

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Освітня програма: «Розробка програмного забезпечення»

Група: 4РП-05

Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання

РП.05.07.000.ДП

ГОРШКОВА

АНАТОЛІЯ ВІКТОРОВИЧА

**м. Одеса
2022 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: **121 «Інженерія програмного забезпечення»**

Освітня програма: **«Розробка програмного забезпечення»**

Група: **4РП-05**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 84 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Горшков А.В.)

Керівник _____ (Кривченко А.А.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Скорнякова О.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Скорнякова О.В.)

Завідувач відділення _____ (Суліма Ю.Ю.)

Захист « » _____ 2022 р. Протокол ДКК №

Оцінка ДКК _____

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення _____ комп'ютерних систем _____ Комісія _____ КТ і П
Спеціальність _____ 121 «Інженерія програмного забезпечення» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР _____
_____ Беркань І.В. _____
“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти _____ Горшкову Анатолію Вікторовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для розрахунку
джерел вторинного електроживлення _____

затверджена наказом по коледжу від “ _____ ” _____ 202 _____ р. № _____

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи) _____

1. Схеми випрямлячів з ємкісним та індуктивним навантаженням;

2. Схеми ключових стабілізаторів напруги;

3. Програма має розраховувати параметри елементів випрямлячів та стабілізаторів;

4. Передбачити відповідні попередження про некоректні початкові дані та точність обчислення;

5. Мова програмування – C++, операційна система – сімейства Windows.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Аналіз методів розрахунку параметрів джерел вторинного електроживлення

2. Розрахунок випрямних пристроїв

3. Розрахунок стабілізаторів напруги

4. Вибір програмних засобів для реалізації проекту

5. Розробка АПЗ для розрахунку джерел вторинного електроживлення

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

1. Схеми випрямлячів та стабілізаторів джерел вторинного електроживлення

2. БСА програмного розрахунку випрямлячів з ємкісним та індуктивним навантаженням

3. БСА програмного розрахунку випрямляча НПФ та силових ланцюгів ключових
стабілізаторів

4. Приклади роботи ПЗ для розрахунку джерел вторинного електроживлення

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Кривченко А.А.		
4. Економічна частина	Копайгородська Т.Г.		
5. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання _____ Кривченко А.А. _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування		
2.	Аналіз предметної області		
3.	Дослідження джерел вторинного електроживлення		
4.	Розрахунок випрямних пристроїв з ємкісним навантаж.		
5.	Розрахунок випрямних пристроїв з індуктивним навант.		
6.	Розрахунок стабілізаторів напруги		
7.	Огляд програмних засобів моделювання ДВЕЖ		
8.	Аналіз технічних вимог до апаратних засобів розробки		
9.	Вибір методу проектування ПЗ		
10.	Аналіз і вибір програмних засобів розробки		
11.	Загальний опис ПЗ для реалізації алгоритму		
12.	Розробка алгоритмів розрахунку випрямлячів та стабілізаторів і їх реалізація на мові C++		
13.	Випробування програмного продукту		
14.	Складання тексту ПЗ та оформлення креслень		
15.	Розробка питань з охорони праці та економічні розрах.		

Дипломник _____

(підпис)

Керівник _____

(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз методів розрахунку параметрів джерел вторинного електроживлення.....	10
1.1 Розрахунок випрямних пристроїв	10
1.1.1 Загальні відомості про випрямні пристрої.....	10
1.1.2 Розрахунок випрямлячів з ємкісною реакцією навантаження.....	16
1.1.3 Розрахунок випрямлячів з індуктивною реакцією навантаження.....	19
1.1.4 Розрахунок випрямлячів, що живляться напругою прямокутної форми.....	21
1.2 Розрахунок стабілізаторів напруги.....	24
1.2.1 Загальні відомості про стабілізатори напруги.....	24
1.2.2 Методика розрахунку ключових стабілізаторів напруги.....	28
1.3 Висновки за розділом.....	30
2 Програмні засоби для реалізації проекту.....	31
2.1 Вимоги до програмних засобів моделювання джерел вторинного електроживлення.....	31
2.2 Вибір операційної системи.....	33
2.3 Аналіз і вибір програмних засобів розробки.....	33
2.4 Загальний опис програмного забезпечення для реалізації алгоритму.....	42
3 Розробка АПЗ для розрахунку джерел вторинного електроживлення.....	45
3.1 Алгоритм розрахунку і програмна реалізація випрямних пристроїв.....	45
3.1.1 Випрямні пристрої з ємкісною реакцією навантаження.....	45
3.1.2 Випрямні пристрої з індуктивною реакцією навантаження.....	53
3.1.3 Випрямні пристрої, що живляться напругою прямокутної форми.....	59
3.2 Алгоритми розрахунку і програмна реалізація стабілізаторів напруги.....	63
3.3 Висновки за розділом.....	69
4 Економічна частина.....	70
4.1 Резюме	70
4.2 Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення.....	70

4.3 Розрахунок ціни програмного продукту.....	74
5 Охорона праці.....	76
Висновки.....	83
Перелік використаних джерел.....	84
Додаток А. Тестування програмного забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення.....	85

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ) є невід'ємною частиною будь-якої комп'ютерної техніки і в значній мірі визначають техніко-економічні показники апаратури.

Джерела вторинного електроживлення, що входять до складу комп'ютерної техніки, важко піддаються мініатюризації зважаючи на наявність таких великоабаритних елементів, як трансформатори живлення, згладжувачі дроселі, конденсатори фільтрів, радіатори охолодження. Тому в даний час поступове вдосконалення апаратури, направлене на поліпшення її технічних характеристик і розширення круга виконуваних задач, накладає усе більш жорсткі вимоги на параметри ДВЕЖ в частині забезпечення споживачів електроенергією високої якості: з низьким рівнем пульсацій і шумів, більш високою стабільністю, з малим внутрішнім опором і певними параметрами перехідних процесів. Ці підвищені вимоги значною мірою ускладнюють процес проектування ДВЕЖ, роблячи його тривалим і дорогим.

Традиційні методи проектування ДВЕЖ, що ґрунтуються на наближених інженерних розрахунках і відробітку параметрів на макеті, вступили в протиріччя з вимогами підвищення техніко-економічних параметрів, скорочення термінів проектування і зменшення вартості проектних робіт.

Сучасна комп'ютерна техніка в своєму складі має розгалужені системи вторинного електроживлення (СВЕЖ), які діляться на підсистеми по функціональному призначенню споживачів. Підсистеми електроживлення за способом здійснення перетворювально-стабілізуючих функцій можуть виконуватися централізованого, децентралізованого і комбінованого типів і реалізуються, як правило, з окремих функціональних вузлів або їх поєднань. До функціональних вузлів, широко вживаних в СВЕЖ, відносяться: випрямні пристрої (ВП), згладжувачі фільтри (ЗФ), лінійні компенсаційні стабілізатори напруги і струму, ключові стабілізатори напруги, статичні перетворювачі і ін.

Велике місце в комп'ютерній техніці займають ДВЕЖ, на входню напругу

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
						7
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

від 5 до 12 В і струми в навантаженні до 30 А і вище. Такі ДВЕЖ використовуються там, де потрібні добра стабілізація і низькі рівні пульсації вихідної напруги. Враховуючи, що цей клас джерел живлення складає чималу групу ДВЕЖ і визначає узагальнений рівень техніко-економічних показників СВЕЖ, даний напрямок схемотехніки вимагає подальшого розвитку в частині підвищення рівня мініатюризації і уніфікації, поліпшення характеристик по динамічній стабільності і підвищення надійності.

Враховуючи, що проблема розробки ДВЕЖ посилюється, як правило, малим часовим інтервалом, що відводиться інженерів-розробників на проектування схеми, подальший розвиток напрямків в області створення надійних і економічних ДВЕЖ, що володіють високими питомими показниками, не може бути успішним без використання сучасних комп'ютеризованих методів розрахунку, аналізу і оптимізації.

Методи автоматизованого проектування застосовуються для вирішення схемотехнічних і конструкторсько-технологічних задач. Метою вживання цих методів є підвищення продуктивності праці і жорсткості розробленої апаратури.

Електронні схеми ДВЕЖ характеризуються наявністю компонентів з нелінійними характеристиками. Аналітичний розрахунок таких ланцюгів представляє значну трудність навіть при використанні програмних засобів. Проте, існують методи наближеного розрахунку схем ДВЕЖ, що дозволяють з достатньою для інженерної практики точністю визначити основні параметри проектованої схеми. Такі методики орієнтовані, як правило, на певний клас схем, наприклад на конкретні типи випрамлячів, стабілізаторів, перетворювачів і інших пристроїв.

В рамках дипломної роботи неможливо розглянути всі напрямки у галузі проектування джерел вторинного електроживлення. Тому передбачається дослідити лише невелику частину і, отже, відповідно до технічного завдання, автоматизувати розрахунок лише для деяких пристроїв і типових схем. У даній роботі розглядаються випрямні пристрої і ключові стабілізатори напруги.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		0

Призначення випрямного пристрою полягає в перетворенні змінної напруги мережі живлення в постійну, яке використовується для живлення всіх електронних пристроїв.

Стабілізатором напруги називають пристрій, що підтримує з певною точністю незмінною напругу на навантаженні. Зміна напруги на навантаженні може бути викликане рядом причин: коливаннями напруги перемінного джерела живлення, змінами навантаження, зміною температури навколишнього середовища і так далі.

Необхідність автоматизації розрахунку джерел вторинного електроживлення, тобто створення алгоритмічного та програмного забезпечення, обумовлена досить складним і тривалим процесом ручного розрахунку. Створення програми дозволить істотно скоротити даний процес. Окрім цього, виключаються можливі помилки, які можуть виникнути при ручному розрахунку.

Метою даного дипломного проекту є дослідження методик розрахунку випрямних пристроїв і стабілізаторів напруги, що входять до складу джерел вторинного електроживлення. На основі цих методик будуть створені алгоритми розрахунку і виконана їх програмна реалізація на мові C++. Розроблене ПЗ за початковими даними дозволить розраховувати параметри елементів, що входять до складу джерел вторинного електроживлення.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
						0
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

1.1 Розрахунок випрямних пристроїв

1.1.1 Загальні відомості про випрямні пристрої

Випрямний пристрій (рис. 1.1), або випрямляч, зазвичай містить силовий трансформатор, електричні вентилі і згладжувачій фільтр, вихід якого з'єднується з навантаженням (споживачем енергії постійного струму).

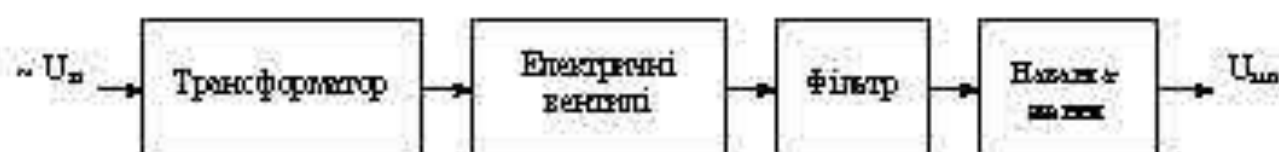


Рисунок 1.1. Структурна схема випрямного пристрою

Трансформатор служить для отримання необхідної величини напруги, що забезпечує необхідне значення випрямленої напруги при заданій напрузі мережі і для електричної ізоляції між вхідним і вихідним ланцюгами випрямляча.

Основним елементом випрямного пристрою є електричний вентиль – нелінійний прилад, опір якого для прямого напрямку струму в сотні-тисячі разів менше, ніж для зворотного. Саме ця властивість і використовується у випрямлячах для перетворення змінного струму в постійний. В якості вентилів зазвичай використовують напівпровідникові діоди.

За допомогою фільтру зменшуються змінні складові випрямленого струму, обумовлені наявністю нелінійного елемента (вентилів). Іншими словами, фільтр призначений для згладжування пульсацій напруги на навантаженні.

Як вивідок, у складі випрямного пристрою може бути відсутнім згладжувачій фільтр або трансформатор. Випрямлячі без згладжувачого фільтру застосовуються порівняно рідко. Проте їх застосовують для живлення комутаційної апаратури (реле, контактори) і в тих випадках, коли пульсація напруги на навантаженні не має істотного значення. Багатофазні схеми

випрямлячів (наприклад, схема Ларіонова) часто дозволяють обійтися без згладжувачого фільтру.

Відсутність трансформатора на вході випрамного пристрою передбачає можливість живлення випрямляча безпосередньо від мережі без зміни живлячої (мережевої) напруги і без перетворення числа фаз випрамленого струму. Таких випадків може опинитися багато, але вони не є характерними для більшості пристроїв електроживлення.

Для випрямлячів принципове значення має характер навантаження, включеного на виході, тобто схема згладжувачого фільтру. У загальному випадку індуктивний характер навантаження приводить до збільшення, а ємкисний – до зменшення часу протікання струму через вентиль. В результаті міняються розрахункові співвідношення струмів і напруги, виникають фазові зсуви між струмами і напругами, значно ускладнюються перехідні процеси.

Випрямлячі, що працюють на ємкість, володіють високим ККД і великим внутрішнім опором в порівнянні з випрямлячами, що працюють на індуктивність, але дозволяють отримати добре згладжування випрамленої напруги при малих розмірах фільтру. Випрямлячі з ємкисним навантаженням використовуються в широкому діапазоні випрамленої напруги (від одиниць вольт до десятків кіловольт). Щоб уникнути зживання конденсаторів дуже великої ємкості, випрамлені струми не повинні перевищувати декількох сотень міліампер.

Випрямлячі з індуктивним характером навантаження застосовуються при великих струмах навантаження (понад 1 А) в широкому діапазоні випрамленої напруги. Окрім цього, ці випрямлячі доцільно застосовувати в тих випадках, коли потрібно обмежити величину імпульсу струму через вентиль. Якщо змінна напруга джерела стабілізована по середньому значенню, як це буває в джерелах напруги прямокутної форми з інтервалом між імпульсами, то для збереження стабільності випрамленої напруги необхідно використовувати випрямлячі, що працюють лише на фільтр з індуктивністю на вході.

Недоліками такого типу випрямлячів є перенапруження, що виникають на вихідній ємкості фільтру при включенні випрямляча і при змінах опору навантаження. Це може привести до пошкоджень в ланцюгах навантаження і особливо небезпечно для напівпровідникових схем.

Проектування випрямляча зводиться до вибору схеми і типу вентилів, розрахунку режиму вентилів, ефективних значень струмів і напруги обмоток трансформатора і визначення параметрів згладжувачого фільтру.

