно з рис. 4.2, найпростішим є однопівперіодний випрямляч, робота якого полягає у тому, що протягом одного півперіода напруги мережі навантаження підімкнене діодним ключем до вторинної обмотки трансформатора, а протягом другого півперіода відімкнене від неї. Показники якості вихідної напруги та інші у цього випрямляча надто низькі. Тому його застосовують дуже рідко.

Більш детально розглянемо схеми інших випрямлячів.

Мостовий однофазний випрямляч складається з трансформатора, що має одну вторинну обмотку, та чотирьох випрямних діодів, з'єднаних у мостову схему. Схема випрямляча зображена на рис. 4.3.

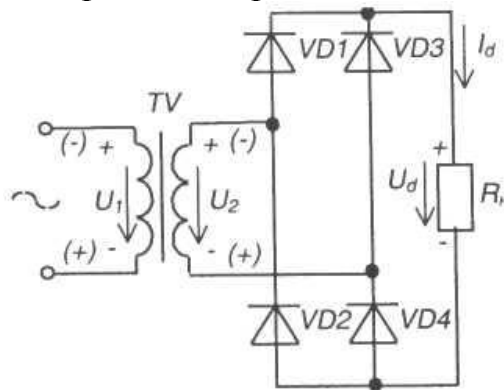


Рисунок 4.3 – Однофазний мостовий випрямляч

Діоди $VD1$, $VD3$ складають катодну групу, $VD2$, $VD4$ – анодну (за назвою з'єднаних між собою електродів). При цьому в одну діагональ моста (діагональ постійного струму) увімкнене навантаження, а до другої діагоналі (діагоналі змінного струму) підімкнена вторинна обмотка трансформатора.

У провідному стані завжди знаходяться два діоди – один із анодної та один із катодної груп.

За полярності, указаній без дужок, це діоди $VD1$, $VD4$, а діоди $VD2$, $VD3$ при цьому закриті. За полярності, указаній у дужках – навпаки. Через навантаження струм завжди тече в одному напрямку.

Часові діаграми роботи випрямляча зображені на рис. 4.4.

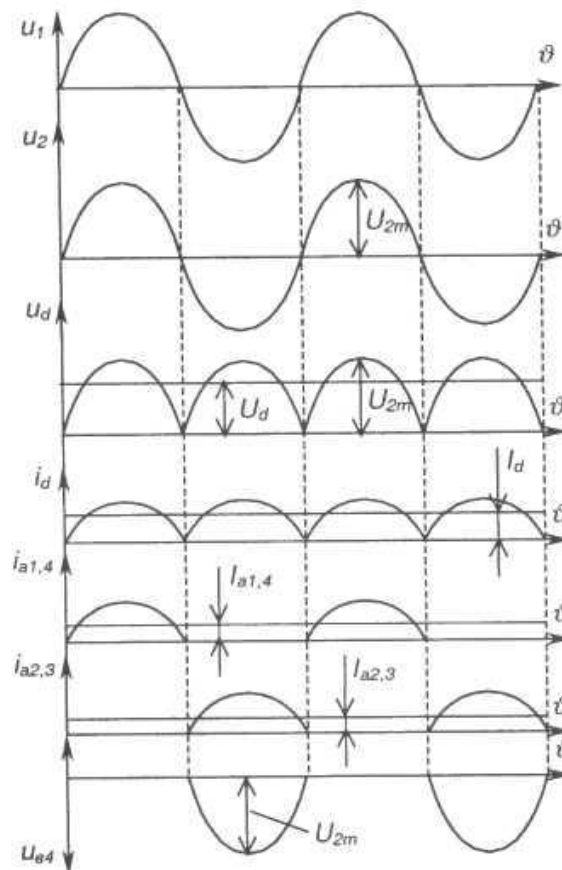


Рисунок 4.4 – Часові діаграми роботи однофазного мостового випрямляча

Аналізуючи схеми випрямлячів, можна зазначити деякі переваги мостового випрямляча, порівняно з випрямлячем з нульовим виводом. Зокрема те, що за однакових U_d зворотна максимальна напруга на діоді у два рази нижча, краще використовується трансформатор, простіша його конструкція.

Згладжуючі фільтри використовуються для зниження рівня пульсації випрямленої напруги до такого, що забезпечує нормальну роботу навантаження. Найширше використання мають пасивні згладжуючі фільтри, що будуються на реактивних елементах (рис. 4.5).

