

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій

5925 Методичні вказівки та завдання
до лабораторних робіт
із курсу «Електронні пристрої систем
електропостачання»
для здобувачів спеціальності
*141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»* всіх форм здобуття вищої освіти

У двох частинах

Частина 1

Суми
Сумський державний університет
2024

Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт з курсу «Електронні пристрої систем електропостачання» для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / укладач Д. М. Макуха. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 35 с.

Кафедра електроенергетики факультету ЕлПТ

Зміст

С.

Лабораторна робота 1 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ ТА СТАБІЛІТРОНІВ	4
Лабораторна робота 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНО- ТА ДВОПІВПЕРІОДНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ І ЄМНІСНИХ ФІЛЬТРІВ НА ВИХОДІ ВИПРЯМЛЯЧА	11
Лабораторна робота 3 ДОСЛІДЖЕННЯ БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА	19
Лабораторна робота 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА.....	25

Лабораторна робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ ТА СТАБІЛІТРОНІВ

Мета роботи

1 Дослідження особливостей роботи напівпровідникових діодів, побудова ВАХ, аналіз опору діода при змінному й постійному струмі.

2 Визначення основних параметрів і режиму роботи стабілітрона, побудова ВАХ, дослідження зміни напруги на стабілітроні при зміні опору в схемі параметричного стабілізатора.

1 Підготовка до роботи

Для проведення експерименту необхідно вибрати із таблиці 1.1 тип діода та стабілітрона. Запустити відповідне програмне забезпечення та зібрати схему. Для дослідження можна користуватися будь-якими симуляторами електронних схем, наприклад: Electronic Workbench, Multisim, Proteus, MATLAB та іншими. Одержані результати внести до звіту.

Таблиця 1.1 – Варіанти завдання

Номер варіанта	Тип напівпровідника	
	Діод	Стабілітрон
1	1N4001	1N4461
2	1N4002	1N4462
3	1N4003	1N4463
4	1N4004	1N4464
5	1N4005	1N4465
6	1N4006	1N4466
7	1N4007	1N4467
8	1N4009	1N4468
9	1N4150	1N4469
10	1N4151	1N4470

11	1N4152	1N4471
12	1N4153	1N4472
13	1N4154	1N4473
14	1N4446	1N4474
15	1N4447	1N4475
16	1N4454	1N4476
17	1N4531	1N4477
18	1N4532	1N4478
19	1N4534	1N4479
20	1N4935	1N4480
21	1N4936	1N4482
22	1N4937	1N4473
23	1N4938	1N4484
24	1N5059	1N4485
25	1N5060	1N4486

2 Порядок проведення експериментальної частини

2.1 Дослід 1. Виміри напруги через діод

Зібрати на стенді електричне коло за схемою рисунка 1.1. або відкрити файл 9-011 і включити симулювання схеми. Дані напруги з мультиметра записувати в таблицю необхідно для прямого та зворотного включення діода.

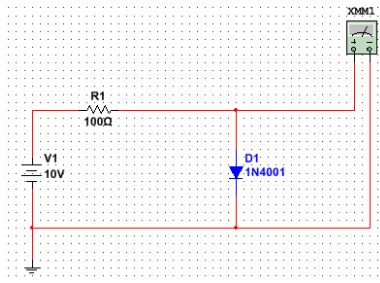


Рисунок 1.1

2.2 Дослід 2 Вимірювання струму через діод.

Зібрати на стенді електричне коло за схемою рисунка 1.2. або відкрити файл 9-012 і включити симулювання схеми.

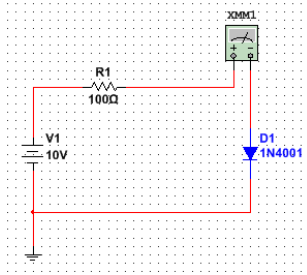


Рисунок 1.2

Дані струму з мультиметра записувати в таблицю необхідно для прямого та зворотного включення діода.

2.3 Дослід 3 Вимір статичного опору діода

Виміряйте опір діода в прямому та зворотному підключенні, використовуючи мультиметр у режимі омметра. Малі значення опору відповідають прямому підключенню.

2.4 Дослід 4 Зняття вольтамперної характеристики (ВАХ) діода

Для дослідження прямої вітки ВАХ необхідно зібрати схему рисунка 1.3 або відкрити файл 9-013 та включити схему.

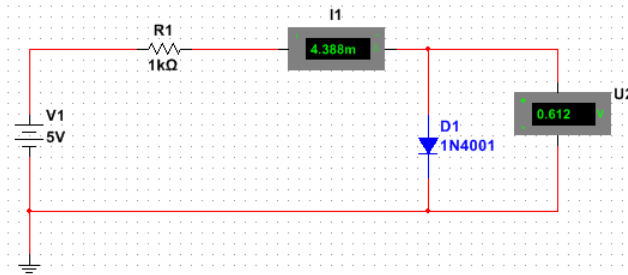


Рисунок 1.3

Установіть напругу ЕРС джерела 5 В, 4 В, 3 В, 2 В, 1 В, 0,5 В, 0 В. Запишіть дані $U_{пр}$ та струму $I_{пр}$ в таблицю.

Для дослідження зворотної вітки ВАХ. необхідно

включити діод зворотно. По черзі подаючи напругу джерела 0 В, 5 В, 10 В, 15 В. Запишіть дані струму та напруги в таблицю. За одержаними даними таблиці побудуйте графіки ВАХ. Побудуйте дотичну до графіку прямої вітки ВАХ при $I_{пр} = 4 \text{ мА}$ та оцініть диференціальний опір діода за нахилом дотичної. Зробіть те ж саме для $I_{пр} = 0,4 \text{ мА}$ и $I_{пр} = 0,2 \text{ мА}$. Аналогічно попередній дії знайдіть диференціальний опір для зворотного включення при 5 В. Обчисліть опір діода при постійному струмі $I_{пр} = 4 \text{ мА}$ за формулою $R_{ct} = U_{пр}/I_{пр}$. Знайдіть напругу згинання кривої. Її визначають із ВАХ діода, уключеного в прямому напрямку, для точки, де характеристика зазнає різкого зламу.

2.5 Дослід 5 Одержання ВАХ на екрані осцилографа

Зібрати на стенді електричне коло за схемою рисунка 1.4 або відкрийте файл 9-014 і включіть симулювання схеми. Зверніть увагу на згинання кривої ВАХ. Запишіть напругу даного згину в таблицю.

