

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Чернігівській державний технологічний університет

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ

Практичні заняття

Методичні вказівки до практичних та самостійних занять
для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки
6.050701 – “Електромеханіка та електротехнології”

ЧЕРНІГІВ ЧДТУ 2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Чернігівській державний технологічний університет

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ

Практичні заняття

Методичні вказівки до практичних та самостійних занять
для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки
6.050701 – “Електромеханіка та електротехнології”

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
промислової електроніки
протокол № 12 від 24.06.2011 р

ЧЕРНІГІВ ЧДТУ 2012

Основи електроніки. Практичні заняття Методичні вказівки до практичних та самостійних занять з дисципліни “Основи електроніки” для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки 6.050701 – “Електромеханіка та електротехнології” / Укл.: Ревко А.С., Гусев О.О. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – 26 с.

Укладачі: Ревко Анатолій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент

Гусев Олександр Олександрович, асистент

Відповідальний за випуск: Ю.О. Денисов, д.т.н., професор, завідувач кафедри промислової електроніки

Рецензент: А.Л. Приступа, к.т.н., старший викладач кафедри електричних систем та мереж Чернігівського державного технологічного університету

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП | 4 |
| 1 Навчальна програма | 5 |
| 1.1 Мета та завдання дисципліни | 5 |
| 1.2 Зміст дисципліни | 5 |
| 1.3 Самостійна робота над дисципліною | 7 |
| 2 Робота над лекційним матеріалом та самостійне вивчення тем | 8 |
| 3 Завдання для самоконтролю | 9 |
| 3.1 Основні поняття в промисловій електроніці. Пасивні прилади | 9 |
| 3.2 Напівпровідникові прилади | 9 |
| 3.3 Джерела живлення постійної напруги, інвертори, фільтри | 12 |
| 3.4 Аналогові пристрої | 14 |
| 3.5 Цифрові пристрої | 16 |
| 4 Приклад розв'язання задач | 18 |
| 4.1 Методика розрахунку ключів на польових та біполярних транзисторах | 18 |
| 4.2 Методика розрахунку джерел живлення постійної напруги, фільтрів | 24 |
| Рекомендована література | 26 |

ВСТУП

Ці методичні вказівки є керівництвом до виконання практичних та самостійних занять з курсу “Основи електроніки”. Методичні вказівки складено для студентів із фаху “*Електротехніка*”, вони також можуть бути використані для підготовки інженерів і бакалаврів інших фахів, які мають у своїх учбових планах промислову електроніку.

Методичні вказівки складаються з матеріалів занять, які охоплюють всі основні розділи курсу “*Основи електроніки*”.

Наведені приклади розрахунку практичних завдань, які мають виконуватися студентами на аудиторних заняттях з використанням довідникової літератури та конспекту лекції з дисципліни.

1 Навчальна програма

1.1 Мета та завдання дисципліни

Мета вивчення дисципліни:

1) засвоїти основні теоретичні положення роботи пристроїв та компонентів в промисловій електроніці.

2) отримати практичні навички у роботі з компонентами промислової електроніки.

В результаті вивчення курсу “Основи електроніки” студент має **знати**:

1) основи роботи напівпровідникових приладів та їх види;

2) основні принципи побудови джерел живлення постійної напруги;

3) принципи роботи активних та пасивних фільтрів;

4) особливості роботи пристроїв аналогової схемотехніки;

5) основні елементи цифрової схемотехніки.

В результаті вивчення курсу “Основи електроніки” студент повинен **вміти**:

1) обирати напівпровідникові компоненти згідно їх призначенням;

2) проектувати найпростіші джерела живлення постійного струму;

3) обирати та розраховувати фільтруючі елементи;

4) розраховувати кола аналогової схемотехніки;

5) проектувати найпростіші кола аналогової схемотехніки.

“Основи промислової електроніки” базується на курсах “Вища математика”, “Фізика”, “Фізика твердого тіла”, “Теоретичні основи електротехніки” .

Обов'язковою умовою викладання дисципліни є проведення лабораторного практикуму із застосуванням стендів.

1.2 Зміст дисципліни

Тема 1 Основні поняття в промисловій електроніці. Пасивні прилади

Місце промислової електроніки в електроенергетиці. Історія розвитку промислової електроніки. Принцип електромагнітної сумісності в електричних мережах. Класифікація та параметри електричних сигналів. Класифікація та сфера використання електронних приладів. Різновиди та параметри резисторів конденсаторів, котушок індуктивності, трансформаторів.

Тема 2 Напівпровідникові прилади

Електропровідність, поділ твердих тіл на метали, напівпровідники, діелектрики. Основні властивості та характеристики напівпровідників. Електричні переходи та їх властивості. Принцип роботи напівпровідникових діодів. Різновиди напівпровідникових діодів. Види біполярних транзисторів. Принцип роботи і параметри транзисторів. Режими роботи біполярних

транзисторів. Поняття про статичні характеристики. Схеми вмикання біполярних транзисторів. Різниця між ключовим і підсилювальним режимом роботи. Види польових транзисторів, їх позначення на схемах. Польові транзистори з управляючим р-n переходом. Польові транзистори з ізольованим затвором. Переваги та недоліки польових транзисторів. IGBT транзистор. Види тиристорів, їх позначення на схемах. Принцип роботи диністорів, триністорів та симісторів. Включення і виключення тиристорів. Основні параметри. Принцип роботи оптоелектронних приладів.

Тема 3 Джерела живлення постійної напруги, інвертори, фільтри

Силкові перетворювачі електричної енергії. Загальні поняття. Випрямлячі. Поняття про однотактні та двотактні схеми випрямлення. Однофазні схеми випрямлення. Трьохфазні схеми випрямлення. Поняття АЧХ. Фільтри. Види пасивних фільтрів. Види активних фільтрів на транзисторах. Поняття фільтро-компенсуючих пристроїв. Стабілізатори, загальні поняття. Параметричні стабілізатори. Компенсаційні стабілізатори. Імпульсні стабілізатори. Інвертори напруги та струму. Трьохфазний мостовий інвертор напруги. Перетворювачі частоти.

Тема 4 Аналогові пристрої

Аналогові електронні пристрої. Класифікація підсилювачів. Основні характеристики. Енергетичні характеристики підсилювачів. Основні положення теорії зворотного зв'язку в підсилювачах. Види зворотного зв'язку. Операційний підсилювач, поняття ідеального операційного підсилювача. Основні характеристики операційного підсилювача. Основні схеми ввімкнення операційного підсилювача. Диференціальні підсилювачі. Особливості роботи багатокаскадних підсилювачів. Повторювачі напруги. Однотактні схеми підсилювачів на біполярних та польових транзисторах. Підсилювачі потужності. Поняття генераторів гармонійних сигналів. LC-генератори. RC-генератори.

Тема 5 Цифрові пристрої

Загальні характеристики та класифікація цифрових пристроїв. Закони алгебри-логіки. Базові логічні елементи. Способи опису роботи цифрових схем. Складання логічних рівнянь. Типи логічних мікросхем. ТТЛ-логіка. КМОП-логіка. Шифратори. Дешифратори. Мультиплексори. Демультимплексори. D-тригер. T-тригер. RS-тригер. JK-тригер. Лічильники. Способи нарощування лічильників. Регістри. Цифро-аналогові перетворювачі. Аналого-цифрові перетворювачі. Перетворювачі "час-код" та "код-час".

Тема 6 Елементи відображення інформації.

Різновиди та принцип роботи індикаторів. Статичний та динамічний методи керування індикаторними приладами. Світлодіодні та рідкокристалічні індикаторні модулі.

1.3 Самостійна робота над дисципліною

Згідно робочої навчальної програми з дисципліни “Основи промислової електроніки”, існують такі види самостійної роботи, як робота над лекційним матеріалом (в тому числі над самостійним вивченням тем), підготовка до практичних та лабораторних занять, підготовка до контрольної роботи.

2 Робота над лекційним матеріалом та самостійне вивчення тем

Мета проведення лекцій – викладення теоретичних положень в електроніці: основні поняття в електроніці. пасивні прилади; напівпровідникові прилади; джерела живлення постійної напруги та інвертори; основи цифрової та аналогової схемотехніки.