Як правило, всі елементи випрямного пристрою повинні розраховуватися комплексно, оскільки кожен подальший елемент істотним чином впливає на режим роботи попереднього і подальшого блоку (елементу) схеми. Наприклад, згладжувачий фільтр різко міняє режим роботи і розрахункові співвідношення струмів і напруги в ланцюзі вентилів і трансформаторі.

Проте, у багатьох випадках важливо розраховувати кожен блок пристрою окремо, обумовлюючи і враховуючи, якою мірою позначається взаємний вплив режимів роботи решти блоків схеми, використовуючи дані розрахунку одного блоку в якості початкових даних розрахунку для подальшого і попереднього блоку.

Наприклад, в результаті розрахунку випрямляча виходять початкові дані для розрахунку трансформатора і згладжувачого фільтру; при розрахунку згладжувачого фільтру можна отримати необхідні дані для розрахунку випрямляча і стабілізатора напруги.

Початковими даними для розрахунку є необхідні значення вихідного струму і напруги при заданих допустимих значеннях коефіцієнта пульсації. При цьому також враховуються умови живлення випрямляча, задані додаткові експлуатаційні вимоги і властивості розраховуваного випрямного пристрою.

В процесі розрахунку окремих блоків доводиться зіставляти отримані дані з тими, які відомі або отримані при розрахунку блоків, передуючих в схемі розраховуваним блокам.

Методика розрахунку того або іншого випрямного пристрою залежить від режимів роботи цього пристрою і його типу.

Двохнапівперіодна схема (рисунки 1.2 б і 1.3 а) застосовується в пристроях невеликої потужності при випрямленій напрузі до 500-600 В. Частота пульсації випрямленої напруги в 2 рази більше частоти мережі живлення, що дозволяє зменшити згладжувачий фільтр. В порівнянні з однофазною мостовою схемою ця схема дозволяє в два рази зменшити число вентилів (при низькій напрузі).

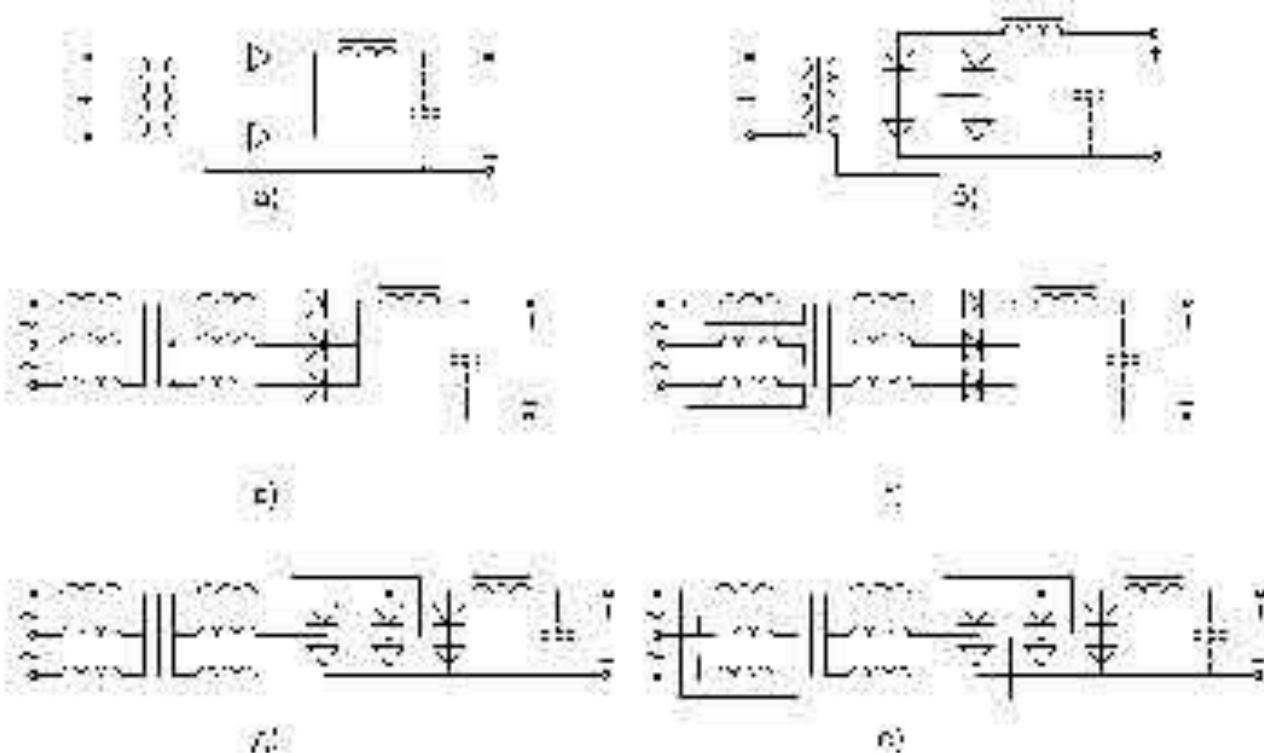


Рисунок 1.3. Схеми випрямлення, що працюють на індуктивність

У однофазній мостовій схемі, яку інколи називають двохнапівперіодною мостовою (рисунки 1.2 б і 1.3 б), зворотна напруга на вентилі в два рази менше, ніж в одно- і двохнапівперіодній схемах, а частота пульсації така ж, як в двохнапівперіодній схемі. Мостова схема характеризується добрим використанням потужності трансформатора.

У схемі подвоєння напруги (рисунок 1.2 г), яку часто називають схемою Латура, зворотна напруга на вентилі в два рази менше, ніж в одно- і двохнапівперіодній схемах. Схема застосовується при випрямленій напрузі вище 700-800 В. Частота пульсації випрямленої напруги в два рази більше частоти мережі.

Трифазна схема (рисунки 1.2 б і 1.3 в, г) використовується для випрямлення не дуже високої напруги в тих випадках, коли по яких-небудь причинах не можна або незручно застосовувати більше трьох вентилів. Через мале падіння напруги на вентилях трифазна схема доцільна при дуже низькій випрямленій напрузі. Частота пульсації в три рази більше частоти живлячої мережі. Схема характеризується поганим використанням потужності трансформатора і порівняно великою зворотною напругою на вентилях.

У шестифазній схемі Ларіонова (рисунки 1.2 в і 1.3 б, в) зворотна напруга на вентилях майже в 2 рази менше, ніж в трифазній схемі, а частота пульсації в шість разів більше частоти живлячої мережі. Амплітуда першої гармоніки пульсації за відсутності перекосу фаз не перевищує 6% від випрямленої напруги. Схема володіє високими енергетичними параметрами в порівнянні з іншими схемами випрямлячів. У схемі Ларіонова не рекомендується сполучати вторинну обмотку трансформатора в трикутник через можливе перевантаження обмоток зрізаними струмами.

Часто виникає необхідність перетворення низької постійної напруги в змінну з подальшим її підвищенням або пониженням і випрямленням. Для перетворення постійної напруги в змінну вигідно використовувати перетворювачі на транзисторах, що працюють в ключовому режимі і тому володіють високим ККД. Такі перетворювачі виробляють змінну напругу у вигляді імпульсів прямокутної форми, амплітуда яких прямо пропорційна постійній напрузі джерела живлення.

Для стабілізації змінної напруги, що виробляється транзисторними перетворювачами, застосовують схеми з регулюванням тривалості прямокутного імпульсу, що дозволяє зберегти високий ККД перетворювача. Стабілізацію змінної напруги можна здійснити, підтримуючи незмінним середнє (випрямлене) або ефективне (діюче) значення напруги.

1.1.2 Розрахунок випрямлячів з емкисною реакцією навантаження

Для розрахунку випрямлячів з емкисною реакцією навантаження використовують метод, заснований на наближених графоаналітичних обчисленнях. Для розрахунку випрямляча необхідно мати наступні дані:

- випрямлена напруга E_0 ;
- випрямлений струм I_0 ;
- коефіцієнт пульсації $\lambda_{\text{до}}$;
- напруга живильної мережі U_0 ;
- частоту напруги f .

Методика розрахунку для різних типових схем однакова. Відзнаки при розрахунку схем полягають лише в різних коефіцієнтах K_i ($i = \overline{1,10}$) у формулах. Для кожної схеми ці коефіцієнти мають певне значення і представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Тип випрямляча	Коефіцієнти									
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
1п1ф	1	2,3	1	1	1	1	2	1	2,828	1,84
1п2ф	0,5	4,7	2	1	0,5	1	1,8	1	2,828	1,63
2п1ф	0,5	3,5	2	1	0,707	0,707	1,5	2	1,414	1,63
2п1фу	1	0,9	1	0,5	1,414	0,707	1,5	1	2,828	2,95
1п3ф	0,333	6,9	3	1	0,333	1	2,15	1	2,828	0,72
2п3ф *	0,333	4,5	6	0,578	0,333	0,707	1,25	2	2,44	0,92
2п3ф Δ	0,333	13,5	6	1	0,193	1,23	1,25	2	1,414	0,53

Після вибору схеми переходять до оцінки вентилів. Середній прямий струм діода

$$I_{\text{до}} = K_1 I_0. \quad (1.1)$$

Для зворотної напруги і імпульсного струму діода є наближені формули, але після розрахунку трансформатора можна отримати їх точні значення. Розрахунок трансформатора починається з визначення індукції B_T , яка знаходиться по таблиці на основі приблизних розрахунків потужності

трансформатора. Але для програмної реалізації використаємо наступну формулу

$$B_1 = 1,2 - 0,4 \sin(0,003 E_0 I_0). \quad (1.2)$$

Після цього обчислюємо опір фази вторинної обмотки

$$r_2 = K_2 \cdot \frac{E_2}{I_2 f B_2} \sqrt{\frac{f B_2}{E_2 I_2}}. \quad (1.3)$$

Активний опір фази випрямляча рівний

$$r = K_3 R_1 + r_2, \quad (1.4)$$

де $R_1 \approx \frac{0,2}{I_{1n}}$ – внутрішній опір вентилів.

Визначаємо допоміжний параметр

$$A_1 = \operatorname{tg} \theta - \theta = \frac{\pi I_2}{K_1 E_1}. \quad (1.5)$$

Вирішуючи трансцендентне рівняння $\operatorname{tg} \theta - \theta = A_1$, знаходимо кут відхилення струму θ . При ручному розрахунку він визначається по графіку. При програмній реалізації для знаходження θ використаємо чисельний метод ділення відрізка напів.

ЕДС вторинної обмотки трансформатора рівна

$$U_{2n} = \frac{K_4 E_2}{\sqrt{2} \cos \theta}. \quad (1.6)$$

Визначаємо допоміжний коефіцієнт

$$D_1 = \frac{\sqrt{x [\theta (1 + 0,5 \cos 2\theta) - 0,75 \sin 2\theta]}}{\sin \theta - \theta \cos \theta}, \quad (1.7)$$

який при ручному розрахунку можна визначити по графіку. Знаючи коефіцієнт D_1 , знаходимо ефективний струм вторинної обмотки

$$I_2 = K_5 D_1 I_0. \quad (1.8)$$

Ефективний струм первинної обмотки

$$I_1 = \frac{K_6 I_2 U_{2n}}{U_c}. \quad (1.9)$$

Габаритна потужність трансформатора приблизно

$$P_{\text{габ}} \approx K_7 P_0 = K_7 E_0 I_0. \quad (1.10)$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Визначаємо параметри діодів. Зворотна напруга діода рівна

$$U_{обр} = K_4 U_{\Sigma} \quad (1.11)$$

Ефективний струм діода

$$I_a = K_5 I_2 \quad (1.12)$$

Знаходимо допоміжний коефіцієнт F_0

$$F_0 = \frac{\pi(1 - \cos \theta)}{\sin \theta - \theta \cos \theta} \quad (1.13)$$

і розраховуємо імпульсний струм діода

$$I_v = \frac{F_0 I_a}{K_1} \quad (1.14)$$

Потужність, що виділяється на одному вентилі при протіканні струму в прямому напрямку

$$P_v = \frac{I_v^2 \cdot 0,2}{I_{кр}} \quad (1.15)$$

Необхідне значення ємкості конденсатора фільтру обчислюється за формулою

$$C_f = \frac{H_0}{r \cdot a_{\Sigma} \cdot f} \quad (1.16)$$

де H_0 – допоміжний коефіцієнт, залежний від кута θ і від числа фаз випрямлення (коефіцієнт K_3). Він знаходиться по формулі

$$H_0 = 25330 \cdot (2\theta - \sin 2\theta) \cdot \cos \theta, \quad (1.17)$$

при $K_3 = 1$, або

$$H_0 = 101000 \cdot \frac{[\sin(K_3 \theta) \cdot \cos \theta - K_1 \cdot \cos(K_3 \theta) \cdot \sin \theta]}{K_1 \cdot (K_1^2 - 1) \cdot \cos \theta}, \quad (1.18)$$

при $K_3 > 1$. При ручному розрахунку коефіцієнт H_0 визначається з графіка.

Для розрахунку внутрішнього опору випрямляча необхідно визначити проміжну точку характеристики навантаження

$$E = \frac{U_{2r} \sqrt{2} \cos \theta}{K_1} \quad (1.19)$$

$$I = 0,45 \cdot \frac{K_1 U_{2r} \cdot (\sin \frac{\theta}{2} - \frac{\theta}{2} \cdot \cos \frac{\theta}{2})}{K_1 \cdot r} \quad (1.20)$$

Тоді внутрішній опір випрямляча рівний

$$R_i = \frac{E - E_a}{I_a - I} \quad (1.21)$$

У розділі 3.1 розглянуто алгоритм розрахунку для програмної реалізації, заснований на даній методиці.

1.1.3 Розрахунок випрямлячів з індуктивною реакцією навантаження

Для розрахунку потрібні наступні початкові дані:

- випрямлена напруга E_a ;
- випрямлений струм I_a ;
- коефіцієнт пульсацій на виході фільтру $\alpha_{\text{в}}$;
- напруга живильної мережі U_1 ;
- частоту напруги f .

Відзнаки при розрахунку схем полягають лише в різних коефіцієнтах K_i ($i = \overline{1, 15}$) у формулах. Для кожної схеми ці коефіцієнти мають певне значення і представлені в таблиці 1.2.