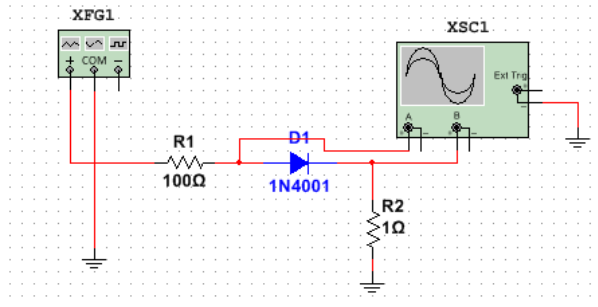


Рисунок 1.4

2.6 Дослід 6 Вимірювання напруги та обчислення струму через стабілітрон.

Зібрати на стенді електричне коло за схемою рисунку 1.5. або відкрийте файл 9-021 і включіть симулювання схеми.

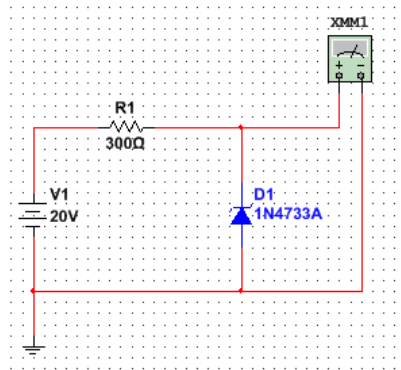


Рисунок 1.5

Виміряйте значення напруги при значеннях ЕРС джерела для запропонованих у таблиці. Запишіть значення струму стабілітрона для кожного значення напруги. Побудуйте ВАХ. Оцініть за даними ВАХ напругу стабілізації. Обчисліть потужність $P_{ст}$ яка розсіюється на стабілітроні при напрузі $E = 20$ В. Виміряйте нахил ВАХ в області стабілізації напруги та оцініть диференціальний опір стабілітрона в даній області.

2.7 Дослід 7 Вимірювання напруги та обчислення струму через стабілітрон.

Одержання навантажувальної характеристики параметричного стабілізатора. Підключіть резистор $R_L = 75$ Ом паралельно стабілітроні. Значення джерела ЕРС установіть рівним 20 В. Увімкніть схему. Запишіть значення напруги $U_{ст}$ на стабілітроні. Повторіть попередні дії при короткому замиканні та при опорах резистора R_L 100 Ом, 300 Ом, 600 Ом, 1 кОм. Розрахуйте струм I_1 через резистор R , включений послідовно з джерелом, струм I_L через резистор R_L , і струм стабілітрона $I_{ст}$.

2.8 Дослід 8 Одержання ВАХ стабілітрона на екрані осцилографа.

Зібрати на стенді електричне коло за схемою рисунка 1.6. або відкрийте файл 9-022 і включіть симулювання схеми.

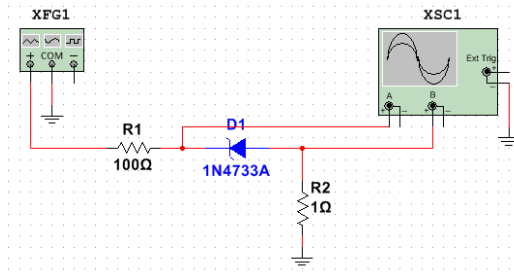


Рисунок 1.6

Зробити висновки з роботи.

Питання для самоперевірки й контролю

1 Порівняйте напругу на діоді при прямому та зворотному включенні діода. Чому вони різні? Обґрунтуйте.

2 Чи можна порівняти виміряні значення струму при прямому включенні з обчисленими значеннями?

3 Порівняними чи виміряні значення струму при зворотному зміщенні з обчисленими значеннями?

4 Порівняйте струми через діод при прямому та зворотному включенні по порядку величин. Чому вони різні?

5 Що таке струм насичення діода?

6 Чи набагато відрізняються пряме та зворотне опору діода під час вимірювання їх мультиметром у режимі омметра? Чи можна за цими вимірами судити про справність діода, а в яких випадках його можна вважати несправним?

7 Чи існує відмінність між величинами опору діода на змінному й постійному струмі?

8 Чи збігаються точки вигину ВАХ, одержані за допомогою осцилографа й побудовані за результатами обчислень?

9 Що ми можемо вказати про діод та р-n перехід, знаючи ВАХ?

10 Порівняйте відносну зміну напруги на стабілітроні з відносною зміною напруги живлення. Оцініть

ступінь стабілізації.

11 Чи впливає значення опору навантаження на ступінь стабілізації вихідної напруги стабілізатора?

12 Як змінюється напруга стабілітрона $U_{ст}$, коли струм стабілітрона стає нижче 20 мА?

13 Яке значення струму стабілітрона $I_{ст}$ при вхідній напрузі 15 В?

14 Як змінюється напруга $U_{ст}$ на виході стабілізатора, у разі зменшення опору R ?

15 Нарисуйте часові діаграми роботи для стабілітрона.

16 Як зміниться часова діаграма роботи стабілітрона, якщо включити стабілітрон у схемі неправильно?

Список літератури

1 Промислова електроніка : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К., 2019. – 424 с.

2 Основи електроніки : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К, 2017. – 364 с.

3 Мікропроцесорна техніка : конспект лекцій / укладачі: В. С. Ноздренков, В. В. Волохін. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 86 с.

4 Гриненко В. В. Пристрої аналогової електроніки: конспект лекцій / В. В. Гриненко. – Суми : СумДУ, 2015. – 272 с.

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНО- ТА ДВОПІВПЕРІОДНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ І ЄМНІСНИХ ФІЛЬТРІВ НА ВИХОДІ ВИПРЯМЛЯЧА

Мета роботи

1 Проаналізувати, порівняти та визначити середнє значення напруги, частоту вихідного сигналу та порівняти максимальні значення вихідної напруги та частоти вихідного сигналу в схемах з одно- та двоівперіодними випрямлячами, проаналізувати зворотну напругу поданих випрямлячів.

2 Дослідити вплив конденсатора на форму вихідної напруги випрямлячів. Виміряти частоту вихідної напруги випрямлячів із ємнісним фільтром.