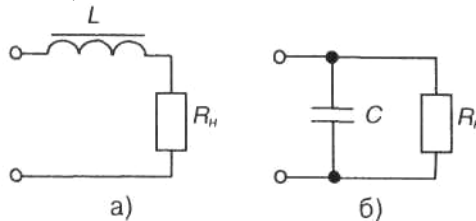


Рисунок 4.5 – Індуктивний (а) та ємнісний (б) фільтри

Індуктивний фільтр. Ефект фільтрації наявний тоді, коли опір дроселя ωL змінній складовій пульсуючого струму з найнижчою частотою значно перевищує активний опір навантаження R_n . Тоді практично вся постійна напруга прикладається до R_n , а змінні складові діляться між R_n і ωL .

Ємнісний фільтр – це конденсатор, що вмикається паралельно навантаженню. За умови, що опір конденсатора $1/\omega C$ для складової пульсуючого струму з найнижчою частотою значно менший за опір навантаження R_n , забезпечується шунтування навантаження за змінним струмом: постійний струм увесь протікає через R_n (конденсатор постійного струму не проводить), а змінні

складові розподіляються між R_n і $1/\omega C$.

Поряд із простими фільтрами використовуються складні, що являють собою сполучення певним чином увімкнених дроселів та конденсаторів.

Ефективність роботи фільтра визначається коефіцієнтом згладжування:

$$K_{зг} = K_{n\text{ вх}} / K_{n\text{ вих}}$$

що показує, наскільки зменшується пульсація на виході фільтра $K_{n\text{ вих}}$ відносно пульсації на його вході $K_{n\text{ вх}}$.

Роботу випрямлячів на активно-ємнісному навантаженні розглянемо на прикладі однофазної двопівперіодної схеми з нульовим виводом (рис. 4.6).

Тут завдяки ємнісному фільтру напруга на навантаженні R_n має згладжений характер, а заряджений конденсатор C_ϕ виступає як джерело проти-е.р.с. У результаті цього діоди $VD1$ або $VD2$ знаходяться у провідному стані лише тоді, коли $u_2 > u_{C\phi}$.

На рис. 4.7 наведено часові діаграми роботи випрямляча.

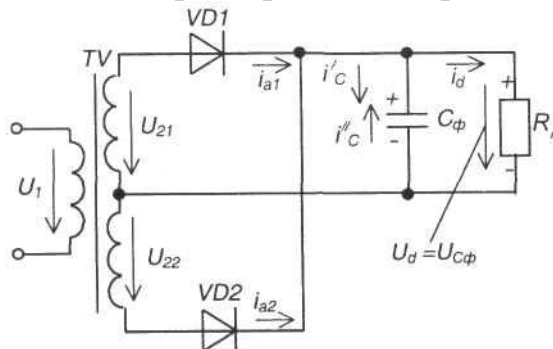


Рисунок 4.6 – Однофазний двопівперіодний випрямляч з активно-ємнісним навантаженням

На інтервалі (1) – (2) напруга u_{21} перевищує $u_{C\phi}$ і діод $VD1$ знаходиться у провідному стані.

Струмом i'_c , що є частиною струму i_{a1} , заряджається C_ϕ (інша частина i_{a1} є струмом i_d , який тече через навантаження). На інтервалі (2) – (3) вторинна напруга нижча за напругу на конденсаторі ($u_{22} < u_{C\phi}$), діоди закриті та C_ϕ розряджається струмом i''_c через навантаження.