Розрахунок починається з визначення параметрів трансформатора. Спочатку по формулах 1.1 і 1.2 знаходять індукцію B_m і опір r трансформатора. Індуктивність розсіяння трансформатора

$$L_s = K_{11} \cdot \frac{E_a}{I_a f B_m} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{f B_m}{E_a I_a}}} \quad (1.22)$$

Таблиця 1.2

Схема	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}
1п3ф	0,5	1	2	1	2,828	1,11	0,707	0,707	1,34	0,67	1,414	7	0,0055	1
2п1ф	0,5	1	2	2	1,414	1,11	1	0,707	1,11	0,67	1,414	5,2	0,0064	1
1п3ф	0,333	1	3	1	2,449	0,855	0,58	0,58	1,35	0,25	1,414	6,6	0,0033	0,47
2п3ф *	0,333	2	6	2	2,449	0,43	0,82	0,58	1,045	0,057	2,449	2,5	0,001	0,82
1п6ф Δ	0,333	0,67	6	2	1,449	0,74	0,41	0,58	1,045	0,057	1,414	7,6	0,0033	0,47
1п6ф *	0,167	1	6	1	2,828	0,74	0,41	0,41	1,43	0,057	1,414	6	0,0033	0,47

Тоді випадкова напруга при холостому ході рівна

$$E_{0\%} = E_0 + \Delta E_r + \Delta E_x + \Delta E_{\text{в.с.}} + \Delta E_{\text{в.р.}}, \quad (123)$$

де падіння напруги на активному опорі трансформатора $\Delta E_r = K_2 I_0 r_T$, на реактивному – $\Delta E_x = K_3 I_0 f L_S$, на витягач в схемі – $\Delta E_{\text{в.с.}} = K_4 \Delta E_x \approx K_4 \cdot 0,6$; падіння напруги на дроселі $\Delta E_{\text{в.р.}} \approx 0,005 \cdot E_0$.

ЕДС вторинної обмотки трансформатора рівна

$$U_{2\%} = K_6 E_{0\%}. \quad (124)$$

Ефективний струм вторинної обмотки

$$I_2 = K_7 I_0. \quad (125)$$

Ефективний струм первинної обмотки

$$I_1 = K_{14} I_0 n, \quad (126)$$

де $n = U_2/U_1$ – коефіцієнт трансформації.

Габаритна потужність трансформатора рівна

$$P_{\text{г.т.}} = K_9 E_{0\%} I_0. \quad (127)$$

Визначаємо параметри діода. Зворотна напруга діода рівна

$$U_{\text{об.р.}} = K_5 U_{2\%}. \quad (128)$$

Середній прямий струм діода

$$I_{0\%} = K_1 I_0. \quad (129)$$

Імпульсний прямий струм $I_{\text{п}} = I_0$. Розсіювана діодом потужність

$$P_d = \Delta E_x I_{0\%} \approx 0,6 I_{0\%}. \quad (130)$$

Знаходимо мінімальну індуктивність дроселя

$$L_{\text{д.р.}} = \frac{2E_x}{(K_1^2 - 1) K_7 f I_0}. \quad (131)$$

Тоді ємність фільтру

$$C = \frac{q_n \cdot 10^6}{K_1^2 \cdot 4\pi^2 f^2 L_{\text{д.р.}}}, \quad (132)$$

де $q_n = a_{\text{об}}/a_{\text{сл}} = K_{10}/a_{\text{сл}}$, $a_{\text{сл}}$ – коефіцієнт пульсацій на вході фільтру (постійний для даної схеми). Робоча напруга конденсаторів має бути

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

розрахована на холостий хід випрямлена, тобто $U_{\text{ред}} \geq E_{0, \text{с-0}} = K_{11} U_{\Sigma}$, де $E_{0, \text{с-0}}$ – випрямлена напруга холостого ходу випрямлена при $C > 0$.

Внутрішній опір випрямлена рівний

$$R_s = \frac{E_{s0} - E_s}{I_s} \quad (133)$$

Критична точка характеристики навантаження визначається по формулах

$$I_{s, \text{кр}} = \frac{E_s}{(K_s^2 - 1) K_{12} f I_{s, \text{ном}}}, \quad (134)$$

$$U_{s, \text{кр}} = E_s + (I_s - I_{s, \text{кр}}) \cdot R_s. \quad (135)$$

У розділі 3.1 розглянуто алгоритм розрахунку його програмна реалізація, створена на основі даної методики.

1.1.4 Розрахунок випрямленні, що знаходяться ся напругою прямокутної форми

Початковими даними для розрахунку є:

- випрямлена напруга E_0 ;
- випрямлений струм I_0 ;
- коефіцієнт пульсації a_0 ;
- напруга живильної мережі U_1 ;
- частота напруги f ;
- шпаруватість β .

Нижче приводиться узагальнена методика розрахунку в разі індуктивної і ємкісної реакції навантаження. За невеликим винятком, відмінність при розрахунку для цих типів реакції навантаження полягає в різних коефіцієнтах K_i ($i = \overline{1, 5}$) у формулах. Деякі з цих коефіцієнтів залежать від значення шпаруватості β , тому бажано їх обчислити до початку основних розрахунків. Значення і формули для розрахунку коефіцієнтів представлені в таблиці 1.3. Різниця відзнак між розрахунками для ємкісної і індуктивної реакції навантаження буде вказана у міру викладу методики.

Спочатку визначаємо опір трансформатора

$$\gamma_s = K_1 \cdot \sqrt{\frac{L_2 E_s}{f T_s}} \quad (136)$$

Після цього знаходимо ЕДС вторинної обмотки

$$U_2 = K_2 E_0 + K_3 \Gamma T I_0 + K_4 \quad (137)$$

і габаритну потужність трансформатора

$$P_{\text{габ}} = 1,1 \cdot U_2 I_0 K_5 \quad (138)$$

Таблиця 1.3

	Схема					
	Зіндуктивно реакцією навантаження		З емвісною реакцією навантаження			
	2п2ф з ср.точ.	2п1ф мостова	Одно- напів- періодна	3 серед. точ.	Мостова	Подво- єння
K ₁	5,5	4,08	1,9	3,9	2,9	0,75
K ₂	1,01	1,01	1	1	1	0,5
K ₃	1	1	2β	β	2β	2
K ₄	1	2	√2β	√2β	2√2β	√ $\frac{1}{\beta}$
K ₅	$\frac{1+\sqrt{\beta+1}}{2}$	1	$\frac{1+\sqrt{\beta+1}}{2}$	1,18	1	2
K ₆	$\frac{1}{2}$	1	2	$\frac{1}{2}$	1	14
K ₇	$\frac{\beta}{\sqrt{2}}$	β	$\sqrt{\frac{2\beta-1}{\beta}}$	0,846	1	1
K ₈	β	$\frac{\beta}{2}$	1	1	1	1
K ₉	1	1	2	1	1	2
K ₁₀	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	√2β	$\frac{\sqrt{\beta}}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{\beta}}{\sqrt{2}}$	0,7 · √2β

Ефективний струм вторинної обмотки

$$I_2 = I_0 \sqrt{K_6 \beta} \quad (139)$$

Ефективний струм первинної обмотки

$$I_1 = 1,1 \cdot K_7 I_0 n, \quad (140)$$

де $n = U_2/U_1$ – коефіцієнт трансформації

Визначаємо параметри діодів. Зворотня напруга діоду дорівнює

$$U_{\text{ср}} = 2 K_2 U_{\Delta} \quad (1.41)$$

Середній прямий струм діода при розрахунку випрямного пристрою з індуктивною реакцією навантаження обчислюється за формулою

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\Delta}}{2}, \quad (1.42)$$

а в разі ємкісної реакції навантаження:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\Delta} K_4}{2}. \quad (1.43)$$

Імпульсний прямий струм діода

$$I_{\text{и}} = I_0 \beta K_0. \quad (1.44)$$

Розсіювана діодом потужність

$$P_{\text{д}} = K_{10} I_0. \quad (1.45)$$

Обчислюємо ємкість конденсатора фільтру. При індуктивній реакції навантаження вона різна

$$C = \frac{10^7 \cdot I_{\Delta}}{4 \pi a_n E_s f}. \quad (1.46)$$

В разі ємкісної реакції навантаження, ємкість конденсатора обчислюється за формулою

$$C = \frac{K_4 I_{\Delta} \cdot K_4 \beta \cdot \sin\left(\frac{\pi}{K_4 \beta}\right) \cdot 10^7}{2 a_n E_s f}. \quad (1.47)$$

При розрахунку випрямляча з індуктивною реакцією навантаження необхідно ще розрахувати індуктивність дроселя і внутрішній опір випрямляча.

Індуктивність дроселя

$$L_{\text{д}} = 0,1 \cdot \frac{E_s \beta \sin \frac{\pi}{\beta}}{I_{\Delta} f}. \quad (1.48)$$

Внутрішній опір випрямляча

$$R_{\text{в}} = \frac{U_{\text{ср}} - E_s}{I_{\Delta}} \cdot \frac{2}{K_4}. \quad (1.49)$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1.2 Розрахунок стабілізаторів напруги

1.2.1 Загальні відомості про стабілізатори напруги

Стабілізатори напруги за принципом дії можна розділити на два принципово різних види:

- стабілізатори безперервної дії, регулюючим елементом яких є плавно регульований опір;
- ключові, або імпульсні, стабілізатори, регулюючим елементом яких є ключ, що періодично замикається і розмикається; стабілізація в цьому випадку досягається зміною шпаруватості роботи ключа.

До переваг стабілізаторів безперервної дії відносяться простота схеми, високий ступінь згладжування пульсацій, відсутність перешкод, зайвчай супроводжувачих роботу ключових стабілізаторів.

Недоліком стабілізаторів безперервної дії є неможливість отримання ККД вище 40-60% через втрати в регулюючому елементі. Крім того, для розсіювання цієї потужності регулюючий елемент доводиться забезпечувати радіатором з великою поверхнею охолодження, що приводить до значних габаритів джерел живлення. Вказані недоліки обмежують можливість використання таких стабілізаторів, наприклад, в апаратурі, призначеній для установки на літальних апаратах всіх видів, зокрема, на штучних супутниках Землі, де енергоресурси вельми обмежені і об'єм та вага апаратури мають вирішальне значення. У цих випадках застосовуються ключові стабілізатори.

Основними перевагами ключових стабілізаторів напруги (КСН) є: високий ККД, малі габарити і маса, висока питома потужність. Всіх перерахованих властивостей ці джерела живлення набули завдяки вживанню ключового режиму при роботі силових елементів. До недоліків КСН зайвчай відносять: складність схеми, наявність високочастотних шумів і перешкод, збільшення пульсації вихідної напруги, великий час виходу на робочий режим.

Безперервні і ключові стабілізатори, у свою чергу, можна розділити на компенсаційні і паразитичні.

Компенсаційні стабілізатори характеризуються наявністю елементів, контролюючих величину вихідної напруги і вироблюючих сигнал помилки. Останній через систему зворотного зв'язку впливає на регулюючий елемент, підтримуючи вихідну напругу постійною.

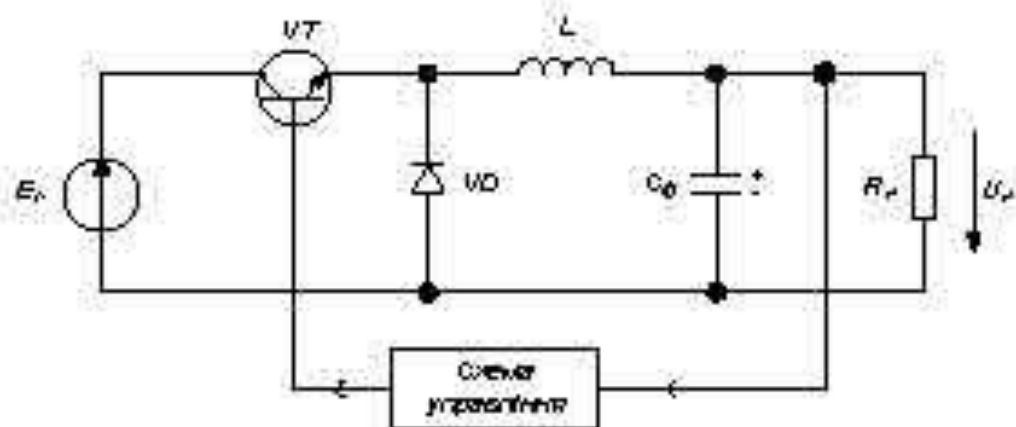
Параметричні стабілізатори характеризуються відсутністю елементів, контролюючих вихідну напругу. Робота таких стабілізаторів ґрунтується на використанні характеристик нелінійних елементів.

У даному дипломному проекті досліджуються компенсаційні стабілізатори напруги влючового типу.

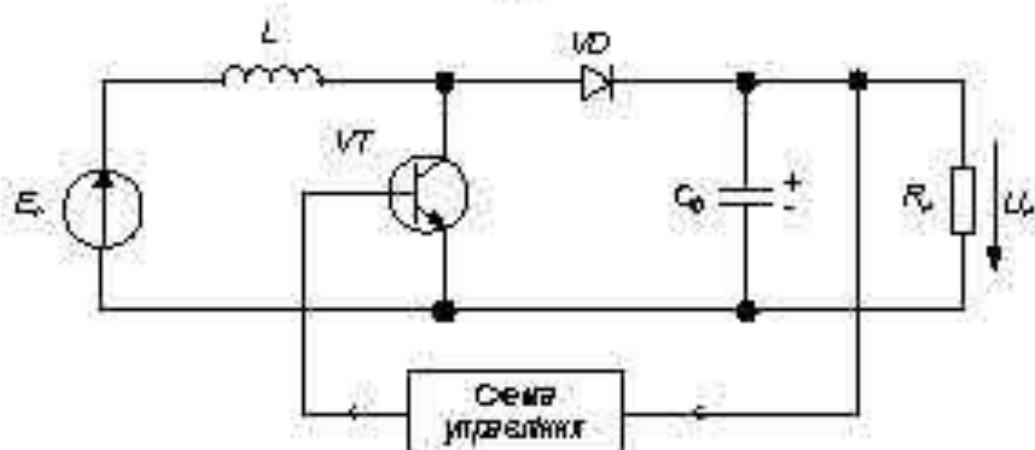
Існують три основні схеми КСН: змускувальних, підсилювальних, інвертуючих. Основні схеми КСН описуються системою математичних виразів, що визначає параметри електричних процесів в силових ланцюгах пристрою і енергетичних співвідношень.

У КСН змускувального типу (рисуюнок 1.4 а) регулюючий елемент РЕ і L включені послідовно з навантаженням R_n . В якості РЕ використовується транзистор, що працює в режимі перемикань, при якому він по черзі знаходиться в режимі насичення (коли він повністю відкритий) або в режимі відсічення (коли він повністю закритий). При відкритому транзисторі протягом часу t_1 енергія від вхідного джерела постійного струму (або випрямлена з вхідною напругою U_0) передається в навантаження через дросель L , в якому накопичується надлишок енергії. При закритому транзисторі протягом часу t_2 накопичена в дроселі енергія через діод VD передається в навантаження. Період комутації (перетворення) рівний $T_n = t_1 + t_2$.