1 Підготовка до роботи

Для проведення експерименту необхідно вибрати з таблиці 2.1 тип діода та стабілітрона. Запустити відповідне програмне забезпечення та зібрати схему. Для дослідження можна користуватися будь якими симуляторами електронних схем, наприклад: Electronic Workbench, Multisim, Proteus, MATLAB та іншими. Одержані результати внести до звіту.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдання

Номер варіанта	Тип напівпровідника та особливості живлення схеми		
	Діод	Напруга	Частота
1	1N4001	120	50
2	1N4002	120	50
3	1N4003	120	50
4	1N4004	120	50
5	1N4005	120	50
6	1N4006	220	50

7	1N4007	220	50
8	1N4009	220	50
9	1N4150	220	50
10	1N4151	220	50
11	1N4152	127	50
12	1N4153	127	50
13	1N4154	127	50
14	1N4446	127	50
15	1N4447	127	50
16	1N4454	120	60
17	1N4531	120	60
18	1N4532	120	60
19	1N4534	120	60
20	1N4935	120	60
21	1N4936	220	60
22	1N4937	220	60
23	1N4938	220	60
24	1N5059	220	60
25	1N5060	220	60

2 Порядок проведення експериментальної частини

Дослід 1 Дослідження вхідної й вихідної напруги однопівперіодного випрямляча.

а) зберіть електричне коло за схемою рисунок 2.1. або відкрийте файл 9-022 і включіть симулювання схеми. На вхід А осцилографа подається вихідний сигнал, а на вхід В – вхідний. Замалюйте осцилограми в розділі «Результати експериментів». Виміряйте й запишіть максимальні вхідні і вихідні напруги:

б) виміряйте період T вихідної напруги по осцилограмі й запишіть результат у розділ «Результати експериментів». Обчисліть частоту вихідного сигналу;

в) визначте максимальну зворотну напругу $U_{\text{мах}}$ на діоді й запишіть у розділ «Результати експериментів»;

г) розрахуйте коефіцієнт трансформації як відношення

амплітуд напруг на первинній і вторинній обмотці трансформатора в режимі, близькому до холостого ходу. Запишіть результат у розділ «Результати експериментів»;

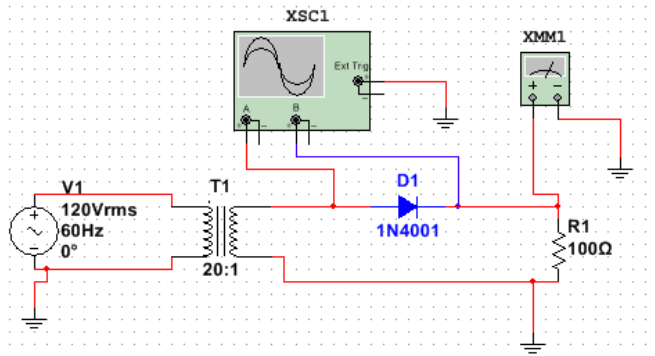


Рисунок 2.1

д) обчисліть середнє значення вихідної напруги U_d (постійна складова). Результат запишіть у розділ «Результати експериментів». Запишіть постійну складову напруги на виході, виміряну мультиметром.

Дослід 2 Дослідження вхідної та вихідної напруги двопівперіодного випрямляча з відведенням від середньої точки трансформатора:

а) зберіть електричне коло за схемою рисунка 2.2. або відкрийте файл 9-032 і включіть симулювання схеми. На вхід А осцилографа подається вихідний сигнал, а на вхід В – вхідний. Замалюйте одержані осцилограми в розділі «Результати експериментів». Виміряйте та запишіть максимальні вхідні й вихідні напруги;

б) виміряйте період T за осцилограмою вихідної напруги й запишіть. Обчисліть частоту вихідного сигналу;

в) за осцилограмою вихідної напруги, визначте максимальну зворотну напругу U_{max} на діоді. Запишіть результат;

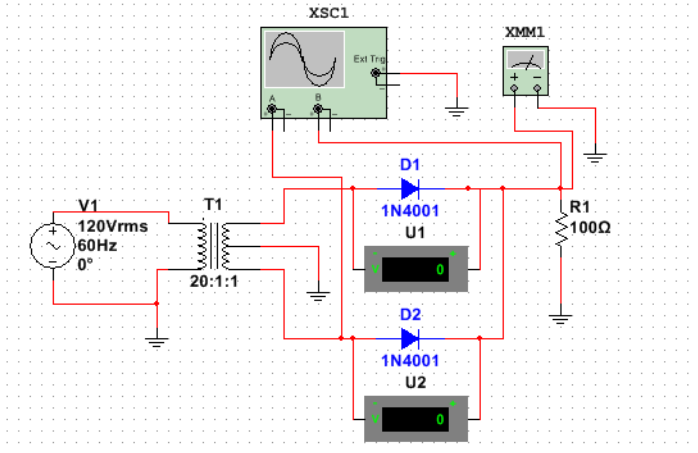


Рисунок 2.2

г) обчисліть середнє значення U_d вихідної напруги (постійна складова) Запишіть результат. Запишіть постійну складову напруги на виході, виміряну мультиметром.

Дослід 3 Визначення коефіцієнта пульсацій однопівперіодного випрямляча:

а) зберіть електричне коло за схемою рисунка 2.3. або відкрийте файл 9-051 і включіть симулювання схеми.

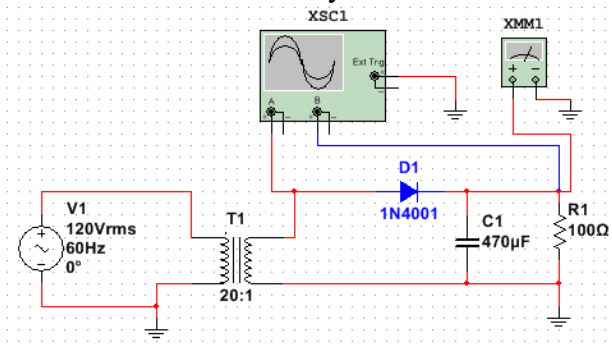


Рисунок 2.3

На вхід А осцилографа подається вхідна напруга, а на вхід В – вихідна. Виміряйте максимум вихідної напруги U_{2max} і

різницю між максимумом і мінімумом вихідної напруги ΔU_2 . Замалюйте осцилограми;

б) обчисліть середнє значення вихідної напруги U_d за результатами вимірювань. Результат запишіть у розділ «Результати експериментів»;

в) запишіть постійну складову вихідної напруги за показами мультиметра. Порівняйте значення, одержані обома методами;

г) розрахуйте коефіцієнт пульсацій вихідного сигналу.

