

## Підсумкова контрольна робота №1

Номер варіанту обирається згідно з порядковим номером студента в академічному журналі.

Робота оформлюється у електронному вигляді у форматі PDF з стандартним титульним листом (Додаток А).

Відповідь на теоретичне запитання контрольної роботи має розгорнутий вигляд і відповідає тематиці, яка розглянута у лекційному курсі.

Для позитивної оцінки розрахунки та схеми та розрахунки повинні бути виконані у повному обсязі.

### Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.

1. Розрахунок параметрів схем на базі випрямних напівпровідникових діодів.

Напівпровідниковий діод – це електроперетворювальний напівпровідниковий прилад переходом і двома виводами, в якому використовуються властивості р-n-переходу. Випрямний напівпровідниковий діод – це напівпровідниковий діод, призначений для перетворення змінного струму в постійний.

В основі роботи випрямних діодів лежить властивість односторонньої провідності р-n переходу, яке полягає в тому, що останній добре проводить струм (має малий опір) при прямому включенні і практично не проводить струм (має дуже високий опір) при зворотному включенні. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) потужного випрямного діода наведені на рисунку 1.1.

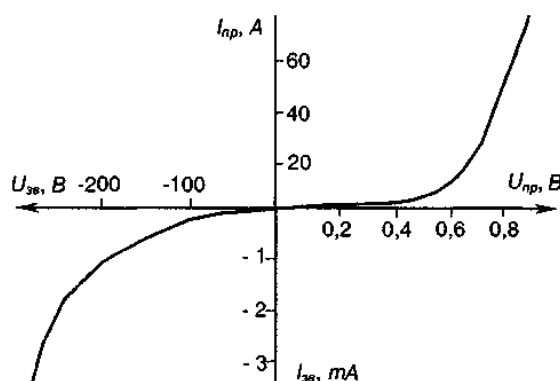


Рисунок 1.1 - Вольт-амперна характеристика випрямного діода

Прямий струм діода створюється основними, а зворотний - неосновними носіями заряду. Концентрація основних носіїв заряду на кілька порядків перевищує концентрацію неосновних носіїв, чим і зумовлюються вентильні властивості діода.

Ці діоди призначені для випрямлення змінного струму низької частоти. Основними параметрами випрямних напівпровідникових діодів є:

- прямий струм діода  $I_{пр}$ , який нормується при певній прямій напрузі (зазвичай  $U_{пр} = 1 \div 2$  В);

- максимально допустимий прямий струм  $I_{пр\ max}$  діода - максимально допустиме середнє значення струму через діод у прямому напрямку за визначених умов охолодження, у сучасних діодів  $= (0,1 - 2200)$  А;

- максимальна допустима зворотна напруга  $U_{зв.\ макс.}$ , яка дорівнює максимально допустимому амплітудному значенню зворотної напруги, яке не призводить до виходу з ладу приладу за визначених умов охолодження,  $U_{зв.\ макс} = (50 - 3000)$  В;

- постійний зворотній струм  $I_{зв}$ , який протікає через діод при зворотній напрузі, рівному  $U_{зв\ max}$ ;

- середній випрямлений струм  $I_{вп.ср}$ , який може тривало проходити через діод при допустимій температурі його нагрівання;

- максимальна допустима потужність  $P_{max}$ , що розсіюється діодом, при якій забезпечується задана надійність діода.

Падіння напруги при пропущенні прямого струму у германієвих діодів становить  $U_{пр} = 0,3 \dots 0,6$  В, у кремнієвих діодів –  $U_{пр} = 0,8 \dots 1,2$  В.

Зі збільшенням температури пряме падіння напруги зменшується, що пов'язано зі зменшенням висоти потенційного бар'єру.

При подачі на напівпровідниковий діод зворотного напруги в ньому виникає незначний зворотний струм, обумовлений рухом неосновних носіїв заряду через *p-n* перехід.

У випадку прикладання до діода зворотної напруги в декілька сотень вольт зовнішнє електричне поле в замикаючому шарі стає настільки сильним, що здатне вирвати електрони з валентної зони в зону провідності. Зворотний

струм при цьому різко збільшується, що викликає нагрівання діода, подальшої зростання струму і, нарешті, тепловий пробій (руйнування)  $p-n$  переходу. Більшість діодів може надійно працювати при зворотних напругах, що не перевищують  $(0,7 \dots 0,8) U_{\text{проб}}$ .