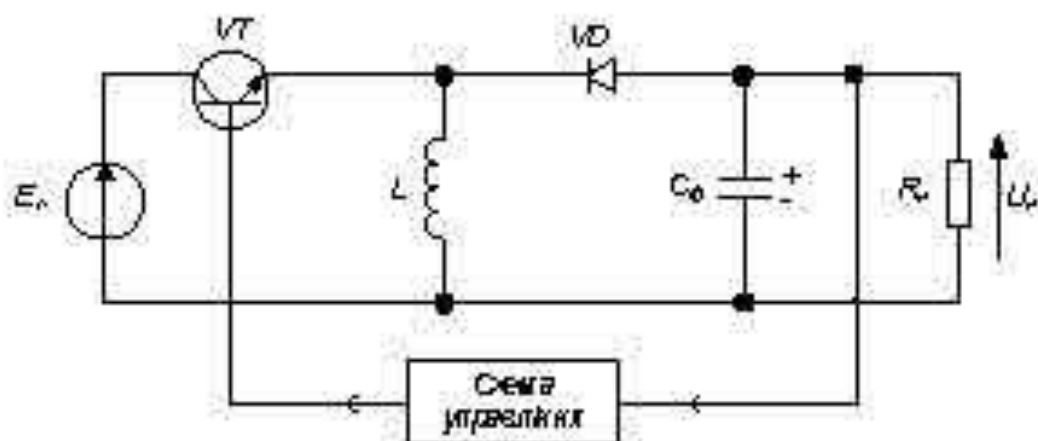
РЕ перетворює (моделює) вхідну постійну напругу U_0 в серію послідовних імпульсів певної тривалості і частоти, а згладжувачий фільтр, що складається з діода VD , дроселя L і конденсатора C демодулює їх знову в постійну напругу U_n . При зміні вхідної напруги U_0 або струму в навантаженні R_n в імпульсному стабілізаторі за допомогою ланцюга зворотного зв'язку тривалість імпульсів змінюється таким чином, що вихідна напруга U_n залишається стабільною з певним ступенем точності.



а)



б)



в)

Рисунок 1.4. Схеми ключових стабілізаторів напруги: знижувального (а), підвищувального (б) і інвертувального (в)

Імпульсний режим роботи дозволяє значно зменшити потужність втрат в регулювальному елементі і тим самим підвищити ККД джерела живлення,

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист
20

зменшити його масу і габарити. У цьому полягає експлуатаційна перевага імпульсних стабілізаторів перед безперервними стабілізаторами.

КСН залежно від способу управління регулюючим транзистором можуть виконуватися з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), частотно-імпульсною модуляцією (ЧІМ) або релейного типу. У ШІМ – стабілізаторах в процесі роботи змінюється тривалість імпульсу t_1 , а частота комутації залишається незмінною, в ЧІМ – стабілізаторах змінюється частота комутації, а тривалість імпульсу t_1 залишається постійною, в релейних стабілізаторах в процесі регулювання напруги змінюється і тривалість імпульсу і частота; це є їх основним недоліком, що обмежує вживання.

У підвищувальному стабілізаторі (рисунк 1.4 б) регулюючий елемент РЕ (транзистор) підключений паралельно навантаженню R_n . Діод VD блокує навантаження R_n і конденсатор фільтру C від регулюючого елемента РЕ. Коли регулюючий транзистор відкритий, струм від джерела живлення U_0 протікає через дросель L , запасавчи в ньому енергію. Діод VD при цьому відсікає (блокує) навантаження і не дозволяє конденсатору C розрядитися через відкритий регулюючий транзистор. Струм в навантаження в цей проміжок часу поступає лише від конденсатора C . У наступний момент, коли регулюючий транзистор закритий, ЕДС самоіндукції дроселя L підсумовується з вхідною напругою і енергія дроселя віддається в навантаження, при цьому вихідна напруга виявляється більшою вхідної напруги живлення U_0 . На відміну від КСН знижувального типу тут дросель не є елементом фільтру, а вихідна напруга стає більшою вхідної на величину, визначувану індуктивністю дроселя L і штаруватістю роботи регулюючого транзистора.

Схема управління стабілізатором на рисунку 1.4 б побудована таким чином, що при підвищенні, наприклад, вхідної напруги живлення U_0 зменшується тривалість відкритого стану t_1 регулюючого транзистора на таку величину, що вихідна напруга U_n залишається незмінною з певним ступенем точності.

Зм	ЛСТ	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

кожного типу стабілізатора вона обчислюється по своєму. Її розрахунок можна починати після визначення критичної індуктивності дроселя L .

Таблиця 1.4

Вимірюваний параметр	Тип КСН		
	Знижувальний	Інвертуючий	Ізобувувальний
Критична індуктивність дроселя L	$\frac{500 E_1 (E_2 - E_1)}{f I_1 E_2}$	$\frac{500 E_1 E_2}{f I_1 (E_2 + E_1)^2}$	$\frac{500 E_2 (E_1 - E_2)}{f I_1 E_1^2}$
Середній струм дроселя I_D	I_1	$I_1 \frac{E_2 + E_1}{E_2}$	$I_1 \frac{E_1}{E_2}$
Змінна складова струму дроселя $I_{D\Delta}$	$\frac{E_1 (E_2 - E_1)}{2f E_2 L}$	$\frac{E_2 E_1}{2f (E_2 + E_1) L}$	$\frac{E_2 (E_1 - E_2)}{2f E_1 L}$
Амплітуда колекторного струму $I_{C\Delta}$	$I_1 + I_1 \Delta$		
Ефективний струм колектора I_C	$I_1 \sqrt{\frac{E_1}{E_2}}$	$\frac{I_1}{E_2} \sqrt{E_1 (E_2 + E_1)}$	$\frac{I_1}{E_2} \sqrt{E_1 (E_1 - E_2)}$
Напруга колектор-емітер U_{CE}	E_2	$E_2 + E_1$	E_1
Потужність, що розсівається транзистором P_{T0}	$I_1 \left(0,07 E_2 + \frac{2E_1}{E_2} \right)$	$I_1 \left(0,07 (E_2 + E_1) + \frac{2E_1}{E_2 + E_1} \right)$	$\frac{I_1 E_1 (0,07 E_2 + 2)}{E_2}$
Середній струм діода I_D	$I_1 \frac{E_2 - E_1}{E_2}$	I_1	I_1
Зворотна напруга діода U_{D1}	E_2	$E_2 + E_1$	E_1
Потужність, що розсівається діодом P_D	$0,8 I_1 \frac{E_2 - E_1}{E_2}$	$0,8 I_1 \frac{E_1}{U_{D1}}$	
Вхідний струм стабілізатора I_{in}	$\frac{E_1 I_1 + P_{T0} + P_D}{E_2}$		
ККД η	$\frac{E_1 I_1}{E_2 I_{in}}$		

Для знижувального КСН метод розрахунку наступний. Спочатку визначається коефіцієнт згладжування фільтру Q

$$Q = \frac{E_s \cdot \left[22 - 25 \cdot \left(\frac{E_s}{E_{s0}} - 0.1 \right) \right]}{U_s} \quad (150)$$

Добуток індуктивності на ємкість фільтру рівний

$$X(N) = \frac{25 \cdot (Q^{\frac{1}{n}} + 2)}{f^2} \quad (151)$$

де N – кількість ланок фільтру. Тоді ємкість фільтру

$$C(N) = \frac{X(N)}{L} \quad (152)$$

Амплітуду напруги пульсацій можна обчислити за формулою

$$U_{puls}(N) = U_s \cdot Q^{\left[\frac{1}{n} \right]} \quad (153)$$

Для підвищувального КСН ємкість фільтру визначається з формули

$$C = \frac{10^6 \cdot I_s (E_s - E_{s0})}{f E_s U_s} \quad (154)$$

Для полярно-інвертуючого КСН ємкість фільтру рівна

$$C = \frac{10^6 \cdot I_s E_s}{f (E_s + E_{s0}) U_s} \quad (155)$$

а ємкість вхідного конденсатора фільтру рівна

$$C_{in} = \frac{10^6 \cdot I_s E_s}{f a_n E_{s0} (E_s + E_{s0})} \quad (156)$$

1.3 Висновки за розділом

У наведеному розділі розглянуті основні види випрямних пристроїв і імпульсних, або ключових стабілізаторів напруги. Наведені типові схеми і їх характеристики. Для кожного пристрою представлена узагальнена методика розрахунку. Для випрямних пристроїв основними визначуваними параметрами є параметри трансформатора, діодів, фільтру, внутрішній опір випрямляча, а для ключових стабілізаторів напруги – параметри дроселя, діода, транзистора, фільтру. Дані методики розрахунку складалися з орієнтацією на подальшу програмну реалізацію.

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

2 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ

2.1 Вимоги до програмних засобів моделювання джерел вторинного електроживлення

Рівень математичного моделювання електронних схем в даний час виключно високій. Утворюються складні фізичні процеси в найрізноманітніших схемах, число типів яких дійсно не вимірює. Проте лише останніми роками системи математичного моделювання стали доступними масам інженерів, науковців і студентів. Траплялося це завдяки появі і швидкому відомою персональних комп'ютерів (ПК).

Інтегровані системи моделювання схемотехніки Місто-САР вигідно відрізняються від інших таких систем для ПК (наприклад, PSPICE) своїм чудовим сервісом. Найважчий етап проектування (задання схеми і її топологічний і математичний опис) в них реалізований простим і наочним графічним діалогом. Він нагадує збірку схем за допомогою конструктора, що містить кубики з компонентами електронних схем, з яких радіоаматор збирає потрібну схему. Не вимагається знання жодних вхідних мов для задання схем і управління системою в ході аналізу схем і їх моделювання. Результати аналізу виходять як в числовій (табличній формі), так і у вигляді графіків, що нагадують осцилограми, отримувані при дослідженні схем за допомогою електронного осцилографа, характерюграфа або вимірника частотних характеристик.

Після опису схеми система автоматично формує складні системи нелінійних і диференціальних рівнянь, що описують роботу схем, вирішує їх і виводить результати розрахунку в зручному для користувача вигляді. Як вона це робить – секрет розробника. Лише по окремих нюансах досвідченій фахівцеві може розібратися деякі секрети системи. Наприклад, що вона реалізована на мові QuickBasic (на це вказують пускові модулі цієї мови фірми Microsoft Inc.), що при аналізі в певній області використовується змінний крок в часі (йде адаптація до швидкості моделювання процесів) і так далі.

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист

31

Отже, головною відмінною особливістю системи автоматизованого аналізу електронних пристроїв (схем) Мікро-САР є завдання електронної схеми, що підлягає розрахунку, в графічному вигляді з контролем її зображення на екрані дисплея.

Система моделювання PSpice призначена для аналізу аналогових електронних схем різного функціонального призначення підсилювачів, активних фільтрів, компараторів, генераторів і тому подібне. До складу досліджуваних схем можуть входити компоненти наступних видів:

- пасивні компоненти R, L, C-компоненти;
- незалежні і залежні від часу джерела напруги і струму;
- напівпровідникові діоди;
- транзистори;
- лінійні багатообмотувальні трансформатори;
- залежні джерела струму, керовані струмом або напругою;
- залежні джерела напруги, керовані струмом або напругою;
- функціональні вузли.

Система PSpice дозволяє проводити наступні види аналізу:

- аналіз статичного режиму нелінійних схем і розрахунок передавальної функції по постійному струму;
- аналіз чутливості зміни статичного режиму і напруги на переходах транзисторів до варіації параметрів компонентів схеми;
- аналіз частотних характеристик схеми;
- аналіз внутрішніх шумів схеми в частотній області з обчисленням рівня теплового, дробу і фліккер-шуму на виході схеми та шуму, приведеного до входу;
- визначення вкладу кожного джерела шуму в загальний рівень шуму схеми;
- аналіз часових характеристик лінійних і нелінійних схем;
- Фур'є-аналіз в перехідному режимі;
- температурний аналіз.

2.2 Вибір операційної системи

Операційна система (ОС) є невід'ємною частиною ПК. ОС забезпечує управління всіма апаратними компонентами і підтримку роботи програм користувача, надаючи йому можливість загального управління машиною.

При виборі середовища виконання програми необхідно враховувати декілька чинників, а саме:

- складність і трудомісткість процесу проектування програмного забезпечення для конкретного середовища;
- наявність інструментальних засобів розробки програмного забезпечення;
- можливість внесення коректив в програму в процесі експлуатації;
- наявність засобів проектування призначеного для користувача інтерфейсу;
- швидкість виконання програми;
- надійність роботи програми і захищеність від програмних збоїв.

Можна виділити ряд переваг для розробки програмного забезпечення під управлінням ОС Windows:

- Графічний, призначений для користувача інтерфейс;
- Незалежність від зовнішніх пристроїв;
- Доступність всього об'єму оперативної пам'яті;
- Підтримка масштабованих шрифтів.

Основна перевага для створення програмного забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення на базі ОС Windows 7-10 – зручний графічний інтерфейс користувача, а також невисокі системні вимоги, завдяки чому і виберемо ОС з сімейства Windows 7-10.

2.3 Аналіз і вибір програмних засобів розробки

В даному підрозділі будуть розглянуті засоби, використання яких може бути доцільним у розробці даного програмного продукту, та з яких будуть обрані найкращі інструменти. В першу чергу розглянемо доступний набір високорівневих мов програмування, на яких буде написане ядро даного проекту.

Для поліпшення процесу розробки мови програмування повинні відповідати наступним вимогам:

1. Зрозумілий та чіткий синтаксис;
2. Статична типізація;
3. Глибокий інструментарій для кращого доступу до пам'яті;
4. Наявність вичерпної документації;
5. Підтримка за потреби інтеграції сторонніх засобів.

В даному випадку мова, яка найбільше підходить для написання даного програмного продукту буде відібрана на основі відповідності вищезазначеним критеріям та судженню автора про доцільність її використання, тому будуть проаналізовані п'ять наступних мов програмування, обрані за індексом TIOBE [8], це: Java, C, C++, C# та Python.