Лекції є основою при вивченні дисципліни “Основи електроніки”, оскільки всі інші форми занять базуються на лекційних матеріалах. Теоретичною базою лекційного курсу є навчальна література, перелік якої наведено на останній сторінці даних методичних вказівок. Курс лекцій охоплює основний теоретичний матеріал і розподіляється на теми, які, в свою чергу, розподіляються на окремі лекції. Засадами самостійної роботи студентів є систематична робота над лекційним матеріалом, оскільки курс складений таким чином, що наступні лекції базуються на попередніх.

3 Завдання для самоконтролю

Обов'язковою умовою для вивчення дисципліни “Основи електроніки” є самоконтроль засвоєння знань зі сторони студента. Перевірити ступінь опанування теоретичного матеріалу можна за допомогою контрольних питань і задач, що наведені в цьому розділі методичних вказівок. Питання і задачі згруповані по змістовних модулях, темах та лекціях, що дозволяє контролювати засвоєння лекційного матеріалу під час семестру. Крім того питання і задачі можна використовувати при підготовці до контрольних робіт, практичних занять та іспиту.

3.1 Основні поняття в промисловій електроніці. Пасивні прилади

Контрольні питання:

1. Класифікація та параметри електричних сигналів.
2. Різновиди та параметри резисторів конденсаторів, котушок індуктивності, трансформаторів.

3.2 Напівпровідникові прилади

Контрольні питання

1. Електропровідність, поділ твердих тіл на метали, напівпровідники, діелектрики.
2. Основні властивості та характеристики напівпровідників.
3. Електричні переходи та їх властивості. Принцип роботи напівпровідникових діодів.
4. Види біполярних транзисторів. Принцип роботи і параметри транзисторів. Режими роботи біполярних транзисторів. Поняття про статичні характеристики.
5. Схеми вмикання біполярних транзисторів. Різниця між ключовим і підсилювальним режимом роботи.
6. Польові транзистори з управляючим р-n переходом.
7. Польові транзистори з ізольованим затвором. Переваги та недоліки польових транзисторів. IGBT транзистор.

Приклади задач:

1. Розрахувати опір бази силового ключа R_B на біполярному транзисторі (рисунок 3.1).
2. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.2)
3. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.3).
4. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.4).
5. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.5).

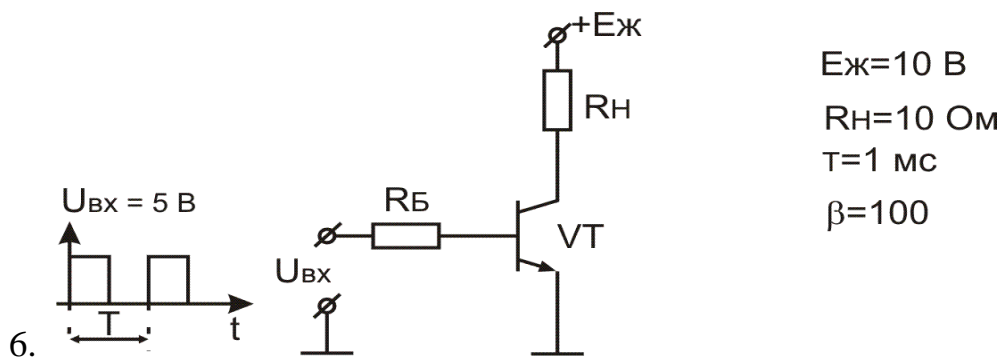


Рисунок 3.1

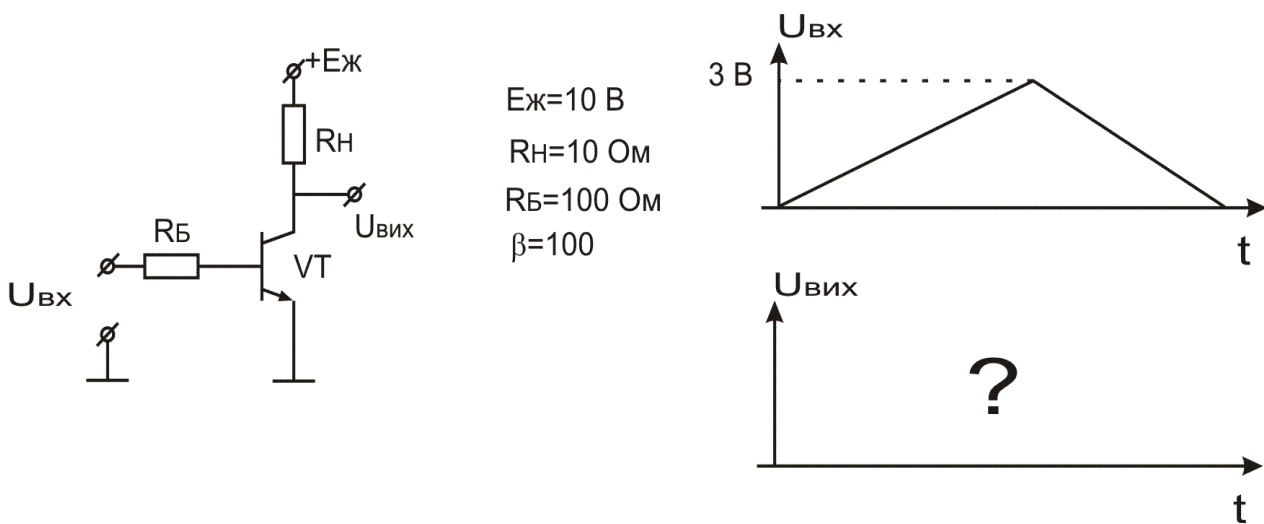


Рисунок 3.2

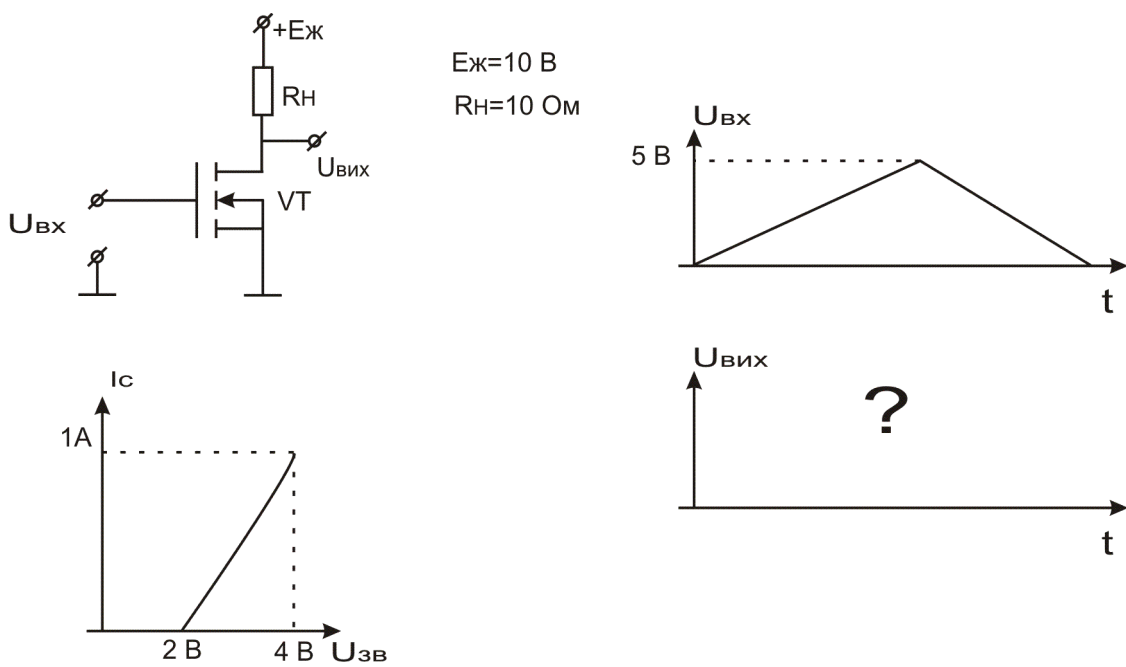
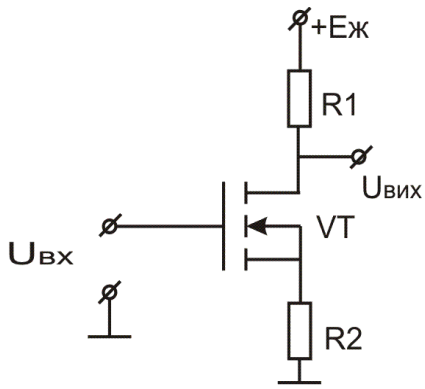