Допустима зворотна напруга германієвих діодів досягає  $100 \dots 400$  В, а кремнієвих діодів –  $1000 \dots 1500$  В.

У ряді потужних перетворювальних установок вимоги до середнього значення прямого струму, зворотної напруги перевищують номінальне значення параметрів існуючих діодів. У цих випадках завдання вирішується паралельним або послідовним з'єднанням діодів.

1.1 Амплітудне значення синусоїдальної напруги розраховується за формулою:

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U, \text{ В}$$

Ця напруга в схемі випрямлення буде зворотною. В зв'язку з тим, що максимальна зворотна напруга  $U_{\text{зв макс}}$  для діодів при максимальній робочій температурі складає  $300$  В, то для випрямлення необхідно використати коло послідовно з'єднаних діодів. Зворотний опір діодів одного й того ж типу можуть відрізнятися в декілька разів, тому їх необхідно шунтувати резисторами (рис. 1.2)

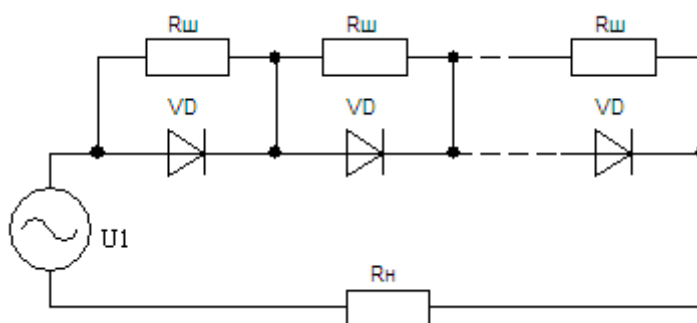


Рисунок 1.2 - Загальна схема випрямляча напруги без згладжувального фільтра для випрямлення синусоїдальної напруги.

Необхідна кількість діодів  $n$  розраховується за формулою:

$$n = \frac{U_m}{k_n \cdot U_{зв.макс}}$$

де  $k_n$  – коефіцієнт навантаження по напрузі, лежить в межах  $0,5 \div 0,8$ .

Величина опорів шунтуючих резисторів визначається за формулою:

$$R_{ш} \leq \frac{n \cdot U_{зв.макс} - 1,1 \cdot U_m}{(n-1) \cdot I_{зв.макс}}, \text{ Ом}$$

де 1,1 – коефіцієнт, який враховує 10% різницю значень опорів використовуваних резисторів;  $I_{зв.макс}$  – зворотний струм при максимальній робочій температурі. У завданні для діодів цього типу  $I_{зв.макс} = 300 \text{ мкА}$ .

1.2 Якщо випрямлений струм перевищує максимально допустиме значення струму одного діода, необхідно з'єднати декілька діодів паралельно (рис. 1.3).

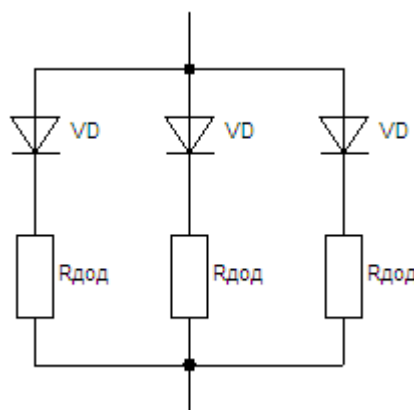


Рисунок 1.3 - Загальна схема випрямляча струму без згладжувального фільтра для випрямлення синусоїдальної напруги.

Розрізненість прямих опорів діодів одного типу може складати десятки відсотків, тому для вирівнювання струмів, які протікають через діоди, необхідно послідовно з діодами включати додаткові резистори.

Необхідна кількість діодів визначається за формулою:

$$n = \frac{I_m}{k_c \cdot I_{пр.макс}}$$

де  $k_c$  – коефіцієнт навантаження по струму, складає  $0,5 \div 0,8$

Значення опорів додаткових резисторів знаходиться за формулою:

$$R_{\text{дод}} \geq \frac{U_{\text{прср}} \cdot (n-1)}{n \cdot I_{\text{прмакс}} - 1,1 \cdot I_m}, \text{ Ом}$$

2. Розрахунок параметрів схем на базі напівпровідникових стабілітронів.

