

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проєкту з дисципліни

«ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА»

*(для здобувачів вищої освіти денної та заочної форми навчання
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно–інтегровані технології)*

(Електронне видання)

З А Т В Е Р Д Ж Е Н О

на засіданні кафедри комп'ютерно-
інтегрованих систем управління
Протокол №4 від 02.12.2021 р.

СЄВЕРОДОНЕЦЬК 2021

УДК 681.38

Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Електроніка та мікропроцесорна техніка» (для здобувачів вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології) (Електронне видання) / Уклад.: О.І. Проказа. – Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 35 с.

У методичних вказівках викладені матеріали, необхідні для виконання курсового проєкту з дисципліни «Електроніка та мікропроцесорна техніка». Методичні вказівки містять в собі необхідні теоретичні відомості по структурі і змісту курсового проєкту, порядку його виконання, варіанти завдання, а також список літератури.

Укладач:

О.І. Проказа, ст. викладач

Рецензент

М.Г. Лорія, д.т.н., проф.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. СТРУКТУРА І ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	6
2. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	9
3. ВИКОНАННЯ ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	11
4. ПРИКЛАД АНАЛІЗУ ТЗ І СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ЕП	16
5. ПРИКЛАД РОЗРОБКИ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	21
6. ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ	31
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	33

ВСТУП

Методичні вказівки складені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни “Електроніка та мікропроцесорна техніка” спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.

Незважаючи на усе більш зростаюче використання автоматизованих методів схемотехнічного проектування сучасної електронної апаратури в повсякденній практиці, розробникам електронних схем доводиться спочатку вирішувати задачі наближеного розрахунку типових вузлів і пристроїв, а потім уточнювати результати розрахунку за допомогою ЕОМ чи експериментальним шляхом. Крім цього, виконання розрахунків у процесі навчального проектування сприяє поглибленню теоретичних знань, розвитку технічної інтуїції, формуванню інтелектуальних і практичних умінь і навичок фахівців відповідного профілю.

Методичні вказівки визначають послідовність виконання, структуру і зміст курсової роботи, дають рекомендації з розробки основних розділів, вибору елементної бази електронного пристрою, що розраховується, оформленню результатів роботи.

При виконанні курсового проекту студент повинний показати уміння використовувати теоретичні знання для вирішення конкретної задачі, уміння працювати з технічною літературою. При цьому студент повинний виявити творчий підхід і самостійність.

Виконання курсового проекту має своєю метою систематизацію, закріплення і розширення теоретичних знань і практичних навичок при вирішенні конкретних технічних задач; розвиток навичок самостійної роботи з технічною літературою в ході аналізу і розрахунків; придбання творчих навичок при самостійному розв’язанні технічних задач.

По закінченні курсового проекту студенти повинні: усвідомлювати призначення і місце досліджуваного курсу у системі знань фахівця в області обчислювальної техніки; знати системи електронних елементів, їхньої характеристики й область застосування; навчитися практично застосувати методи

аналізу і синтезу типових електронних схем на основі аналізу параметрів і характеристик електронних приладів і технічного завдання на розроблювальний пристрій.

1. СТРУКТУРА І ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1.1. Структура і зміст пояснювальної записки

Курсовий проєкт містить у собі пояснювальну записку і графічну частину.

Пояснювальна записка повинна містити в собі в зазначеній послідовності: титульний лист, завдання на курсовий проєкт, реферат, зміст, вступ, літературний огляд, основну частину, висновок, список використаної літератури, додатки.

Завдання на курсовий проєкт оформлюється на стандартному бланку. Воно містить у собі відомості про студента, керівника проєкту, вихідні дані до проєкту, перелік питань, що підлягають розробці, перелік графічного матеріалу, календарний план. Бланк завдання студент одержує у керівника проєкту.

Реферат повинний містити відомості про обсяг, кількість ілюстрацій, таблиць, використаних джерел; перелік ключових слів; текст реферату. Перелік ключових слів повинний характеризувати зміст курсового проєкту та включати від 5 до 15 ключових слів у називному відмінку, написаних у рядок, через кому. Текст реферату (1 с.) повинний коротко розкривати зміст і методику рішення основних питань.

У вступі (2-3 с.) приводиться коротка характеристика сучасного стану питання, що розкривається в темі проєкту, його актуальність, техніко-економічні аспекти, мета роботи.

Основна частина пояснювальної записки (20-40 с.) повинна виконуватися з урахуванням конкретної теми проєкту. Вона повинна містити опис рішень основних питань, обґрунтування методик виконання розрахунків, результати розрахунків. Рекомендується наступна структура пояснювальної записки:

Титульний лист

Завдання до курсового проєкту

Зміст пояснювальної записки

Реферат

Літературний огляд електронних пристроїв даного класу

Аналіз технічного завдання (ТЗ) і синтез структурної схеми електронного пристрою

Розробка принципової схеми

Електричний розрахунок електронної схеми та вибір елементної бази

Висновки

Список використаної літератури

Додатки

У висновку (1-2 с.) необхідно вказати на відповідність виконаної роботи завданню на курсовий проєкт, коротко викласти технічні характеристики розробленого пристрою, визначити можливі напрямки подальшого удосконалювання пристрою.

У додаток, як правило, включаються: програми і результати розрахунків на ЕОМ, переліки елементів, матеріали довідкового характеру.

Склад графічної частини визначає керівник роботи при видачі завдання.

1.2. Основні етапи розробки електронного пристрою

Перший етап - вивчення літературних джерел по заданій темі.

Починаючи роботу над проєктом, необхідно підібрати літературу по темі й ознайомитися з існуючими різновидами розроблювального пристрою. Для скорочення часу, затрачуваного студентами на пошук літератури, нижче в методичних вказівках приводиться список літератури. Першим результатом вивчення літератури повинний бути огляд.

Огляд являє собою короткий літературно оброблений конспект розглянутої літератури. Він повинний починатися введенням, у якому дано визначення електронного пристрою даного виду, зазначені області застосування і задачі, вирішені з їхньою допомогою. Огляд звичайно містить класифікацію електронного пристрою, стиснутий виклад принципів дії, особливості електронних схем і їх застосування, переваги і недоліки. Як правило, в огляді приводять більш прості у виготовленні структурні і функціональні схеми, але в

необхідних випадках виклад супроводжують фрагментами принципів схем і діаграмами.

Другий етап – аналіз ТЗ, розробка структурної схеми. Аналіз полягає в тому, що кожній вимозі ТЗ із безлічі відомих різновидів пристроїв даного виду ставиться у відповідність підмножина різновидів, що задовольняє даній вимозі. Завершують аналіз вибором окремих функціональних елементів пристрою.

На структурній схемі відображають, звичайно, у виді прямокутників всі основні функціональні частини електронного пристрою (ЕП) і основні взаємозв'язки між ними.

Третій етап – розробка принципової схеми, що полягає у виборі однієї з відомих схем, що найбільше повно задовольняє сукупність техніко-економічних вимог при максимальній її простоті і надійності, електричному розрахунку електронної схеми і виборі елементної бази.

У результаті виконання цього етапу одержують принципову схему і перелік електрорадіоелементів, які в ній використовуються.

2. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Пояснювальна записка виконується на аркушах білого паперу формату А4 (297*210 мм). Розміри полів на сторінці: ліве поле – 30 мм., праве – 10 мм., верхнє – 15 мм, нижнє – 20 мм.

Порядкові номери розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів позначаються арабськими цифрами з крапкою: 3.,3.1.1., 3.1.2.

Пункти, що містяться в тексті, і підпункти перерахування вимог, додатків позначають арабськими цифрами з дужкою, наприклад: 1), 2), 3) і т.д.

Кожен розділ варто починати з нової сторінки. Найменування розділів повинно бути коротким, відповідати змісту і записуватися у виді заголовку прописними буквами.

Переноси слів у заголовках не допускається. Крапку наприкінці заголовка не ставлять. Відстань між заголовком і текстом повинна дорівнювати 15 мм. Підкреслювати заголовки не потрібно. Найменування підрозділів записують із прописної букви.

Підпункти починають з нового рядка. Наприкінці підпункту, якщо за ним випливає ще підпункт, ставлять крапку з комою.

Сторінки записки нумерують арабськими цифрами. На титульному листі номер не ставлять, а на наступних сторінках його проставляють у правому нижньому куті основної рамки. Ілюстрації, креслення, схеми, графіки, а так само таблиці, розташовані на окремих сторінках записки, включають у загальну нумерацію сторінок. Ілюстрації позначаються словом «Рис.» і нумеруються послідовно арабськими цифрами в межах розділу. Найменування ілюстрації вказують знизу.

Номер ілюстрації повинний складатися з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, наприклад: «Рис.3.2.» (другий рисунок третього розділу). Номер ілюстрації поміщають нижче рисунка. Формули в записці нумерують арабськими цифрами в межах розділу і порядкового номера формули в розділі, розділених крапкою. Номер указують із правої сторони листа

на рівні формули в круглих дужках, наприклад: «(2.5)» (п'ята формула другого розділу).

Таблиці нумерують арабськими цифрами. У правому верхньому куті таблиці над відповідним заголовком поміщають напис «Таблиця» із указівкою номера таблиці. Номер таблиці повинний складатися з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою, наприклад: «Таблиця 3.2» (друга таблиця третього розділу).

Якщо в пояснювальній записці використовують скорочення слів і словосполучень, то їх варто вказувати за ДСТУ 3582:2013.

Перелік умовних позначок, символів, одиниць і термінів у цьому випадку оформляється на окремій сторінці і міститься між змістом і літературним оглядом.

У тексті записки потрібно давати посилання на літературні джерела. Якщо посилання приводиться на дані, отримані у своїй роботі раніше, те вони полягають у круглі дужки утримуючі скорочене слово «дивися», сторінку, рисунок і т.п., наприклад у квадратних дужках. Посилання містить номер джерела зі списку використаної літератури й у необхідних випадках номер сторінки, наприклад: «5», [8, с.63].

Список використаної літератури складається відповідно до ДСТУ 8302:2015.

Додаток оформляють як продовження записки на наступних її аркушах. Посилання на додаток дають у тексті записки, а в змісті перелічуються всі додатки. Кожен додаток повинний мати тематичний заголовок, починатися з нового листа з вказівкою в правому верхньому куті слова «Додаток». Якщо в записці більш одного додатка, то їх нумерують арабськими цифрами без знака номера, наприклад: «Додаток I».

Графічна частина курсового проєкту повинна виконуватися в одному із графічних пакетів за вибором студента, відповідно до ГОСТ 2.701-2008. Вибір формату підбирається студентом з урахуванням коефіцієнта заповнення листа.

3. ВИКОНАННЯ ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

3.1. Аналіз технічного завдання і розробка структурної схеми

При аналізі ТЗ необхідно в першу чергу усвідомити призначення, функції, область і умови роботи пристрою. Потім необхідно викласти можливі шляхи рішення поставленої задачі з застосуванням структурних схем. Аналіз ТЗ і синтез структури ЕП знаходяться в органічній єдності, відбуваються одночасно.

Структурна схема є першою моделлю ЕП. По ній можна швидко одержати представлення про склад, структуру і виконувану функцію ЕП не відволікаючи увагу на схемну реалізацію його функціональних частин. Графічна побудова схеми повинна давати найбільше уявне представлення про послідовність взаємодії функціональних частин пристрою. На лініях взаємозв'язку рекомендується стрілками вказувати напрямок дії чи сигналів потоків енергії.

Найменування кожної функціональної частини рекомендується вписувати в прямокутники.

3.2. Розробка принципової схеми

Принципова схема синтезується за структурною схемою ЕП на основі аналізу вимог ТЗ, а так само вимог, пропонованих до кожного функціонального елементу. Для деяких функціональних елементів такі вимоги можуть бути сформульовані лише після електричного розрахунку принципівих схем інших функціональних частин.

Синтез схеми відбувається в процесі всебічного аналізу властивостей і параметрів, описаних у літературі схем, з'ясування їхньої відповідності до пропонованих вимог, вибору найбільш відповідних до цих вимог схем.

Великий діапазон регулювання якого-небудь вихідного параметра (напруга, частота, тривалість імпульсів і т.п.), як правило, розбивають на під діапазони. Перехід з одного під діапазону в інший роблять за допомогою перемикачів

стрибком, а вибір значення параметра в межах під діапазону здійснюють плавним настроюванням.

Електричний розрахунок електронної схеми виконують з метою визначення значень електричних параметрів компонентів принципової схеми. Розрахунок будь-якого складного електронного пристрою зводиться до послідовного розрахунку функціональних елементів, з яких цей пристрій складається. Розрахунок починають з боку виходу ЕП, тому що вихідний функціональний елемент – єдиний у ЕП, для розрахунку якого в технічному завданні сформульовані достатні вимоги. Розрахунок ЕП часто має ітераційний характер. Після виконання ряду розрахункових операцій виникає необхідність повторити попередні операції для поліпшення структури режимів усього ЕП чи його функціональних частин. Наприклад, розрахунок може показати необхідність уведення додаткових зворотних зв'язків, що потребує повторення деякої частини розрахунків. Рекомендується виконувати електричний розрахунок у наступній послідовності:

а) орієнтований розрахунок вихідних параметрів функціональних елементів, зроблений після вибору принципів схем;

б) розрахунки, на основі яких вибирають типи активних елементів (транзистори, діоди, інтегральні мікросхеми й ін.);

в) розрахунки робочих режимів активних елементів;

г) розрахунок значень і параметрів пасивних елементів (R , C), що забезпечують обрані режими активних елементів, а також розрахунок струмів, що протікають через пасивні елементи, напруг, що падають на них та потужностей, що ними розсіюються;

д) визначення номінальних значень параметрів пасивних елементів і вибір їх типів;

е) розрахунок вихідних параметрів ЕП з метою перевірки їх відповідності вимогам технічного завдання.

Електричні розрахунки схем функціональних елементів виділяють у виді самостійних пунктів, що виділяють короткими конкретними заголовками, що

вносяться в зміст. Після заголовку формулюється задача розрахунку, приводиться принципова схема елемента. Крім розрахункових формул повинні бути представлені використані при роботі характеристики напівпровідникових приладів і інші діаграми. Розрахунок рекомендується закінчувати складанням таблиць довільної форми, у яких наводяться вичерпні дані для резисторів і конденсаторів схеми. Для резисторів такими даними є: розрахунковий опір і розрахункова потужність розсіювання, тип резистора, номінальний опір, що допускає відхилення від номінального значення (у відсотках), номінальна потужність розсіювання. Для конденсаторів необхідно вказувати: розрахункову ємність, максимальну робочу напругу, тип конденсатора, номінальну ємність, що допускає відхилення ємності від номінального значення та номінальна робоча напруга.

При виборі електрорадіоелементів рекомендується дотримуватися наступних положень:

Застосування високочастотних транзисторів у низькочастотних ЕП небажано, тому що вони дорого коштують, схильні до самозбудження, володіють меншими експлуатаційними запасами.

Для надійної роботи транзистора напруга на його колекторі і потужність, що розсіюється на ньому, повинні складати не більш 70-80% від максимально допустимих значень.

Не слід застосовувати могутні транзистори там, де можна застосувати малопотужні, тому що при використанні могутніх транзисторів у режимі малих струмів їхній коефіцієнт передачі по струму малий і сильно залежить як від струму, так і від температури навколишнього середовища. Крім того, погіршуються масогабаритні і вартісні показники.

Якщо немає особливих причин для застосування германієвого транзистора, краще застосувати кремнієвий. Кремнієві транзистори краще працюють при високих температурах, мають більш високі пробивні напруги і на один-два порядків менше зворотні струми, ніж германієві.

Напівпровідникові діоди необхідно застосовувати по зазначеному в довіднику призначенню. Зворотна напруга на діоді і прямий струм через нього не повинні перевищувати 70-80% від максимально припустимих значень. Робоча частота не повинна перевищувати зазначеного в довіднику граничного значення.

У розроблювальному пристрої рекомендується застосовувати резистори постійні загального призначення типу МЛТ.

Тип конденсатора вибирають по сукупності значень його номінальних ємностей і робочої напруги. Не потрібно без необхідності застосовувати конденсатор з номінальною напругою, що значно перевищує робочу, тому що при цьому погіршуються масогабаритні і вартісні показники виробу.

Головною умовою застосування мікросхем є строге дотримання режимів роботи, рекомендованих у технічних умовах на обрану мікросхему. Це відноситься, в першу чергу, до величини напруги живлення, опору навантаження і діапазону температури. За інших рівних умов необхідно розглянути можливість застосування мікросхем загального застосування, що характеризуються низькою вартістю, широким діапазоном напруги живлення, захищеною входом і виходом. При виборі мікросхем необхідно уникати застосування інтегральних схем різних серій.

3.3. Виготовлення принципів електричних схем

Схема електрична принципова визначає повний склад елементів і зв'язку між ними і дає детальне представлення про принципи роботи виробу. На ній зображують всі електричні елементи чи елементи пристрою, необхідні для здійснення контролю у виробі заданих електричних процесів, всі електричні зв'язки між ними, а так само елементи (роз'єми, затиски, з'єднувачі і т.п.), якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги.

Правила побудови і виконання принципів електричних схем установлені стандартами ДСТУ ГОСТ 2.702:2013. При цьому необхідно дотримувати наступні основні правила:

Всі елементи ЕП на схемі зображуються у виді умовних графічних позначень, установлених стандартами ДСТУ у розмірах, що відповідають нормативам. Допускається пропорційне зменшення (1:2) чи збільшення (2:1).

Графічні позначення елементів варто виконувати лініями тієї ж товщини, що і лінії зв'язку. Рекомендована товщина ліній від 0,3 до 0,4 мм. У вузлах електричного зв'язку необхідно показувати крапки у виді зачернених кружків.

Всім елементам, зображеним на схемі, привласнюються позиційні позначення, в яких утримується інформація про вид елемента (пристрою, функціональної групи) і його порядковому номері в межах даного виду.

Дані про елементи принципової схеми, отримані в результаті електричного розрахунку і вибору типу номіналів елементів, записуються в перелік елементів. Його виконують у вигляді таблиці та поміщають у Додаток до пояснювальної записки.

4. ПРИКЛАД АНАЛІЗУ ТЗ І СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ЕП

Розглянемо приклад, аналогічний тим, що видають студентам на курсове проектування.

Розробити стабілізоване вторинне джерело живлення (ВДЖ).

Основні вимоги:

1. Вихідна напруга +12 В.
2. Струм навантаження від 0 до 5 А.
3. Живлення від однофазної мережі напругою 220 В±5 %.
4. Частота верхньої мережі 50 Гц.
5. Граничні відхилення вихідної напруги не більш ±0,5 % при зазначеній нестабільності мережі і струму навантаження.
6. Повинна бути забезпечена електромагнітна сумісність ВДП з чуттєвою до перешкод електронною апаратурою (ЕА) (споживач має у своєму складі високочутливий радіоприймач).
7. Ланцюг навантаження повинен бути електрично ізольованим від мережі.
8. Експлуатація в приміщенні при температурі від +10 до +30 °С.
9. Конструкція – настільний прилад загального призначення.

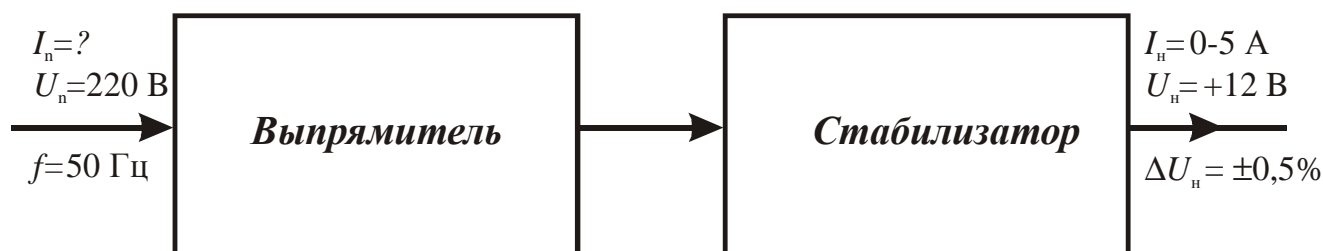


Рис. 1. Структурна схема стабілізованого ВДЖ на першому рівні його аналізу і синтезу

Стабілізований ВДЖ на високому рівні абстракції (перший рівень аналізу і синтезу) можна розглядати як систему, синтезовану з двох підсистем (рис. 1),

кожна з яких виконує функціонально завершене перетворення. Підсистема “*випрямляч*” перетворить перемінну напругу мережі в постійну. Підсистема “*стабілізатор напруги*” послабляє вплив зовнішніх параметрів (напруга мережі і навантаження) на величину вихідного параметра системи, що ця підсистема повинна утримувати в заданих межах. Навантаження впливає на вихід стабілізатора безпосередньо, а напруга мережі впливає на його вхід через випрямляч. На цьому синтез на високому рівні абстракції завершується. Використано інформацію, що міститься в п. 1-5 ТЗ.

На другому, більш низькому рівні абстракції (другий, більш високий рівень аналізу і синтезу) спочатку синтезується структура стабілізатора, а потім випрямляч.

Для синтезу структури стабілізатора використовуються дані п. 1, 2, 5, 6. По ступені важливості їх варто розташувати в такому порядку: 2, 6, 5, 1.

У ТЗ головним, найбільш принциповим пунктом є п. 2. Вимога - струм навантаження до 5 А – виключає з розгляду всі слабкоструміві електронні стабілізатори.

Імпульсні і компенсаційні стабілізатори відповідають п. 2 з послідовним включенням регулюючого елемента.

Друга вимога (п. 6) - забезпечення електромагнітної сумісності ВДП з чуттєвої до перешкод ЕА – відтинає всі імпульсні стабілізатори, що створюють звичайно високий рівень перешкод. Таким чином, п. 4 і 6 відповідають тільки компенсаційні стабілізатори з послідовним включенням регулюючого елемента.

Третя вимога (п. 5) побічно визначає коефіцієнт стабілізації. Стабілізатор повинний послабляти не тільки повільні зміни постійної складової випрямленої напруги, але також і його пульсації Коефіцієнт пульсацій на виході випрямляча ТЗ не встановлює, оскільки він відноситься до внутрішніх параметрів системи, що визначає взаємодію її підсистем, і його оптимальне значення може бути визначено тільки при аналізі ЕУ.

Якщо прийняти пульсації малої величини, що сприятливо для стабілізатора, то фільтр випрямляча буде громіздким і дорогим. Якщо ж, прагнучи зменшити

фільтр, допустити значні пульсації, то зростуть вимоги до стабілізатора і це відіб'ється на параметрах його елементів, знизить його ККД. Таким чином, оптимальне значення коефіцієнта пульсацій може бути встановлено тільки після рішення багатofакторної оптимізаційної задачі.

У першому наближенні з точністю, достатньої для визначення структури, пульсації можна прийняти рівними коливанням сіткової напруги, тобто – 5 %. Тоді найбільше відхилення напруги на виході стабілізатора від його номінального значення складе $\pm 10\%$, а коефіцієнт стабілізації

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх} / U_{вх}}{\Delta U_{вых} / U_{вых}} = \frac{0,1}{0,005} = 20.$$

З четвертої вимоги (п. 1) випливає, що стабілізатор найбільше доцільно побудувати на біполярних транзисторах. Постійне значення вихідної напруги дозволить вибрати відносно висока опорна напруга, що збільшить коефіцієнт стабілізації.

На цьому етапі роботи студент повинний знову звернутися до літератури, якщо він недостатньо добре знайом зі схемами компенсаційних стабілізаторів, чи переходити до складання структурної схеми.

Структурна схема складається в послідовності (рис. 2), обумовленої функціональними зв'язками її елементів.

Першим, природньо, повинний бути зображений регулюючий транзистор РТ (рис. 2-а), тому що ефект стабілізації напруги виникає завдяки зміні його вихідної провідності. Вхідний ланцюг РТ запитується струмом від струмостабілізуючого двохполюсника ТД (рис.2-б). Керує провідністю РТ підсилювач, у вихідний ланцюг якого відгалужується деяка частина стабільного струму.

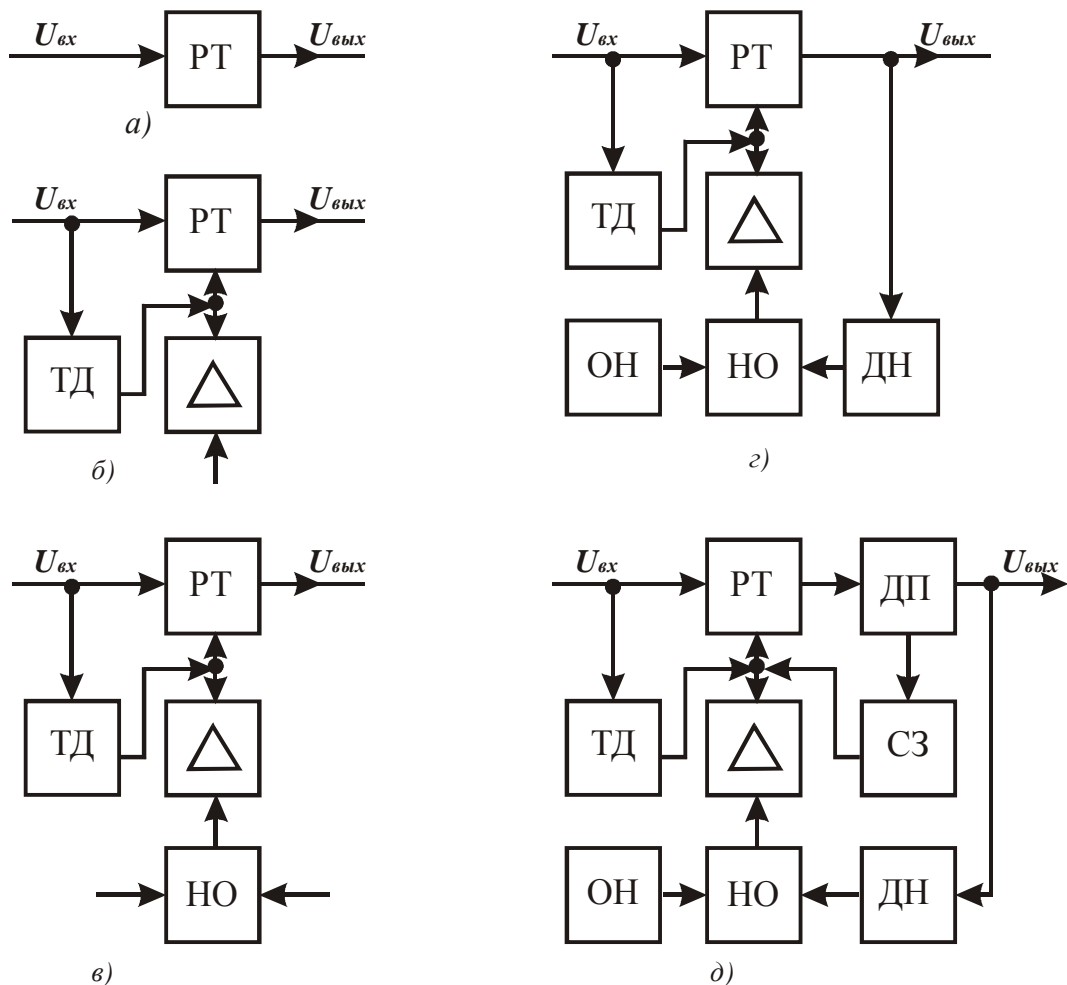


Рис. 2. Структурна схема стабілізатора (а) і етапи її формування (б-д)

На вхід підсилювача надходить сигнал неузгодженості з виходу схеми порівняння (рис.2-у). Цей сигнал змінює струм, що відгалужується в підсилювач, а, отже, змінює вхідний струм РТ і в результаті змінює вихідну провідність РТ. Нуль-орган виробляє сигнал неузгодженості при порівнянні опорної напруги ВІН з вихідною напругою стабілізатора, зниженою до рівня ВІН (рис. 2-г). Це зниження виконує дільник напруги ДН.

Сучасні компенсаційні стабілізатори послідовного типу обов'язково мають швидкодіючий захист РТ від теплового пробою при його перевантаженні. Тому структурна схема стабілізатора доповнена елементами захисту (рис. 2-д): датчиком сигналу токового перевантаження ДП і схемою захисту від перевантаження СЗ. При перевантаженні схема захисту перехоплює на себе весь стабільний струм, у результаті чого РТ заціпається. В обслуговуваних

потужнострумових стабілізованих ВДЖ бажаний захист без самоповернення до робочого режиму (захист «із засувкою»), при якій ВДЖ після усунення причини перевантаження приводиться в робочий стан, наприклад, натисканням і відпусканням кнопкового вимикача на лицьовій панелі ВДЖ.

Для синтезу структури випрямляча використовуються вимоги п. 3 і 7. Аналіз цих вимог ТЗ, а також додаткових вимог, що розроблювач обов'язково повинний для себе сформулювати: пульсації напруги після випрямляча, габарити і маса випрямляча повинні бути мінімальними – неминуче приводять до того ж висновку, що й у прикладі 3.2, вимогам ТЗ відповідає однофазна мостова схема з мережним трансформатором.

При синтезі стабілізатора пульсації на виході випрямляча були прийняті рівними 5 %. Тому що власне пульсації однофазної мостової схеми складають 48 %, то на виході випрямляча повинний бути поставлений фільтр низької частоти з коефіцієнтом згладжування пульсацій не менш 10.

Структурна схема випрямляча показана на рис. 3, на якій зображені блоки мережного трансформатора СТ, випрямляча і фільтра низьких частот.

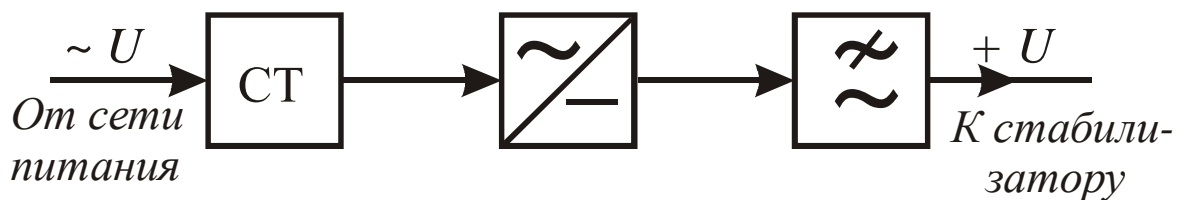


Рис. 3. Структурна схема випрямляча

5. ПРИКЛАД РОЗРОБКИ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Розробити на базі дискретних (електронних радіоелементів) ЕРЕ принципову схему стабілізованого ВДП, структурна схема якого (рис. 4) синтезована в наведеному прикладі.

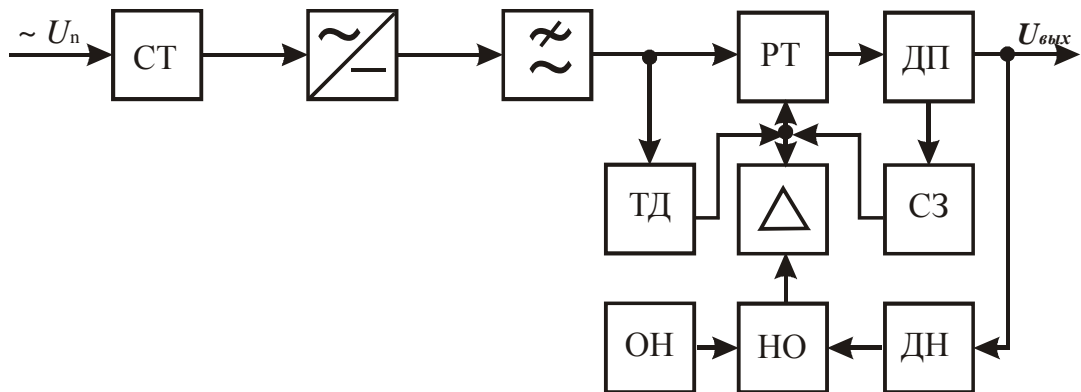


Рис. 4. Структурна схема стабілізованого ВДЖ

Розробка принципової схеми, так само як і структурної, починається з розробки блоку регулюючого транзистора РТ. Для вихідної напруги 12 В і струму навантаження 5 А в якості регулюючого найбільше доцільно застосувати потужний транзистор *n-p-n*-типа. Задаємо вхідний струм транзистора, оскільки він визначає статичний коефіцієнт передачі струму транзистора, а також статичні режими транзисторів підсилювача і струмостабілізуючого двохполюсника ТД. Підсилювач і ТД із метою підвищення загального ККД будують на малопотужних транзисторах. Для поліпшення температурної стабільності режиму бажано установлювати відносно великих колекторних струмів цих транзисторів. Це необхідно для зниження статичного коефіцієнта передачі струму транзистора. Колекторний струм малопотужних транзисторів звичайно не перевищує 20 мА. У першому наближенні номінальні значення вхідного струму транзистора і колекторного струму підсилювача прийняті рівними 5 мА. Звідси струм ТД – 10 мА.

Коефіцієнт передачі струму транзистора $5 : 0,005 = 1000$. Таке значення, орієнтуючись на мінімальні значення коефіцієнтів передачі струму сучасних транзисторів, можна одержати від транзистора (рис. 5-а), складеного з двох транзисторів: могутнього T_{12} і середньої потужності T_{11} .

Якщо замкнути вхідний транзистор T_{11} , то транзистор виявиться в режимі «обірваної бази» і цілком не закриється. Для повного і швидкого запирання транзистора T_{12} у його базовий ланцюг необхідно поставити резистор, через який на базу буде поданий початковий замикаючий зсув. Можливі два варіанти включення резистора (рис. 5-б, в). При варіанті (в) на резисторі розсіюється менша потужність, тому прийнята цей варіант.

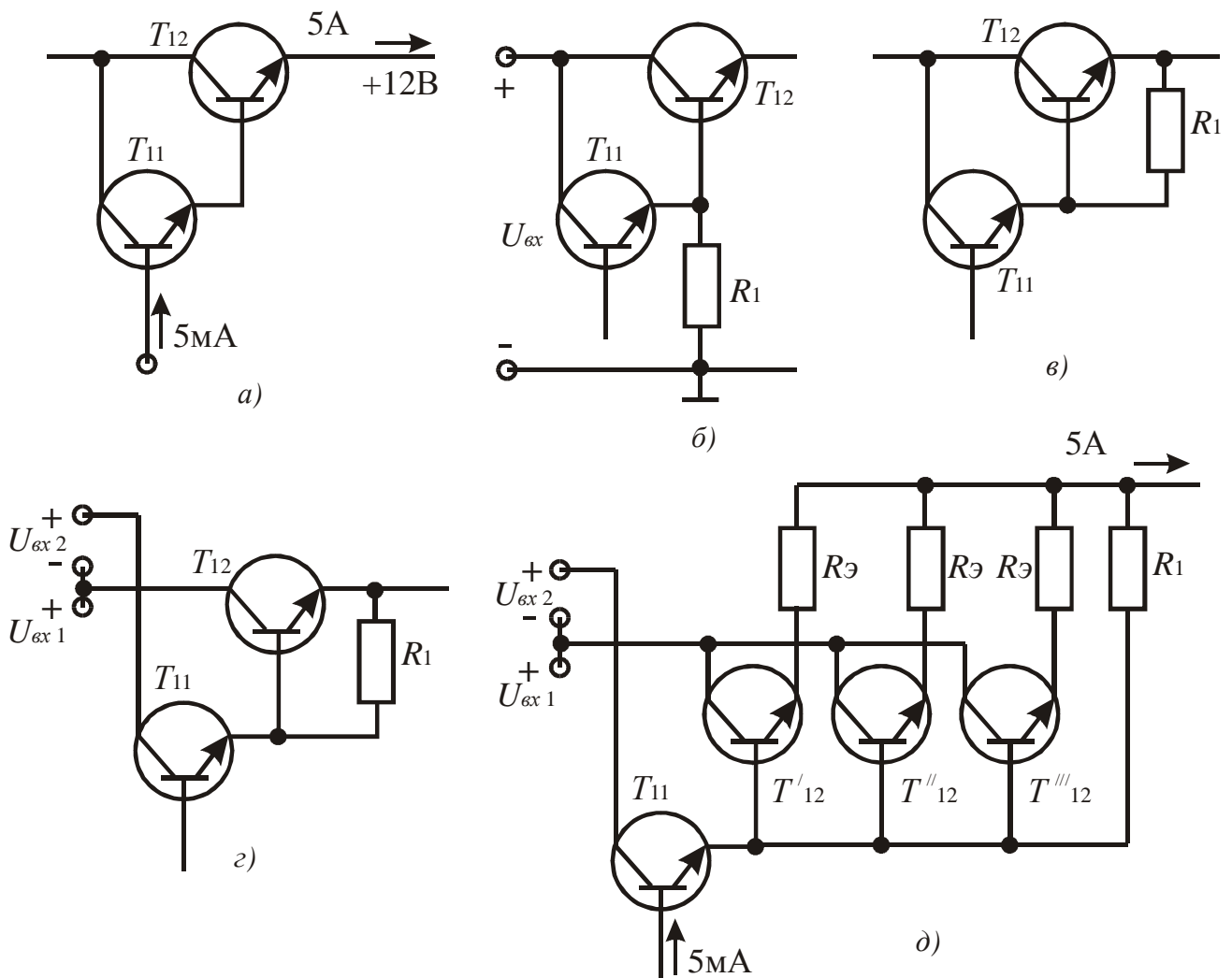


Рис. 5. Принципова схема транзистора (д) і етапи її розробки (а – г).

Тепер необхідно розрахувати потужність, що розсіюється на транзисторі T_{12} . Як випливає з рис.5, напруга на транзисторі T_{12} $U_{KЭ12} = U_{KЭ11} + U_{БЭ11} + U_{БЭ12}$. Паралельно колекторному переходу транзистора T_{11} , як це видно зі структурної схеми, включений струмостабілізуючий двополюсник ТД, побудований на малопотужному транзисторі T_2 (рис. 6). Транзистор T_2 включений за схемою з загальною базою. Напруга на його еміттері стабілізована кремнієвими діодами. За допомогою резистора $R_Э$ встановлюють потрібне значення колекторного струму і стабілізують його. Очевидно, напруга на ТД не може бути менше 2-2,5 В. Прийнято $U_{КБ 11} = 2,5$ В. Складений транзистор буде побудований на кремнієвих транзисторах, тому прийнято, $U_{КБ11} = 1,0$ В; $U_{БЭ} = 1,5$ В. Тоді мінімальне значення $U_{КЭ 12} = 5$ В, що відповідає мінімальній напрузі мережі живлення. Максимальна напруга на транзисторі T_{12} виникає при максимальній напрузі мережі. У прикладі 3.3 прийнято, що напруга на вході стабілізатора $U_{вх}$ буде відхилятися від номінального значення $U_{вх ном}$ на $\pm 10\%$. Тоді, мабуть, $U_{вх max} = 1,1U_{вх ном}$; $U_{вх min} = 0,9U_{вх ном}$.

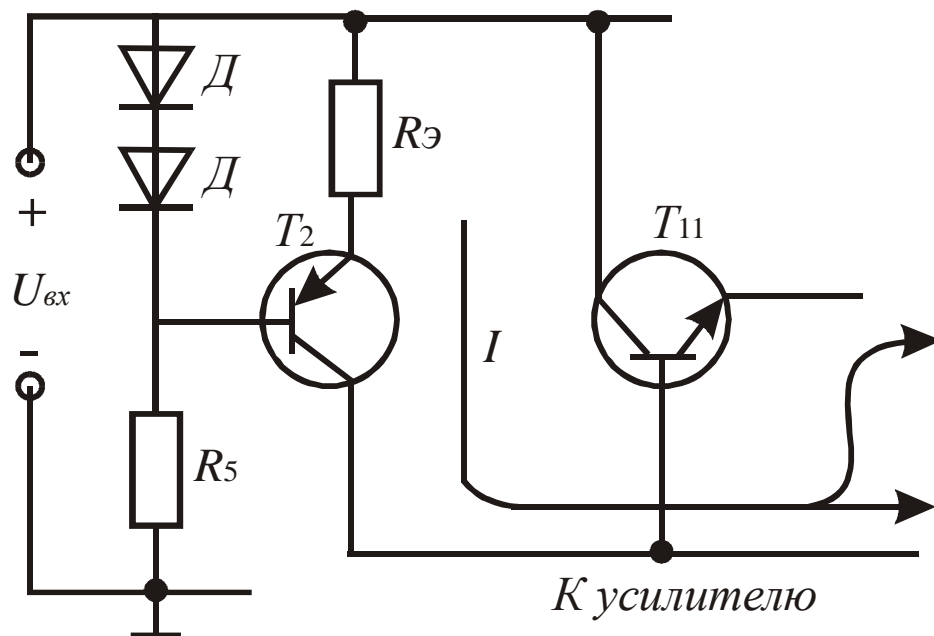


Рис. 6. Джерело стабільного струму на транзисторі T_2 і його підключення до основного транзистора

Звідси $U_{ex \max} = 1,2U_{ex \min} = 1,2 (U_{КЭ 12} + U_{вых}) = 1,2 (5+12) = 20,8$ В. У такий спосіб максимальна напруга на транзисторі $T_{12} = 8,4$ В. При цьому напруга на транзисторі розсіюється 42 В.

Можна помітно знизити потужність, що розсіюється на транзисторі T_{12} , якщо колекторний ланцюг транзистора T_{11} харчувати від додаткового малопотужного джерела U_{ex2} (рис. 5-г). Тепер мінімальну напругу на транзисторі T_{12} можна прийняти рівним 2 В. Повторення попереднього розрахунку показує, що максимальна напруга на транзисторі T_{12} зменшується до 4,8 В, а потужність – до 24 Вт.

Хоча така потужність може бути розсіяна на одному транзисторі, наприклад типу КТ803А ($P_{к \max} = 60$ Вт), але, як показують розрахунки, площа теплоотводу при такому рівні потужності виявляється непомірно великою. Прийнято більш раціональний варіант із трьома паралельно включеними мініатюрними транзисторами КТ817 (рис. 5-д), колекторні струми яких зрівнюються завдяки напрузі негативного зворотного зв'язку, що виникає на резисторах R_e . У якості вхідного (T_{11}) обраний транзистор КТ503А.

Розробка принципової схеми складеного транзистора привела до необхідності коректування структурної схеми. У неї введені допоміжний випрямляч з фільтром (рис. 7). Уведення допоміжного випрямляча дозволяє також замінити два кремнієвих діоди в схемі струмостабілізуючого двополюсника на один стабілітрон КС133А, що підвищує стабільність струму двополюсника.

Практика проектування електронних стабілізаторів показує, що при коефіцієнті стабілізації $K_{ст} = 20$ необхідне посилення сигналу неузгодженості забезпечує одиночний підсилювальний каскад ОЕ. Вихідна напруга 12 В знижується резистивним дільником $R_1 - R_2$ до рівня, що забезпечує лінійний режим транзистора T_3 . Однак така проста схема має істотний недолік. Дільник $R_1 + R_2$ у $U_{вых} / U_{БЭ}$ разів знижує не тільки рівень постійної напруги, але настільки ж послабляє сигнал відхилення вихідної напруги від заданого значення. У даній схемі це ослаблення при $U_{БЭ} = 0,7$ В дорівнює 17.

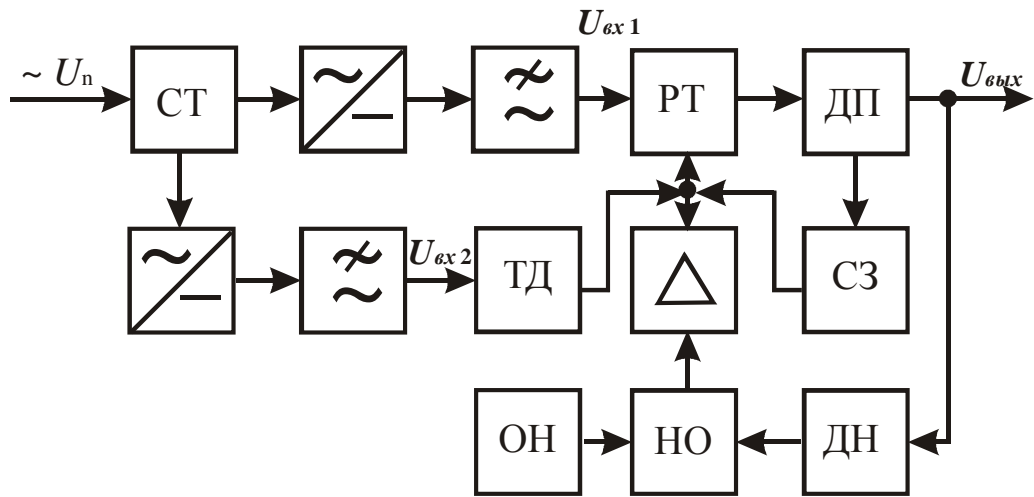


Рис. 7. Структурна схема стабілізованого ВДЖ

Коефіцієнт передачі дільника $k_d = R_2 / (R_1 + R_2)$ можна збільшити, якщо емітеру транзистора T_3 додати деякий постійний позитивний потенціал. Так, наприклад, при $U_{\text{э}} = 8 \text{ В}$, $k_d = 8,7:12 = 0,7$ замість $0,058$ при $U_{\text{э}} = 0$. З цією метою емітер з'єднують з виходом параметричного стабілізатора напруги (рис. 8-б), зібраного на стабілітроні ДІ до резисторі R_0 . Опір резистора R_0 звичайно беруть таким, щоб сумарний струм стабілітрона мав значення, при якому *температурний коефіцієнт напруги (ТКН) стабілітрона мінімальний*.

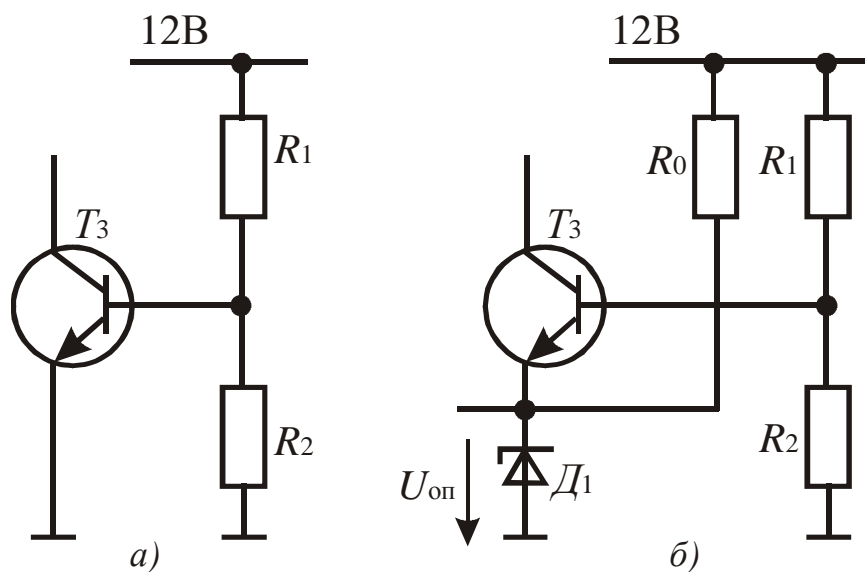


Рис. 8. Підсилювальний каскад без опорної напруги (а)
і з опорною напругою (б)

Таким чином, у даній схемі опорна напруга і частина вихідної напруги ВДП прикладені до емітерному переходу, що виконує функції нуль-органа, їхня різниця підсилюється транзистором T_3 і струмовий сигнал його колекторного ланцюга керує провідністю складеного транзистора T_1 . Чим більше колекторний струм підсилювача, тим менше частина стабільного струму надійде на вхід складеного транзистора і навпаки.

Найпростіший резистивний дільник $R_1 - R_2$ з ряду причин не може бути застосований. По-перше, малоймовірно, щоб у виготовленого ВДЖ вихідна напруга була б порівняна заданої. Ще менш ймовірно, щоб вона не мінялася згодом. Отже, повинно бути передбачене регулювання вихідної напруги. Для цього у дільник уведений перемінний резистор R_2 (рис.9-а). Щоб напруга на виході ВДЖ регулювалася в невеликих межах і щоб захистити транзистор T_3 від перевантажень при великих відхиленнях напруги на базі від опорної напруги, варіації напруги на базі транзистора обмежені резисторами R_1 і R_3 . При цьому знижується чутливість регулювання напруги, що, мабуть, є сприятливим чинником.

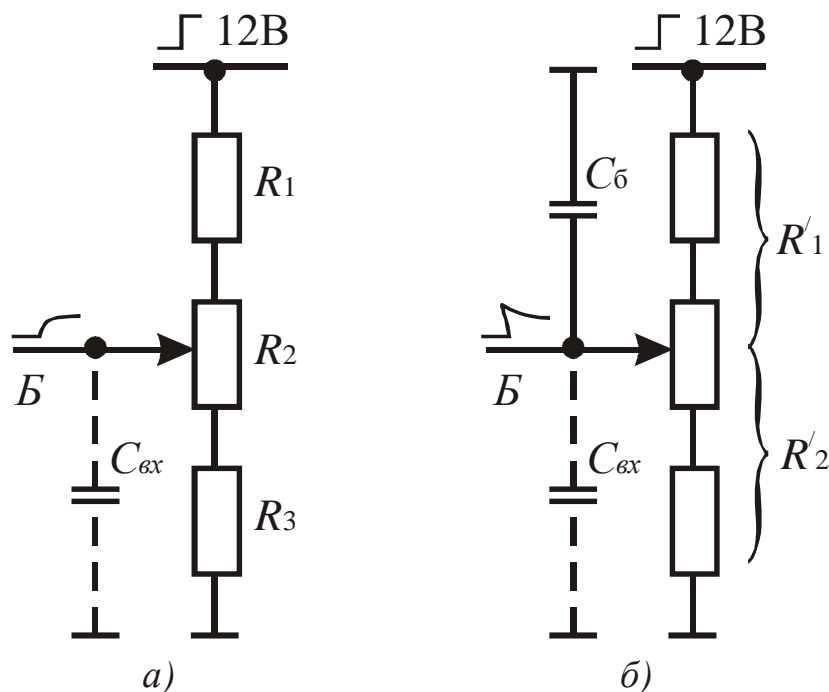


Рис. 9. Дільник вихідної напруги некорегований (а) і корегований (б)

По-друге, транзистор T_3 має вхідну ємність C_{ex} , що погіршує динамічні властивості даної системи автоматичного регулювання. При стрибку вихідної напруги, що виникає, наприклад, при скиданні навантаження, амплітуда і тривалість перехідного процесу будуть великими. Для усунення ефекту інтегрування сигналу помилки верхнє плече ділника шунтовано ємністю C_6 , значення якої знаходиться зі співвідношення $C_6 R_1' \geq C_{ex} R_2'$.

Система захисту стабілізатора від перевантаження по струму складається з датчика і виконавчої частини. Датчиком служить низькоомний резистор, через який протікає струм навантаження ВДЖ і спадання напруги, на якому є сигналом, що керує виконавчою частиною. Місце установки датчика в струмовому контурі залежить від принципу дії й особливостей схеми захисту. Для даного стабілізатора обрана схема захисту, що показана на рис. 10. На рисунку зображені тільки елементи схеми захисту і регулюючий транзистор T_{12} . У нормальному режимі (при струмі навантаження до 5 А) транзистор T_4 , замкнений, оскільки різниця напруг на датчику R_7 і резисторі R_5 менше напруги відмикання транзистора. При перевантаженні транзистор T_4 відкриється, його колектор перехопить частину вхідного струму складеного транзистора, у результаті чого транзистор T_{12} почне закриватися. При цьому напруга на виході стабілізатора буде знижуватися, що викликає спочатку зменшення колекторного струму транзистора T_3 підсилювачі, що прагне підтримувати вихідна напруга стабільним, а потім – його запирання. Зниження напруги в крапці A спричинить за собою зменшення напруги на резисторі R_5 , що буде сприяти подальшому відкриванню транзистора T_{12} , і запиранню транзистора T_{12} . Коли напруга на транзисторі T_{12} стане рівною напрузі пробією стабілітрона D_2 , струм бази транзистора T_4 , потече по ланцюгу $D_2 - R_4$. Транзистор T_4 увійде в режим насичення, перехопить на себе весь струм двополюсника що стабілізує струм, а складений транзистор закриється. Після усунення чи перевантаження короткого замикання схема залишається «вимкненою». Для відновлення роботи стабілізатора необхідно натиснути і відпустити кнопковий вимикач S .

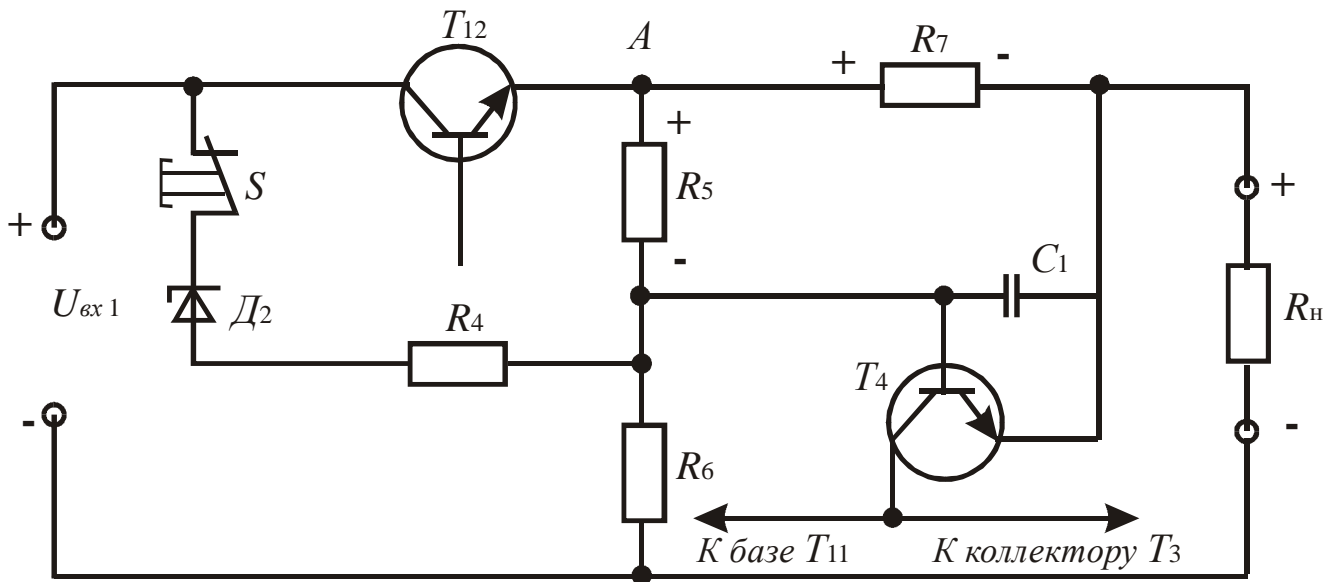


Рис. 10. Схема швидкодіючого захисту стабілізатора на транзисторі T_4

Напруги, що надходять на входи стабілізатора, повинні бути попередньо відфільтровані. Напруга U_{ex1} (приблизно 18 В) фільтрується П-образним *LC-фільтром* (рис. 11), що добре працює в широкому діапазоні струмів навантаження. Напруга U_{ex2} (орієнтовно 5В) фільтрується транзисторним фільтром (рис. 12), що при малих струмах навантаження переважніше *LC-фільтра*, маючи менші масу, габарити і вартість.

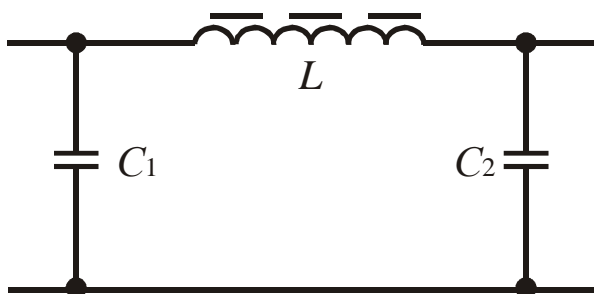


Рис. 11. П-образний *LC-фільтр* низької частоти

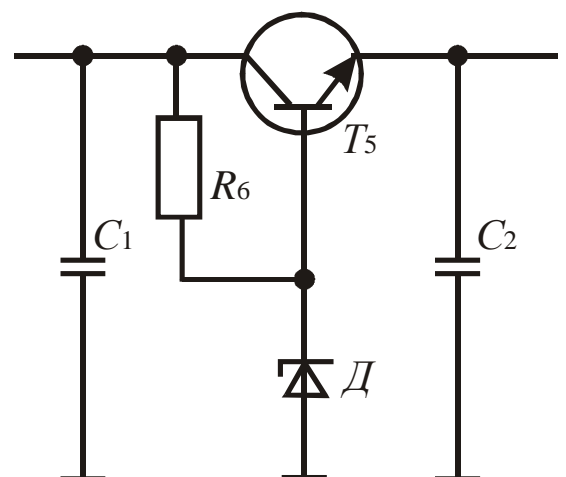


Рис. 12. Простий компенсаційний стабілізатор

Обидва випрямляча будуть побудовані на напівпровідникових діодах. Однополуперіодна схема випрямлення, хоча і найбільш проста, але не може бути застосована в основному випрямлячі через великі пульсації напруги і погане використання мережного трансформатора живлення. При струмі навантаження 5 А потрібен був би громіздкий фільтр. Якщо ж допустити великі пульсації, то зростуть вимоги до електронного стабілізатора, що повинний буде компенсувати не тільки повільні зміни напруги, але і пульсації. З двох полуперіодних схем для основного випрямляча краще застосувати мостову схему, що має при рівних умовах трансформатор менших габаритів (рис. 13). Допоміжний випрямляч, ймовірно, доцільно побудувати також за мостовою схемою. Обґрунтований вибір для нього мостової схеми чи двохполуперіодної з нульовим виводом, можливий лише на основі економічного аналізу варіантів.

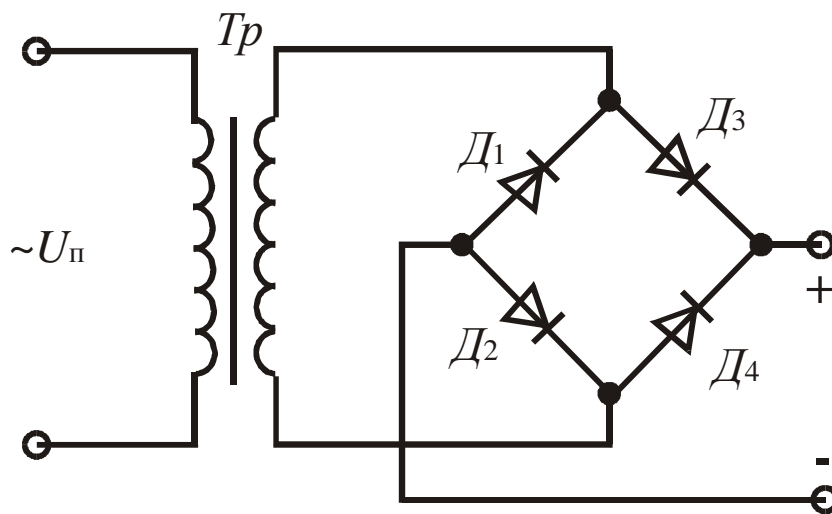


Рис. 13. Однофазна мостова схема випрямлення
с мережним трансформатором живлення

Після об'єднання принципових схем функціональних частин виходить принципова схема ВДЖ, показана на рис. 14. Для підвищення стійкості стабілізатора його схема доповнена конденсатором C_6 , що коректує частотну характеристику стабілізатора.

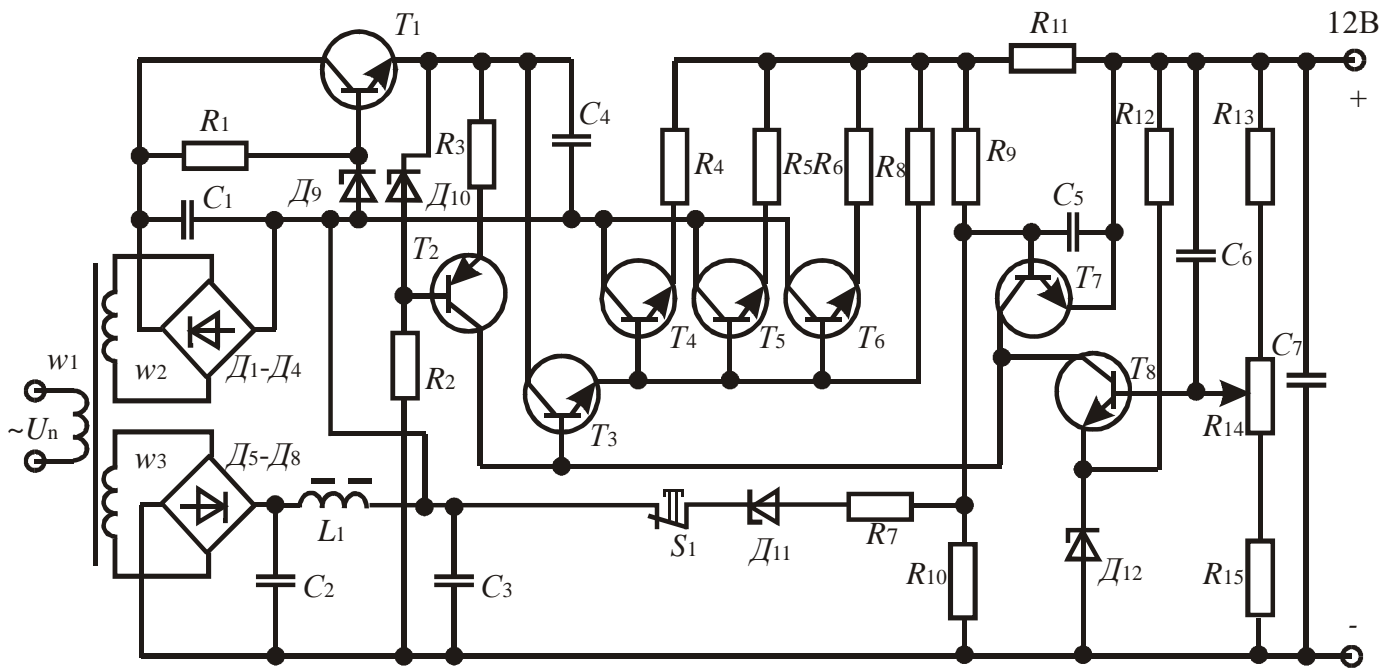


Рис. 14. Принципова схема стабілізованого ВДЖ

6. ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ

Розробити джерело живлення, що працює від напруги (220 \pm 10В, 50Гц) на дискретних компонентах. Скласти структурну та принципову схему пристрою.

Технічні характеристики

Варіант	Коефіцієнт стабілізації, $K_{ст}$	Струм навантаження максимальний, I_m , А	Вихідна напруга, $U_{вих}$, В	Діапазон робочих температур
1	2	3	4	5
1	260	1	9	+10 - +40
2	170	3,25	12	0 - +50
3	280	0,5	24	-10 - +50
4	240	1,5	36	-10 - +40
5	300	0,25	9	+10 - +60
6	230	1,75	+12	0 - +40
7	160	3,5	24	+10 - +50
8	220	2	36	-10 - +60
9	250	1,25	12	0 - +60
10	110	4,75	+12	+10 - +40
11	200	2,5	9	0 - +50
12	270	0,75	36	-10 - +50
13	150	3,75	12	-10 - +40
14	100	5	12	+10 - +60
15	210	2,25	24	0 - +40
16	190	2,75	9	+10 - +50
17	140	4	24	-10 - +60
18	120	4,5	36	0 - +60

1	2	3	4	5
19	180	3	12	+10 - +40
20	130	4,25	+ -12	0 - +50
21	270	1	9	-10 - +50
22	180	3,25	24	-10 - +40
23	290	0,5	36	+10 - +60
24	250	1,5	12	0 - +40
25	150	4	+ -12	+10 - +50
26	240	1,75	9	-10 - +60
27	170	3,5	24	0 - +60
28	230	2	36	+10 - +40
29	250	1,25	24	0 - +50
30	120	4,75	+ -12	-10 - +50
31	210	2,5	9	-10 - +40
32	280	0,75	24	+10 - +60
33	160	3,75	36	0 - +40
34	140	4,25	12	+10 - +50
35	220	2,25	+ -12	-10 - +60
36	200	2,75	9	0 - +60

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектирование усилительных устройств \ Под ред. Н.В. Терпугова. – М.; Высш.шк., 1982. – 190 с.
2. Проектирование транзисторных усилителей звуковых частот \ Под ред. Н.Л. Безладного. – М.; Связь, 1978. – 368 с.
3. Цыкина А.В. Электронные усилители. – М.: Радио и связь, 1982. – 288 с.
4. Проектирование стабилизированных источников электропитания радиоэлектронной аппаратуры / И.И. Белопольский, Л.А. Краус, Г.В. Гейман и др. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
5. Додик С.Д. Полупроводниковые стабилизаторы постоянного напряжения и тока с непрерывным регулированием. – М.: Советское радио, 1980. – 344 с.
6. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет / Под ред. С.Д. Додика и Е.И. Гальперина. – М.: Советское радио, 1969.
7. Бочаров Л.Н., Жебряков С.К., Колесников И.Ф. Расчет электронных устройств на транзисторах. – М.: Энергия, 1978. – 208 с.
8. Расчет импульсных устройств на полупроводниковых приборах. /Сборник примеров и задач/. Под ред. Т.М. Агаханяна. – М., Советское радио, 1975.
9. Импульсные схемы на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. / Под ред. Гальперина Е.И. и Степаненко И.П. – М.: Советское радио, 1970.
10. В.Г. Бондаренко. RC – генераторы синусоидальных колебаний. – М.: Связь, 1976.
11. Расчет электронных схем: Примеры и задачи /Г.И. Изьюрова, Г.В.Королев и др. – М.: В.Ш., 1987. – 335 с.
12. Справочник по расчету электронных схем, Б.С. Грешунский. – К.: В.ш., 1983 – 240 с.

13. Проектирование импульсных цифровых устройств радиотехнических систем / Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: - В.ш., 1985. – 320 с.
14. Фрумкин Г.Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. – М.: В.ш., 1985.
15. Полупроводниковые приборы: Транзисторы. Справочник / Под ред. Н.Н. Горюнов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 904 с.
16. Полупроводниковые приборы: Диоды, теристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник / Под ред. Н.Н. Горюнов. – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 744 с.
17. Мощные полупроводниковые приборы: Транзисторы. Справочник /Под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь. 1985. – 560 с.
18. Мощные полупроводниковые приборы: Диоды. Справочник /Под. Ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1985. – 400 с.
19. Шилов В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Советское радио, 1979. – 3658 с.
20. Интегральные микросхемы. Справочник /Под ред. Тарабрина Б.В. – М.: Радио и связь, 1984. – 528 с.
21. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы. Справочное пособие /Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1985. - 432 с.
22. Резисторы. Справочник / Под ред. И.И. Четверткова. М.: Энергоиздат, 1981. – 352 с.
23. Справочник по электрическим конденсаторам /Под ред. И.И.Четверткова и В.Ф.Смирнова. – М.: Радио и связь, 1983. – 576 с.
24. Воробьев Н.И. Проектирование электронных устройств: Учеб. Пособие для вузов – М.: В.ш., 1989. – 223 с.
25. Усатенко С.Т. и др. Графическое изображение электрорадиосхем: Справочник / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – К.: Техника, 1986. – 120 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проєкту з дисципліни

«ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА»

(для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно–інтегровані технології)

(Електронне видання)

Укладачі:

ПРОКАЗА Олена Іванівна

Оригінал - макет

О.І. Проказа

Підписано до друку _____

Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умовн. друк. арк. _____. Облік.-видавн.арк._____.

Тираж ____ екз. Вид. №_____. Замовл. №_____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету імені
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Сєверодонецьк, просп. Центральний, 59а

Телефон: +38 (050) 218 04 78, факс (064 52) 4 03 42

E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com