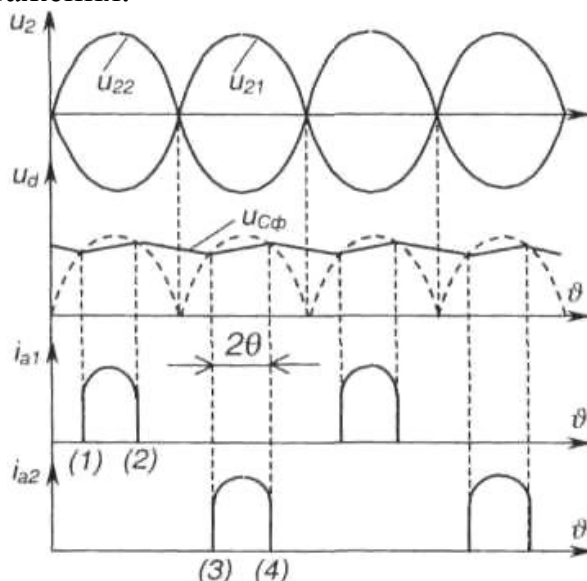


Рисунок 4.7 – Часові діаграми роботи випрямляча з активно-ємнісним навантаженням

На інтервалі (3) – (4) $u_{22} > u_{C\phi}$ у провідному стані знаходиться діод $VD2$, через нього тече струм i_{a2} частина якого також заряджає C_ϕ і т.д. Унаслідок такої роботи ємності C_ϕ напруга на навантаженні згладжується, про що свідчить часова діаграма $u_{C\phi}=u_d$. Чим більша ємність C_ϕ , тим більший ефект згладжування напруги u_d .

Хід роботи.

1. Дослідження вхідного і вихідного напруги двонапівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора.

1.1. На робочому полі зібрати схему (рис. 4.8).

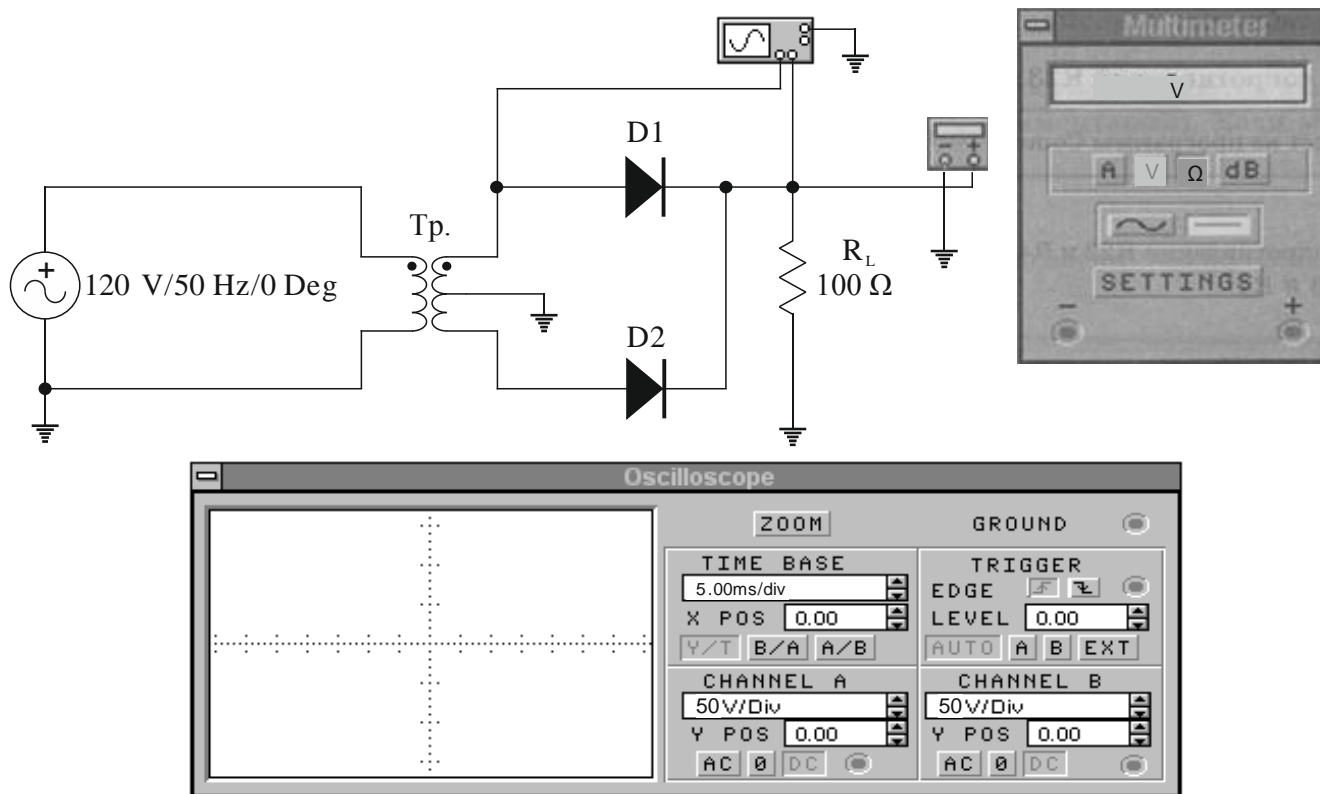


Рисунок 4.8.