Напівпровідниковий стабілітрон – це напівпровідниковий діод, напруга на якому в області електричного пробою слабо залежить від струму і який використовується для стабілізації напруги.

У напівпровідникових стабілітронах використовується властивість незначної зміни зворотної напруги на р-п переході при електричному (лавинному або тунельному) пробої. Це пов'язано з тим, що невелике збільшення напруги на р-п перехід в режимі електричного пробою викликає більш інтенсивну генерацію носіїв заряду і значне збільшення зворотного струму.

Низьковольтні стабілітрони виготовляють на основі сильнолегованого (низкоомного) матеріалу. У цьому випадку утворюється вузький площинний перехід, в якому при порівняно низьких зворотних напругах (менше 6 В) виникає тунельний електричний пробій. Високовольтні стабілітрони виготовляють на основі слаболегованого (високоомного) матеріалу. Тому їх принцип дії пов'язаний з лавинним електричним пробоєм.

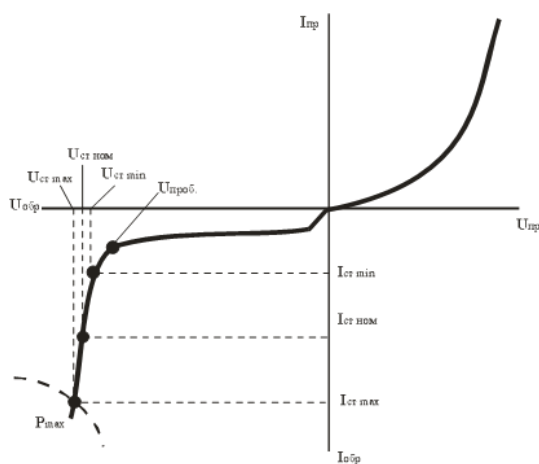


Рисунок 2.1 Вольт-амперна характеристика стабілітрона

Стабілітрони використовують для стабілізації напруги джерел живлення, а також для фіксації рівнів напружень в різних схемах.

Стабілізацію низьковольтної напруги в межах 0,3 ... 1 В можна отримати при використанні прямої гілки ВАХ кремнієвих діодів. Діод, в якому для стабілізації напруги використовується пряма гілка ВАХ, називають стабістором. Існують також двосторонні (симетричні) стабілітрони, що мають симетричну ВАХ щодо початку координат.

Стабілітрони допускають послідовне включення, при цьому результуюче стабілізуючий напруга дорівнює сумі напруг стабілітронів:

$$U_{ст} = U_{ст1} + U_{ст2} + \dots + U_{стn}$$

Паралельне з'єднання стабілітронів неприпустимо, тому що через розбіг характеристик і параметрів з усіх паралельно з'єднаних стабілітронів струм буде виникати тільки в одному, який має найменшу стабілізуючу напруга  $U_{ст}$ , що викличе перегрів стабілітрона.

Основні параметри стабілітронів:

- напруга стабілізації  $U_{ст}$  ( $U_{ст} = 1 \dots 1000\text{В}$ );
- мінімальний  $I_{ст\text{ мін}}$  і максимальний  $I_{ст\text{ макс}}$  струми стабілізації ( $I_{ст\text{ мін}} = 1,0 \div 10\text{мА}$ ,  $I_{ст\text{ макс}} = 0,05 \div 2,0\text{ А}$ );
- максимально допустима розсіює потужність  $P_{\text{макс}}$ ;
- температурний коефіцієнт напруги на ділянці стабілізації:
- $T_{KU}$  стабілітрона показує, на скільки відсотків зміниться стабілізуюча напруга при зміні температури напівпровідника на  $1^\circ\text{C}$  ( $T_{KU} = -0,5 \dots +0,2\% / ^\circ\text{C}$ ).

2.1 Для стабілізації напруги на навантаженні використовується напівпровідниковий стабілітрон (рис. 2.2)

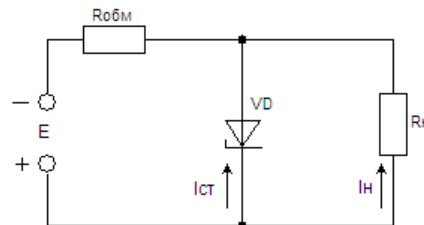


Рисунок 2.2 - Схема стабілізації напруги живлення

Напруга джерела живлення розраховується за формулою:

$$E = U_{ст} + R_{обм}(I_n + I_{ст}), В$$

Струм, що протікає через навантаження, розраховується за формулою:

$$I_n = \frac{U_{ст}}{R_n}, А$$

Напруга живлення повинна дорівнювати:

$$E = U_{ст} \cdot \left(1 + \frac{R_{обм}}{R_n}\right) + I_{ст} \cdot R_{обм}, В$$

При підстановці максимального та мінімального струмів через стабілітрон, отримуємо  $E_{мін}$  та  $E_{макс}$ .