Рисунок 3.3



$E_{Ж} = 10 \text{ В}$
 $R1 = 8 \text{ Ом}$
 $R2 = 2 \text{ Ом}$

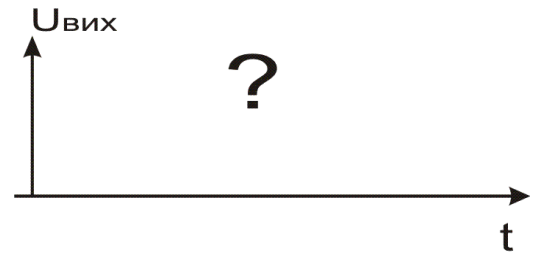
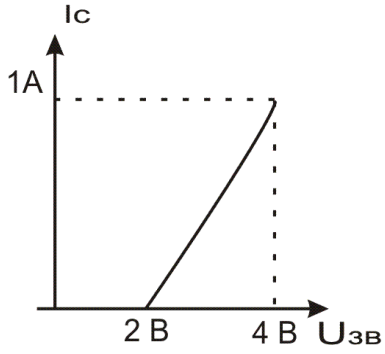
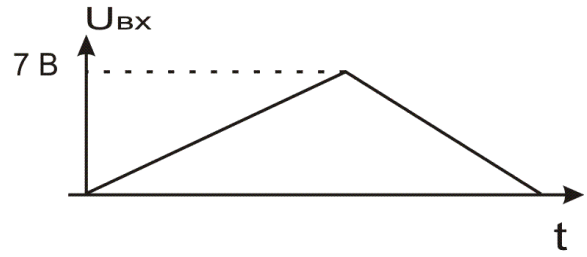
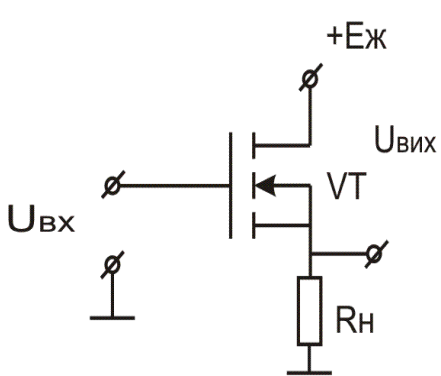
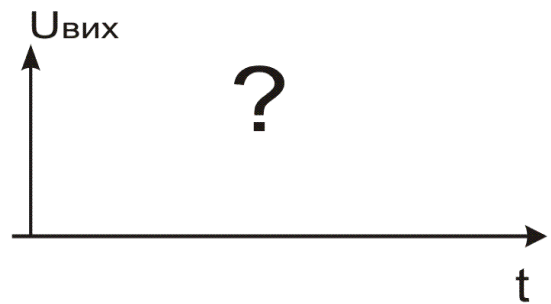
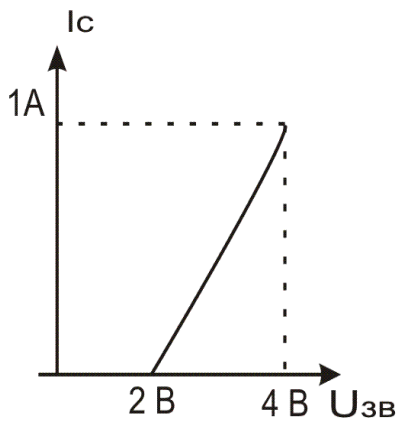
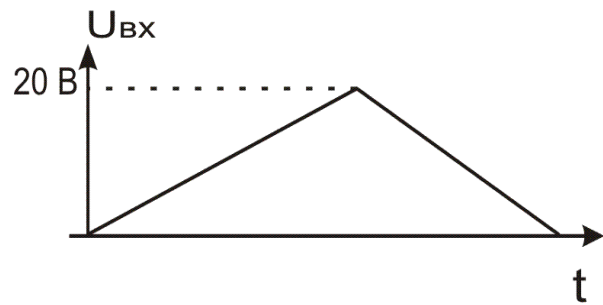


Рисунок 3.4



$E_{Ж} = 10 \text{ В}$
 $R_{Н} = 10 \text{ Ом}$



3.3 Джерела живлення постійної напруги, інвертори, фільтри

Контрольні питання:

1. Силкові перетворювачі електричної енергії. Загальні поняття.
2. Випрямлячі. Поняття про однотактні та двотактні схеми випрямлення.
3. Однофазні схеми випрямлення.
4. Трьохфазні схеми випрямлення.
5. Поняття АЧХ . Фільтри.
6. Види пасивних фільтрів та активних фільтрів на транзисторах.
7. Поняття фільтро-компенсуючих пристроїв.
8. Стабілізатори, загальні поняття.
9. Параметричні та компенсаційні стабілізатори.
10. Імпульсні стабілізатори.
11. Інвертори напруги та струму. Трьохфазний мостовий інвертор напруги.
12. Перетворювачі частоти.

Приклади задач:

1. Розрахувати однофазний однонапівперіодний випрямляч для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_n=5\text{ В}$, максимальна потужність $P_n=1\text{ Вт}$.
2. Розрахувати однофазний випрямляч з середньою точкою для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_n=24\text{ В}$, опір навантаження $R_n=10\text{ Ом}$.
3. Розрахувати однофазний мостовий випрямляч (схема Греца) для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_n=12\text{ В}$, струм навантаження $I_n=1.5\text{ А}$.
4. Розрахувати трифазний однонапівперіодний випрямляч для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_n=48\text{ В}$, опір навантаження $R_n=24\text{ Ом}$.
5. Розрахувати трифазний мостовий випрямляч (схема Ларіонова) для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_n=36\text{ В}$, максимальна потужність $P_n=500\text{ Вт}$.
6. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.6).
7. Визначити вихідний сигнал (рисунок 3.7).
8. Розрахувати згладжувальний фільтр для однонапівперіодного однофазного випрямляча з параметрами: $f_m=50\text{ Гц}$, $U_n=15\text{ В}$, $I_n=300\text{ мА}$, коефіцієнт пульсацій вихідної напруги не більше 5%.
9. Розрахувати згладжувальний фільтр для мостового однофазного випрямляча з параметрами: $f_m=50\text{ Гц}$, $U_n=12\text{ В}$, $I_n=500\text{ мА}$, коефіцієнт пульсацій вихідної напруги не більше 1%.

10. Розрахувати згладжувальний фільтр для трифазного однонапівперіодного випрямляча з параметрами: $f_m=60\text{Гц}$, $U_n=36\text{В}$, $I_n=5\text{А}$, коефіцієнт пульсацій вихідної напруги не більше 10%.

11. Розрахувати згладжувальний фільтр для трифазного мостового випрямляча з параметрами: $f_m=400\text{Гц}$, $U_n=24\text{В}$, $I_n=2\text{А}$, коефіцієнт пульсацій вихідної напруги не більше 2%.

