МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з дисципліни “ЕЛЕКТРОНІКА ТА ОСНОВИ СХЕМОТЕХНІКИ”
для студентів заочної форми навчання спеціальності №173
“Авіоніка”

2020

Методичні вказівки з дисципліни “ЕЛЕКТРОНІКА ТА ОСНОВИ СХЕМОТЕХНІКИ” для студентів заочної форми навчання спеціальності №173 – “Авіоніка”
/Укл.: М.Л. Антонов, доцент., Є.В. Васильєва, ст..викладач. - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2020. – 38 с.

Укладачі: М.Л. Антонов, доцент.
Є.В. Васильєва, ст.викладач.

Рецензент: В.В. Зіновкін, професор.

Відповідальний
за випуск: П.Г. Засипко.

Затверджено
на засіданні кафедри ЕПА
Протокол № 1 від 08.09.2019
Рекомендовано до видання
НМК ЕТФ
Протокол № 2 від 13.09.2019

ЗМІСТ

Передмова.....4
1 Програма та короткі методичні вказівки до вивченого теоретичного курсу.....5
1.1 Зміст методичних вказівок.....5
1.2 Приблизний перелік лабораторних робіт і короткі методичні вказівки до їх виконання.....5
1.3 Завдання на контрольну роботу….....9
1.3.1 Вступні зауваження.....9
1.4 Перелік теоретичних запитань до контрольної роботи……..…13
1.5 Перелік задач для виконання контрольної роботи, короткі методичні вказівки з їх розв’язання.....16
Перелік посилань.....33
Додаток А. Логічні елементи…….34

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки складаються з одного розділу та додатку і мають рекомендації до вивчення дисципліни ЕЛЕКТРОНІКА ТА ОСНОВИ СХЕМОТЕХНІКИ у відповідності до навчальних планів спеціальності №173– Авіоніка.

Зміст розділу відповідає основним частинам курсу ЕЛЕКТРОНІКА ТА ОСНОВИ СХЕМОТЕХНІКИ і складається з методичних вказівок до вивчення теоретичного курсу; з приблизного переліку лабораторних робіт з короткими методичними вказівками до їх виконання; із завданням на контрольні роботи. Контрольна робота складається з п’яти питань: трьох теоретичних, та двох розрахункових для кожного розділу курсу.

Вивчення дисципліни студентами – заочниками здійснюється протягом одного навчального семестру, що відповідає методичним вказівкам.

У додатку наведені дані для виконання деяких задач та умовні позначення напівпровідникових приладів.

Наводиться перелік посилань.

1 ПРОГРАМА ТА КОРОТКІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО КУРСУ

1.1 Зміст методичних вказівок

Розділ теоретичного курсу включає наступні питання: напівпровідникові прилади, і інтегральні мікросхеми; підсилювачі електричних сигналів і підсилювачі напруги змінного струму; підсилювачі постійного струму; імпульсні пристрої; логічні елементи, тригери, цифрові пристрої; випрямлячі; перетворювальні пристрої; регулятори змінного струму; інвертори; перетворювачі частоти; вплив вентильних перетворювачів на мережу; електромагнітна сумісність.

При вивчені цього курсу студенти мають вивчити основи електронної техніки та схемотехніки, в тому числі, принцип будови, фізичні процеси, схеми, конструкції напівпровідникових приладів; вивчити питання підсилення, генерації, формування і перетворення параметрів безперервних, імпульсних і цифрових електричних сигналів; принципи дії основних електронних ключів; принципи дії різних випрямлячів та інверторів; принцип імпульсного регулювання напруги; принципи дії та функціональну схему мікропроцесора.

1.2 Приблизний перелік лабораторних робіт і короткі методичні вказівки до їх виконання

Відповідно до навчального плану, на виконання лабораторних робіт відводиться до 10 годин учбових занять, що дозволяє виконати 9-10 лабораторних робіт, крім назви роботи у цьому переліку Наводиться номер, під яким вона зазначена в кафедральних методичних посібниках.

1.2.1 Лабораторна робота №1. Дослідження характеристик напівпровідникових тріодів і поодиноких каскадів підсилення.

1.2.2 Лабораторна робота №2. Дослідження фотоелектронних приладів і пристроїв.

1.2.3 Лабораторна робота №3. Зняття характеристик тиристора.

1.2.4 Лабораторна робота №4. Дослідження параметричного стабілізатора напруги.

1.2.5 Лабораторна робота №5. Дослідження компенсаційного стабілізатора напруги.

1.2.6 Лабораторна робота №6. Дослідження схем малопотужних однофазних випрямлячів.

1.2.7 Лабораторна робота №7. Нерегульовані трьохфазні випрямлячі. Вивчення основних співвідносин, які характеризують роботу нерегульованих нульового та мостового випрямлячів, експериментальним даним.

1.2.8 Лабораторна робота №8. Дослідження регулівної однофазної схеми випрямлення на тиристорах.

1.2.9 Лабораторна робота №9. Дослідження логічних елементів на основі інтегральної транзисторно-транзисторної логіки.

1.2.10 Лабораторна робота №10. Дослідження тригерів на основі інтегральної транзисторно-транзисторної логіки.

У лабораторній роботі № 1 вивчаються.

Дослідження характеристик тріодів і поодиноких каскадів підсилення.

Дослідження характеристик транзистора і визначення його статичних параметрів.

Дослідження поодинокого каскаду на напівпровідниковому тріоді.

Вивчаються схеми з ЗЕ, ЗК, будуються вхідна та вихідна характеристики за даними, одержаними у роботі, розраховуються h-параметри транзистора, визначаються коефіцієнти підсилювання підсилювача.

Проводиться порівняльний аналіз параметрів та характеристик.

У лабораторній роботі № 2 вивчаються.

Досліджуються фотоелектронні прилади і пристрої. Вивчення принципу дії і характеристик електронних, іонних і напівпровідникових фотоелементів. Ознайомлення з роботою напівпровідникових фотореле.

Зняття та побудова динамічних ВАХ вакуумного фотоелемента $I_a = f(U_1)$ для двох значень світлового потоку F1 і F2.

Зняття та побудова динамічних і статичних характеристик $I_a = f(U_1)$ для газонаповненого фотоелемента для двох значень світлового потоку F1 і F2

Зняття та побудова ВАХ I=f(U) для фоторезистора (фотоопору) типу ФСК-Г1 при F=0, F=F1 і F=F2 напрузі U1 від 0 до 100 В (5-6 точок).

Розрахування темнових та світлових опорів R коли F=0;F=F1 та F=F2 та Ua=160В.

Зняття і побудова статичної ВАХ фотодіода ФД-1 в режимі фотоперетворювача при....Rn=0, F=F1, F=F2.Задання 5-6 значень напруги в інтервалі 0-12В.

Зняття і побудова навантажувальних характеристик I=f(Rn) фотодіода в режимі фотогенератора для двох значень світлового потоку при U2=12В. Значення навантажувального опору змінювати в межах 0-300кОм.

У лабораторній роботі № 3 вивчаються.

Зняття характеристик тиристора.

Вивчення фізичних основ роботи тиристора, його характеристик та параметрів.

Зняття та побудова ВАХ тиристора $I_a = f(U_a)$ та характеристики керування тиристором $I_к = f(U_к)$ при Ua=0.

У лабораторній роботі № 4 вивчаються.

Дослідження параметричного стабілізатора напруги. Дослідження принципу роботи параметричного стабілізатора, визначення параметрів і характеристик параметричного стабілізатора.

Виконання слідуючих розрахунків за результатами експериментів. Визначити розрахунковим шляхом:

- динамічний опір;
- баластний опір;
- коефіцієнт стабілізації;
- ККД стабілізатора;

та зробити відповідні висновки.

У лабораторній роботі № 5 вивчаються.

Дослідження компенсаційного стабілізатора напруги. Вивчення принципа дії напівпровідникового компенсаційного стабілізатора послідовного типу. Зняття та побудова характеристик стабілізатора та визначення його основних параметрів розрахунковим шляхом:

- коефіцієнт стабілізації;
- ККД;
- динамічний опір;

та зробити відповідні висновки.