Мова Java – це мова програмування, початково розроблена компанією Sun Microsystems. Основною особливістю Java-програм є перетворення написаного користувачем тексту у спеціальний байт-код, завдяки чому такі програми можуть бути запуснені у будь-якому середовищі, що підтримує машину Java. Станом на 2022 рік Java є однією з найпопулярніших мов програмування [6]. Це у свою чергу є гарантією того, що для рішення існує вичерпна документація. Перевагою виконання програми на віртуальній машині є повна незалежність виконуваного коду від програмного і апаратного середовищ, що дозволяє запускати програми на Java будь-де, де існує працююча віртуальна машина. Також однією з особливостей Java є стійка система безпеки, яка заснована на тому, що виконання програми на Java контролює сама віртуальна машина [5]. Тому дії, що перевищують встановлені права програми, можуть викликати негайне переривання. Програми Java переводяться в байт-код, який виконується відповідною Java-машиною, яка в свою чергу обробляє байт-код і надсилає інструкції до апаратної частини як інтерпретатор. Одним з основних недоліків даної віртуальної машини є суттєве зниження продуктивності. Однак ряд деяких поліпшень дозволять збільшити швидкість виконання програм Java. Серед них можна виділити наступні, такі як:

програмування C суттєво вплинула на розвиток індустрії програмного забезпечення, і його синтаксис став основою для таких мов програмування, як C++, C# та Java. Мова C була розроблена як мова системного програмування, для якої можна створити однопрохідний компілятор. Стандартна бібліотека мови також не дуже велика. І, як наслідок, компілятори можна розробити відносно легко. Тому ця мова доступна на багатьох платформах. Крім того, незважаючи на свій низький рівень, мова орієнтована на багатоплатформність. Також програми, що відповідають стандартам мови, можуть бути скомпільовані для різних комп'ютерних архітектур. Метою мови було полегшити написання великих програм з мінімізацією помилок у порівнянні з асемблером, дотримувачись принципів процедурного програмування, але уникаючи всього, що може призвести до додаткових накладних витрат, характерних для мов високого рівня. Можна виділити наступні основні особливості C [2]:

1. Простий синтаксис, з якого у стандартну бібліотеку було перенесено багато основних функцій, таких як математичні функції або функції роботи з файлами;

2. Орієнтація на процедурне програмування;
3. Слаба статична типізація;
4. Використання препроцесора для абстрагування подібних операцій;
5. Доступ до пам'яті за допомогою вказівників;
6. Не велика кількість ключових слів;
7. Наявність покажчиків на функції і статичних змінних;
8. Области імен.

Однак у C відсутні:

1. Вкладені функції;
2. Засоби автоматичного управління пам'яттю;
3. Вбудовані засоби об'єктно-орієнтованого програмування;
4. Засоби функціонального програмування.

Деякі з відсутніх можливостей можуть бути змодельовані за допомогою вбудованих інструментів (наприклад, імітацію параметрів можна виконувати за

високопродуктивні сервери та ігри. В загальному існує багато реалізацій даної мови програмування, як вільних, так і комерційних, і для різних платформ. Також варто зазначити, що C++ мала величезний вплив на інші мови програмування, насамперед на Java і C#. Синтаксис C++ успадковується від C, адже одним з основних принципів розробки була підтримка сумісності з C. І хоча набір програм, які можна однаково успішно компілювати як компіляторами C, так і компіляторами C++, досить великий, але він не включає усі можливі програми на C. Мова C++ містить засоби розробки програмного забезпечення з контрольованою ефективністю для широкого кола задач, від утиліт низького рівня та драйверів до дуже складних програмних пакетів. Серед основних переваг цієї мови можна виділити наступні [5]:

1. Висока сумісність з мовою C. Тобто код C можна компілювати з мінімальними модифікаціями компілятором C++. Зовнішній мовний інтерфейс прозорий, тому бібліотеки C можна викликати з C++ без додаткових витрат;

2. Як наслідок попереднього пункту – обчислювальна продуктивність. Ця мова покликана дати програмісту максимальний контроль над усіма аспектами структури та порядку виконання програми. Жодна з функцій мови, які призводять до додаткових накладних витрат, не є обов'язковими для використання. Також існує можливість працювати з пам'яттю на низькому рівні;

3. Підтримка різних стилів програмування: традиційне імперативне програмування (структуроване, об'єктно-орієнтоване), узагальнене програмування, функціональне програмування;

4. Автоматичний виклик деструкторів об'єктів в належному порядку (зворотній виклик для конструкторів) спрощує і підвищує надійність керування пам'яттю та іншими ресурсами (відкриті файли, мережні підключення, з'єднання з базами даних тощо);

5. Перевантаження оператора дозволяє коротко і просто писати вирази для користувацьких типів в природному алгебраїчному вигляді;

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Завдяки такій архітектурі додатки, виготовлені за допомогою C++Builder, працюють надійно і стійко. C++Builder підтримує використання вже існуючих об'єктів, включаючи DLL, написані на C і C++, OLE сервера, VBX, об'єкти, створені за допомогою C++Builder. З готових компонент працюють додатки збираються дуже швидко.

Бібліотека об'єктів VCL включає стандартні об'єкти побудови призначеного для користувача інтерфейсу, об'єкти управління даними, графічні об'єкти, об'єкти мультимедіа, діалогів і об'єкти управління файлами, управління DDE і OLE.

Середовище розробника Embarcadero RAD Studio C++Builder показано на рис. 2.1.

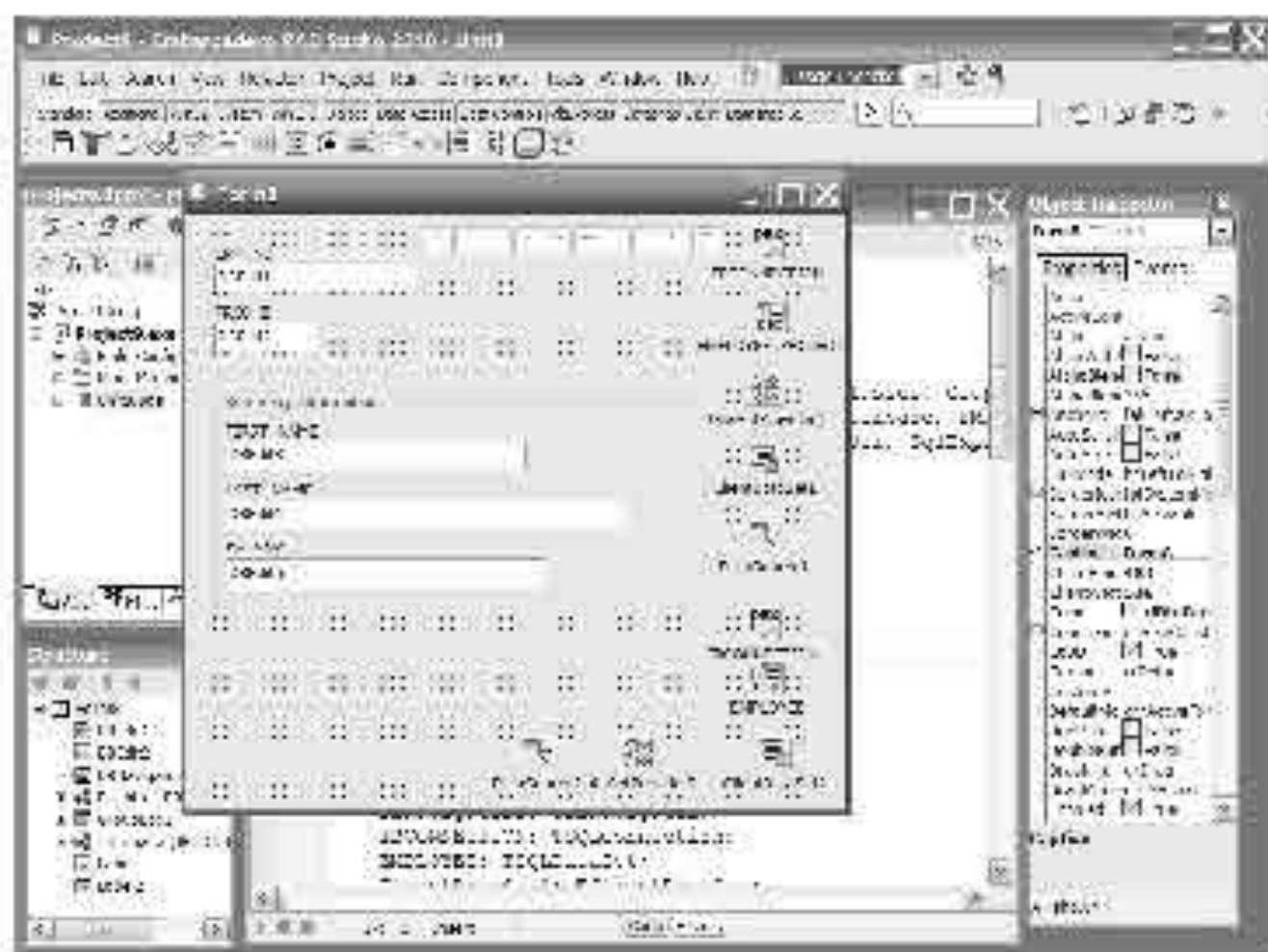


Рисунок 2.1. Embarcadero RAD Studio C++Builder: середовище розробника

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист
40

3 РОЗРОБКА АПЗ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДЖЕРЕЛ ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

3.1 Алгоритми розрахунку і програмна реалізація в випрямних пристроях

3.1.1 Випрямні пристрої з ємкісною реакцією навантаження

Алгоритм розрахунку складений по методиці розрахунку, розглянутій у розділі 1. Слід ще раз звернути увагу, що при ручному розрахунку деякі параметри і допоміжні коефіцієнти визначаються по графіках і таблицях. При програмній реалізації алгоритму використовуються відповідні апроксимувачі формули, по яких отримують приблизне значення. При дотриманні обмежень на вхідні дані отримуваний результат має достатній ступінь точності. Інакше, при порушенні певних умов, в алгоритмі передбачено виведення повідомлення про зниження точності розрахунку.

Після введення початкових даних здійснюється їх діагностика на наявність їх некоректності. На вхідні дані накладаються наступні обмеження:

- не допустимі негативні числа;
- вихідна потужність ($E_0 I_0$) не повинна перевищувати 500 Вт;
- вихідна напруга E_0 не менше 3 В;
- частота напруги f не більше 5 кГц;
- для двомагістерюдних трифазних схем коефіцієнт пульсацій $a_{\alpha 0}$ має бути менше 0,07.

За наявності в початкових даних негативних чисел видається помилка і подальший розрахунок неможливий. Якщо порушена якась інша умова, то буде лише видане попередження про зниження точності результату і питання про необхідність продовження розрахунку.

На рисунку 3.1 представлений алгоритм розрахунку для випрямного пристрою з ємкісною реакцією навантаження. Нижче представлений фрагмент програми, що реалізовує даний алгоритм на мові C++.


```
// Функція, що викликається при розрахунку еквівалентів
// з вибіркою реакцією навантажень
```

```
void __fastcall TApp::btnCapacityClick(TObject *Sender)
```

```
{
// -----
// Розрахунок еквівалентів з вибіркою реакцією навантажень
// -----

/* id - вибірка схеми:
0 - однокмізперіодна
1 - однокмізперіодна двофазна С.Т.
2 - двокмізперіодна однофазна мостова
3 - двокмізперіодна однофазна подвоєння
4 - однокмізперіодна трифазна
5 - двокмізперіодна трифазна зірка
6 - двокмізперіодна трифазна трикутник
*/

int id = comboScheme->ItemIndex;

// Масив коефіцієнтів K1..., K10 для кожної з схем:
// перші значення порожні (=0)
// щоб потім було зручніше користуватися (тобто не K{0}, а K{1})
double T[7][11]= {
{ 0, 1, 2.3, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 2.828, 1.84 },
{ 0, .5, 4.7, 2, 1, .5, 1, 1.8, 1, 2.828, 1.63 },
{ 0, .5, 3.5, 2, 1, .707, .707, 1.5, 2, 1.414, 1.63 },
{ 0, 1, .9, 1, .5, 1.414, .707, 1.5, 1, 2.828, 2.95 },
{ 0, .333, 6.9, 3, 1, .333, 1, 2.15, 1, 2.828, .72 },
{ 0, .333, 4.5, 6, .578, .333, .707, 1.25, 2, 2.44, .92 },
{ 0, .333, 13.5, 6, 1, .193, 1.23, 1.25, 2, 1.414, .53 }
};

// Масив коефіцієнтів K1..., K10 для вибраної схеми
double *K = T[id];

double V // Напруга мережі навантаження, В
E // Випрявлена напруга, В
A, // Випрявленої струм, А
P; // Коef. пульсацій
int F; // Частота напруги навантаження, Гц

// Набудемо значень змінних даних (так не йде перевірка)
if( !Rectifier_GetInputValues(V, F, E, A, P) )
return; // якщо помилка, то виходимо

// Для схем 2п3ф коефіцієнт пульсацій д.б. < 0.07
if( (id == 5 || id == 6) && P > 0.07 )
if( IDNO == Application->MessageBox(
"Коефіцієнт пульсацій д.б. < 0.07\!\!\Продовжити?"
"УВАГА", MB_YESNO)
)
}
```

Зм	Дата	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист
47

```

return;

//----- Визначення коефіцієнта V -----

// індукція трансформатора
double X = 1.2 - .4*sin(.003*E*A);

// опір трансф-ра
X = K[2]* E/F/X/A * sqrt(sqrt(F*X/E/A));

// середній струм діода
double Y = K[1]*A;

// опір фаз як еквівалент
X = K[8]*.2/Y + X;

double V = N_PI*X*A/(K[3]*E);

//----- Вирішення трансцендентного рівняння TG(TT) - TT = V ---

double B, C, D; // Допоміжні коефіцієнти
double TB = N_PI/2, TN = 0, TT; // TT - мут відсічення струму

// цикл (поки не буде досягнута потрібна точність 0,1%)
while( true )
{
    TT = (TB + TN)/2;
    B = tan(TT) - TT - V;
    C = .001*V;

    if( C >= fabs(B) || !B )
        break;
    else
        if( B < 0 ) TN = TT;
        else TB = TT;
}

//----- Розрахунок допоміжних коефіцієнтів -----

D = sqrt( N_PI*( TT*(1+.5*cos(2*TT)) -.75*sin(2*TT)) /
(sin(TT) - TT*cos(TT)) );
B = N_PI*(1-cos(TT))/(sin(TT)-TT*cos(TT));

if( K[3]> 1 ) // K[3] - число фаз еквівалентів
{
    C = 101E3*( sin(K[3]*TT)*cos(TT) -
K[3]*cos(K[3]*TT)*sin(TT) );
    C = C/( K[3]*(pow(K[3],2)-1)*cos(TT) );
}
else
{
    C = 25330*(2*TT - sin(2*TT))*cos(TT);
}