$$U_{\text{вх}}(t) = A + A\sin(\omega t) + B\sin(100\omega t)$$

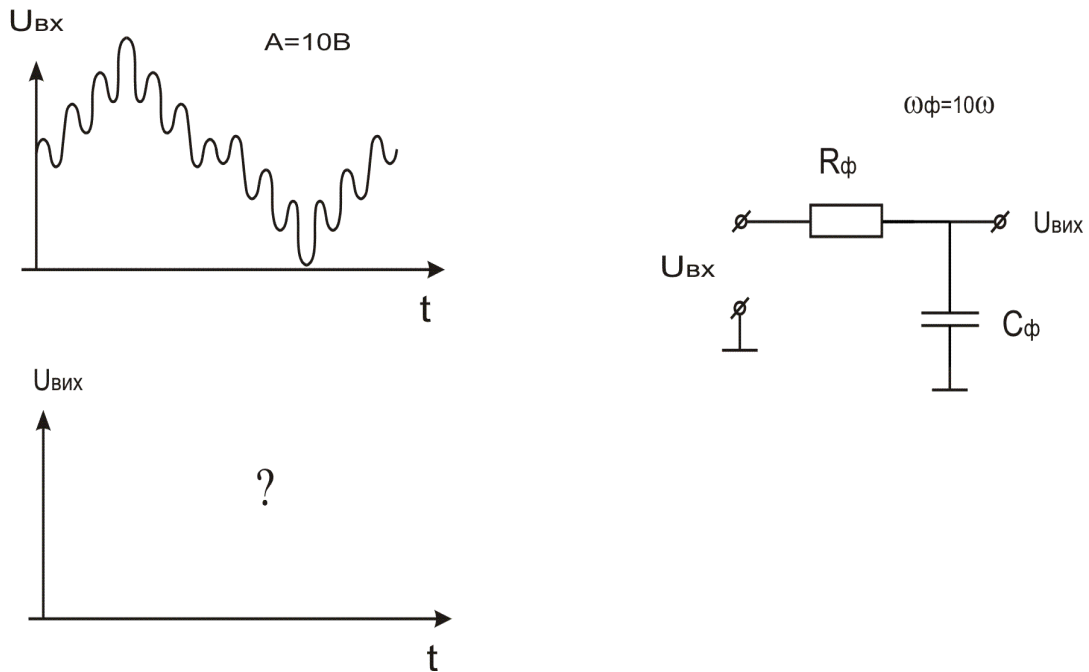


Рисунок 3.6

$$U_{\text{вх}}(t) = A + A\sin(\omega t) + B\sin(100\omega t)$$

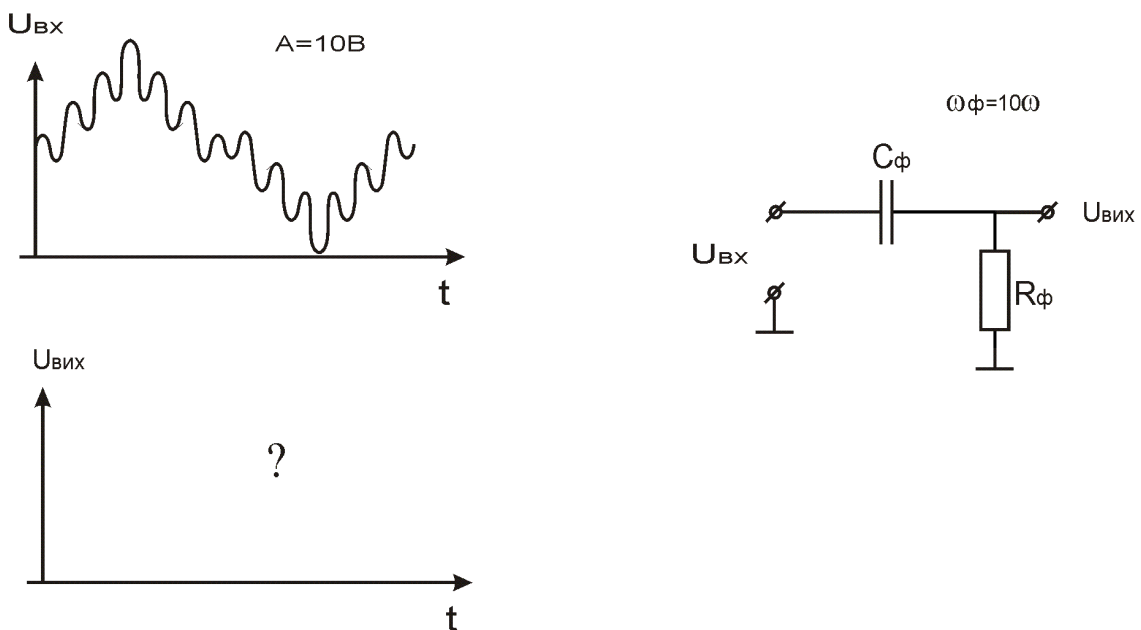


Рисунок 3.7

12. Розрахувати лінійний параметричний стабілізатор з такими параметрами: $U_{ex}=12\text{ В}$, $U_{вих}=5\text{ В}$, $R_H=300\text{ Ом}\pm 20\%$.
13. Розрахувати лінійний параметричний стабілізатор з такими параметрами: $U_{ex}=24\text{ В}\pm 10\%$, $U_{вих}=12\text{ В}$, $R_H=10\text{ Ом}$.
14. Розрахувати на базі інтегрального стабілізатора лінійний компенсаційний стабілізатор з такими параметрами: $U_{ex}=24\text{ В}\pm 20\%$, $U_{вих}=12\text{ В}$, $R_H=20\text{ Ом}$.
15. Розрахувати на базі інтегрального стабілізатора імпульсний стабілізатор з такими параметрами: $U_{ex}=24\text{ В}\pm 20\%$, $U_{вих}=5\text{ В}$, $R_H=10\text{ Ом}\pm 10\%$, коефіцієнт пульсацій вихідної напруги не більше 2%.

3.4 Аналогові пристрої

Контрольні питання:

1. Аналогові електронні пристрої. Класифікація підсилювачів. Основні характеристики.
2. Основні положення теорії зворотного зв'язку в підсилювачах. Види зворотного зв'язку.
3. Операційний підсилювач, поняття ідеального операційного підсилювача. Основні характеристики операційного підсилювача.
4. Основні схеми ввімкнення операційного підсилювача.
5. Диференціальні підсилювачі. Особливості роботи багатокаскадних підсилювачів.
6. Повторювачі напруги. Однотактні схеми підсилювачів на біполярних та польових транзисторах.
7. Підсилювачі потужності.
8. Поняття генераторів гармонійних сигналів. LC-генератори. RC-генератори.

Приклади задач:

1. Розрахувати схему підсилювача постійного струму на операційному підсилювачі з наступними параметрами: $K_u=-50$, $R_{ex}=10\text{ кОм}$.
2. Розрахувати схему підсилювача постійного струму на операційному підсилювачі з наступними параметрами: $K_u=14$, $R_{ex}=1\text{ МОм}$.
3. Розрахувати підсилювач постійного струму з сумуванням чотирьох сигналів на базі операційного підсилювача, що ввімкнений за схемою з інвертуванням з наступними параметрами: $K_{u1}=-2$, $K_{u2}=-4$, $K_{u3}=-8$, $K_{u4}=-16$, $R_{ex}\geq 1\text{ кОм}$.
4. Визначити вхідний опір схеми R_{ex} (рисунок 3.8) та напругу на виході $U_{вих}$, якщо напруга живлення $U_{жс}=\pm 12\text{ В}$, $U_{ex}=1.2\text{ В}$, $R1=15\text{ кОм}$, $R2=150\text{ кОм}$, $R3=1\text{ кОм}$, $R4=2\text{ кОм}$, $R5=10\text{ кОм}$, $R6=20\text{ кОм}$.

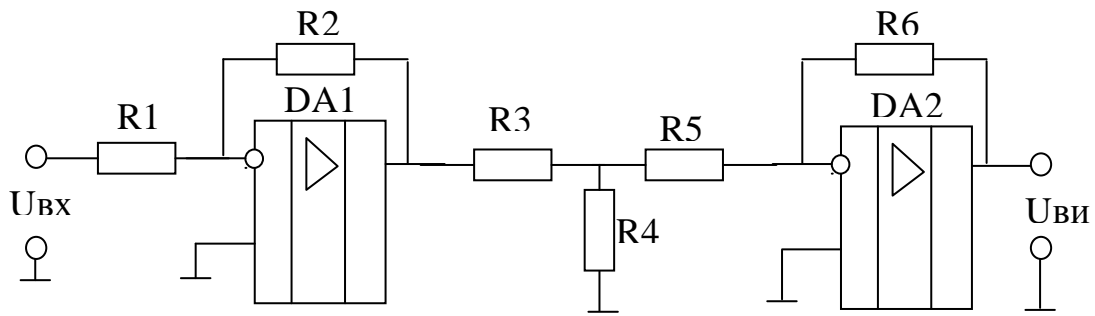


Рисунок 3.8

5. Визначити вхідний опір схеми $R_{вх}$ (рисунок 3.9) та напругу на виході $U_{вих}$, якщо напруга живлення $U_{жс} = \pm 15В$, $U_{вх} = 4В$, $R1 = 220кОм$, $R2 = 100кОм$, $R3 = 10кОм$, $R4 = 33кОм$.