У лабораторній роботі № 6 вивчаються.

Дослідження схем малопотужних однофазних випрямлячів. Вивчення принципу роботи, схем і характеристик однонапівперіодних малопотужних випрямлячів.

Досліджується однонапівперіодний випрямляч без фільтру, з С-фільтром, з LC-фаільтром та RC-фільтром. Дослідження нульової схеми, двонапівперіодного випрямляча без фільтру, з С-фільтром,RC-фільтром,LC-Фільтром. Дослідження мостової схеми двонапівперіодного випрямляча без фільтру, з С-фільтром,RC фільтром, LC фільтром.

Дослідження випрямляча за схемою з подвоєнням напруги.Зняття та побудова зовнішніх характеристик для кожного з випрямлячів з вищевказаними фільтрами.

У лабораторній роботі № 7 вивчаються.

Нерегульовані трьохфазні випрямлячі. Вивчення основних співвідносин, які характеризують роботу нерегульованих нульового та мостового випрямлячів по експериментальним даним.

Зняття даних та побудова зовнішніх характеристик нульового та мостового випрямлячів.

У лабораторній роботі № 8 вивчаються.

Дослідження регулівної однофазної схеми випрямлення на тиристорах.

Вивчення принципу роботи регулівної однофазної схеми випрямлення на тиристорах.

Дослідження зовнішніх характеристик регулівного однофазного випрямляча, зняття даних та побудова за цими даними. Визначення впливу активного та активно-індуктивного навантаження на величину та форму випрямленої напруги. Зняття та побудова при активному та активно-індуктивному навантаженні зовнішніх навантажувальних характеристики при $\alpha=0$ та $\alpha=90°$.

У лабораторній роботі № 9 вивчаються.

Дослідження логічних елементів на основі інтегральної транзисторно-транзисторної логіки.

Вивчається робота логічних елементів І, АБО, НІ, І-НІ, АБО-НІ, виконаних на основі ТТЛ серії К155 і най простіших комбінаційних схем виконаних на цих елементах у статичному і динамічному режимах, будується таблиці істинності, по заданим логічним функціям складаються і збираються комбіновані схеми виконані на елементах І, АБО, НІ, досліджується їх робота у статичному режимі і для цих елементів схеми, будуються таблиці істинності.

У лабораторній роботі № 10 вивчаються.

Дослідження тригерів на основі інтегральної транзисторно-транзисторної логіки.

Вивчається робота тригерів типу RS, JK, D, виконаних на ТТЛ серії К155 у статичних і динамічних режимах.

Досліджується робота RS тригера виконаного на елементах 21-НІ ТТЛ і будується таблиця істинності.

Досліджується робота JK тригера на основі інтегральної схеми (ІС) К155ТВІ у статичному режимі і будується таблиця істинності. Досліджується робота D-тригера у динамічному режимі і будуються для нього сумісні часові діаграми вхідних і вихідних сигналів.

1.3 Завдання на контрольну роботу

1.3.1 Вступні зауваження

При оформленні контрольних робіт керуватися діючими стандартами з виконання текстових документів й графічного матеріалу (у першу чергу відповідним Держстандартом). У розрахунковій частині застосовувати Міжнародну систему одиниць. Допускається виконувати контрольну роботу в учнівському зошиті.

Вихідні дані для контрольних робіт наведені в таблиці 1.1. Кожний варіант складається з п’яти запитань . Студент вибирає перші чотири значення з таблиці у відповідності до номера варіанта, визначеного викладачем до поточного навчального року. Наприклад,

студент одержав завдання від викладача на виконання контрольної роботи за варіантом 5. Нехай робота виконується у 2019 – 20 навч.р., отже, з таблиці 1.1 випливає що студент отримав до виконання запитання 1.4.5 та 1.4.29 (теоретичні), 1.5.5 та 1.5.29 (задачі) п'яте запитання одне для всіх – умовні позначення напівпровідникових приладів. Перелік теоретичних запитань, наведений у підрозділі 1.4 , а перелік задач – у розділі 1.5. Додаткова інформація для виконання задач – у додатку А.

Таблиця 1.1- Вихідні дані до контрольної роботи

Варіант	Поточний навчальний рік				
	2019-20	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24
1	2	3	4	5	6
1	1.4.1 1.4.29 1.5.1 1.5.29	1.4.14 1.4.42 1.5.14 1.5.42	1.4.1 1.4.29 1.5.1 1.5.29	1.4.14 1.5.14 1.6.14 1.7.14	1.4.14 1.4.42 1.5.14 1.5.42
2	1.4.2 1.4.30 1.5.2 1.5.30	1.4.15 1.4.43 1.5.15 1.5.43	1.4.2 1.4.30 1.5.2 1.5.30	1.4.15 1.5.15 1.6.15 1.7.15	1.4.15 1.4.43 1.5.15 1.5.43
3	1.4.3 1.4.31 1.5.3 1.5.31	1.4.16 1.4.44 1.5.16 1.5.44	1.4.3 1.4.31 1.5.3 1.5.31	1.4.16 1.5.16 1.6.16 1.7.16	1.4.16 1.4.44 1.5.16 1.5.44
4	1.4.4 1.4.32 1.5.4 1.5.32	1.4.17 1.4.45 1.5.17 1.5.45	1.4.4 1.4.32 1.5.4 1.5.32	1.4.17 1.5.17 1.6.17 1.7.17	1.4.17 1.4.45 1.5.17 1.5.45
5	1.4.5 1.4.33 1.5.5 1.5.33	1.4.18 1.4.46 1.5.18 1.5.46	1.4.5 1.4.33 1.5.5 1.5.33	1.4.18 1.5.18 1.6.18 1.7.18	1.4.18 1.4.46 1.5.18 1.5.46
6	1.4.6 1.4.34 1.5.6 1.5.34	1.4.19 1.4.47 1.5.19 1.5.47	1.4.6 1.4.34 1.5.6 1.5.34	1.4.19 1.5.19 1.6.19 1.7.19	1.4.19 1.4.47 1.5.19 1.5.47

Продовження таблиці 1.1					
1	2	3	4	5	6
7	1.4.7 1.4.35 1.5.7 1.5.35	1.4.20 1.4.48 1.5.20 1.5.48	1.4.7 1.4.35 1.5.7 1.5.35	1.4.20 1.5.20 1.6.20 1.7.20	1.4.20 1.4.48 1.5.20 1.5.48
8	1.4.8 1.4.36 1.5.8 1.5.36	1.4.21 1.4.49 1.5.21 1.5.49	1.4.8 1.4.36 1.5.8 1.5.36	1.4.21 1.5.21 1.6.21 1.7.21	1.4.21 1.4.49 1.5.21 1.5.49
9	1.4.9 1.4.37 1.5.9 1.5.37	1.4.22 1.4.50 1.5.22 1.5.50	1.4.9 1.4.37 1.5.9 1.5.37	1.4.22 1.5.22 1.6.22 1.7.22	1.4.22 1.4.50 1.5.22 1.5.50
10	1.4.10 1.4.38 1.5.10 1.5.38	1.4.23 1.4.51 1.5.23 1.5.51	1.4.10 1.4.38 1.5.10 1.5.38	1.4.23 1.5.23 1.6.23 1.7.23	1.4.23 1.4.51 1.5.23 1.5.51
11	1.4.11 1.4.39 1.5.11 1.5.39	1.4.24 1.4.52 1.5.24 1.5.52	1.4.11 1.4.39 1.5.11 1.5.39	1.4.24 1.5.24 1.6.24 1.7.24	1.4.24 1.4.52 1.5.24 1.5.52
12	1.4.12 1.4.40 1.5.12 1.5.40	1.4.25 1.4.53 1.5.25 1.5.53	1.4.12 1.4.40 1.5.12 1.5.40	1.4.25 1.5.25 1.6.25 1.7.25	1.4.25 1.4.53 1.5.25 1.5.53
13	1.4.13 1.4.41 1.5.13 1.5.41	1.4.26 1.4.54 1.5.26 1.5.54	1.4.13 1.4.41 1.5.13 1.5.41	1.4.26 1.5.26 1.6.26 1.7.26	1.4.26 1.4.54 1.5.26 1.5.54
14	1.4.14 1.4.42 1.5.14 1.5.42	1.4.27 1.4.55 1.5.27 1.5.55	1.4.14 1.4.42 1.5.14 1.5.42	1.4.27 1.5.27 1.6.27 1.7.27	1.4.27 1.4.55 1.5.27 1.5.55