2.2 Опір обмежувального резистора визначається за формулою:

$$R_{обм} = \frac{E_{ср} - U_{ст}}{I_{ср.ст} + I_n}, Ом$$

де  $E_{ср}$  – середнє значення напруги джерела, що змінюється в межах від  $E_{мін}$  до  $E_{макс}$ , розраховується за формулою:

$$E_{ср} = \frac{(E_{мін} + E_{макс})}{2}, В$$

Середній струм  $I_{ср ст}$ , що протікає через стабілітрон, визначається за формулою:

$$I_{срст} = \frac{(I_{стмін} + I_{стмакс})}{2}, мА$$

Струм через навантаження визначається як відношення напруги стабілізації до опору навантаження:

$$I_n = \frac{U_{ст}}{R_n}, мА$$

Стабілізація напруги на навантаженні буде забезпечена для змінення  $E$  в межах від  $E_{ст мін}$  до  $E_{ст макс}$ :

$$E_{мін} = U_{ст} + (I_{ст.мін} + I_n) \cdot R_{обм}, В$$

$$E_{макс} = U_{ст} + (I_{ст.макс} + I_n) \cdot R_{обм}, В$$

3. Розрахунок параметрів схем, побудованих на базі напівпровідникових біполярних транзисторів.

В схемах з спільним емітером (СЕ) використовується тільки одне джерело живлення  $E_K$ , яке живить і колекторне, і базове кола. Напруга живлення базового кола  $U_{BE}$  створюється подільником з резистора  $R_B$  та входного опору транзистора. Схема включення транзистора з загальним емітером для визначення параметрів завдання варіанту на рисунку 3.1.

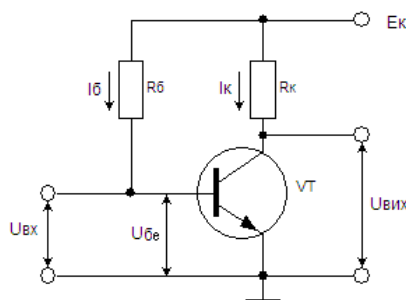


Рисунок 3.1 – Схема для визначення параметрів варіанту

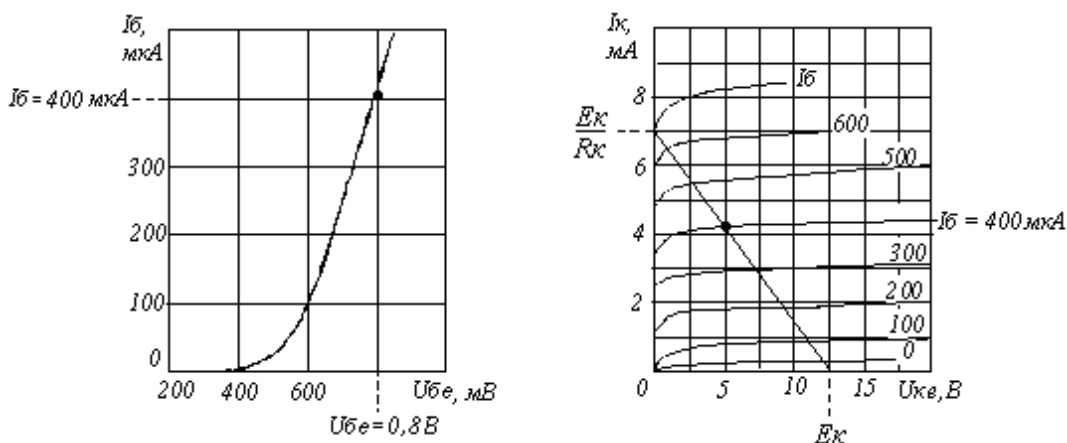


Рисунок 3.2 - Вхідна характеристика транзистора

Для отримання обраного режиму роботи транзистора треба забезпечити необхідну величину струму зміщення в колі бази. Для цього служить резистор  $R_B$ . Величину опору цього резистора розраховують по формулі

$$R_B = \frac{E_K - U_{be}}{I_b}$$

Величини, які зв'язують малі прирости напруг та струмів, називаються диференціальними параметрами транзистора. Для транзистора найбільш раціональною є система h-параметрів (рис. 3.3).