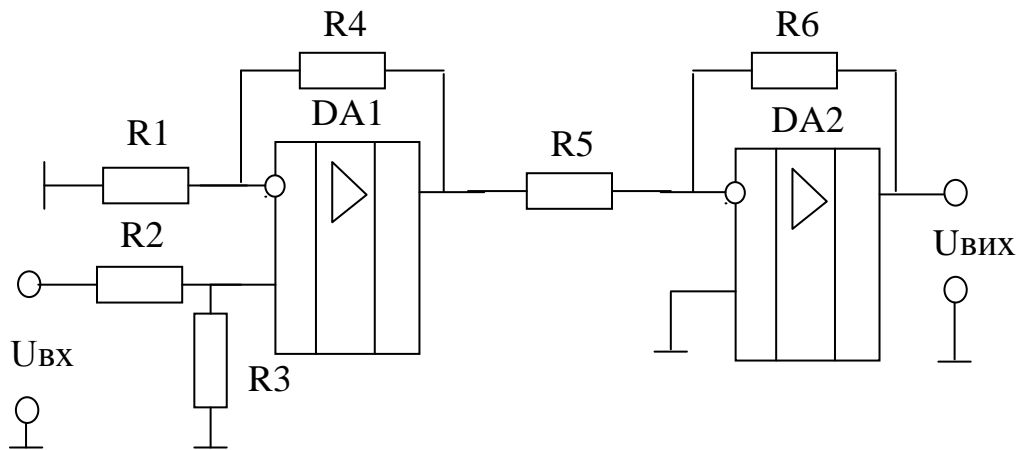


Рисунок 3.9

6. Визначити вхідний опір схеми $R_{вх}$ (рисунок 3.10) та напругу на виході $U_{вих}$, якщо напруга живлення $U_{жс} = \pm 25В$, $U_{вх} = 0.05В$, $R1 = 20кОм$, $R2 = 10кОм$, $R3 = 1кОм$, $R4 = 200кОм$, $R5 = 20кОм$, $R6 = 100кОм$.

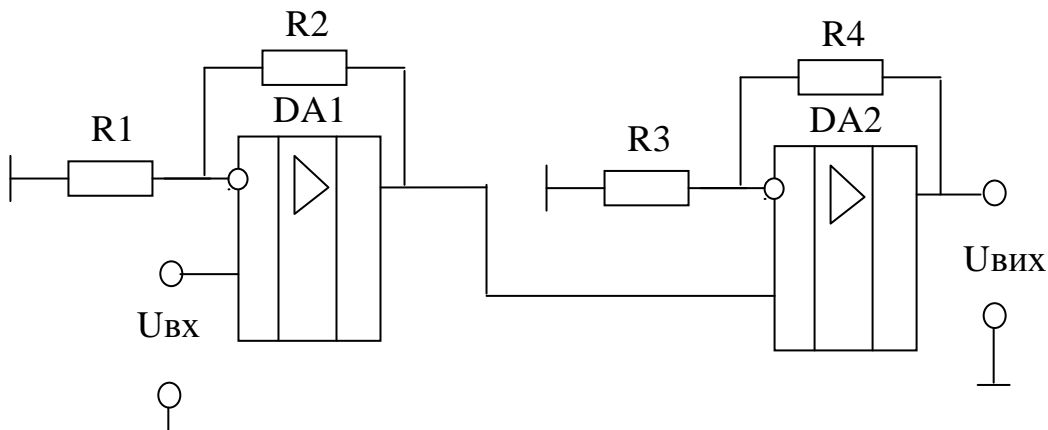


Рисунок 3.10

7. Визначити опір резистора $R4$ (рисунок 3.8), якщо напруга на виході $U_{вих} = 10В$, $U_{вх} = 0.2В$, $R1 = 15кОм$, $R2 = 30кОм$, $R3 = 1кОм$, $R5 = 20кОм$, $R6 = 200кОм$.

8. Визначити опір резистора R_6 (рисунок 3.9), якщо напруга на виході $U_{вих} = -5В$, $U_{вх} = 0.2В$, $R_1 = 15кОм$, $R_2 = 30кОм$, $R_3 = 1кОм$, $R_5 = 20кОм$, $R_6 = 200кОм$
9. Знайти напругу на вході схеми $U_{вх}$ (рисунок 3.10), якщо напруга на виході $U_{вих} = 6В$, $R_1 = 5.1кОм$, $R_2 = 510кОм$, $R_3 = 10кОм$, $R_4 = 20кОм$.
10. Розрахувати схему підсилювача низької частоти на операційному підсилювачі з наступними параметрами: $U_{вх} = 10мВ$, $K_u = 150$; $R_{дж} = 10кОм$, $R_H = 1кОм$, $f_H = 5Гц$; $f_B = 10кГц$.
11. Розрахувати схему підсилювача низької частоти на операційному підсилювачі з наступними параметрами: $U_{вх} = 50мВ$, $K_u = 50$; $R_{дж} = 100кОм$, $R_H = 2кОм$, $f_H = 10Гц$; $f_B = 100кГц$.
12. Розрахувати підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою 3Е з наступними параметрами: $U_{вх} = 1В$, $K_u = 5$; $R_{дж} = 2кОм$, $R_H = 36Ом$, $f_H = 15Гц$; $f_B = 44кГц$
13. Розрахувати підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою 3Е з наступними параметрами: $U_{вх} = 200мВ$, $K_u = 10$; $R_{дж} = 1кОм$, $R_H = 100Ом$, $f_H = 20Гц$; $f_B = 20кГц$.
14. Розрахувати підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою 3К з наступними параметрами: $U_{вх} = 5В$, $K_P = 10$; $R_{дж} = 10кОм$, $R_H = 100Ом$, $f_H = 20Гц$; $f_B = 50кГц$.
15. Розрахувати підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою 3К з наступними параметрами: $U_{вх} = 12В$, $K_P = 5$; $R_{дж} = 200Ом$, $R_H = 100Ом$, $f_H = 50Гц$; $f_B = 1кГц$.
16. Розрахувати підсилювальний каскад на польовому транзисторі за схемою 3В з наступними параметрами: $U_{вх} = 0.5В$, $K_u = 10$; $R_{дж} = 100кОм$, $R_H = 1кОм$, $f_H = 50Гц$; $f_B = 10кГц$.
17. Розрахувати підсилювальний каскад на польовому транзисторі за схемою 3В з наступними параметрами: $U_{вх} = 120мВ$, $K_u = 15$; $R_{дж} = 300кОм$, $R_H = 10кОм$, $f_H = 1Гц$; $f_B = 100кГц$.

3.5 Цифрові пристрої

Контрольні питання

1. Загальні характеристики та класифікація цифрових пристроїв. Закони алгебри-логіки. Базові логічні елементи.
2. Способи описання роботи цифрових схем. Складання логічних рівнянь.
3. Типи логічних мікросхем. ТТЛ-логіка. КМОП-логіка. Шифратори. Дешифратори. Мультиплексори. Демультимплексори. D-тригер. T-тригер. RS-тригер. JK-тригер.
4. Лічильники. Способи нарощування лічильників. Регістри.
5. Цифро-аналогові перетворювачі. Аналого-цифрові перетворювачі. Перетворювачі “час-код” та “код-час”.

Приклад задач:

1. Реалізувати на базових логічних елементах наступне рівняння:
$$y = (x_1 \bullet x_2 + \overline{x_3} \bullet x_4) \oplus (\overline{x_1} \bullet x_3 + x_2 \bullet x_4) + \overline{x_1 \bullet x_2}$$
2. Реалізувати на базових логічних елементах наступне рівняння:
$$y = (x_1 + \overline{x_2} \bullet \overline{x_3} + x_4) \bullet (\overline{x_1} \bullet x_3 \oplus \overline{x_2 \bullet x_4}) + x_1 \bullet x_2 \bullet x_3$$
3. Записати логічні рівняння та реалізувати на базових логічних елементах цифрову схему, робота якої описана таблицею істинності (таблиця 4.1).
4. Записати логічні рівняння та реалізувати на базових логічних елементах цифрову схему, робота якої описана таблицею істинності (таблиця 4.2).

Таблиця 4.1

| x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | y ₁ | y ₂ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця 4.2

| x ₁ | x ₂ | x ₃ | y ₁ | y ₂ | y ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

4 Приклад розв'язання задач

4.1 Методика розрахунку ключів на польових та біполярних транзисторах

ЗАДАЧА 1

Розрахувати опір бази силового ключа R_B на біполярному транзисторі (рисунок 4.1).