Продовження таблиці 1.1					
1	2	3	4	5	6
15	1.4.15 1.4.43 1.5.15 1.5.43	1.4.28 1.4.56 1.5.28 1.5.56	1.4.15 1.4.43 1.5.15 1.5.43	1.4.28 1.5.28 1.6.28 1.7.28	1.4.28 1.4.56 1.5.28 1.5.56
16	1.4.16 1.4.44 1.5.16 1.5.44	1.4.1 1.4.29 1.5.1 1.5.29	1.4.16 1.4.44 1.5.16 1.5.44	1.4.1 1.5.1 1.6.1 1.7.1	1.4.1 1.4.29 1.5.1 1.5.29
17	1.4.17 1.4.45 1.5.17 1.5.45	1.4.2 1.4.30 1.5.2 1.5.30	1.4.17 1.4.45 1.5.17 1.5.45	1.4.2 1.5.2 1.6.2 1.7.2	1.4.2 1.4.30 1.5.2 1.5.30
18	1.4.18 1.4.46 1.5.18 1.5.46	1.4.3 1.4.31 1.5.3 1.5.31	1.4.18 1.4.46 1.5.18 1.5.46	1.4.3 1.5.3 1.6.3 1.7.3	1.4.3 1.4.31 1.5.3 1.5.31
19	1.4.19 1.4.47 1.5.19 1.5.47	1.4.4 1.4.32 1.5.4 1.5.32	1.4.19 1.4.47 1.5.19 1.5.47	1.4.4 1.5.4 1.6.4 1.7.4	1.4.4 1.4.32 1.5.4 1.5.32
20	1.4.20 1.4.48 1.5.20 1.5.48	1.4.5 1.4.33 1.5.5 1.5.33	1.4.20 1.4.48 1.5.20 1.5.48	1.4.5 1.5.5 1.6.5 1.7.5	1.4.5 1.4.33 1.5.5 1.5.33
21	1.4.21 1.4.49 1.5.21 1.5.49	1.4.6 1.4.34 1.5.6 1.5.34	1.4.21 1.4.49 1.5.21 1.5.49	1.4.6 1.5.6 1.6.6 1.7.6	1.4.6 1.4.34 1.5.6 1.5.34
22	1.4.22 1.4.50 1.5.22 1.5.50	1.4.7 1.4.35 1.5.7 1.5.35	1.4.22 1.4.50 1.5.22 1.5.50	1.4.7 1.5.7 1.6.7 1.7.7	1.4.7 1.4.35 1.5.7 1.5.35

Продовження таблиці 1.1					
1	2	3	4	5	6
23	1.4.23 1.4.51 1.5.23 1.5.51	1.4.8 1.4.36 1.5.8 1.5.36	1.4.23 1.4.51 1.5.23 1.5.51	1.4.8 1.5.8 1.6.8 1.7.8	1.4.8 1.4.36 1.5.8 1.5.36
24	1.4.24 1.4.52 1.5.24 1.5.52	1.4.9 1.4.37 1.5.9 1.5.37	1.4.24 1.4.52 1.5.24 1.5.52	1.4.9 1.5.9 1.6.9 1.7.9	1.4.9 1.4.37 1.5.9 1.5.37
25	1.4.25 1.4.53 1.5.25 1.5.53	1.4.10 1.4.38 1.5.10 1.5.38	1.4.25 1.4.53 1.5.25 1.5.53	1.4.10 1.5.10 1.6.10 1.7.10	1.4.10 1.4.38 1.5.10 1.5.38
26	1.4.26 1.4.54 1.5.26 1.5.54	1.4.11 1.4.39 1.5.11 1.5.39	1.4.26 1.4.54 1.5.26 1.5.54	1.4.11 1.5.11 1.6.11 1.7.11	1.4.11 1.4.39 1.5.11 1.5.39
27	1.4.27 1.4.55 1.5.27 1.5.55	1.4.12 1.4.40 1.5.12 1.5.40	1.4.27 1.4.55 1.5.27 1.5.55	1.4.12 1.5.12 1.6.12 1.7.12	1.4.12 1.4.40 1.5.12 1.5.40
28	1.4.28 1.4.56 1.5.28 1.5.56	1.4.13 1.4.41 1.5.13 1.5.41	1.4.28 1.4.56 1.5.28 1.5.56	1.4.13 1.5.13 1.6.13 1.7.13	1.4.13 1.4.41 1.5.13 1.5.41

1.4 Перелік теоретичних запитань до контрольної роботи

1.4.1 Напівпровідники. Класифікація напівпровідникових приладів.

1.4.2 Напівпровідникові резистори. Принцип дії, ВФХ. Основні параметри, застосування.

1.4.3 Біполярні транзистори. Принцип дії, ВФХ. Основні параметри, застосування.

1.4.4. Уніполярні (польові) транзистори. Принцип дії, ВАХ. Основні параметри, застосування.

1.4.5 Перемикаючі напівпровідникові прилади (тиристори). Принцип дії, ВАХ. Основні параметри, застосування.

1.4.6 Фізичні основи роботи електронно- діркового переходу (р-п переходу). Значення, застосування.

1.4.7 Інтегральні мікросхеми. Сучасний стан і тенденції розвитку керованих силових.

1.4.8. Підсилювачі електричних сигналів. Основні параметри і характеристики підсилювачів електричних сигналів. Їх класифікація.

1.4.9 Принципи побудови підсилювачів електричних сигналів. Основні режими (класи) роботи підсилювачів електричних сигналів. Температурна стабілізація підсилювачів електричних сигналів.

1.4.10 Кола зміщення підсилюючих каскадів. Каскади попереднього підсилення. Каскади попереднього підсилення на польових транзисторах.

1.4.11 Багатокаскадні підсилювачі. Принцип дії, ВАХ. Основні параметри, застосування.

1.4.12. Підсилювачі напруги змінного струму. Основні параметри і характеристики підсилювачів. Їх класифікація.

1.4.13 Принципи побудови підсилювачів напруги змінного струму. Основні режими (класи) роботи підсилювачів напруги змінного струму. Температурна стабілізація підсилювачів напруги змінного струму.

1.4.14 Підсилювачі постійного струму. Основні параметри і характеристики підсилювачів постійного струму. Їх класифікація.

1.4.15 Підсилювач прямого підсилення. Принцип дії. Основні параметри, застосування.

1.4.16 Балансні ППС. Диференційний ППС.

1.4.17 Підсилювачі з подвійним перетворенням. Принцип дії. Основні параметри, застосування.

1.4.18 Операційні підсилювачі. Принцип дії. Основні параметри, застосування.

1.4.19 Імпульсні пристрої. Загальні відомості. Параметри імпульсів.

1.4.20 Електронні ключі та найпростіші схеми формування імпульсів.

1.4.21 Мультивібратори. Режими роботи. Схеми. Часові діаграми.

1.4.22 Блокінг – генератори. Схеми. Часові діаграми.

1.4.23 Алгебра логіки. Логічні елементи.

1.4.24 Реалізація простих логічних функцій.

1.4.25 Тригери. Загальні відомості. Їх призначення.

1.4.26 Тригери на біполярних транзисторах. Принцип дії. Їх значення.

1.4.27 Тригери на логічних елементах. Принцип дії. Їх значення.

1.4.28 Цифрові мікроелектронні пристрої. Реалізація складних логічних функцій.

1.4.29 Випрямлячі. Загальні відомості та класифікація. Застосування.

1.4.30 Перетворювальні пристрої. Загальні відомості та класифікація. Застосування.

1.4.31 Експлуатаційні параметри і характеристики випрямлячів.

1.4.32 Робота однофазного двопівперіодного випрямляча з нульовим виводом. Схема. Часова діаграма.