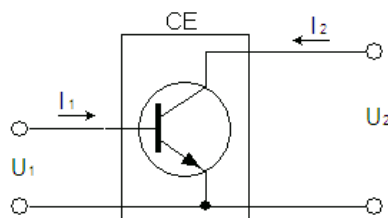


Рисунок 3.3 - Транзистор у вигляді чотирьохполюсника

Таблиця 3.1 – h-параметри транзистора для схеми з спільним емітером

Параметр	Умова сталості	Формула	Фізичне значення (назва) параметра
$h_{11E}$	$U_{KE} = \text{const}$	$h_{11E} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B}$	Вхідний опір
$h_{12E}$	$I_B = \text{const}$	$h_{12E} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{KE}}$	Коефіцієнт зворотного зв'язку
$h_{21E}$	$U_{KE} = \text{const}$	$h_{21E} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$	Коефіцієнт передавання струму бази
$h_{22E}$	$I_B = \text{const}$	$h_{22E} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KB}}$	Вихідна провідність

### Варіанти підсумкової контрольної роботи №1

#### Теоретичне завдання.

1. Структура, спосіб дії та властивості диністора.
2. Поясніть вплив опору резистора на струм в його колі.
3. Наведіть схему однонапівперіодого випрямляча для одержання негативної напруги.
4. Поясніть структуру, спосіб дії та властивості тиристора
5. Основні експлуатаційні параметри біполярних транзисторів.
6. Поясніть механізм протікання змінного струму в колі конденсатора.
7. Назвіть типи польових транзисторів, графічне позначення і опишіть особливості їх структури.
8. Поясніть хід ВАХ діода при електричному пробі.
9. Поясніть виникнення опору котушки індуктивності.

10. Наведіть потенційну діаграму роботи діода під зворотною напругою.
11. Поясніть вплив опору навантаження на вихідну напругу резистивного подільника.
12. Поясніть вольтамперну характеристику диністора.
13. Перелічіть основні параметри ПТ і особливості їх використання.
14. Наведіть часову діаграму роботи двонапівперіодного випрямляча.
15. Чим пояснити спотворення фронту імпульсу колекторного струму при роботі транзистора в режимі ключа?
16. Виконайте порівняльний аналіз ВАХ ПТ з р-п переходами та МДН ПТ.
17. Поясніть вольтамперну характеристику симістора.
18. Наведіть схему однонапівперіодного випрямляча для одержання позитивної напруги.
19. Якими є умови для того, щоб ключ на польовому транзисторі відкривався та закривався з максимальною швидкістю?
20. Що таке «наскрізні струми» і чому вони виникають?
21. Поясніть вплив ємності р-п переходу на його частотні властивості.
22. Поясніть вольтамперну характеристику тиристора.
23. Як пояснити вплив температури на форму вольтамперної характеристики р – n переходу?
24. Поясніть вплив прямої напруги діода на амплітуду випрямленої напруги.
25. Поясніть фізичний сенс основних параметрів кремнієвих стабілітронів.
26. Яке призначення транзисторних ключів?
27. Дайте характеристику зворотному і незворотному пробію р-п переходу.
28. Для чого між керуючими напругами двотактного перетворювача вводиться пауза?

## Практичне завдання 1

1.1 Розрахувати схему випрямляча без згладжувального фільтру для випрямлення синусоїдальної напруги з діючим значенням  $U = 700$  В, використовуючи діоди, зворотна напруга яких складає 300 В. Значення величин, необхідних для розрахунків, вибираються із таблиці 1.1. Після проведення розрахунків необхідно навести приклад розрахованої схеми.