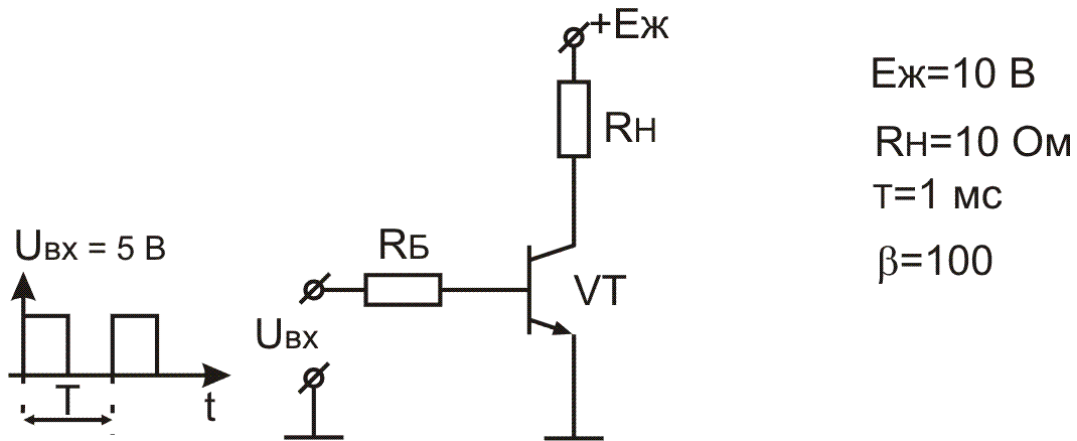


Рисунок 4.1

Рішення

Спочатку необхідно розрахувати струм у навантаженні який потрібно забезпечити. При цьому необхідно врахувати падіння напруги між колектором та емітером транзистора у насиченому стані, тобто коли транзистор повністю відкритий і через нього протікає максимальний струм. Якщо це падіння не задано, то прийнято вважати, що U_{KE} у насиченому стані складає 0,2 В.

Тоді:

$$I_H = \frac{E_J - U_{KE}}{R_H} = \frac{10 - 0.2}{10} = 0,98 \text{ А}. \quad (4.1)$$

Тепер, враховуючи передаточну характеристику транзистора, яка визначає взаємозв'язок між струмом колектора (тобто у навантаженні) та струмом бази:

$$I_K = \beta \cdot I_B, \quad (4.2)$$

знайдемо

$$I_B = \frac{I_K}{\beta} = \frac{0,98 \text{ А}}{100} = 9,8 \text{ мА}. \quad (4.3)$$

Кінцевим кроком є визначення опору базового резистора R_B , який вибирається таким, щоб забезпечити необхідний струм у вхідному колі. При цьому також враховується падіння напруги на базо-емітерному переході, який прийнято вважати 0,7 В (для кремнієвого транзистора). Зазвичай падіння

напруги на р-п переході складає 0,3 – 0,7 В, в залежності від матеріалу напівпровідника.

$$R_B = \frac{U_{BX} - U_{BE}}{I_B} = \beta \cdot R_H \frac{U_{BX} - U_{BE}}{E_{Ж} - U_{KE}} = \frac{5 - 0.7}{9,8 \cdot 10^{-3}} = 438,8 \text{ Ом}. \quad (4.4)$$

Це значення відповідає максимальному значенню резистора. На практиці опір резистора вибирають в S разів менший. Де S – ступінь насичення, який, як правило вибирають з діапазону 1,5 – 5.

Також слід зазначити, що значення періоду вхідного сигналу T управління дається для якісної оцінки частотних властивостей транзистора, які в даному випадку можна не враховувати.

ЗАДАЧА 2

Визначити вихідний сигнал (рисунок 4.2).

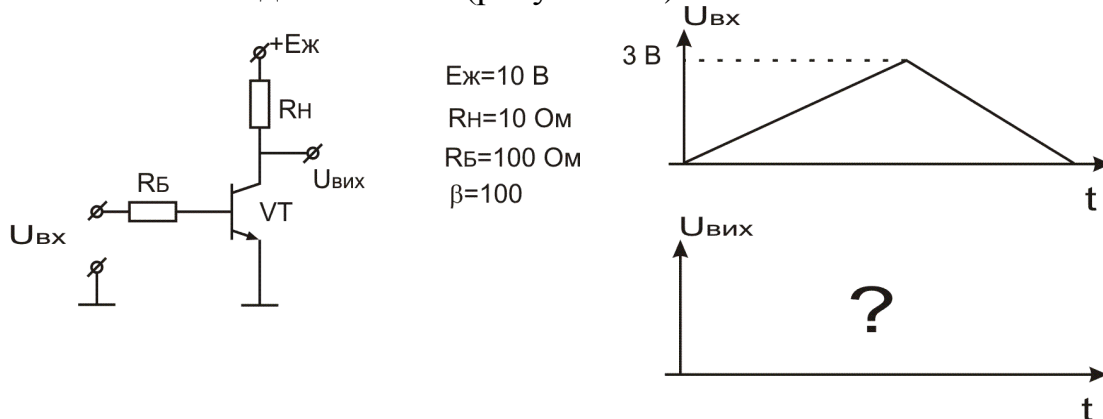


Рисунок 4.2

Рішення

При рішенні подібних задач потрібно враховувати режими роботи ключів (транзисторів). Спочатку необхідно розрахувати точки переходу між режимами і рівні напруг, які їм відповідають. Потім у відповідності до цих точок зображають вихідний сигнал.

Робочими режимами роботи транзистора є три режимами: режим відсічки (ключ закритий), режим насичення (ключ відкритий) та активний режим.

При вхідній напрузі, яка менша 0,7 В (для кремнієвих транзисторів), що відповідає прямому зміщенню р-п переходу, транзистор знаходиться у закритому стані, тобто струм колектору відсутній і вся напруга живлення падає між колектором та емітером, що і є вихідною напругою. Це відповідає інтервалу часу від 0 до t_1 на рисунку 4.3.

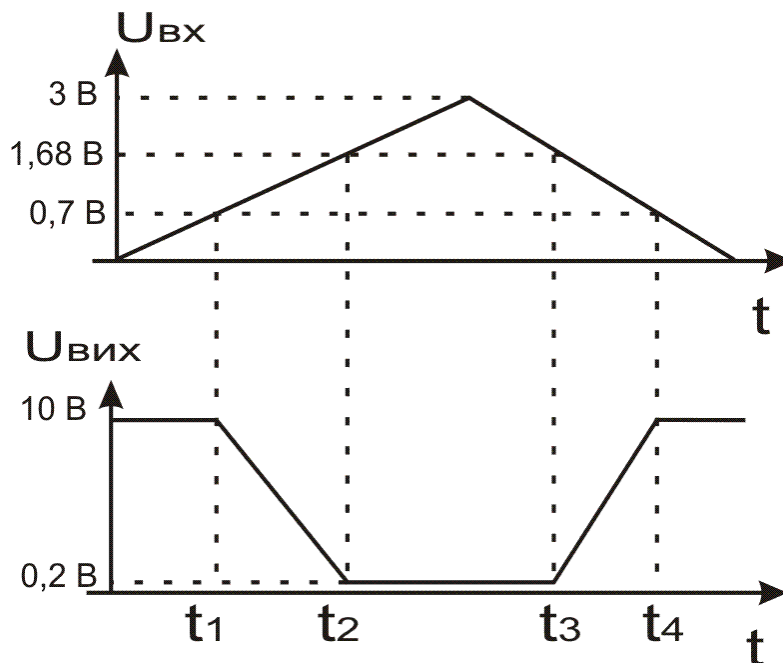


Рисунок 4.3

При напрузі, яка більша 0,7 В транзистор поступово починає відкриватись, що відповідає активному режиму роботи транзистору. При цьому струм у навантаженні починає зростати а напруга на виході зменшуватися. Це відповідає інтервалу часу від t_1 до t_2 . Коли напруга на виході досягне значення 0,2 В (напруга насичення) транзистор буде у режимі насичення, тобто повністю відкритий. При подальшому зростанні вхідної напруги на виході нічого не зміниться. Отже нам необхідно розрахувати точку, при якій транзистор переходить в режим насичення. Аналогічно попередній задачі необхідно спочатку визначити струм у навантаженні, а потім знаючи коефіцієнт передачі визначити струм у базі. Знаючи струм у базі та значення опору визначимо рівень вхідної напруги:

$$I_H = \frac{E_{ж} - U_{KE}}{R_H} = \frac{10 - 0.2}{10} = 0,98 A, \quad (4.5)$$

$$I_{\sigma} = \frac{I_K}{\beta} = \frac{0,98 A}{100} = 9,8 \text{ mA} \quad (4.6)$$

$$U_{вх} = I_B \cdot R_B + 0,7 = 9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 100 + 0,7 = 1,68 \text{ В}. \quad (4.7)$$

З моменту часу t_3 ситуація повторюється симетрично. Спочатку транзистор поступово закривається (від t_3 до t_4), після чого знаходиться у режимі відсічки.