1.4.33 Робота однофазного мостового випрямляча на активне навантаження. Схема. Часова діаграма.

1.4.34 Трифазні випрямлячі. Часові діаграми.

1.4.35 Згладжуючи фільтри на підсилювальних елементах.

1.4.36 Згладжуючи фільтри на реактивних елементах.

1.4.37 Зовнішні характеристики випрямлячів. Особливості застосування.

1.4.38 Стабілізатори напруги. Характеристики. Застосування.

1.4.39 Стабілізатори струму. Характеристики. Застосування.

1.4.40 Керовані випрямлячі. Характеристики. Застосування.

1.4.41 Системи імпульсно-фазового керування(СІФК).

1.4.42 Побудова типових вузлів СІФК з вертикальним керуванням.

1.4.43 СІФК з цифровим керуванням.

1.4.44 Перетворювальні пристрої. Загальні відомості і класифікація.

1.4.45 Регулятори змінного струму. Загальні відомості і класифікація.

1.4.46 Однофазні регулятори змінного струму.

1.4.47 Трифазні Регулятори змінного струму

1.4.48 Схеми запуску керованих напівпровідникових приладів у регуляторах напруги.

1.4.49 Автономні інвертори.

1.4.50 Інвертори, ведені мережею.

1.4.51 Перетворювачі частоти.

1.4.52 Приклади застосування інверторів із використанням мікроелектронних пристроїв.

1.4.53 Загальні відомості про електромагнітну сумісність

1.4.54 Коефіцієнт потужності вентильних перетворювачів та основні шляхи його зниження.

1.4.55 Некеровані джерела реактивної потужності.

1.4.56 Керовані джерела реактивної потужності.

1.5 Перелік задач для виконання контрольної роботи, короткі методичні вказівки з їх розв'язання

Розв'язання наведеного переліку задач (1.5.1 до 1.5.56) будується на значені розділів теоретичного курсу. Деякі необхідні вихідні дані приводяться у додатку А.

Задачі 1.5.1 – 1.5.6. Логічні елементи І – НІ. Навести схему, визначити функцію «Y», привести таблицю істинності. Х1, Х2 – в Додатку А.

Задачі 1.5.7 – 1.5.12 . Логічні елементи АБО - НІ. Навести схему, визначити функцію «Y», привести таблицю істинності. Х1, Х2 – в Додатку А.

Задачі 1.5.13 – 1.5.24. Тригер R-S. Згідно Х1, Х2 (Додаток А). Навести схему, визначити $Q, \overline{Q}$. Навести таблицю істинності.

Задачі 1.5.25 – 1.5.28. Розрахувати, згідно з вихідними даними (таблиця 1.2), підсилювач постійного струму, виконаний на базі інтегрального операційного підсилювача. Побудувати передатну характеристику $U_{вих} = \mathrm{f}(\mathrm{U}_{\text{вх}})$.

ППС- підсилювач постійного струму; ОП - інтегральний операційний підсилювач; ІП - інвертуючий ППС; НІП - неінвертуючий ППС.

Таблиця 1.2 - Вихідні дані

Варіант	Вихідні дані		
	Тип схеми	Ки (без звор.зв.)	Тип ОП
1.5.25	НІП	100	К140УД6А
1.5.26	НІП	10	К140УД6А
1.5.27	НІП	500	К140УД6А
1.5.28	ІП	10	140УД1Б

Таблиця 1.3 - Параметри інтегральних ОП

Тип	Кио	$U_{ВНХ}$, В	$R_{вхОп}$ МОм	Е, В	$R_{Н}$ доп	$I_{нмА}$	$U_{ВХ}$, диф В	$R_{вихОп}$ Ом
140УД1	2000	+8;-6.3	0.004	+12.6	5	1.6	+1.5	100
К140УД	3000	+1	1	+15	1	10	+30	150
153УД1	2000	0.2	0.2	+15	2	5	+5	200

Задачі 1.5.29 - 1.5.29.41

Провести графоаналітичний розрахунок однофазного випрямляча з активно-ємнісним навантаженням та трансформатора. Дані приведені у додатку.

Для рішення необхідно скористуватися матеріалом, який розглянутий у літературі:

- розрахунок випрямляча
- конструктивний розрахунок трансформатора

а також рекомендовано нижче приведену послідовність розрахунку.

Вихідні дані 1.5.29.1 Опір навантаження випрямляча

$$R_H = U_0 / I_0 \text{ Ом}$$

Вихідні дані 1.5.29.2 Випрямлена потужність

$$P_0 = U_0 \cdot I_0 \text{ Вт}$$

Вихідні дані 1.5.29.3 Визначимо вид навантаження випрямляча: порівняємо задану ємність з мінімально припустимою для випрямляча, навантаження якого починається з ємності

$$C_{\min} = 10^6 \big/ (f \cdot R_H) \text{ мкФ}$$

Оскільки $C_{\min} > C_{зад}$, це навантаження починається з індуктивності.

Вихідні дані 1.5.29.4 Випрямлений струм, що припадає на 1 вентиль мостової схеми, у 2 рази менше струму навантаження.

$$I_{OB} = 0/5 \text{ А}$$

Вентилем виберемо діод, що забезпечить такі дані: $U_{обр}, I_{обр}, I_{пр}, U_{пр}, U_{пф}$.

Опір вентиля складе

$$R_B = (U_{пр} - U_{пф}) \big/ I_{пр} \text{ Ом}$$

Вихідні дані 1.5.29.5 Визначимо орієнтовані значення омічного та індуктивного опорів обмотки трансформатора.

Значення амплітуди індукції в осерді трансформатора прийняти 1Тл.

Звідси одержимо:

$$r_{тр} = 3{,}5 \cdot \frac{U_0}{I_0 \cdot f \cdot B_m} \cdot \sqrt[4]{\frac{f \cdot B_m}{U_0 \cdot I_0}} \text{, Ом}$$

$$L_S = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{U_0}{I_0 \cdot f \cdot B_m} \cdot \sqrt[4]{\frac{U_0 \cdot I_0}{f \cdot B_m}} \text{, Гн}$$

Вихідні дані 1.5.29.6 Визначимо вихідний опір випрямляча і ЕРС неробочого ходу:

$$R_{вих} = r_{тр} + 2rB + mfL_S + r_{др} \text{, Ом}$$

$$E_{ох} = U_0 + 2U_{пор} + I_0 R_{вих} \text{, В}$$

Вихідні дані 1.5.29.7 Визначимо напругу на вторинній обмотці трансформатора

$$E_2 = E_{ох} B_{(m)} \text{, В}$$

Вихідні дані 1.5.29.8 Діюче значення струму вентиля визначаємо за формулою

$$I_B = 0{,}707 \cdot I_0 \text{, А}$$

$$1.5.29\, I_2 = \sqrt{2} I_B = I_0 \text{, А}$$

Вихідні дані 1.5.29.10 Діюче значення робочого струму первинної обмотки знаходимо

$$I_{1p} = n \cdot I_2 = E_2 \cdot \frac{I_2}{U_{BX}}, \text{ А}$$

Де n – коефіцієнт трансформації.

Вихідні дані 1.5.29.11 Габаритна потужність трансформатора складе

$$VA_{Tp} = VA_2 = E_2 I_2, \text{ В*А}$$

Вихідні дані 1.5.29.12 Визначимо значення напруги вторинної обмотки трансформатора при неробочому ході:

$$E_{o\max} = \sqrt{2} E_2, \text{ В}$$

Такими же будуть напруга на конденсаторі фільтра та зворотна напруга на вентилі.

Вихідні дані 1.5.29.13 Розрахуємо коефіцієнт пульсацій по першій гармоніки для вихідної напруги.

$$q = \omega^2 \cdot L \cdot C - 1$$

Звідси

$$k_{пвви} = \frac{0{,}666}{q}$$

Вихідні дані 1.5.29.14 Виберемо осердя Ш-подібного типу, витий зі сталі (указати марку) з подібною товщиною листа. Потужність, що віддається на навантаження мала (VA_2), звідси значення амплітуди магнітної індукції B_m. Такій індукції відповідає питома потужність втрат у сталі $P_{уд}$ і питома потужність, що намагнічує $O_{уд}$. Щільність струму потрібно взяти з приведеної вище літературі, коефіцієнти заповнення вікна міддю σ і осердя сталлю R_c.