Дослід 4 Визначення коефіцієнта пульсацій однопівперіодного випрямляча під час зміни ємності фільтра:

а) вимкніть мультиметр у схемі рисунка 2.3. Установіть ємність конденсатора 100 мкФ. Увімкніть схему. Виміряйте максимум вихідної напруги й різницю між максимумом і мінімумом напруги на виході випрямляча за показаннями осцилографа. Результат запишіть у розділ «Результати експериментів»;

б) обчисліть середнє значення напруги U_d ;

в) розрахуйте коефіцієнт пульсацій вихідної напруги.

Дослід 5 Визначення коефіцієнту пульсацій однопівперіодного випрямляча під час зміни струму через навантаження:

а) змініть ємність конденсатора в схемі рисунка 2.3 рівною на 470 мкФ. Змініть опір резистора навантаження на 200 Ом. Включіть схему. Виміряйте максимум вихідної напруги та різниці між максимумом та мінімумом напруг на виході випрямляча за показами осцилографа. Результат запишіть у звіт;

б) обчисліть середнє значення напруги U_d ;

в) обчисліть коефіцієнт пульсацій вихідної напруги.

Дослід 6 Визначення коефіцієнта пульсацій двопівперіодного випрямляча:

а) зберіть електричне коло за схемою рисунка 2.4. або відкрийте файл 9-052 та включіть симулювання схеми.

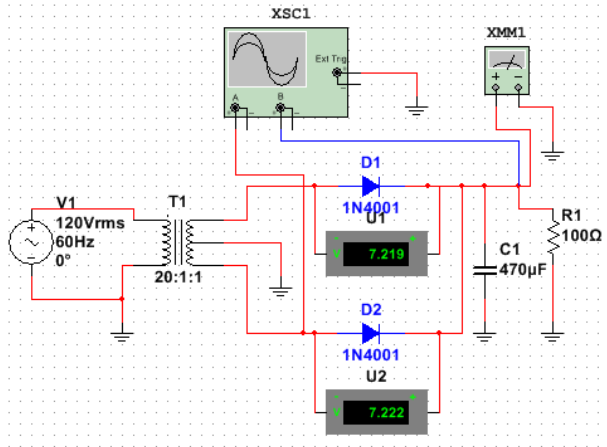


Рисунок 2.4

На вхід А осцилографа подається вхідна напруга, а на вхід В – вихідна. Виміряйте максимум вихідної напруги U_{2max} і різницю між максимумом і мінімумом вихідної напруги ΔU_2 . Замалюйте осцилограми;

- б) обчисліть середнє значення напруги U_d ;
- в) розрахуйте коефіцієнт пульсацій вихідної напруги.

Питання для самоперевірки й контролю

1 Які відмінності між вхідними й вихідними сигналами однопівперіодного випрямляча?

2 Чи однакові обчислене й виміряне мультиметром середні значення вихідної напруги U_d ?

3 Чи однакові частоти вхідного і вихідного сигналів у схемах одно- та двопівперіодного випрямлячів?

4 Як впливає падіння напруги на діоді на вихідну напругу випрямляча?

5 Чи перевищує максимальна негативна напруга U_{max} на діоді значення, гранично допустиме для діода 1N4001?

6 Навіщо потрібні трансформатори в схемах випрямлячів?

7 Які відмінності між сигналом на вході й на виході при двопівперіодному випрямленні?

8 Чим відрізняється вихідна напруга в схемах однопівперіодного та двопівперіодного випрямлячів?

9 Порівняйте максимальну зворотну напругу на діодах в однопівперіодному та двопівперіодному випрямлячах.

10 Однакові частоти вхідної та вихідної напруги двопівперіодного випрямляча? Як вони співвідносяться з частотами вхідної та вихідної напруги для однопівперіодного випрямляча?

11 Виведіть формулу для розрахунку середнього значення вихідної напруги випрямляча з ємнісним фільтром на виході.

12 У якому діапазоні напруг може змінюватися середнє значення вихідної напруги випрямляча з ємнісним фільтром на виході?

13 Які фактори впливають на величину коефіцієнта пульсацій випрямляча з ємнісним фільтром на виході?

14 Порівняйте середні значення вихідної напруги для схем однопівперіодного та двопівперіодного випрямлячів із ємнісним фільтром на виході при однакових навантаженнях.

15 Порівняйте коефіцієнт пульсацій в однопівперіодному та двопівперіодному випрямлячах із ємнісним фільтром на виході.

16 Чи будуть відрізнятися середні значення вихідної напруги однопівперіодної та двопівперіодної схем випрямлення з ємнісним фільтром, якщо опір навантаження наближається до нескінченності?

17 Чи буде впливати частота вхідної напруги випрямляча на середнє значення випрямленої напруги й на коефіцієнт пульсацій при фіксованих значеннях ємності фільтра та опору навантаження?

Список літератури

- 1 Промислова електроніка : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К., 2019. – 424 с.
- 2 Основи електроніки : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К, 2017. – 364 с.
- 3 Мікропроцесорна техніка : конспект лекцій / укладачі : В. С. Ноздренков, В. В. Волохін. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 86 с.
- 4 Гриненко В. В. Пристрої аналогової електроніки : конспект лекцій / В. В. Гриненко. – Суми : СумДУ, 2015. – 272 с.

Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи

Дослідити залежність струму колектора від струму бази й напруги база-емітер; роботу в режимі відсічки, одержати вхідні й вихідні ВАХ, проаналізувати залежність коефіцієнт посилення по постійному струму від струму колектора, визначити коефіцієнт передавання за змінним струмом.

Для проведення експерименту необхідно вибрати з таблиці 3.1 тип транзистора. Запустити відповідне програмне забезпечення та зібрати схему. Для дослідження можна користуватися будь-якими симуляторами електронних схем, наприклад: Electronic Workbench, Multisim, Proteus, MATLAB та іншими. Одержані результати занести до звіту.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдання

Номер варіанта	Транзистор
1	2N2218
2	2N2219
3	2N2221
4	2N2222
5	2N2369
6	2N2712
7	2N2923
8	2N2925
9	2N3019
10	2N3020
11	2N3390
12	2N3391
13	2N3392
14	2N3393
15	2N3394
16	2N3501

17	2N3700
18	2N4922
19	2N4923
20	2N5039
21	2N5059
22	2N5172
23	2N5210
24	2N5303
25	2N5550

2 Порядок проведення експериментальної частини

Дослід 1 Визначення статичного коефіцієнта передавання струму транзистора:

а) зберіть електричне коло за схемою рисунка 3.1. або відкрийте файл 10-001 і включіть симулювання схеми.