ЗАДАЧА 3

Визначити вихідний сигнал (рисунок 4.4).

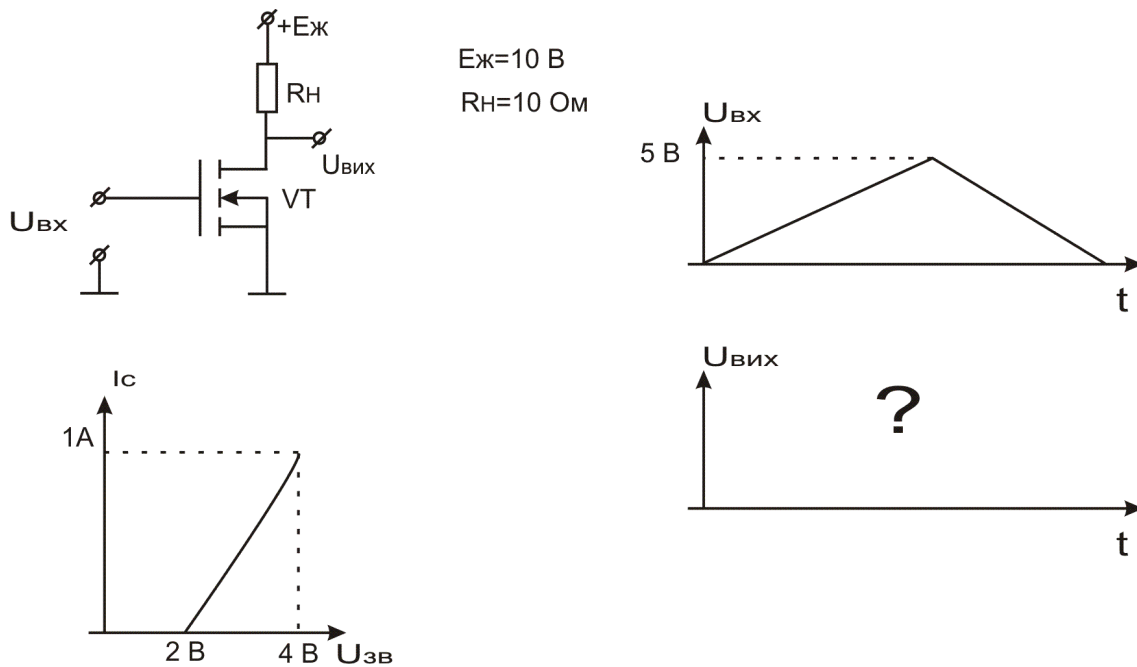


Рисунок 4.4

Рішення

Особливості роботи польового транзистора з ізольованим затвором полягають у тому, що він управляється вхідною напругою, а не струмом. Основною характеристикою є характеристика передачі, яка показує струм у навантаженні в залежності від вхідної напруги. Аналогічно біполярному транзистору, робочими режимами роботи є три режимами: режим відсічки (ключ закритий), режим насичення (ключ відкритий) та активний режим.

З характеристики передачі видно, що при напрузі, яка менше 2 В, струм у навантаженні відсутній, а отже транзистор знаходиться у закритому стані. Вихідна напруга, яка визначається як напруга стік-витік транзистора, складає 10 В (напруга живлення).

В момент часу t_1 напруга на вході перевищує напругу відкриття транзистора (в даному випадку 2 В), і він починає відкриватись. Струм у навантаженні збільшується, напруга на виході зменшується (рисунок 4.5).

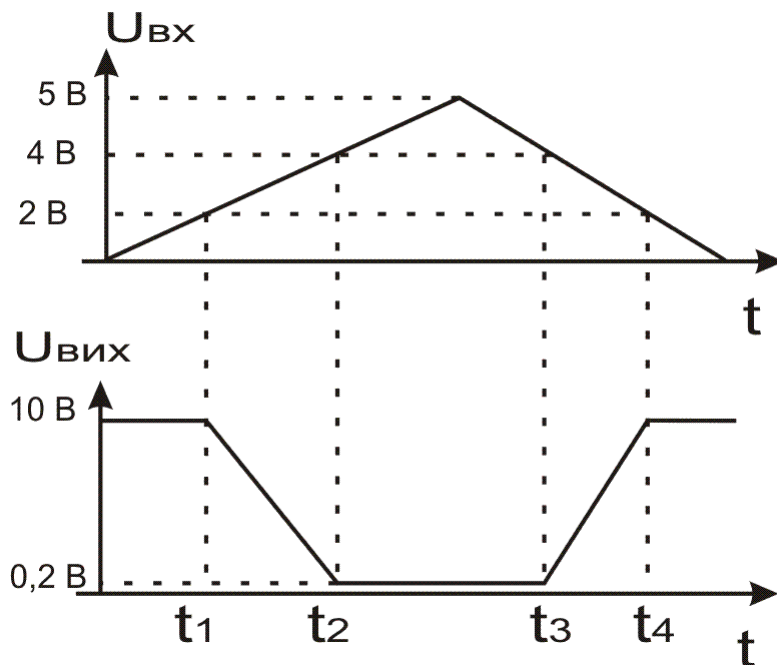


Рисунок 4.5

Нам необхідно розрахувати точку, при якій транзистор переходить в режим насичення (момент часу t_2). Аналогічно попереднім задачам необхідно спочатку визначити струм у навантаженні:

$$I_H = \frac{E_{\text{ж}} - U_{\text{KE}}}{R_H} = \frac{10 - 0.2}{10} = 0,98 \text{ A}, \quad (4.5)$$

а потім із характеристики передачі визначаємо напругу на вході, яка в даному випадку складає близько 4 В. При подальшому зростанні вхідної напруги на виході нічого не зміниться.

З моменту часу t_3 ситуація повторюється симетрично. Спочатку транзистор поступово закривається (від t_3 до t_4), після чого знаходиться у режимі відсічки.

ЗАДАЧА 4

Визначити вихідний сигнал (рисунок 4.6).

Рішення

В даному випадку слід враховувати, що вхідна напруга розподіляється між затвором і витокom транзистора та резистором R_2 . До моменту часу t_1 напруга на вході не достатня для того щоб транзистор почав відкриватися.