Таблиця 1.1 Таблиця варіантів для практичного завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U, \text{В}$	500	550	600	650	700	750	770	640	580	620	640	720	560
$k_{\eta}$	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,5
$I_{\text{зв макс}}, \text{МКА}$	250	230	275	280	300	320	350	340	260	310	400	420	390
$U_{\text{зв макс}}, \text{В}$	200	250	225	240	320	380	420	275	180	210	350	120	150
Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$U, \text{В}$	520	530	620	630	710	740	780	660	570	610	900	810	950
$k_{\eta}$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,5	0,67
$I_{\text{зв макс}}, \text{МКА}$	100	125	150	175	225	250	325	375	425	450	475	340	320
$U_{\text{зв макс}}, \text{В}$	220	240	250	275	300	400	350	390	410	280	310	180	125

1.2 Скласти та розрахувати випрямне коло, яке дозволяє отримати випрямлений струм  $I_{\text{випр макс}} = 400$  мА при використанні діодів з ладанною потужністю. Значення величин, необхідних для розрахунків, вибираються із таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Таблиця варіантів для практичного завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$I_m, \text{мА}$	320	330	340	350	360	370	380	390	410	420	430	440	450
$k_c$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,5	0,55
$I_{\text{пр макс}}, \text{мА}$	190	195	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255
$U_{\text{пр ср}}, \text{В}$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,1	1,5	1,75	1,9	1,2

Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$I_{м}, \text{мА}$	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	400
$k_{с}$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,5	0,65
$I_{пр макс}, \text{мА}$	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	125
$U_{пр ср}, \text{В}$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,1	1,5	1,75	1,9	1,75

### Практичне завдання 2

2.1 Для стабілізації напруги на навантаженні використовується напівпровідниковий стабілітрон, напруга стабілізації якого складає  $U_{ст} = 10 \text{ В}$ . Визначити допустимі межі змінення напруги живлення, якщо максимальний струм стабілітрона  $I_{ст макс} = 30 \text{ мА}$ , а мінімальний  $I_{ст мин} = 1 \text{ мА}$ . Опір навантаження  $R_{н} = 1 \text{ кОм}$ , а опір обмежувального резистора  $R_{обм} = 0,5 \text{ кОм}$ . Знайти максимальну та мінімальну напругу живлення.

Таблиця 2.1 Таблиця варіантів для практичного завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U_{ст}, \text{В}$	6	6,25	6,5	6,75	7	7,25	7,5	7,75	8	8,25	8,5	8,75	9
$I_{ст макс}, \text{мА}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$I_{ст мин}, \text{мА}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
$R_{н}, \text{кОм}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
$R_{обм}, \text{кОм}$	0,6	0,65	0,7	0,75	1	1,1	2	2,1	2,2	2,3	1,4	1,6	1,7
Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$U_{ст}, \text{В}$	9,5	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16
$I_{ст макс}, \text{мА}$	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	25,5	26,5	27,5
$I_{ст мин}, \text{мА}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
$R_{н}, \text{кОм}$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	3,9	4
$R_{обм}, \text{кОм}$	0,6	0,65	0,7	0,75	1	1,1	2	2,1	2,2	2,3	1,4	1,6	1,7

2.2 Кремнієвий стабілітрон включений в схему стабілізатора паралельно з резистором  $R_{н} = 2,2 \text{ кОм}$ . Параметри стабілітрона:

- напруга стабілізації  $U_{CT} = 13 \text{ В}$ ;
- максимальний струм стабілізації  $I_{CT \text{ макс}} = 20 \text{ мА}$ ;
- мінімальний струм стабілізації  $I_{CT \text{ мін}} = 1 \text{ мА}$ .

Знайти опір обмежувального резистора  $R_{обм}$ , якщо напруга джерела  $E$  змінюється в межах від  $E_{\text{мін}} = 16 \text{ В}$   $E_{\text{мін}} = 24 \text{ В}$ . Визначити, чи буде забезпечена стабілізація у всьому діапазоні змінення напруги джерела живлення. Схема стабілізатора напруги відображена на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 Таблиця варіантів для практичного завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$R_{нз}$ , КОМ	2	2,5	3,5	3,75	2,75	3,3	3,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3
$U_{CT}$ , В	5	5,5	5,75	6	6,5	6,75	7	5,25	6,25	7,25	7,5	8	7,75
$I_{CT \text{ мін}}$ , МА	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$I_{CT \text{ макс}}$ , МА	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$E_{\text{мін}}$ , В	7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12	13
$E_{\text{макс}}$ , В	22	23	24	25	22	23	24	25	22	23	24	25	20
Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$R_{нз}$ , КОМ	4	3,1	3,2	3,3	3,8	4,2	4,3	4,4	4,5	1	1,1	1,2	1,3
$U_{CT}$ , В	8,25	8,5	8,75	9	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14
$I_{CT \text{ мін}}$ , МА	1,75	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
$I_{CT \text{ макс}}$ , МА	9	18	19	20	21	11	12	13	14	10	11	12	13
$E_{\text{мін}}$ , В	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$E_{\text{макс}}$ , В	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