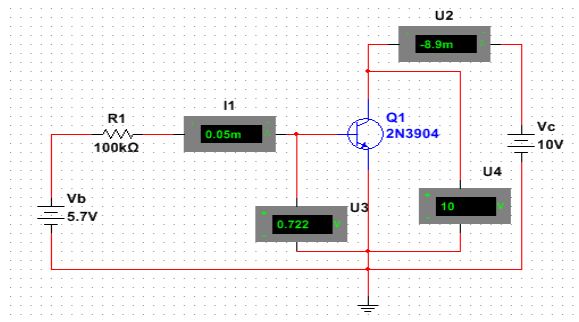


Рисунок 3.1

Заздалегідь виберіть транзистор згідно з варіантом. Запишіть результати вимірювання струму колектора, струму бази й напруги колектор-емітер у розділ «Результати експериментів». За одержаними результатами підрахуйте статичний коефіцієнт передачі транзистора β_{DC} . Результат записати в розділ «Результати експериментів»;

б) змінити номінал джерела ЕРС ЕБ до 2.68 В. Увімкнути схему. Записати результати вимірювання струму колектора,

струму бази й напруги колектор-емітер у розділ «Результати експериментів». За одержаними результатами підрахувати коефіцієнт β_{DC} . Відповідь записати в розділ «Результати експериментів»;

в) змінити номінал джерела ЕРС E_k до 5 В. Запустити схему. Записати результати вимірювання струму колектора, струму бази й напруги колектор-емітер у розділ «Результати експериментів». За одержаними результатами підрахувати статичний коефіцієнт передавання транзистора β_{DC} . Результат записати в розділ «Результати експериментів». Потім установити номінал E_k рівним 10 В.

Дослід 2 Вимірювання зворотного струму колектора:

на схемі рисунка 3.1 змінити номінал джерела ЕРС E_B до 0 В. Увімкнути схему. Записати результати вимірювання струму колектора для даних значень струму бази й напруги колектор-емітер у розділ «Результати експериментів».

Дослід 3 Одержання вихідної характеристики транзистора в схемі з КЕ:

а) у схемі (рис. 3.1) провести вимірювання струму колектора I_K для кожного значення E_k і E_B і заповнити таблицю. За даними таблиці побудувати графік залежності I_K від E_k ;

б) зібрати електричне коло за схемою рисунка 3.2. або відкрити файл 10-002 та увімкнути симулювання схеми. Замалювати осцилограму вихідної характеристики, додержуючись масштабу в розділі «Результати експериментів». Повторити вимірювання для кожного значення E_B . Осцилограми вихідних характеристик для різних струмів бази замалювати на одному графіку;

в) за вихідною характеристикою знайти коефіцієнт передавання струму β_{AC} при зміні базового струму з 10 μA до 30 μA , $E_k = 10$ В.

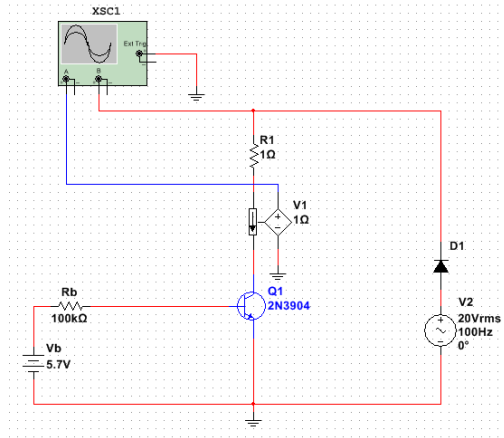


Рисунок 3.2

Дослід 4 Одержання вхідних характеристики транзистора в схемі з СЕ:

а) відкрити схему рисунка 3.1. Установити значення напруги джерела E_k рівним 10 В і здійснити вимірювання струму бази I_b , напруги база-емітер U_{BE} , струму емітера I_E для різних значень напруги джерела E_B . Зверніть увагу, що колекторний струм приблизно дорівнює струму в ланцюзі емітера;

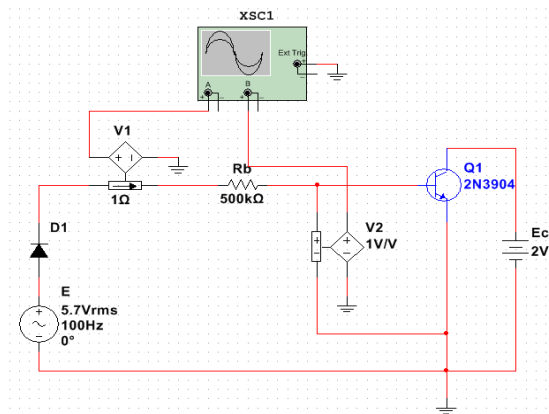


Рисунок 3.3

б) у розділі «Результати експериментів» за даними таблиці, побудуйте графік залежності струму бази від напруги бази-емітера;

в) зберіть електричне коло за схемою рисунка 3.3. або відкрийте файл 10-003 та увімкніть симулювання схеми. Замалюйте вхідні характеристики транзистора, додержуючись масштабу;

г) за вхідною характеристикою знайдіть опір $R_{вх}$ під час зміни базового струму з $10 \mu\text{A}$ до $30 \mu\text{A}$. Результат запишіть.

Дослід 5 Одержання вхідних характеристики транзистора в схемі зі спільною базою:

а) за даними таблиці, одержаними в пункті 6, побудувати графік залежності струму емітера від напруги бази-емітера;

б) зберіть електричне коло за схемою рисунка 3.4. або відкрийте файл 10-004 та включіть симулювання схеми. Замалюйте осцилограму одержаної характеристики;

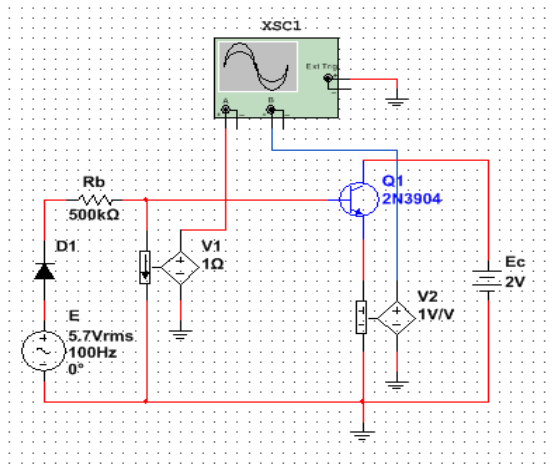


Рисунок 3.4

в) за одержаною характеристикою знайти опір r_e при зміні базового струму з $10 \mu\text{A}$ до $30 \mu\text{A}$. Результат записати в розділ «Результати експериментів»;

г) знайти опір r_e за формулою $r_e = 25 \text{ мВ} / I_e$,

використовуючи значення I_E з таблиці при $I_B = 20$ мА.