1.2. З таблиці варіантів (табл. 4.8) обрати типи діодів відповідно до варіанту.

Таблиця 4.1

Варіант	1	2	3	4	5
Тип діода	1N3064	1N4009	1N4148	1N4149	1N4150
Варіант	6	7	8	9	10
Тип діода	1N4151	1N4152	1N4153	1N4154	1N4305
Тип трансформатору	ideal				

1.3. Включіть схему і розгорнуте зображення осцилографа. На вхід А осцилографа подається вхідний сигнал, а на вхід В - вихідний. Замалювати

осцилограму з екрану осцилографа, дотримуючись масштабу.

1.4. Виміряти і записати максимальні вхідну U_{BXmax} , вихідну напруги $U_{ВИХmax}$ та різницю між максимумом і мінімумом вихідної напруги $\Delta U_{ВИХmax}$ (На екрані осцилографа розташовані два курсора, що позначаються 1 і 2, за допомогою яких можна виміряти миттєві значення напруг в будь-якій точці осцилограми. Для цього необхідно перетягнути мишею курсори за трикутники в їх верхній частині в необхідне положення. координати точок перетину першого курсора з осцилограмами відображаються на лівому табло, координати другого курсора – на середньому табло, на правому табло відображаються значення різниць між відповідними координатами першого і другого курсорів.)

1.5. Виміряти і записати період T вихідної напруги за осцилограмою:

1.6. Обчислити частоту вихідного сигналу:

$$f = 1/T \text{ кГц}$$

1.7. За осцилограмою вихідної напруги визначити максимальну зворотну напругу на діоді U_{max} .

1.8. Обчислити середнє значення вихідної напруги U_d (постійна складова):

$$U_d = 2U_{BXmax} / \pi$$

1.9. Виміряти постійну складову U_d вихідної напруги мультиметром. Порівняти виміряне значення з розрахунковим. Зробити висновок.

1.10. Обчислити коефіцієнт пульсацій вихідного сигналу:

$$q = \Delta U_{ВИХmax} / U_d$$

2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора і ємнісним фільтром на виході.

2.1. На робочому полі зібрати схему (рис.4.9).

2.2. Включити схему і розгорнутий вигляд осцилографа. На вхід А осцилографа подається вхідна напруга, а на вхід В – вихідна. Виміряти максимум вихідної напруги $U_{ВИХmax}$ і різницю між максимумом і мінімумом вихідної напруги $\Delta U_{ВИХmax}$. Замалювати осцилограму, дотримуючись масштабу.

2.3. Обчислити середнє значення вихідної напруги U_d (постійну складову):

$$U_d = U_{ВИХmax} - \Delta U_{ВИХmax} / 2, \text{ В}$$

2.4. Виміряти постійну складову вихідної напруги U_d мультиметром. Порівняти виміряне значення з розрахунковим. Зробити висновок:

2.5. Обчислити коефіцієнт пульсацій вихідного сигналу:

$$q = \Delta U_{ВИХmax} / U_d$$

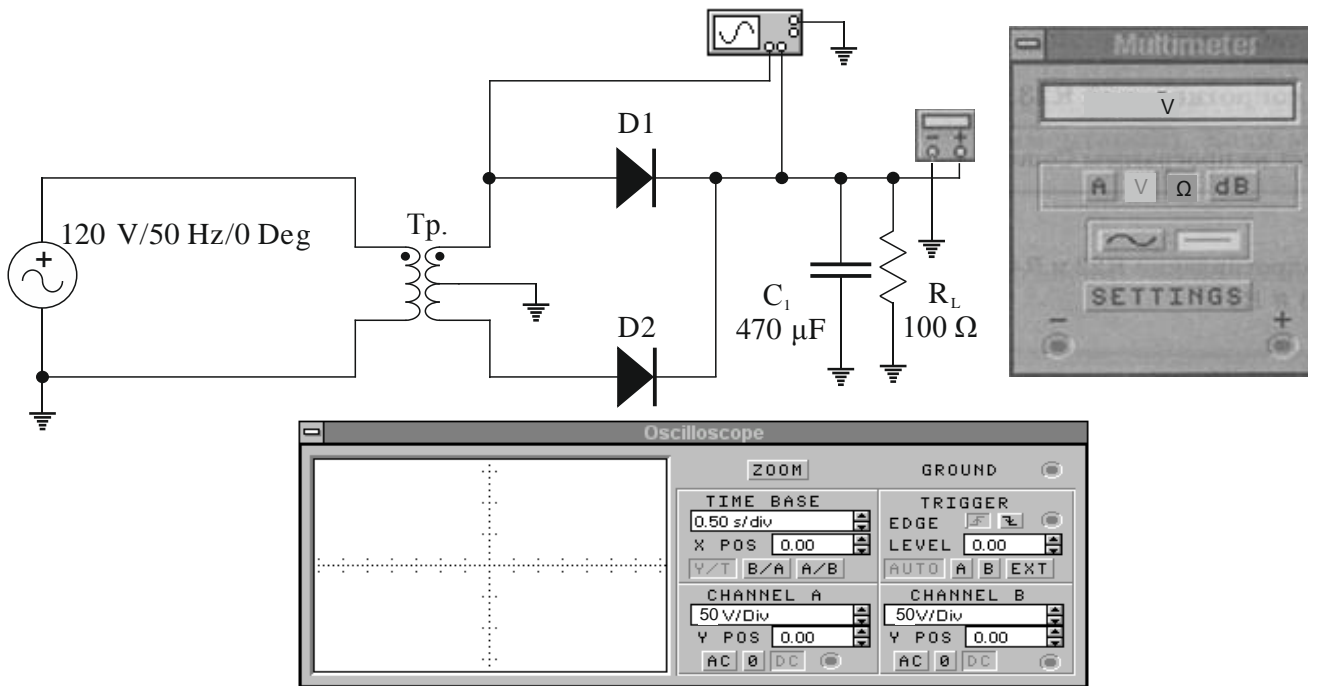


Рисунок 4.9

2.6. Порівняти коефіцієнт пульсацій двопівперіодного виврямляча з відведенням від середньої точки трансформатора без фільтра та з фільтром. Зробити висновок:

3. Дослідження входного і вихідного напруги мостового випрямляча.

3.1. На робочому полі зібрати схему (рис.4.10)