### Практичне завдання 3

1. Визначити падіння напруги  $U_{кe0}$  і  $R_{\sigma}$  в схемі (рис. 3.1), якщо струм спокою колектора  $I_{к0} = 2 \text{ мА}$ , опір резистора  $R_{к} = 2000 \text{ Ом}$ ,  $E_{к} = 15 \text{ В}$ ,  $h_{21e} = 20$ .

2. Визначити опір  $R_{\bar{\sigma}}$ , якщо струм спокою колектора  $I_{k0}$  (рис. 3.1) становить 10 мА. Напруга джерела живлення  $E_k = 15$  В, статичний коефіцієнт підсилення за струмом транзистора  $h_{21e} = 40$ .

3. Визначити падіння напруги  $U_{ke0}$  і  $R_{\bar{\sigma}}$  в схемі (рис. 3.1), якщо струм спокою колектора  $I_{k0} = 2$  мА, опір резистора  $R_k = 1000$  Ом,  $E_k = 20$  В,  $h_{21e} = 20$ .

4. Визначити падіння напруги  $U_{ke0}$  і  $R_{\bar{\sigma}}$  в схемі (рис. 3.1), якщо струм спокою колектора  $I_{k0} = 2$  мА, опір резистора  $R_k = 2000$  Ом,  $E_k = 20$  В,  $h_{21e} = 20$ .

5. Визначити падіння напруги  $U_{ke0}$  і  $R_{\bar{\sigma}}$  в схемі (рис. 3.1), якщо струм спокою колектора  $I_{k0} = 2$  мА, опір резистора  $R_k = 2000$  Ом,  $E_k = 20$  В. Струм бази  $I_{\bar{\sigma}}$  та  $U_{\bar{\sigma}e}$  визначити графічно (рис. 3.2).

6. Визначити графічно падіння напруги на біполярному транзисторі  $U_{ke}$  та  $U_{\bar{\sigma}e}$  (рис. 3.1), якщо  $E_k = 16$  В,  $R_k = 2$  кОм, а струм бази  $I_{\bar{\sigma}0} = 0,4$  мА. Вхідна та сімейство вихідних характеристик приведені на рисунку 3.2.

7. Визначити графічно падіння напруги на біполярному транзисторі  $U_{ke}$  та  $U_{\bar{\sigma}e}$  (рис. 3.1), якщо  $E_k = 15$  В,  $R_k = 1$  кОм, а струм бази  $I_{\bar{\sigma}0} = 0,4$  мА. Вхідна та сімейство вихідних характеристик приведені на рисунку 3.2.

8. Визначити струм бази  $I_{\bar{\sigma}0}$  та падіння напруги на транзисторі  $U_{ke}$  (рис. 3.1), якщо  $R_{\bar{\sigma}} = 150$  к Ом,  $R_k = 1,25$  к Ом,  $E_k = 9$  В,  $h_{21e} = 40$ , величиною  $U_{\bar{\sigma}e}$  знехтувати.

9. Визначити падіння напруги  $U_{ke0}$  і  $R_{\bar{\sigma}}$  в схемі (рис. 3.1), якщо струм спокою колектора  $I_{k0} = 7$  мА, опір резистора  $R_k = 1$  кОм,  $E_k = 15$  В. Струм бази  $I_{\bar{\sigma}}$  та  $U_{\bar{\sigma}e}$  визначити графічно (рис. 1.2).

10. Визначити графічно падіння напруги на біполярному транзисторі  $U_{ke}$  та  $U_{\bar{\sigma}e}$  (рис. 3.1), якщо  $E_k = 12$  В,  $R_k = 2$  кОм, а струм бази  $I_{\bar{\sigma}0} = 0,4$  мА. Вхідна та сімейство вихідних характеристик приведені на рисунку 1.2.

**Міністерство освіти і науки України**  
**Запорізький національний університет**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні**

**Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного**  
**забезпечення**

## **Підсумкова контрольна робота №1**

з дисципліни Аналогова та оптохемотехніка

Завдання варіанту № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Студента (ки) \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Викладач \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_