Питання для самоперевірки й контролю

1 Від чого залежить струм колектора транзистора?

2 Чи залежить коефіцієнт β_{DC} від струму колектора? Якщо так, то в якій мірі? Обґрунтувати відповідь.

3 Що таке струми витоку транзистора в режимі відсічення?

4 Що можна сказати про вихідні характеристики про залежність струму колектора від струму бази й напруги колектора-емітера?

5 Що можна сказати про вхідну характеристику про відмінності між базо-емітерним переходом і діодом, зміщеному в прямому напрямку?

6. Чи однаково значення $R_{вх}$ у будь-якій точці вхідний характеристики?

7. Чи однаково значення r_e при будь-якому значенні струму емітера?

8. Як відрізняється практичне значення опору r_e від обчисленого за формулою?

Список літератури

1 Промислова електроніка : підручник / П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К., 2019. – 424 с.

2 Основи електроніки : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К, 2017. – 364 с.

3 Мікропроцесорна техніка : конспект лекцій / укладачі: В. С. Ноздренков, В. В. Волохін. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 86 с.

4 Гриненко В. В. Пристрої аналогової електроніки : конспект лекцій / В. В. Гриненко. – Суми : СумДУ, 2015. – 272 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Мета роботи

1 Вимірювання вхідних струмів операційного підсилювача (ОП). Оцінка величин середнього вхідного струму й різниці вхідних струмів ОП. Вимірювання напруги зсуву ОП. Вимірювання диференціального вхідного опору ОП. Обчислення вихідного опору ОП. Вимірювання швидкості наростання вихідної напруги ОП.

2 Вимірювання коефіцієнта посилення неінвертуючого підсилювача на ОП. Визначення різниці фаз між вихідною та вхідною синусоїдальною напругою ОП. Дослідження впливу коефіцієнта посилення підсилювача на постійну складову вихідної напруги.

3 Вимірювання коефіцієнта посилення інвертуючого підсилювача на ОП. Визначення різниці фаз між вихідною та вхідною синусоїдальними напругами ОП. Дослідження впливу коефіцієнта посилення схеми на постійну складову вихідної напруги.

1 Підготовка до роботи

Для проведення експерименту необхідно вибрати дані з таблиці 4.1. Запустити відповідне програмне забезпечення та зібрати схему. Для дослідження можна користуватися будь-якими симуляторами електронних схем, наприклад: Electronic Workbench, Multisim, Proteus, MATLAB та іншими. Одержані результати внести до звіту.

Таблиця 4.1 – Варіанти завдання

Номер варіанта	R1	R2	Підсилювач	
			інвертуючий	неінвертуючий
1	100	100	+	
2	90	90		+
3	80	80	+	
4	70	70		+
5	60	60	+	
6	105	105		+
7	110	110	+	
8	115	115		+
9	120	120	+	
10	125	125		+
11	100	100	+	
12	90	90		+
13	80	80	+	
14	70	70		+
15	60	60	+	
16	105	105		+
17	110	110	+	
18	115	115		+
19	120	120	+	
20	125	125		+
21	95	95	+	
22	85	85		+
23	75	75	+	
24	65	65		+
25	100	90	+	

2 Порядок проведення експериментальної частини

Дослід 1.1 Вимірювання вхідних струмів :

- зберіть електричне коло за схемою рисунка 4.1. або відкрийте файл 11-001 і включіть симулювання схеми;
- виміряйте вхідні струми ОП (операційного підсилювача). За результатами вимірювань обчисліть середній вхідний струм I_{BX} і різниця ΔI_{BX} вхідних струмів ОП.

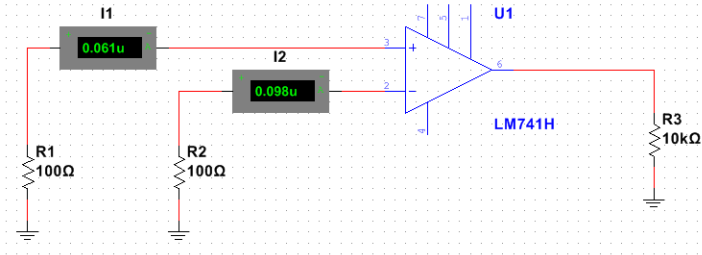


Рисунок 4.1

Дослід 1.2. Вимірювання напруги зміщення:

- зберіть електричне коло за схемою рисунка 4.2. або відкрийте файл 11-002 і включіть симулювання схеми;

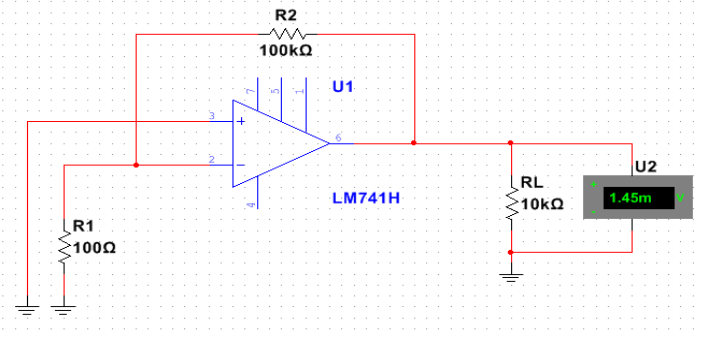


Рисунок 4.2

- запишіть покази вольметра. За результатами вимірювання, обчисліть напругу зміщення U_{CM} ,

використовуючи коефіцієнт підсилення схеми на ОУ.

Дослід І.3. Вимірювання вхідного та вихідного опору.