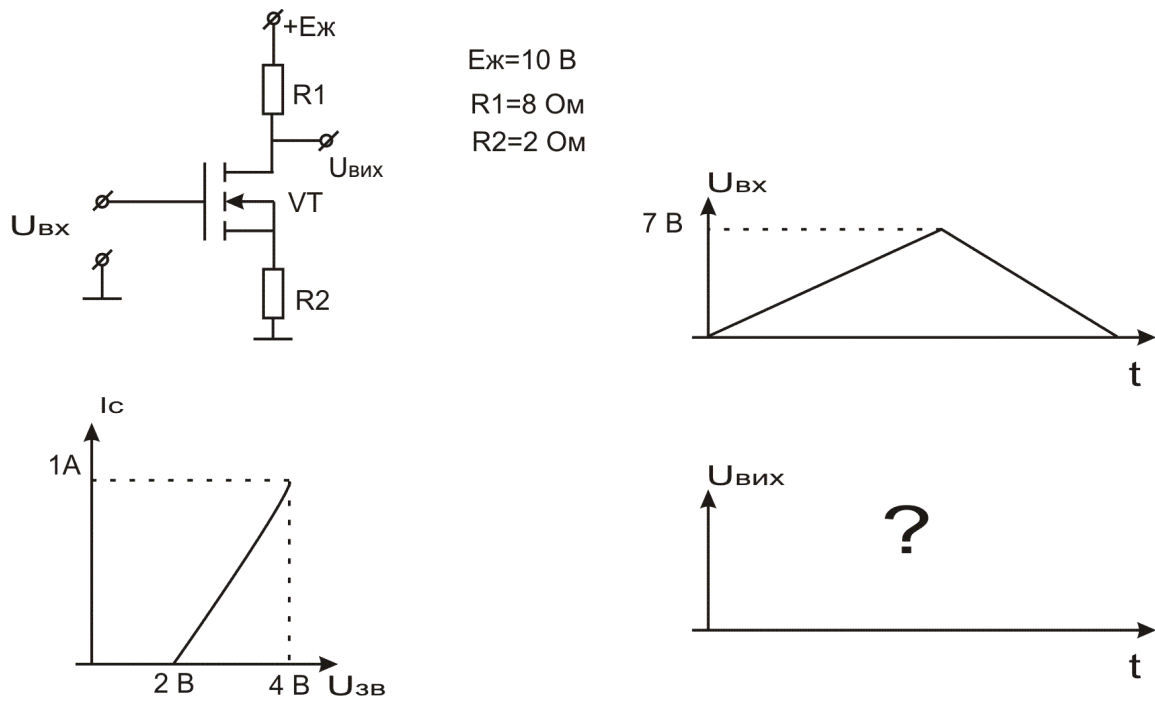


Рисунок 4.6

В момент часу t_1 транзистор починає відкриватися. Напряга у вихідному колі розподіляється між резисторами R_1 , R_2 та стоком-витоком транзистора. Тобто:

$$E_{\text{ж}} = I_{\text{H}} \cdot R_1 + U_{\text{CB}} + I_{\text{H}} \cdot R_2. \quad (4.6)$$

З іншого боку рівняння для вхідного кола має вигляд:

$$U_{\text{BX}} = U_{\text{ЗВ}} + I_{\text{H}} \cdot R_2. \quad (4.7)$$

Якщо врахувати, що вихідна напруга:

$$U_{\text{ВІХ}} = E_{\text{ж}} - I_{\text{H}} \cdot R_1, \quad (4.8)$$

змінюється лінійно струму навантаження, який в свою чергу лінійно залежить від вхідної напруги, можна стверджувати, що напруга на виході буде лінійно зменшуватися (рисунок 4.7). Далі основною задачею є визначити рівень вхідної напруги при якому транзистор досягне насиченого стану. Для цього визначимо струм в навантаженні, нехтуючи падінням напруги стік-виток у відкритому стані:

$$I_{\text{H}} = \frac{E_{\text{ж}}}{R_1 + R_2} = \frac{10}{8 + 2} = 1 \text{ A}. \quad (4.9)$$

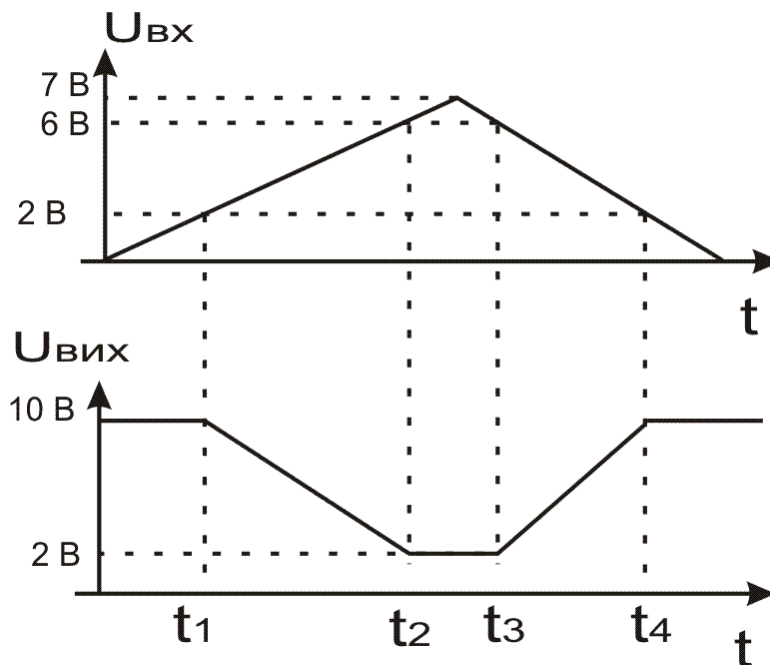


Рисунок 4.7

Тоді, враховуючи з передаточної функції значення напруги затвор-виток, вхідна напруга має бути:

$$U_{BX} = U_{зв} + I_H \cdot R_2 = 4 + 2 = 6 \text{ В} \quad (4.10)$$

З моменту часу t_3 ситуація повторюється симетрично. Аналогічно попереднім задачам, транзистор поступово закривається (від t_3 до t_4), після чого знаходиться у режимі відсічки.

4.2 Методика розрахунку джерел живлення постійної напруги, фільтрів

ЗАДАЧА 5

Розрахувати однофазний випрямляч з середньою точкою для навантаження з такими параметрами: середнє значення напруги $U_H=24 \text{ В}$, опір навантаження $R_H=10 \text{ Ом}$.

Рішення

Результатом розрахунку є значення вхідної напруги на вході схеми випрямляча, коефіцієнт трансформації мережного трансформатора (якщо випрямляч живиться від мережі змінного струму через трансформатор), параметри або марки напівпровідникових діодів. Схема випрямляча зображена на рисунку 4.8.

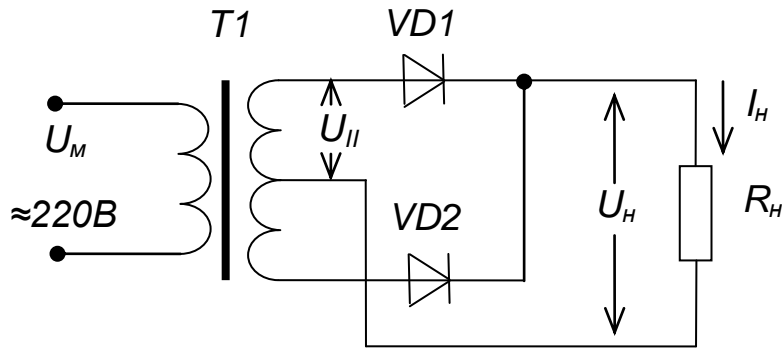


Рисунок 4.8

Середнє значення напруги на виході випрямляча з ідеальними діодами:

$$U_{H0} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{II} \approx 0.9U_{II} . \quad (4.11)$$

(Продовження буде)

Рекомендована література

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. – 768 с.:ил.
2. Схемотехніка електронних систем: Підручник в двох томах / Жуйков В.Я., Бойко В.І., Зорі А.А., Співак В.М. – К: Аверс, 2002. – 772 с.
3. Иццоки Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Советское радио, 1972. – 592 с.
4. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2001. – 384 с.
5. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.: ил.
6. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учеб пособие для вузов по спец. электрон. техники / Г.И.Изьюрова, Г.В.Королев, В.А. Терехов, М.А. Ожогин, В.Н. Серов и др.. – М.: Высш.шк., 1987. – 335с.:ил.
7. Жеребцов И.П. Основы электроники. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 352 с., ил.
8. Гусев В.Г. Гусев Ю.М. Электроника. Учебное пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е пере раб. и доп.. - М.: Высш. шк.,1991. – 622 с., ил.
9. Матвійків М.Д. та ін. Елементна база електронних апаратів: Підручник / М.Д. Матвійків, В.М. Когут, О.М. Матвійків. - 2-ге вид. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. - 428 с.
10. Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники. — 3-е изд., перераб. и доп.—М.: Радио и связь, 1990.—512 с: ил.
11. Забродн Ю. С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. — М.: Высш. школа, 1982. — 496 с, ил.
12. Гуртовник А. Г. и др. Электроракуумные приборы и основы их конструирования. Учебник для техникумов / А. Г. Гуртовник, Е. Г. Точинский' Ф. М. Яблонский. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 424 с ил.
13. Нефедов А. В., Аксенов А. И. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры. Справочное пособие. — М.: СОЛОН-Пресс, 2006. — 600 с.
14. Интегральные схемы: Операционные усилители. Том 1. - М.: Физматлит, 1993. 240 с.
15. Интегральные микросхемы: Микросхемы для линейных источников питания и их применение. - М. ДОДЭКА, 1998 г., 400 с.
16. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. - М. ДОДЭКА, 1997 г., 221 с.