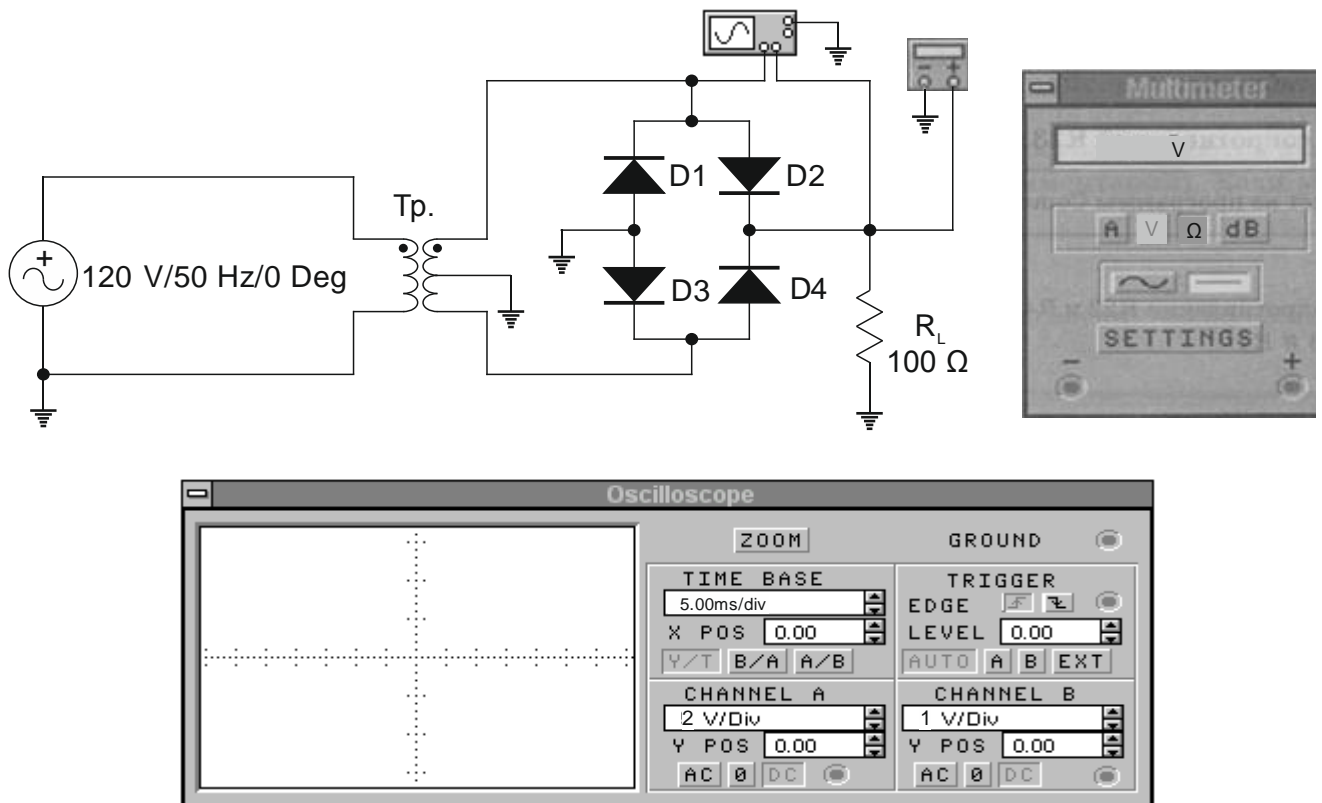


Рисунок 4.10.

3.2. Включити схему і розгорнутий вигляд осцилографа. На вхід А осцилографа подається вихідний сигнал, а на вхід В - вхідний. Замалювати осцилограму з екрану осцилографа, дотримуючись масштабу.

3.3. Виміряти і записати максимальні вхідну $U_{ВХmax}$ і вихідну $U_{ВИХmax}$ напруги.

3.4. Виміряти і записати період T вихідної напруги за осцилограмою.

3.5. Обчислити частоту вихідного сигналу:

$$f = 1 / T, \text{ кГц}$$

3.6. За осцилограмою вхідної напруги визначити максимальну зворотну напругу U_{max} на діоді:

3.7. Обчислити середнє значення вихідної напруги U_d (постійна складова):

$$U_d = U_{ВИХmax} - \Delta U_{ВИХmax} / 2$$

3.8. Виміряти постійну складову вихідної напруги U_d мультиметром. Порівняти виміряне значення з розрахунковим. Зробити висновок:

3.9. Зробити висновок: чим відрізняються вихідні напруги в схемах випрямного моста і двопівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора?

III. Заключна частина заняття.

Питання для перевірки.

1. Які схеми двухполуперіодних випрямлячів ви знаєте?
2. Яку функцію виконує фільтр на виході випрямляча?
3. Як підбирають напівпровідникові діоди в схемах випрямлення?
4. Поясніть фізичний зміст коефіцієнта пульсацій.
5. Які параметри діодів обмежують величину потужності, яку можна отримати на навантаженні ?
6. Як залежить величина пульсацій напруги на навантаженні від C_ϕ ?
7. Яким повинне бути оптимальне співвідношення ємнісного опору C_ϕ і опору навантаження R_n ?
8. Які оптимальні співвідношення між величинами опорів R_n і R_ϕ ?
9. Яку роль відіграє резистор R_ϕ у ланці фільтра ?

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Васильєва Л. Д., Медведенко Б. І., Якименко Ю. І. Напівпровідникові прилади: Підручник. Київ: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2003. 338 с.
2. Готра З. Ю., Лопатинський І. Є., Лукіянець Б. А., Микитюк З. М., Петрович І. В. Фізичні основи електронної техніки: Підручник. Львів: Видавництво “Бескид Бит”, 2004. 880 с.
3. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А. Г. Електроніка і мікросхемотехніка [Текст]: підручник для студентів вищих навч. закладів. Київ: Каравела, 2009. – 388 с.
4. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А. Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум [Текст]: навч. посібник, 2-е вид. Київ: Каравела, 2018. – 536 с.

Допоміжна:

1. Андріяшик М. В., Вербицький Б. І., Король А.М. Курс фізики. Київ: Фламенко, 2008. 530 с.
2. Готра З. Ю., Лопатинський І. Є., Лукіянець Б. А., Микитюк З. М., Петрович І. В. Фізичні основи електронної техніки: Підручник. Львів: Видавництво “Бескид Бит”, 2004. 880 с.
3. Гумен Б. М., Гуржій А. М., Співак В. М. Основи теорії електричних кіл: у 3 кн. Київ: Вища шк., 2003.
4. Дмитрієва В. Ф. Фізика: Навч. посіб, Київ: Техніка, 2008. 648 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.youtube.com/channel/UCWfhBu4fAt126ZbxREz3IBw>