Зберіть електричне коло за схемою рисунка 4.3. або відкрийте файл 11-003 і включіть симулювання схеми:

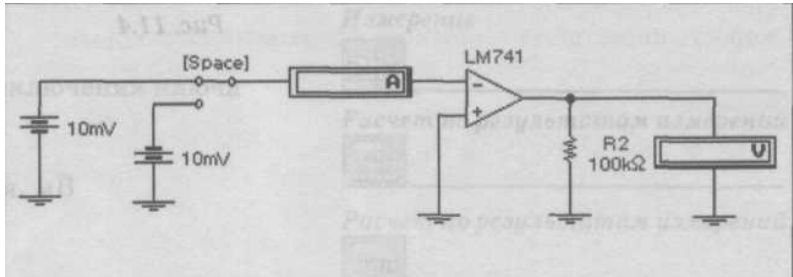


Рисунок 4.3

а) відкрийте файл `s11_003` зі схемою, зображеної на рисунку 4.3. Увімкніть схему. Виміряйте вхідний струм $I_{вх}$ та вихідну напругу $U_{в}$, запишіть показання в розділ «Результати експериментів»;

б) переведіть ключ клавішею. Виміряйте вхідний струм після перемикавання ключа. Розрахуйте зміни вхідного напруги та струму. За одержаними результатами обчисліть диференціальний вхідний опір ОУ. Результати занесіть у розділ «Результати експериментів»;

в) зменшуйте опір навантажувального резистора R_L доти, поки вихідна напруга $U_{вих\ NE}$ буде приблизно дорівнює половині значення отриманого в пункті а). Запишіть значення опору R_L , яке в цьому випадку приблизно дорівнює вихідному опору $U_{вих\ 0У}$, у розділ «Результати експериментів».

Дослід І.4 Вимірювання часу наростання вихідної напруги ОП:

а) відкрийте файл `s11_004` зі схемою, зображеної на рисунку 11.4. Увімкніть схему. Замалюйте осцилограму вихідної напруги в розділ «Результати експериментів». За осцилограмою визначте величину вихідної напруги, час його встановлення та

обчисліть швидкість наростання вихідної напруги в В/мкс. Запишіть результат у розділ «Результати експериментів».

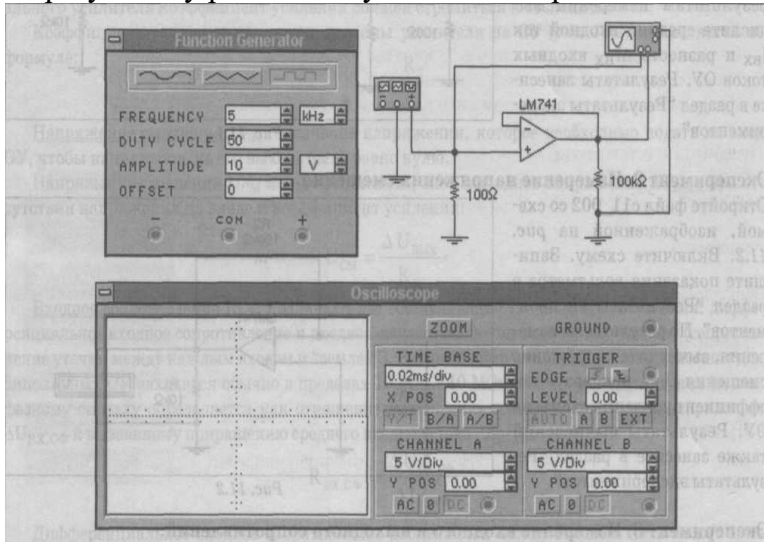


Рисунок 4.4

Паспортні дані ОУ LM741:

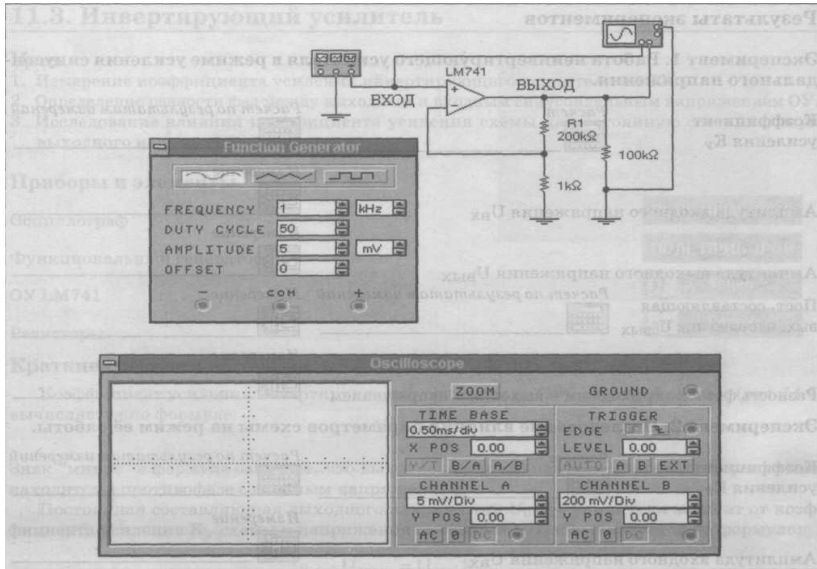
- середній вхідний струм ОУ 0,08 мкА;
- різниця вхідних струмів ОУ 0,02 мкА;
- напруга зсуву ОУ 1 телевизорами;
- вхідний опір ОУ 2 Мом;
- вихідний опір ОУ 75 Ом;
- швидкість наростання вихідної напруги ОП 0,5 В / мкс.

Дослід II. 1 Робота неінвертуючого підсилювача в режимі посилення синусоїдальної напруги:

а) відкрийте файл `cll_005` зі схемою, зображеної на рисунку 11.5. Розрахуйте коефіцієнт посилення напруги K_u підсилювача за заданими значеннями параметрів компонентів схеми. Увімкніть схему. Виміряйте амплітуди вхідного U_{BX} і вихідного $i_{Вих}$ синусоїдальних напруг. Також виміряйте постійну складову вихідної напруги $U_{0Вих}$ і різницю фаз між вхідною та вихідною напругами. За результатами вимірювань обчисліть коефіцієнт посилення за напругою K_u підсилювача.

Результати занесіть у розділ «Результати експериментів»;

б) використовуючи значення напруги зсуву UCM, обчислене в розділі 11.1, і обчислене теоретичне значення коефіцієнта посилення, обчисліть постійну складову вихідної напруги U0ВІХ- Результати розрахунку також унесіть у розділ «Результати експериментів».