Вихідні дані 1.5.29.15 Визначимо робочий струм у 1-ої обмотці та габаритну потужність трансформатора:

$$I_{1p} = I_2 E_2 / E_1, \text{ А}$$

$$VA_{TP} = E_2 I_2. \text{ В*А}$$

Вихідні дані 1.5.29.16 Визначимо добуток площі вікна на площу перетину сердечника трансформатора:

$$S_C \cdot S_0 = \frac{V \cdot A_{TP} \cdot 10^2}{2 \cdot f \cdot k_ф \cdot \sigma \cdot j \cdot B_m \cdot k_c}, \text{ м}^2$$

Вихідні дані 1.5.29.17 Візьмемо типовий броньовий магнітопровод з перетином, який задовольняє виразу $S_C \cdot S_0$. Потім з приведеної вище літератури беремо масу та перетин стали середнього стрижня.

Вихідні дані 1.5.29.18 Визначимо реактивну потужність, що іде на намагнічування:

$$Q = Q_{уд} G, \text{ В*А}$$

Вихідні дані 1.5.29.19 Струм намагнічування складе:

$$I_M = Q / E_1, \text{ А}$$

Вихідні дані 1.5.29.20 Активна складова струму холостого ходу складе

$$I_a = P_a / E_1, \text{ А}$$

Вихідні дані 1.5.29.21 Обчислимо струм у 1-й обмотці

$$I_1 = \sqrt{(I_{1P} + I_A)^2 + I_M^2}, \text{ А}$$

Вихідні дані 1.5.29.22 Визначимо перетин проводів обмоток

$$S_{пр1} = 10^{-6} I_1 / \sigma, \text{ м}^2$$

$$S_{пр2} = 10^{-6} I_2 / \sigma, \text{ м}^2$$

Вихідні дані 1.5.29.23 Вибираємо провід для 1-ої та 2-ої обмотки ПЕЛ за даними $S_{пр1}$ та $S_{пр2}$ з приведеної вище літературі обираємо діаметри з ізоляцією.

Вихідні дані 1.5.29.24 Визначимо число витків в обмотках. У первинній обмотці число витків складе

$$W_1 = \frac{E_1 \cdot 10^4}{4 \cdot k_ф \cdot f \cdot S_C \cdot B_m}$$

У вторинної відповідно

$$W_2 = \frac{E_2 \cdot 10^4}{4 \cdot k_ф \cdot f \cdot S_C \cdot B_m}$$

Вихідні дані 1.5.29.25 Також потрібно розрахувати тепловий режим трансформатора. Більш детальне рішення треба дивитися у літературі. Данні для розрахунку у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні данні випрямлячів та трансформаторів.

Варіант	U_0, В	I_0, А	U_0, В	f_1, Гц	Коефіцієнт пульсації K_P	Ємність фільтра, мкФ	Схема випрямляча
1	48	1,0	220	50	0,045	300	Мостова
2	10	1,2	115	400	0,06	500	Нульова
3	24	0,7	220	50	0,045	400	Мостова
4	16	0,8	115	400	0,035	500	Нульова
5	26	2,5	220	50	0,075	400	Мостова
6	24	1,0	220	50	0,035	250	Мостова
7	9	1,1	115	400	0,04	600	Нульова
8	20	1,2	220	50	0,05	400	Мостова
9	10	1,5	115	400	0,045	500	Нульова
10	24	2,1	220	50	0,062	300	Мостова
11	12	1,2	115	400	0,06	500	Нульова
12	24	0,7	220	50	0,045	400	Мостова

Вихідні дані 1.5.29.26 Загальні формули та рівняння**.**

Частота коливань автогенератора LC – типу(рисунок 1.4)

$$f_0 = 1 \big/ (2\pi\sqrt{L_k C_k})$$

де L_k, C_k - індуктивність та ємність коливального контуру.

Частота коливань автогенератора RC – типу:

$$f_0 = 1 \big/ (2\pi\sqrt{6RC})$$

де RC - параметри кола зворотнього зв’язку.

Період коливань транзисторного мультивібратора.

$$T = 0{,}7 \cdot (C_{Б1} R_{Б1} + C_{Б2} R_{Б2})$$

де $C_{Б1}, C_{Б2}$ - ємності конденсаторів у колах бази транзисторів; $R_{Б1} R_{Б2}$ - опори резисторів у колах бази транзисторів.

Сквапність імпульсних сигналів

$$Q = T / \tau_H$$

де Т - період імпульсних сигналів;

τ_H - тривалість імпульсів.

Добротність коливального контуру

$$Q = Z_B / r_k$$

Де $Z_B = \sqrt{L_k / C_k}$ - хвильовий характеристичний опір контуру;

r_k - опір втрат контуру.

Резонансний опір паралельного коливального контуру

$$Z_k = Q \cdot Z_B$$

Приклад №1

У схемі автогенератора гармонічних коливань з ємнісним зворотним зв'язком (рисунок 1.5) частота генеруючих коливань $f_0 = 2$ мГц. Знайти індуктивність контуру L_K, якщо знаємо, що C_1=430пФ, C_2=1000пФ.

Розв'язок: згідно (1), частота коливань автогенератора:

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L_k C_{общ}}),$$

де $C_{общ} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2) = 430 \cdot 1000 / (430 + 1000) = 300$ пФ.

Індуктивність контуру:

$$L_k = 1 / (4\pi^2 f_0^2 C_{общ}) = 1 / (4 \cdot 3{,}14^2 (2 \cdot 10^6)^2 300 \cdot 10^{-12}) = 21 \text{мкГн.}$$

Приклад №2

Для схеми автогенератора гармонічних коливань з ємнісним зворотнім зв'язком (рисунок 1.5) знайти частоту генеруючи коливань f_0, якщо резонансний опір контуру $Z_k = Q \cdot Z_B = {Z_B^2}/{r_k}$, звідки хвильовий опір контуру:

$$Z_B = \sqrt{Z_k \cdot r_k} = \sqrt{20 \cdot 10^3 \cdot 20} = 632\,\text{Ом},$$

$$C_{общ} = {C_1 \cdot C_2}/{(C_1 + C_2)} = 0{,}5C_1 = 205\,\text{пФ}.$$

Частота генеруючи коливань:

$$f_0 = {1}/{(2 \cdot \pi \cdot C_{общ} \cdot Z_B)} = {1}/{(2 \cdot 3{,}14 \cdot 205 \cdot 10^{-12} \cdot 632)} = 1{,}2\,\text{МГн}.$$

Приклад №3

Для схеми транзисторного мультивібратора (рисунок 1.6) знайти тривалість пузі між імпульсами τ_2, якщо знаємо, що $R_{Б1} = 10\,\text{кОм}$, $C_{Б1} = 0{,}01\,\text{мкФ}$, сквапність імпульсів Q=2а.

Розв'язок: згідно (4), сквапність імпульсів

$$Q = {T}/{\tau_H} = (\tau_1 + \tau_2)/\tau_1,$$

Звідки тривалість паузи:

$$\tau_2 = \tau_1(Q-1) = 0{,}7 \cdot R_{Б1} \cdot C_{Б1} = 0{,}7 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-6}(20-1) = 1{,}33$$

Задачі 1.5.41-2.5.56

Задача 1.

Для наведеної схеми параметричного стабілізатора напруги використовується кремнієвий стабілітрон VD. Не лінійністю ВАХ на робочій ділянці знехтувати.

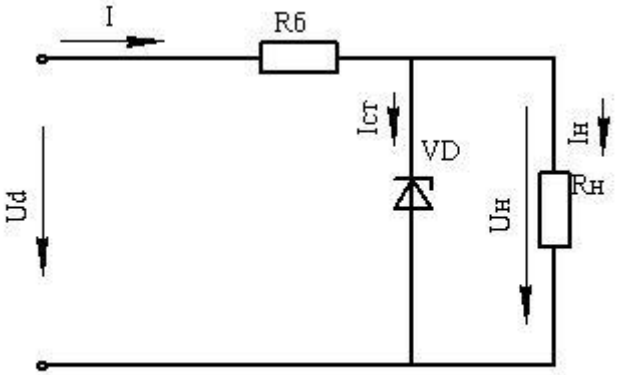


Рисунок 1.1

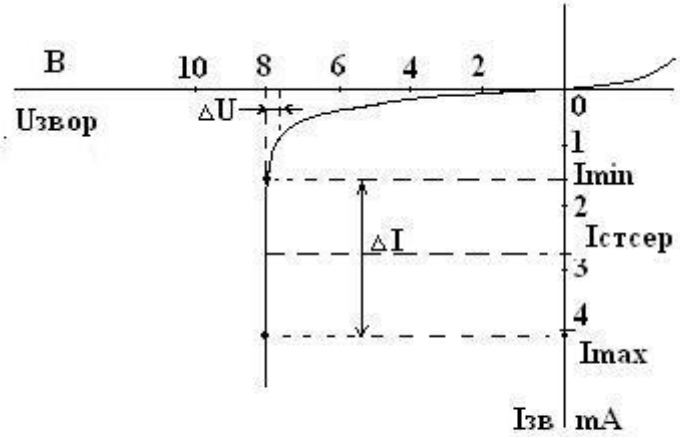


Рисунок 1.2

За даними таблиці 1.5 та ВАХ визначити відносні зміни напруги на опорі навантаження та $Kст$. Данні для розрахунку у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

№вар	Ud, В	Uн, В	Rн, Ом*10^{-3}	ΔUd, %	Rб, Ом
1	12	7.85	12.5	±10	1000
2	12	7.6	10	±10	1000
3	12	7.5	9	±10	1000
4	12	7.4	8	±8	1000
5	12	7.2	7	±8	1000

За даними таблиці 1.6 та ВАХ визначити, Iсер, Iн, Iстн (що відповідає робочій точці ВАХ), та напругу на баластному опорі при номінальному режимі роботи стабілізатора. Данні для розрахунку у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

№вар	Ud, В	Uн, В	Rн, Ом*10^{-3}	ΔUd, %	Rб, Ом
1	12	7.85	12.5	±10	1000
2	12	7.6	10	±10	1000
3	12	7.5	9	±10	1000
4	12	7.4	8	±8	1000
5	12	7.2	7	±8	1000

Задача 2.

Польовий транзистор з керуючим p-n переходом, ввімкнен у підсилюючий каскад з загальним витоком. Визначити коефіцієнт підсилення за напругою. Данні для розрахунку у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

№вар	Icmax, mA	Smax, mA/B	Rн, Ом	Uзв, В
1	2	2	10	-1
2	2	2	10	-0,5
3	2	2	10	-0
4	2	2	12	-1
5	2	2	2	-0,5

Задача 3.

Польовий транзистор з керуючим p-n переходом. Визначити який струм протікає при зворотній напрузі зміщення затвор – виток, чому дорівнює крутизна та максимальна крутизна. Данні для розрахунку у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8

№вар	$U_{зм\ З\text{-}В}$, В	Uпер, В	Icmax, mA
1	2	4	1
2	3	4	1
3	4	4	1

Задача 4.

Підсилюючий каскад з загальним витоком за наданою схемою. Визначити коефіцієнт підсилення каскаду. Данні для розрахунку у таблиці 1.9.

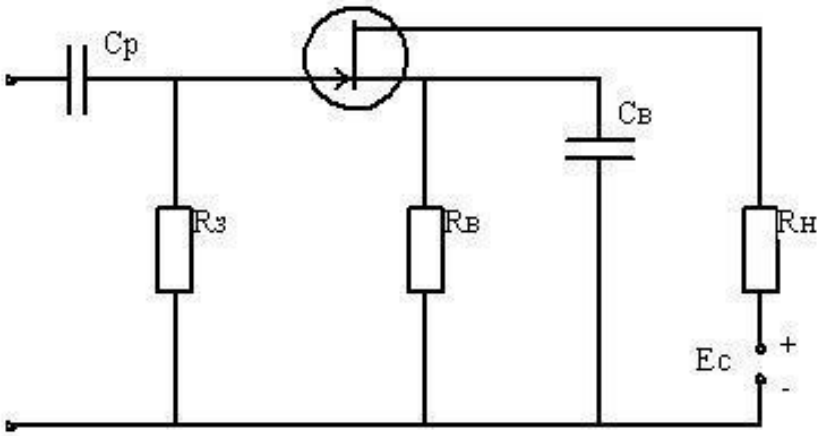


Рисунок 1.3

Таблиця 1.9

№ вар	R_H, кОм	R_{BX}, кОм	S, мА/В
1	20	20	2
2	20	20	1,5

Задача №5

Для схеми автогенератора гармонічних коливань (Рисунок 1.4) знайти частоту коливань, параметри коливального контуру наведено у таблиці 1.10.

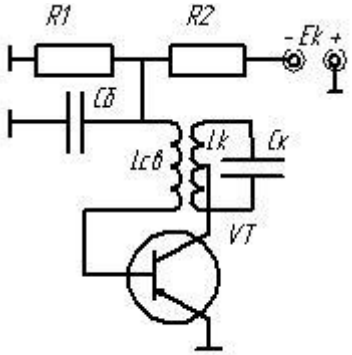


Рисунок 1.4

Таблиця 1.10

Варіанти	L_k мкГн	C_k пФ
1	600	1000 пФ
2	650	1100
3	700	1200

Задача №6

Для схеми автогенератора гармонічних коливань з ємнісним зв’язком (рисунок 1.5) знайти частоту коливань, якщо параметри контуру наведено у таблиці 1.11.

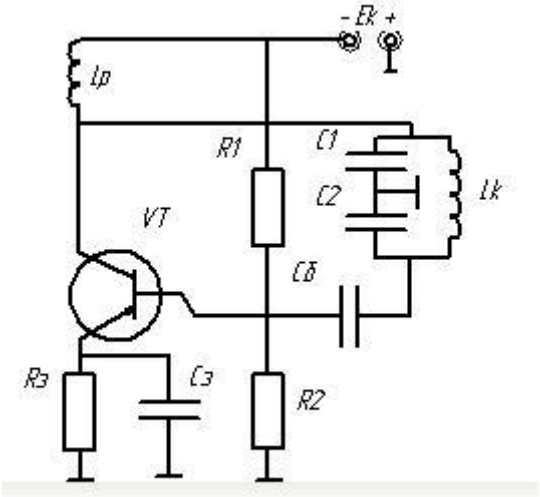


Рисунок 1.5

Таблиця 1.11

Варіанти	C_1 пФ	C_2 пФ	L_k мкГн
1	1300	750	150
2	1200	650	100
3	1250	800	200

Задача №7

Для схеми автогенератора гармонічних коливань з ємнісним зворотнім зв’язком (рисунок 1.5) знайти контурні ємності C_1 та C_2, якщо частота генеруючи коливань, індуктивність контуру та ємності рівні (таблиця 1.12).

Таблиця 1.12

Варіанти	f_0 МГц	C_1	L_k мкГн
1	3	$2C_2$	30
2	3	C_2	40
3	2	$0{,}5C_2$	20

Задача №8

Для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6) знайти повний період коливань, за даними таблиці 1.13.

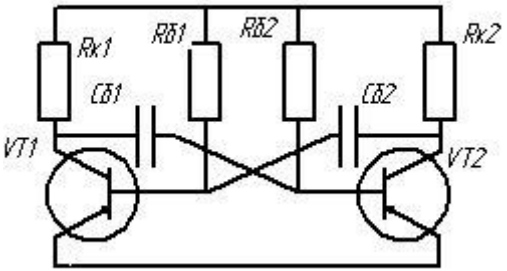


Рисунок 1.6

Таблиця 1.13

Варіанти	$R_{Б1} = R_{Б2}$ кОм	$C_{Б1} = C_{Б2}$ мкФ
1	20	0,1
2	24	0,01
3	15	0,05

Задача №9

Для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6) знайти повний період коливань, за даними таблиці 1.14.

Таблиця 1.14

Варіанти	$R_{Б1}$ кОм	$R_{Б2}$ кОм	$C_{Б1}$ мкФ	$C_{Б2}$ мкФ
1	15	24	0,05	0,1
2	18	27	0,05	0,1
3	15	20	0,05	0,015

Задача №10

Знайти частоту слідування імпульсів у транзисторному мультивібраторі (Рисунок 1.6), за даними таблиці 1.15.

Таблиця 1.15

Варіанти	$R_{Б1}$ кОм	$R_{Б2}$ кОм	$C_{Б1}$ мкФ	$C_{Б2}$ мкФ
1	15	6,8	4700	0,05
2	18	7	5000	0,1
3	20	7,8	5200	0,015

Задачі №11

Для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6) знайти опір резистора $R_{Б1}$, якщо частота слідування імпульсів $f_0, R_{Б2}, C_{Б2}, C_{Б1}$ задано в таблиці таблиця 1.16.

Таблиця 1.16

Варіанти	f_0 МГц	$R_{Б2}$ кОм	$C_{Б1}$ мкФ	$C_{Б2}$ мкФ
1	2	3,9	0,01	0,015
2	3	4,2	0,02	0,01
3	5	5,2	0,015	0,01

Задача №12

Знайти тривалість імпульсу для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6), за даними таблиці 1.17.

Таблиця 1.17

Варіанти	$R_{Б2}$ кОм	Q	$C_{Б2}$ мкФ
1	18	15	0,02
2	20	2	0,01
3	15	20	0,1

Задача №13

Для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6) знайти параметри $R_{Б2}, C_{Б2}$ якщо $R_{Б1}, C_{Б1}$, Q вказані в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18

Варіанти	$R_{Б1}$ кОм	Q	$C_{Б2}$ мкФ
1	16	2	0,015
2	18	10	0,02
3	24	20	0,01

Задача 14.

В схемі автогенератора гармонічних коливань з ємнісним зворотнім зв'язком (Рисунок 1.5) визначити індуктивність контуру Lк за даними таблиці 1.19.

Таблиця 1.19

Варіант	f_0 МГц	C_1 пФ	C_2 пФ
1	2	500	1300
2	3	750	1500
3	0,002	4700	0,015мкФ

Задача 15

Для схеми автогенератора гармонічних коливань з ємністю ОС (рисунок 1.5) визначити частоту генеруючих коливань f_0, за даними таблиці 1.20.

Таблиця 1.20

Варіант	z_k кОм	r_k Ом	$C_1 = C_2$ пФ
1	25	25	410
2	15	20	1300
3	10	10	1000

Задача 16

Для схеми транзисторного мультивібратора (Рисунок 1.6) визначити тривалість затримки між імпульсами τ_2, за даними таблиці 1.21.

Таблиця 1.21

Варіант	$R_{б1}$ кОм	$C_{б1}$ мкФ	Q
1	20	0,015	20
2	10	0,02	10
3	15	0,1	2

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Основна

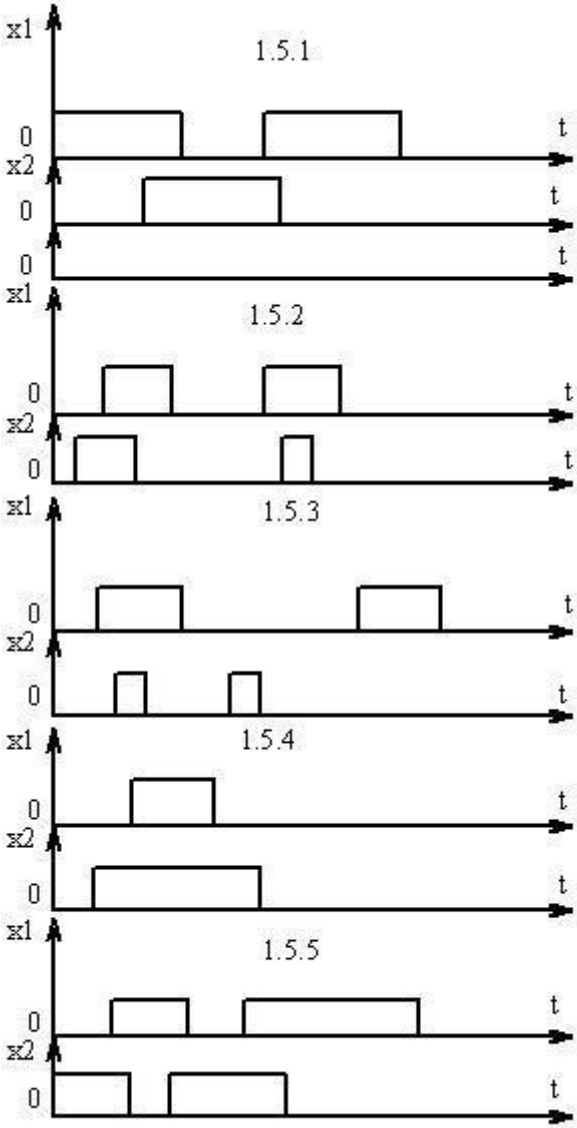
1. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник.2-е вид – Київ: «Каравела», 2009р.
2. Прянишников В.А. Электроника. Курс лекций. – Санкт Петербург: «Корона принт», 2000г.
3. Руденко В.С., Ромашков В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка – Київ: Либідь, 1993р.
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.:Высш.шк., 1982г.
5. Будіщев М..С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка – Львів: Афіша, 2001р.

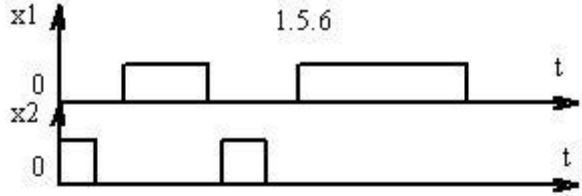
Допоміжна

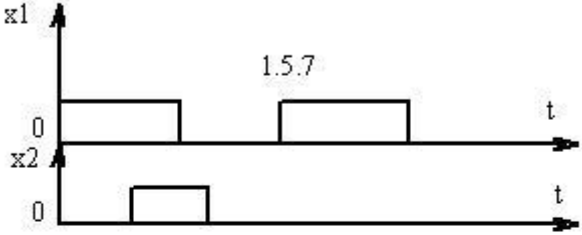
1. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. /Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: высш. шк., 1987г.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. – М.: высш. шк., 1991г.
3. Гершунский Б.С., Справочник по расчету электронных схем. Киев: - Высш. шк. 1983г.
4. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. – М.: высш. шк., 1991г.

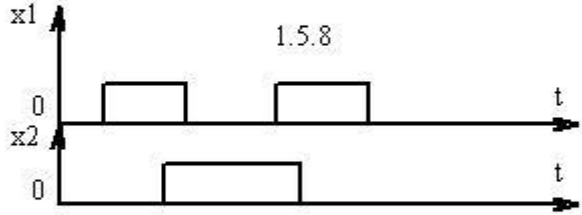
Додаток А

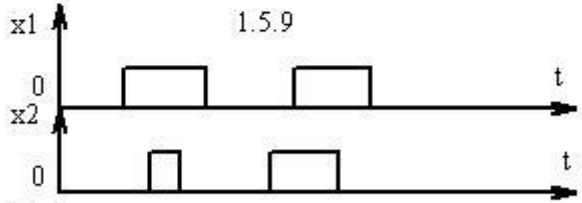
Логічні елементи

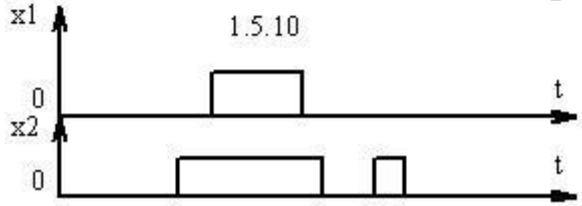


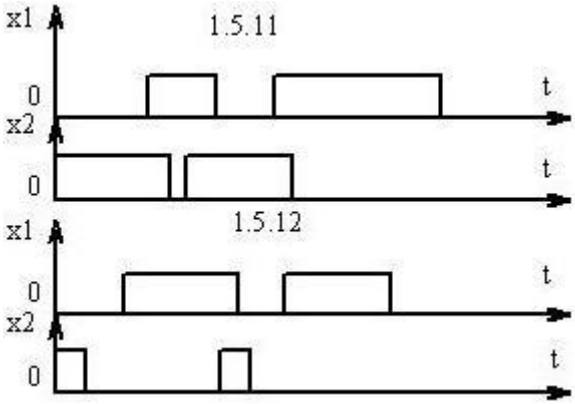

x1
1.5.6
0
t
x2
0
t


x1
1.5.7
0
t
x2
0
t

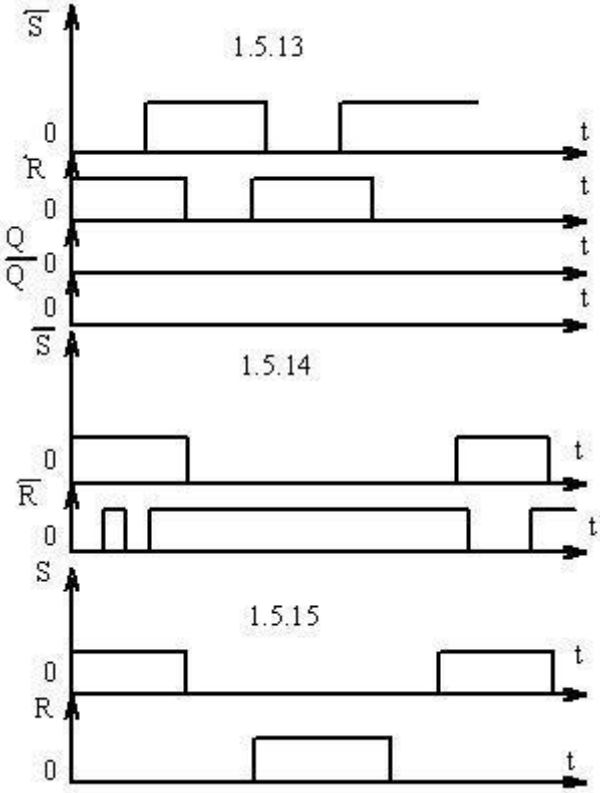

x1
1.5.8
0
t
x2
0
t

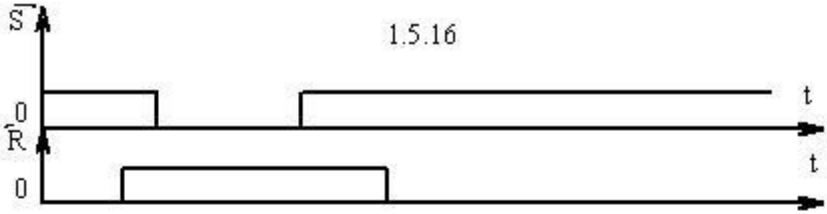

x1
1.5.9
0
t
x2
0
t

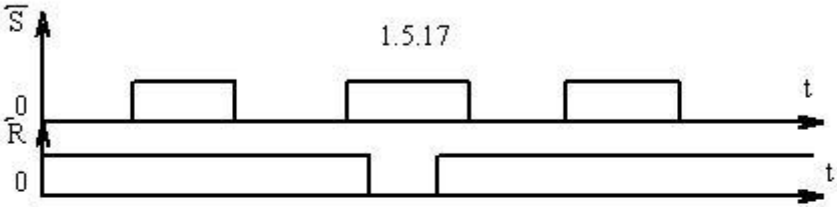

x1
1.5.10
0
t
x2
0
t

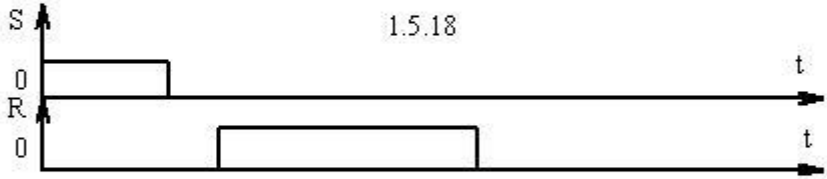

x1
1.5.11
0
t
x2
0
t
x1
1.5.12
0
t
x2
0
t

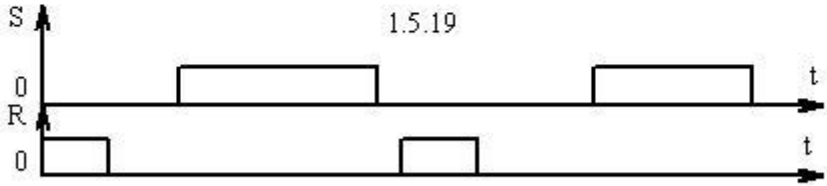
Тригер RS

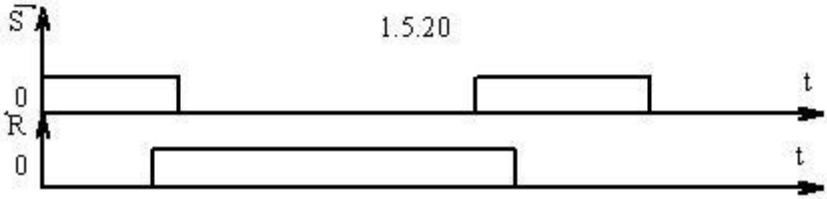

S
1.5.13
0
t
R
0
t
Q
0
t
Q
0
t
S
1.5.14
0
t
R
0
t
S
1.5.15
0
t
R
0
t

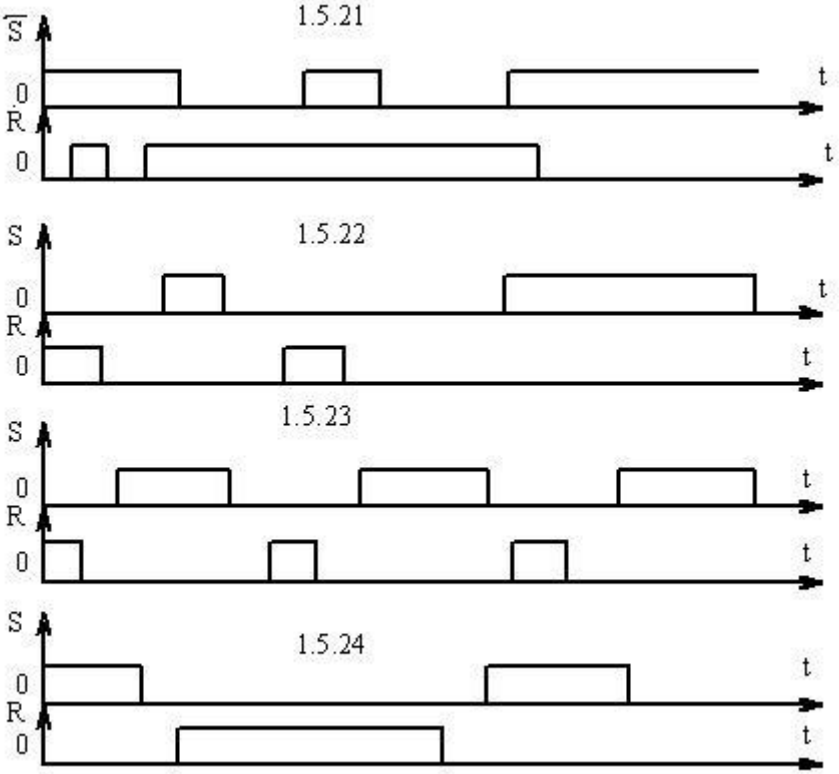

S
1.5.16
0
t
R
t
0


S
1.5.17
0
t
R
0
t


S
1.5.18
0
t
R
t
0


S
1.5.19
0
t
R
t
0


S
1.5.20
0
t
R
t
0


1.5.21
S̄
0
R
0
t
t
1.5.22
S
0
R
0
t
t
1.5.23
S
0
R
0
t
t
1.5.24
S
0
R
0
t
t