```

Зм	Дата	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

```

//----- Розрахунок кожиджою параметрів -----

double Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12;

// макруга Х.Х. трансформатора
Y1 = E*K[4]/1.41/cos(TT);

// зворотна макруга діода
Y2 = Y1*K[9];

// ефективні струми первинної і вторинної обмоток
Y3 = K[10]*A*Y1/U;
Y4 = K[5]*A*D;

// ефективної і імпульсної струми діода
Y5 = K[6]*Y4;
Y6 = B*A/K[3];

// ємність конденсатора
Y7 = C/(X*P*F);

// розсіювана діодом потужність
Y8 = pow(Y5,2) *.2/Y;

// габаритна потужність трансформатора
Y9 = K[7]*E*A;

// макруга і струм для побудови еквівалентної зм-гок
Y10 = 1.41*Y1*cos(TT/2) /K[4];
Y11 = .45*K[3]*Y1*(sin(TT/2)-TT/2*cos(TT/2)) /K[4]/X;

// внутрішній опір конденсатора
Y12 = (Y10 - E) / (A - Y11);

//----- Готуємо результати для виводу -----

// виводимо (якщо треба) інформацію про початкові дані
FillRectifierInputText();

AnsiString t;
char buf[128];

t = "\r\n БІЛЮГІ ДО ПАРАМЕТРІВ ТРАНСФОРМАТОРА: \r\n";
sprintf(buf " %d-%d.%d.f\r\n", "Габаритна потужність, Вт",
Y9); t += buf;
sprintf(buf " %d-%d.%d.f\r\n", "ЕДС вторинної обмоток, В", Y1);
t += buf; sprintf(buf " %d-%d.%d.f\r\n", "Ефективної струм
вторинної обмоток, А, Y4); t += buf;
sprintf(buf " %d-%d.%d.f\r\n", "Ефективної струм первинної
обмоток, А, Y3); t += buf;
t += "\r\n БІЛЮГІ ДО ПАРАМЕТРІВ ДІОДІВ: \r\n";

```

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ


```

    if( IDNO == Application->MessageBox(
        "Емкідна напруга < 3 В. \Точність розрахунку
зменшується. \Продовжити?", "УВАГА", MB_YESNO)
    )
    // Якщо напруга "Висока", то не продовжувати розрахунок
        result = false;
    }

    if( result && E*A > 500 )
    {
        if( IDNO == Application->MessageBox(
            "Емкідна потужність перевищує 500 Вт. \Точність
розрахунку зменшується. \Продовжити?",
            "УВАГА", MB_YESNO)
        )
            result = false;
    }

    if( result && F > 5000 )
    {
        if( IDNO == Application->MessageBox(
            "Частота > 5 кГц. Точність розрахунку
зменшується. \Продовжити?",
            "УВАГА", MB_YESNO)
        )
            result = false;
    }
}

return result;
}

```

Розглянемо зовнішній вигляд і роботу програми. На рис. 3.2 показано робоче вікно додатка при розрахунку випрямлена з емкідною реакцією навантаження.

У лівій частині вікна вводяться початкові дані і вибирається схема. У правій частині виводиться результат. За бажанням результати розрахунку можна роздрукувати.

Для порівняння ручного розрахунку і програмної реалізації алгоритму був проведений тест.

Використовували початкові дані:

- напруга мережі живлення 220 В;
- частота напруги живлення 50 Гц;

Параметр	Ручний розрахунок	Програмний	Відхилення %
<i>Вимоги до параметрів мережі форматора:</i>			
Габаритна потужність, Вт	10.8	10.8	0
ЕДС вторинної обмотки, В	12.9	12.7	-1.6
Ефективний струм вторинної обмотки, А	0.53	0.53	0
Ефективний струм первинної обмотки, А	0.48	0.047	-1.7
<i>Вимоги до параметрів діодів:</i>			
Зворотна напруга, В	36.48	35.9	-1.6
Середній прямий струм, А	0.25	0.25	0
Імпульсний прямий струм, А	1.38	1.42	3.3
Виділяема потужність, Вт	0.22	0.23	4.3
<i>Проміжна точка характеристики навантаження:</i>			
Струм, А	0.1	0.066	
Напруга, В	16	16.4	
Ємкість конденсатора, мкФ	2014.4	1981.9	-1.6
Внутрішній опір випрямляча, Ом	10	10.08	0.8

3.1.2 Випрямні пристрої з індуктивною реакцією навантаження

Методика розрахунку, по якій складений алгоритм, розглянуто у розділі 1.

На початкові дані для розрахунку випрямлячів з індуктивною реакцією навантаження накладаються ті ж обмеження, що і для випрямлячів, що працюють на ємність.

На рис. 3.3 представлений алгоритм розрахунку для випрямного пристрою з індуктивною реакцією навантаження.

Нижче представлено фрагмент програми, що реалізовує даний алгоритм на мові C++.

```
// Функція, що викликається при розрахунку випрямляча
// з індуктивною реакцією навантаження

void __fastcall TApp::btnInductiveClick(TObject *Sender)
{
    // Коефіцієнти K1-K4 для кожної з шести схем;
    // перші значення порожні (=0), щоб потім було
    // зручніше поспілься (тобто на K[0], з K[1])
```

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

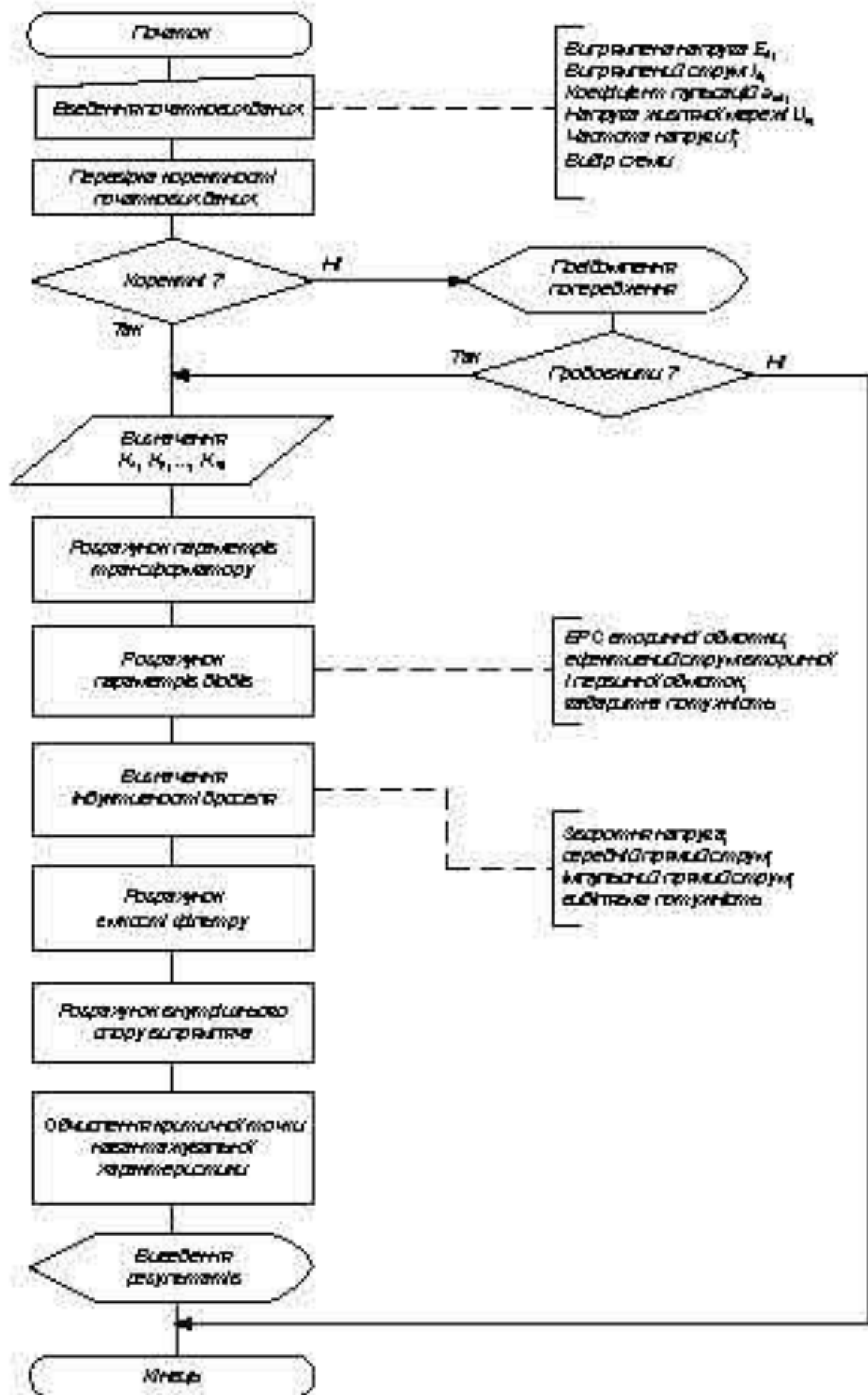


Рисунок 3.3. Алгоритм розрахунку втрат в лінії з індуктивною реакцією навантаження

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

```

double T[6][15]= {
    { 0, .5, 1, 2, 1, 2.828, 1.11, .707, .707, 1.34, .67, 1.414,
      7, .0055, 1 },
    { 0, .5, 1, 2, 2, 1.414, 1.11, 1, .707, 1.11, .67, 1.414, 5.2,
      .0064, 1 },
    { 0, .333, 1, 3, 1, 2.449, .855, .58, .58, 1.35, .25, 1.414,
      6.6, .0033, .47 },
    { 0, .333, 2, 6, 2, 2.449, .43, .82, .58, 1.045, .057, 2.449,
      2.5, .001, .82 },
    { 0, .333, .667, 6, 2, 1.449, .74, .41, .58, 1.045, .057,
      1.414, 7.6, .0033, .47 },
    { 0, .167, 1, 6, 1, 2.828, .74, .41, .41, 1.43, .057, 1.414,
      6, .0033, .47 }
};

```

```

/* id - збірка схеми:
0 - однокміперіодна двофазна С.Т.
1 - двукміперіодна однофазна мостова
2 - однокміперіодна трифазна
3 - двукміперіодна трифазна зірка
4 - двукміперіодна трифазна трикутником
5 - однокміперіодна шестифазна зірка
*/

```

```

int id = comboBox->ItemIndex;

```

```

// Назва коефіцієнтів K1, ..., K4 для збіркої схеми
double *K = T[id];

```

```

double V // Напруга мережі живлення, В
E // Випрявлена напруга, В
A, // Випрявленій струм, А
P; // Коef. пульсацій
int F; // Частота напруги живлення, Гц

```

```

// Набуваємо значень змінних даних (так же йде перевірка)
if( !Rectifier_GetInputValues(V, F, E, A, P) )
return; // кинь повинна, то зупинило

```

```

// Для схем 2к3ф коефіцієнт пульсацій д.б. < 0.07
if( (id == 3 || id == 4) && P > 0.007 )
if( IDNO == Application->MessageBox(
    "Коефіцієнт пульсацій д.б. < 0.07\n\nПродовжити?"
    "УВАГА", MB_YESNO)
)
return;

```

```

// індукція трансформатора
double B = 1.2 - .4*sin(.003*E*A);

```

```

// опір трансформатора
double RT = K[12]*E/F/B/A * sqrt(sqrt(F*B/E/A));

```

```

// індуктивність розсіяння трансформатора

```

Зм	Дат	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

```

double X5 = K[13] * E / F / A / B / sqrt(sqrt(F * B / E / A)) ;

//----- Розрахунок змінюваних параметрів -----

double Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13,
Y14, Y15, Y16, Y17;

// еквівалентна напруга при X.X. і C = 0
Y1 = E + K[2] * A * RT + K[3] * F * X5 * A + .6 * K[4] + .05 * E;

// напруга X.X. трансформатора
Y2 = Y1 * K[6];

// ефективні струми первинної і вторинної обмоток
Y3 = K[14] * Y2 * A / V;
Y4 = K[7] * A;

// габаритна потужність трансформатора
Y5 = K[9] * Y1 * A;

// середній, ефективний і істотельний струми діода
Y6 = K[1] * A;
Y7 = K[8] * A;
Y8 = A;

// зворотна напруга діода
Y9 = K[5] * Y2;

// розсіювана діодами потужність
Y10 = .6 * Y6;

// мінімальна індуктивність дроселя
Y11 = .637 * E / (cos(K[3], 2) - 1) / K[3] / F / A;

// коефіцієнт згладжування фільтрів
double Q = K[10] / P;

// ємність фільтру
Y12 = 25330 * Q / cos(K[3], 2) / cos(F, 2) / Y11;

// робоча напруга конденсатора
Y13 = K[11] * Y2;

// критичний струм
Y14 = E / (cos(K[3], 2) - 1) / K[3] / N_PI / F / Y11;

// внутрішній опір еквівалента
Y15 = (Y1 - E) / A;

// критична напруга
Y16 = E + (A - Y14) * Y15;

// еквівалентна напруга X.X. еквівалента при C > 0

```

Зм	Лист	% докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Для порівняння ручного розрахунку і програмної реалізації алгоритму був проведений тест. Використовувані початкові дані:

- напруга мережі живлення 220 В;
- частота напруги живлення 50 Гц;
- випрямлена напруга 9 В;
- випрямлений струм 1 А;
- коефіцієнт пульсації 0,03.

Тест проводився для мостової схеми.

Таблиця 3.2

Параметр	Ручний розр.	Програмний	Відхилення, %
<i>Вимоги до параметрів трансформатора:</i>			
Габаритна потужність, Вт	12.93	13.3	2,8
Напруга холостого ходу, В	12.93	13.3	2,8
Ефективний струм вторинної обмотки, А	1	1.00	0
Ефективний струм первинної обмотки, А	0.06	0.06	0
<i>Вимоги до параметрів діода:</i>			
Зворотна напруга, В	18,28	18.79	2,8
Середній прямий струм, А	0.50	0.50	0
Імпульсний прямий струм, А	1.00	1.00	0
Потужність, що відлізється, Вт	0.30	0.30	0
Мінімальна індуктивність дроселя, мГн	19.11	19.11	0
Випрямлена напруга при ХХ і $C = 0$, В	11,65	11.97	2,8
Випрямлена напруга при ХХ і $C > 0$, В	18,28	18.79	2,8
Ємкість конденсатора, мкФ	2962	2960	-0.1
Робоча напруга конденсатора Σ , В	18,28	18.79	2,8
Внутрішній опір випрямляча, Ом	2,65	2.97	12,1
<i>Критична точка характеристик навантаження:</i>			
Струм, А	0.5	0.50	0
Напруга, В	10,325	10.49	1,6

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

У таблиці 3.2 представлені результати порівняння ручного і програмного розрахунків. Ручний розрахунок займає близько години, тоді як при розрахунку за допомогою програми потрібно лише ввести початкові дані і вибрати схему, що займає не більше хвилин.

Максимальне відхилення склало 12% для внутрішнього опору випрямляча. Для приблизних розрахунків це допустиме значення. По решті параметрів погрешність не перевищує 3%.

3.1.3 Випрямні пристрої, що знаходяться напругою прямокутної форми

Методика розрахунку, по якій складений алгоритм, розглянуто в розділі 1.

На початкові дані для розрахунку випрямлячів з індуктивною реакцією навантаження накладаються ті ж обмеження, що і для випрямлячів, що працюють на ємність.

На рис. 3.4 представлений алгоритм розрахунку для випрямного пристрою з ємнісною реакцією навантаження.

Нижче представлений фрагмент програми, що реалізовує даний алгоритм на мові C++.

```
// Функція, що викликається при розрахунку випрямляча, який
// знаходиться напругою прямокутної форми
void __fastcall TApp::btnRFClick(TObject *Sender)
{
    double V1 // Вхідна напруга, В
           V0 // Випрямлена напруга, В
           Y0, // Випрямленої струм, А
           A; // Коef. пульсацій
    int F; // Частота напруги мережі

    // Шпаргалка
    double B = editSkvazhmost->Text.ToDouble();

    // Набувемо значень змінних даних (так же йде перевірка)
    if( !Rectifier_GetInputValues(V1, F, V0, Y0, A) )
        return; // якщо помилка, то вийдемо

    //----- Розрахунок змінних параметрів -----
```



```

double V2 // напруга Х.Х. трансформатора
V10 // зворотна напруга діода
Y1, Y2 // струм первинної і вторинної обмоток
YI // імпульсний струм діода
C // ємність конденсатора
PI // розсіювана діодом потужність
P // габаритна потужність трансформатора
R // внутрішній опір вторинної
Y, // середній струм діода
D; // індуктивність дроселя

```

```

double RT;
double G = sqrt(1.2*V0/(pow(Y0,3)*F));

```

```

/* id - схема.

```

```

Для індукт. реакції навантаження:

```

```

0 - з середньою кінцевою

```

```

1 - мостова

```

```

Для ємнісної реакції навантаження:

```

```

0 - одноквізперіодна

```

```

1 - одноквізперіодна двофазна С.Т.

```

```

2 - двоквізперіодна однофазна мостова

```

```

3 - двоквізперіодна однофазна подвоєння

```

```

*/

```

```

int id = comboSchemeRF->ItemIndex;

```

```

if( !comboReaction->ItemIndex )

```

```

{

```

```

// індуктивна реакція навантаження

```

```

int k12 = id + 1; // 1 або 2

```

```

int k21 = 2 - id; // 2 або 1

```

```

RT = G * (id ? 5.5 : 4.08);

```

```

V2 = 1.01*V0 + RT*Y0 + k12;

```

```

R = k21*(V2-V0) /Y0;

```

```

P = !id ? (1 + sqrt(B+1)) *V2*Y0/2 : 1.1*V2*Y0;

```

```

Y2 = Y0*sqrt(B/k21);

```

```

V10 = k21*V2*B;

```

```

Y1 = 1.1*V2*Y2*sqrt(B) /V1;

```

```

Y = Y2/2;

```

```

YI = Y0*B;

```

```

PI = Y0/2;

```

```

D = .1*B*V0*sin(N*PI/B)/(F*Y0);

```

```

C = 2585*Y0/(pow(N_PI,3)*A*V0*F);

```

```

}

```

```

else

```

```

{

```

```

// ємнісна реакція навантаження

```

```

if( id == 0 )

```

Зм	Кор	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Кор

В1

```

{
    RT = 1.9*G;
    V2 = V0 + 2*Y0*B*(RT + sqrt(2/B) / (2*Y0));
    P = 1.1*V2*Y0*(.7+sqrt((2*B-1)/B) / 2);
    Y1 = 1.1*V2*Y0*sqrt((2*B-1)/B) / V1;
    Y2 = Y0*sqrt(2*B);
}
else if( id == 1 )
{
    RT = 3.9*G;
    V2 = V0 + Y0*B*(RT+sqrt(2/B) / Y0);
    P = 1.3*Y0*V2;
    Y1 = 1.1*Y0*V2/V1;
    Y2 = sqrt(B/2)*Y0;
}
else if( id == 2 )
{
    RT = 2.9*G;
    V2 = V0 + 2*Y0*B*(RT+2*sqrt(2/B) / Y0);
    P = 1.1*Y0*V2;
    Y1 = 1.1*Y0*V2/V1;
    Y2 = sqrt(B) / Y0;
}
else // if( id == 3 )
{
    RT = .75*G;
    V2 = V0/2 + 2*Y0*(RT+Y0*sqrt(1/B) / 2);
    P = 2.2*Y0*V2;
    Y1 = 2.2*Y0*V2/V1;
    Y2 = 2*sqrt(B)*Y0;
    PI = .7*Y0*sqrt(2*B);
}
V10 = 2*V2;
if( id == 0 || id == 3 )
{
    Y = Y0;
    YI = 2*B*Y0;
    PI = Y0*sqrt(2*B);
    C = 2E6*B*Y0*sin(N_PI/2/B) / (10*V0*A*F);
}
else // if( id == 1 || id == 2 )
{
    Y = Y0/2;
    YI = B*Y0;
    PI = Y0*sqrt(B/2);
    C = 1E5*B*Y0*sin(N_PI/B) / (2*V0*A*F);
}
}
//----- Готовые результаты для вывода -----
// вывести (каждый раз) информацию про начальные данные
FillRectifierInputText();
AnsiString t;
char buf[128];

```



```

// Функція, що викликається при розрахунку стабілізатора напруги
void __fastcall TApp::btnStabilizerClick (TObject *Sender)
{
    // Початкові дані
    double E2, E1, UP, YN, Y0, A;
    int F;

    E2 = edit5_E2->Text.ToDouble(); // вхідна напруга, В
    E1 = edit5_E1->Text.ToDouble(); // вхідна напруга, В
    F = edit5_F->Text.ToInt(); // робоча частота, кГц
    UP = edit5_UP->Text.ToDouble(); // напруга пульсацій, В
    YN = edit5_YN->Text.ToDouble(); // мінімальній струм навантаження, А
    Y0 = edit5_Y0->Text.ToDouble(); // максимальній струм навантаження, А
    A = edit5_A->Text.ToDouble(); // коэф. пульсацій вхідного U

    // Перевірка коректності
    if( !(E2 > 0 && E1 > 0 && F > 0 && UP > 0
        && YN > 0 && Y0 > 0 && A > 0) ) {
        ErrMess(
            "Вхідні дані повинні бути\кстро з позитивних чисел!" );
        return;
    }

    //----- Розрахунок вхідних параметрів -----
    double D // індуктивність дроселя
    Y1 // середнє значення струму через дросель
    Y2 // амплітуда колекторного струму
    Y3 // значення дічного колекторного струму
    Y4 // середній струм діода
    Y5 // зміна складової струму дроселя
    U2 // напруга колектор-емітер
    U0 // зворотна напруга діода, В
    PT // потужність розсіювання на транзисторі
    PD // потужність розсіювання на діоді
    UB // вхідній струм стабілізатора
    C1 // ємність вхідного конденсатора фільтру
    C2 // ємність фільтру
    R; // ККД
    double Q // коэф. згладжування фільтру
    C[3] // ємність фільтру
    V[3]; // амплітуда напруги пульсацій
    // id - тип стабілізатора
    int id = comboStabilizer->ItemIndex;

    if( id == 0 ) // зворотний СН
    {
        if( E2 <= E1 ) {
            ErrMess(
                "Вхідна напруга має бути менше вхідної" );
            return;
        }
    }
}

```

Зм	Дата	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист
00

```

D = E1*(E2-E1)/(2*F*YN*E2);
Y1 = Y0;

// коеф. згладжування фільтру
Q = (2.2*E1 - 2.5*E1*(E1/E2-.1))/NF;

for( int i = 0; i < 3; i++ )
{
    double N = i + 1;
    // добуток LC фільтру
    int X = 1000*N*N*(cos(Q,1/N)+2)/(40*F*F);

    // ємність фільтру, мкФ
    C[i] = X/(D*N*N);

    // напруга пульсацій, В
    V[i] = E1*(2.2 - 2.5*(E1/E2-.1))/cos(Q,1/N);
}
Y5 = E1*(E2-E1)/(2*F*E2*D);
V2 = V0 = E2;
Y3 = Y0*sqrt(E1/E2);
Y4 = Y0*(E2 - E1)/E2;
PT = Y3*(.07*E2 + 2*E1/E2);
PD = .8*Y4*(E2 - E1)/E2;
}
else if( id == 1 ) // полярно-інвертуючої СН
{
    D = E1*E2*E2/(2*F*YN*cos((E1+E2),2));
    Y3 = Y0*sqrt(E1*(E1+E2))/E2;
    Y4 = Y0;
    Y5 = E1*E2/(2*F*(E1+E2)*D);
    V2 = V0 = E1 + E2;
    C1 = 1000*Y0*E1/(F*E2*(E1+E2)*A);
    C2 = 1000*Y0*E1/(F*(E1+E2)*VF);
    PT = Y3*(.07*V2 + 2*E1/V2);
    PD = .8*Y0*E2/V2;
}
else // if( id == 2 ) // підзаступальної СН
{
    if( E2 >= E1 ){
        ErrorMessage(
            "Викладна напруга має бути більшою від вхідної" );
        return;
    }

    D = E2*E2*(E1-E2)/(2*F*YN*E1*E1);
    Y3 = Y0*sqrt(E1*(E1-E2))/E2;
    Y4 = Y0;
    Y5 = E2*(E1-E2)/(2*F*E1*D);
    V2 = V0 = E1;
    C2 = 1E3*Y0*(E1-E2)/(F*E1*VF);
    PT = Y3*E1*(.07*E2 + 2)/E2;
    PD = .8*Y0*E2/E1;
}

```


4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Резюме

В даному дипломному проекті розроблене алгоритмічне та програмне забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення. Створено прикладне програмне забезпечення для ПК з встановленою ОС сімейства MS Windows, яке дозволяє за початковими даними отримувати необхідні параметри елементів типових схем джерел вторинного електроживлення. Програма створена на мові програмування C++ у інтегрованому середовищі візуальної розробки Embarcadero RAD Studio.

Ефективність кожного програмного продукту визначається його якістю та ефективністю процесу розробки. Якість ПП визначається наступними складовими: з точки зору користувача, з позиції використання ресурсів, виконання вимог до програмного забезпечення.

Оцінка якості програмного продукту з точки зору користувача визначається необхідним на стадії функціонування розміром оперативної пам'яті ЕОП, витратами машинного часу, пропускною спроможністю каналів передачі даних. Оцінка якості програмного продукту включає визначення трудомісткості і вартості його створення.

4.2 Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення

Тривалість розробки програмного продукту залежить від його обсягу, трудомісткості розробки, кваліфікації виконавців, а також планових термінів, визначених умовами ринку. Методом структурної аналогії по відповідних каталогах аналогів програмного забезпечення визначається обсяг програмних засобів, у тисячах умовних машинних команд програми аналога.

Каталог аналогів

У таблиці 4.1 представлені аналоги програмного забезпечення, функції яких, у більшому або меншому ступені, виконує розроблений програмний продукт. Для нашого варіанта виділено сірим кольором.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
						70
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1

Найменування ПЗ	Обсяг функції ПП = V_0 ум машинних команд
1. ПП СУБД	1300 – 8600
2. ПП введення інформації	1800 – 8800
3. ПП оптимізаційних розрахунків	13000 – 10200

Вибравши аналог ПП, що містить V_0 в умовних машинних командах, трудоміткості визначати на основі табл. 4.2

Таблиця 4.2

Обсяг ПП, тис умов машинних команд	Норма часу, люд/год
1.00	229
2.00	244
3.00	262

На підставі отриманого значення, по довіднику, визначається укрупнена норма часу на розробку аналога програмного забезпечення (коректується поправочним коефіцієнтом враховуючої умови розробки ПП, тобто в умовах комп'ютера, $K_k=0,7+0,8$): $T_{ар} = 244 \times 0,8 = 195,20$ (люд/година).

Трудоміткість програмного продукту визначається по кожному етапу розробки окремо на підставі трудоміткості аналога з урахуванням складності розробки, ступеня новизни і ступеня використання в розробці стандартних модулів на підставі формул:

$$T_{m1} = T \cdot p \times L_1 \times K_n \quad (4.1)$$

$$T_{m2} = T \cdot p \times L_2 \times K_n \quad (4.2)$$

$$T_{m3} = T \cdot p \times L_1 \times K_n \times K_r \quad (4.3)$$

Для розрахунку необхідні наступні коефіцієнти:

L_i – питома вага i -го етапу розробки (див. табл. 4.2);

K_n – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь новизни (див. табл. 4.3.); K_t – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь використання в розробці типових програм (див. табл. 4.4.).

Таблиця 4.2. Значення пригонних коефіцієнтів і трудомісткості стадії в загальній трудомісткості розробки ПП

Код стадії	Ступінь новизни		
	А	Б	В
ТЗ (L_1)	0,15	0,12	0,12
ТП (L_2)	0,16	0,15	0,11
РП (L_3)	0,55	0,58	0,61

Для нашого варіанта виділено сірим кольором.

Таблиця 4.3. Значення поправочного коефіцієнта, що враховує ступінь новизни.

Код ступеня новизни	Ступінь новизни	Значення K_n
А	Принципово нові ПО	1,75 – 1,2
Б	ПО – розвиток визначеного параметричного ряду	1,0 – 0,8
В	ПО мавчиний аналог	0,7

Для нашого варіанта виділено сірим кольором.

Таблиця 4.4. Значення коефіцієнта ступеня використання в розробці типових програм

Ступінь охоплення реалізованих функцій розроблювального ПО типовими програмами, %	Значення K_t
60 і вище	0,6
40-60	0,7
20-40	0,8
До 20	0,9

Для нашого варіанта виділено сірим кольором.

Тепер розраховуємо трудомісткість по кожному етапу окремо:

Трудомісткість технічного завдання

$$T_{\text{тз}} = T_a * L_1 * K_n = 195,2 * 0,12 * 0,7 = 16,40 \text{ (люд/год)} \quad (4.1)$$

Трудомісткість розробки технічного проекту

$$T_{\text{тп}} = T_a * L_2 * K_n = 195,2 * 0,11 * 0,7 = 15,04 \text{ (люд/год)} \quad (4.2)$$

Трудомісткість розробки робочого проекту

$$T_{\text{рп}} = T_a * L_3 * K_n * K_r = 195,2 * 0,61 * 0,7 * 0,7 = 58,35 \text{ (люд/год)} \quad (4.3)$$

Для подальших розрахунків визначили кількість папера, витраченого на кожен етап: технічне завдання $N_{\text{тз}}=2$ (стр), розробка ТП $N_{\text{тп}}=15$ (стр), розробка робочого проекту $N_{\text{рп}}=25$ (стр), пояснювальна записка відповідно $N_{\text{пз}}=50$ (стр)
Розрахунок зведений у таблицю 4.5

Таблиця 4.5 Розрахунок трудомісткості ПП

Найменування етапів	Розрахунок, години		
	2	3	4
1.ТЗ	$T_{\text{ртз}}=16,40$	$T_{\text{пз}}=0,7 \cdot N_{\text{тз}}=0,7 * 2=1,4$	$T_{\text{пз}}=0,15 \cdot N_{\text{тз}}=0,15 * 2=0,30$
2.Розробка ТП	$T_{\text{ртп}}=15,04$	$T_{\text{пз}}=0,7 \cdot N_{\text{тп}}=0,7 * 15=10,50$	$T_{\text{пз}}=0,15 \cdot N_{\text{тп}}=0,15 * 15=2,25$
3.Розробка РП	$T_{\text{ррп}}=58,35$	$T_{\text{пз}}=0,7 \cdot N_{\text{рп}}=0,7 * 25=17,5$	$T_{\text{пз}}=0,15 \cdot N_{\text{рп}}=0,15 * 25=3,75$
4.Розробка ПЗ	$T_{\text{рпз}}=1,5 \cdot N_{\text{пз}}=1,5 * 50=75$	$T_{\text{пз}}=0,7 \cdot N_{\text{пз}}=0,7 * 50=35$	$T_{\text{пз}}=0,15 \cdot N_{\text{пз}}=0,15 * 50=7,5$
Усього, в т.ч.:	230,2		
- на розробку	$\Sigma T_{\text{р}}=152$		
- контроль керівника		$\Sigma T_{\text{пз}}=64,4$	
- нормоконтроль			$\Sigma T_{\text{пз}}=13,8$

4.3 Розрахунок ціни програмного продукту

У цьому розділі для визначення ціни розраховуємо основну заробітну плату виконавців, матеріальні витрати, вартість машинно – години і витрати на розробку ПО. Розрахунок основної заробітної плати виконавців приведений у таблиці 4.7. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2022» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2022 року - 6500 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 39,26 грн.

Таблиця 4.6 Розрахунок основної заробітної плати виконавців

Найменування робіт	Трудомісткість робіт, години	Погодинна тарифна ставка, грн.	Розрахунок, грн.
1 Розробка ПП	152	39,26	5958,15
2 Контроль керівника	65	38,50	2502,50
3 Нормоконтроль	14	38,50	539,00
Усього	-	-	$\Sigma_{30} = 8999,15$

Зробимо розрахунок матеріальних витрат на розробку ПП. Розрахунок зведемо в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 Розрахунок матеріальних витрат на розробку ПО

Найменування матеріальних витрат	Тип, модель	Кількість	Ціна одиниці, грн.	Вартість, грн.
Папір	Лист А4	60	2,60	160 ρ
Разом	-	-	-	$B_{м1} = 160 \rho$
Транспортно-заготівельні витрати (10%)				$B_{тп2} = 0,1 \times B_{м1} = 0,1 \times 160,0 = 16 \rho$
Усього				$B_{м} = B_{м1} + B_{тп2} = 176 \rho$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому ПП за формою, приведеною в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 Розрахунок статей витрат планової собівартості

Стаття витрат	Значення, грн.	Формула розрахунку
1. Матеріали	176,0	V_m (див. табл. 4.7)
2. Основна заробітна плата	8999,15	Z_o (див. табл. 4.6)
3. Додаткова заробітна плата	1349,87	$Z_d = 0,15 \times Z_o = 8999,15 \times 0,15$
4. Відрахування до єдиного фонду соціального внеску	2276,78	$V_{с.в.} = 0,22 \times (Z_o + Z_d) = 0,22 \times (8999,15 + 1349,87)$
5. Накладні витрати	2699,75	$V_{н.к.} = 0,3 \times Z_o = 0,3 \times 8999,15$
6. Повна собівартість	15501,55	$C_{\text{пов.}} = V_m + Z_o + Z_d + V_{с.в.} + V_{н.к.} = 176,0 + 8999,15 + 1349,87 + 2276,78 + 2699,75$

Розмір прибутку, що включається в ціну, визначаємо по наступній формулі:

$$\Pi = (C_o \cdot p) / 100 = (15501,55 \cdot 10) / 100 = 1550,15 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Де p – плановий рівень рентабельності (10-15%).

Оптова ціна (кошторисна вартість) визначається по формулі:

$$C_o = C_{\text{пов.}} + \Pi = 15501,55 + 1550,15 = 17051,70 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Податок на додану вартість визначаємо по наступній формулі:

$$\Pi_{\text{ДВ}} = 0,2 \cdot C_o = 17051,70 \cdot 0,2 = 3410,34 \text{ грн}; \quad (4.6)$$

Виходячи з отриманих даних, ціна реалізації розробленого програмного продукту на основі наступної формули, становитиме:

$$C_p = C_o + \Pi_{\text{ДВ}} = 17051,70 + 3410,34 = 20462,04 \text{ грн} \quad (4.7)$$

Зм	Кор	% до зміни	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Л.с.

75

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вступ

Охорона праці, як соціальний чинник, відіграє на підприємстві важливу, роль оскільки, якщо б важливими не були трудові здобутки, вони не можуть компенсувати людині втраченого здоров'я, а тим більше життя. Те і інше дається лише один раз. Необхідно пам'ятати, що наслідок нещасних випадків та аварій гинуть на виробництві не просто робітники та службовці, на підготовку яких держава вкладає значні кошти, а перш за все люди – годувальники сімей, батьки та матері дітей.

Незадовільний стан охорони праці відображається на економіці держави.

Служба охорони праці створюється на підприємствах незалежно від форми власності та видів діяльності для виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків, професійних захворювань і аварій в процесі праці. Основна мета всіх цих заходів – створити на підприємстві безпечні та здорові умови праці.

У розділі охорона праці дипломного проекту наведені характеристики приміщень, де експлуатуються ВДТ. До розгляду взято робоче місце програміста (оператора ЕОМ).

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника

Оператори ПК і програмісти зітворюються в впливом таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих факторів, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, недостатня освітленість робочої зони, електричний струм та інші. Тому на робочому місці програміста повинні бути створені умови для високопродуктивної праці.

Перетворення і обробка інформації проводиться за допомогою ПК. Робота може кваліфікуватися як робота оператором ЕОМ.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
						70
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розробка заходів з охорони праці

5.3.1 Виробничі приміщення

При плануванні виробничого приміщення врахована санітарна характеристика виробничих процесів, дотримуються норми корисної площі для працюючих, а також нормативи площ для розташування устаткування, що забезпечують безпечну роботу та зручне обслуговування устаткування.

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98. Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. Площа на одне робоче місце становить не менше ніж $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм – не менше ніж $20,0 \text{ м}^3$.

Виробничі приміщення повинні обладнуватися шафами для зберігання документів, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщення.

У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання. Приміщення повинні бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

5.3.2 Мікроклімат робочої зони працівників, з екранів

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ

Период	Категорія робіт	Температура повітря, С, не більше	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легка-1а	22-24	40-60	0,1
	Легка-1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	Легка-1а	23-25	40-60	0,1
	Легка-1б	22-24	40-60	0,1

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам №2152-80.

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Рівні	Число іонів в 1 см ³ повітря	Число іонів в 1 см ³ повітря
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

5.3.3 Освітлення робочого місця, шум, вібрація

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ВДТ має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративних приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення – крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення.

Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк.

Як джерела світла для штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛД. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

5.3.4 Організація робочого місця користувача ПК

Робочі місця слід так розташовувати відносно світових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. При розміщенні робочих столів з ВДТ слід дотримуватися таких відстаней: між бічними поверхнями ВДТ - 1,2м; від тильної поверхні одного ВДТ до екрану іншого – 2,5м.

Екран ВДТ має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм, але не ближче ніж за 600 мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру розташовують на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, зверненого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій, який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5...15°.

При оснащенні робочого місця лазерним принтером параметри лазерного випромінювання повинні відповідати вимогам СанПіН № 5804-91.

ЕОМ ВДТ і ПК, інше устаткування, електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони за НПА ОП 40.1-1.01-97, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. У приміщеннях, де одночасно експлуатується понад п'ять ЕОМ встановлюється аварійний резервний вимкоч, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення. Не допускається підключати ЕОМ з ВДТ і ПК до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

5.3.5 Електробезпека

Це система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блокування безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію емсійних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів.

Особа відповідальна за електрогосподарство призначається з числа працівників, які мають не нижче IV групи з електробезпеки та відповідний стаж

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

роботи для обслуговування електроустановок несе персональну відповідальність за допущення працівника використовувати в роботі електричну енергію

5.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека – це можливість уникнення та розв'язу пожежі в будь-якій речовині, процесі, стані. Коли людина перебуває в зоні впливу пожежі, то вона може потрапити під дію наступних небезпечних та шкідливих факторів: токсичні продукти згорання, вогонь, підвищена температура середовища, дим, недостатність кисню, руйнування будівельних конструкцій, вибухи, паніка.

Усі працівники повинні вміти користуватись наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогашення, знати місце їх знаходження.

До первинних засобів пожежогашення відносяться:

- ◆ вогнегасники;
- ◆ пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубоовняної тканини або повсті;
- ◆ ящики з піском;
- ◆ бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, лом, совки тощо).

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м².

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м³ та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників здійснюється відповідно до Типових норм належності вогнегасників, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 02.04.2004 № 151 та зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29.04.2004 за № 554/9153.

Евакуаційні шляхи і виходи повинні втримуватися відповідно до НАПБ Д.01.001.2004, бути вільними, нічим не загрозованими і у разі виникнення

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		00

пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщеннях будівель, через евакуаційні виходи.

У будівлях та спорудах, що мають два поверхи і більше, у разі одночасного перебування на поверсі більше 25 осіб, повинні бути розроблені і вивішені на видному місці плани (схеми) евакуації людей на випадок пожежі.

Кількість евакуаційних виходів з будівель з кожного поверху і з приміщень слід приймати згідно з вимогами відно відповідних нормативних актів, але не менше двох.



У разі розміщення технологічного, експлозійного та іншого обладнання у приміщеннях повинні бути забезпечені евакуаційні проходи до сходових кліток та інших шляхів евакуації відно відно до будівельних норм.



Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель, приміщень.

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РП 05.07.000.00 ДП ПЗ

Лист
01

При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються.

Сходові марші й площадки повинні мати справні огорожі із поручнями, котрі не повинні зменшувати встановлену будівельними нормами ширину сходових маршів і площадок.

Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, повинні постійно освітлюватися електричним світлом (у разі наявності людей).



Особа відповідальна за електрогосподарство призначається з числа працівників, які мають не нижче IV групи з електробезпеки та відповідний стаж роботи для обслуговування електроустановок несе персональну відповідальність за допущення працівників використовувати в роботі електричну енергію.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Л.р.
						02
Зм	Лрз	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дипломний проект був присвячений розробці алгоритмічного та програмного забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення.

Під час проектування виконано аналіз методик розрахунку класичних схем випрямних пристроїв і ключових стабілізаторів напруги, які входять у склад блоків живлення комп'ютерної техніки, а також розробку алгоритмів і їх програмну реалізацію. На основі побудованих блок-схем алгоритмів створено прикладне програмне забезпечення для ПК з встановленою ОС сімейства MS Windows, яке дозволяє за початковими даними отримувати необхідні параметри елементів типових схем джерел вторинного електроживлення. Програма створена на мові програмування C++ у інтегрованому середовищі візуальної розробки Embarcadero RAD Studio.

У дипломній роботі докладно розглянуто найбільш популярні у розробників електронної апаратури види випрямних пристроїв і стабілізаторів напруги та представлені методики їх розрахунку. Дані методики склалися з орієнтацією на подальшу програмну реалізацію – в окремих випадках використовувалися відно відні наближені формули.

Наведено огляд найбільш поширених програмних засобів моделювання схем Micro Cap і PSpice. Після опису схеми, за допомогою цих засобів можна проводити аналіз роботи джерел вторинного електроживлення.

Тестові випробування показали, що розроблена програма має достатню для інженерної практики точність розрахунку. Максимальне відхилення склало 12% при розрахунку внутрішнього опору випрямляча. Для приблизних розрахунків це допустиме значення. По ряду параметрів погрешність не перевищує 3%.

Враховуючи, що аналогічний розрахунок класичним методом (уручну) може віднімати дуже багато часу, доцільність створення такої програми очевидна, особливо, якщо необхідно виконати пошук найкращого варіанту схеми побудови джерела вторинного електроживлення.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист
						03
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кожарський Г.В., Орехов В.И. Методы автоматизированного проектирования источников вторичного электропитания. – М.: Радио и связь, 1985. – 184 с.
2. Источники вторичного электропитания/Под ред. Ю.И.Конева. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 280 с.
3. Гуржий А.М. Основи програмування: навч. посібник // А.М. Гуржий, М.С. Львов, О.В. Співаковський. – Кривий Ріг: Наукова думка, 2004. – 355 с.
4. Иванова Г.С. Технологии программирования: учебник для вузов / Иванова Г.С. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
5. Ковальок Т.В. Основи програмування / Т.В. Ковальок. – К.: ВНУ, 2008. – 400 с.
6. Мандел Т. Разработка пользовательского интерфейса/ Т. Мандел; пер. с англ. Н. Ковач. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 416 с.
7. Матвеева Л.Є. Процес розробки програмного забезпечення. Від теорії до практики / Матвеева Л.Є. – К.: ПП «Ретро-Графіка», 2008. – 117 с.
8. Павловская Т.А. С/С++. Структурное программирование: практикум / Т.А. Павловская, Ю.А. Щупак. – СПб.: Питер, 2003. – 240 с.
9. Співаковський О.В. Основи алгоритмізації та програмування: навч. посібник / О.В. Співаковський, М.С. Львов. – Жерсон: видавництво Айлант, 2000. – 214 с.
10. Ахо, Альфред В. Структуры данных и алгоритмы учеб. пос. / [Ахо, Альфред В., Хопкрофт, Джон, Улман, Джеффри Д.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 384 с.
11. Войтенко В.В. С/С++: Теорія та практика. Навчально-методичний посібник – Житомир: ЖДТУ, 2004 г., 324 с.;
12. Архангельский А.Я. Программирование в С++Builder, 7-е изд. – М.: ООО Бинном-Пресс, 2010 г. – 1230с., ил.

					РП 05.07.000.00 ДП ПЗ	Лист 09
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А. Тестування програмного забезпечення для розрахунку джерел вторинного електроживлення



Рисунок Д1. Головне вікно програми, що проводить розрахунок випрямляча з індуктивною реакцією навантаження, виконаного за однонапівперіодною двофазною схемою з середньою точкою (С.Т.)



Рисунок Д2. Головне вікно програми, що проводить розрахунок випрямляча з емкідною реакцією навантаження, виконаного за двофазнапівперіодною однофазною мостовою схемою