Дослід 2 Дослідження впливу параметрів схеми на режим її роботи:

а) у схемі, наведеній на рисунку 11.5, зменшіть значення опору R1 з 100 кОм до 10 кОм, амплітуду синусоїдальної напруги генератора збільшіть до 100 мВ. Установіть масштаб напруги на вході А осцилографа 100 mV / div, а на каналі В – 500 mV / div. Увімкніть схему. Повторіть усі операції експерименту 1 при нових параметрах компонентів. Результати занесіть у розділ «Результати експериментів».

Дослід III.1 Робота підсилювача в режимі посилення синусоїдальної напруги:

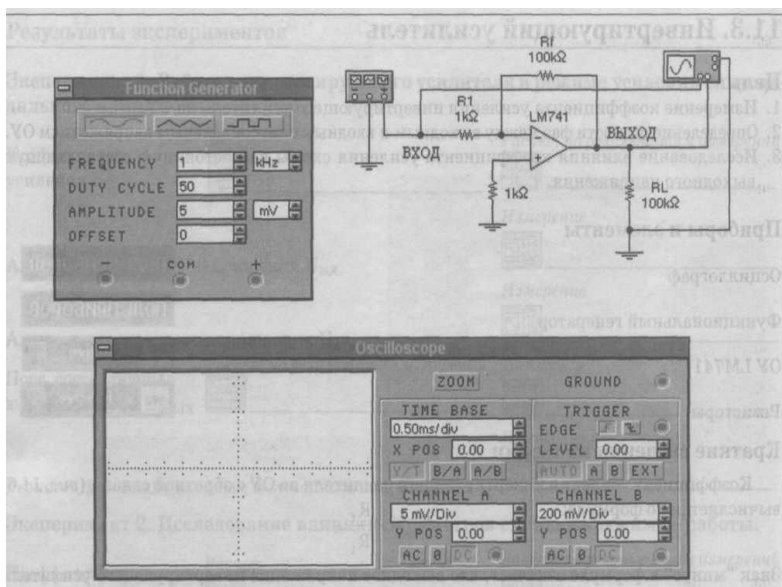
а) відкрийте файл c11_006 зі схемою, зображеною на рисунку 11.6. Розрахуйте коефіцієнт посилення напруги K_u

підсилювача за значеннями параметрів компонентів схеми. Увімкніть схему. Виміряйте амплітуду вхідної U_{BX} та вихідної $U_{ВИХ}$ синусоїдальної напруги, постійну складову вихідної напруги $U_{0ВИХ}$ і різницю фаз між вхідною та вихідною напругами. За результатами вимірювань обчисліть коефіцієнт посилення напруги K_u підсилювача. Результати внесіть у розділ «Результати експериментів»;

б) використовуючи значення вхідної напруги зсуву $U_{СМ}$, одержане в розділі 11.1 і знайдене значення коефіцієнта посилення, обчисліть постійну складову вихідної напруги $U_{0ВИХ}$. • Результати обчислень також занесіть у розділ «Результати експериментів».

Дослід III. 2 Дослідження впливу параметрів схеми на режим її роботи.

Установіть значення опору R_1 рівним 10 кОм, амплітуду синусоїдальної напруги генератора – 100 мВ. Установіть масштаб напруги на вході А осцилографа 100 mV / дел, а на каналі В – 500 mV / дел. Увімкніть схему. Для нових параметрів схеми повторіть усі виміри та обчислення експерименту 1. Результати внесіть у розділ «Результати експериментів».



Питання для самоперевірки й контролю

I Загальна характеристика операційного підсилювача (ОП)

1 Чи відрізняється вимірне значення середнього вхідного струму I_{BX} від його номінального значення для ОП LM741, узятого з паспортних даних?

2 Чи істотна відмінність різниці вхідних струмів від номінального значення для ОП LM741?

3 Чи збігаються вимірне значення напруги зсуву з номінальним значенням для ОП LM741?

4 Порівняйте величину вимірюваного вхідного опору з паспортними даними на ОП LM741.

5 Порівняйте величину вимірюваного вихідного опору з паспортними даними на ОП LM741.

6 Порівняйте між собою величини вхідного й вихідного опорів ОП. Яка схема заміщення ОП як елемента електричного кола?

7 Чи відрізняється експериментальне значення швидкості наростання вихідної напруги від номінального значення?

8 У чому причина виникнення вхідних струмів ОП і різниці вхідних струмів? До чого вони призводять під час роботи схем на ОП?

II Неінвертуючий підсилювач

1 Із яких умов виводять вираз для коефіцієнта підсилення схеми на рисунку 11.5?

2 Яка різниця фаз між вхідним і вихідним сигналами неінвертуючого підсилювача на ОП?

3 Чи істотна відмінність у значеннях вимірної та обчисленої постійної складової вихідної напруги схеми на рисунку 11.5?

4 Чим визначається постійна складова вихідної напруги схеми на рисунку 11.51

5 За допомогою якого приладу Electronics Workbench можна експериментально виміряти коефіцієнт посилення схеми на ОП?

III Інвертуючий підсилювач

1 Як розрахувати коефіцієнт підсилення схеми на рисунку 11.6?

2 Як виміряти різницю фаз між вхідним і вихідним напругою в схемі на рисунку 11.6?

3 Оцініть відмінності між вимірною та обчисленою постійними складовими вихідної напруги.

4 Скільки відсотків від амплітуди вихідної напруги, вимірної в експерименті 1, становить постійна складова у вихідній напрузі?

5 Які параметри схеми на рисунку 11.6 впливають на її коефіцієнт посилення?

6 Як впливає коефіцієнт посилення схеми рисунку 11.6 на постійну складову вихідної напруги?

Список літератури

- 1 Промислова електроніка : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К., 2019. – 424 с.
- 2 Основи електроніки : підручник / М. П. Матвієнко. – Київ : Ліра-К, 2017. – 364 с.
- 3 Мікропроцесорна техніка : конспект лекцій / укладачі: В. С. Ноздренков, В. В. Волохін. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 86 с.
- 4 Гриненко В. В. Пристрої аналогової електроніки : конспект лекцій / В. В. Гриненко. – Суми : СумДУ, 2015. – 272 с.

Електронне навчальне видання

5925 Методичні вказівки та завдання
до лабораторних робіт
із курсу «Електронні пристрої систем
електропостачання»
для здобувачів спеціальності
*141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»* всіх форм здобуття вищої освіти

У двох частинах

Частина 1

Відповідальний за випуск І. Л. Лебединський
Редакторка О. Ф. Дубровіна
Комп'ютерне верстання Д. М. Макуха

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,03. Обл.-вид. арк. 1,54.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Р.-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №