

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

*Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»*

*Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»*

*Група: 4ФКС-56*

# **Дипломний проект**

**здобувача освіти денної форми навчання  
ФКС.56.07.000.ДП**

***ЛІСАКОВСЬКОГО  
ДМИТРА ЄВГЕНОВИЧА***

**м. Одеса  
2023 р.**

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4ФКС-56

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту (роботи) на тему:

**Розробка лінійно-інтерактивного джерела безперебійного живлення для ПК**

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 83 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 15 аркушах (слайдах).

Дипломник  ( Лісаковський Д.Є. )

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  ( Кривченко Ю.В. )

**До захисту допущений**

Голова циклової комісії  ( Кривченко Ю.В. )

Завідувач відділення  ( Скорнякова О.В. )

Захист «20» сервіс 2023 р. Протокол ДКК № 2

Оцінка ДКК 4 (добре)

Секретар ДКК 

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

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та Ш  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Заст. дир. з НВР   
Беркань І.В.

“ ” 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект (роботу)**

Здобувачеві (здобувачці) освіти Лісаковському Дмитру Євгеновичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка лінійно-інтерактивного джерела безперебійного живлення для ПК

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” ЖОВТНЯ 202 2 р. № 235-А2-ОД

2. Термін задачі закінченого проекту (роботи) 12.06.2023

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Діапазон зміни напруги на вході ДБЖ від – 20% до +20%;  
2. Вихідна потужність ДБЖ – до 500 Вт; 3. Час резервного живлення – не менше 15 хвилин;  
4. Вихідна напруга ДБЖ – 220 В; 5. Діапазон нестабільності вихідної напруги при живленні  
від акумулятора  $\pm 2\%$ ; 6. ДБЖ має забезпечувати контроль параметрів вихідної напруги рівня  
навантаження на виході; 7. У якості блоку керування використовувати мікроконтролер

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

Огляд існуючих джерел безперебійного живлення

Розробка структурної схеми ДБЖ

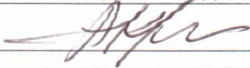
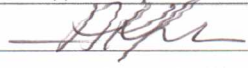
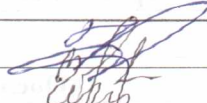

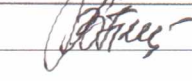
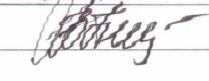
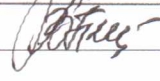
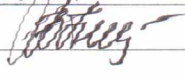
Розробка та розрахунок принципової схеми ДБЖ

Розробка алгоритму і програми керування ДБЖ

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

Схема організації резервного живлення вузлів ЛОМ; ДБЖ різних типів; Структурна схема ДБЖ типу  
лінійно-інтерактивного типу; Функціональні схеми керуючих блоків для ДБЖ; Схема компаратора  
струму; Схема одноконтурного зворотно-ходового перетворювача напруги; Функціональна схема  
мікроконтролера ATtiny26; Схема організації живлення контролеру; Функціональна схема  
перетворювачу постійної напруги; Схема фільтрів синфазних ЕМ-завад; Схема принципова електрична  
ДБЖ лінійно-інтерактивного типу; Алгоритм роботи ДБЖ лінійно-інтерактивного типу

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Кривченко А.А.		
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		


7. Дата видачі завдання 01.05.2023

Керівник

Кривченко А.А.

  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

  
(підпис)

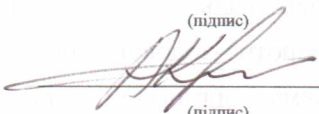
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	22.05.2023	<i>виконав</i>
2.	Огляд і аналіз існуючих джерел безперебійного живлення	24.05.2023	<i>виконав</i>
3.	Аналіз технічних вимог до проектуваного пристрою	25.05.2023	<i>виконав</i>
4.	Вибір і аналіз структурних схем існуючих ДБЖ	26.05.2023	<i>виконав</i>
5.	Розробка та опис структурної схеми ДБЖ	29.05.2023	<i>виконав</i>
6.	Електричний розрахунок схеми зарядного пристрою	30.05.2023	<i>виконав</i>
7.	Розробка вузла керування ДБЖ на мікроконтролері	31.05.2023	<i>виконав</i>
8.	Електричний розрахунок схеми імпульсного стабілізатора	1.06.2023	<i>виконав</i>
9.	Електричний розрахунок вхідного та вихідного фільтрів	2.06.2023	<i>виконав</i>
10.	Розрахунок початкових значень компонентів ДБЖ	5.06.2023	<i>виконав</i>
11.	Розробка принципової електричної схеми ДБЖ	6.06.2023	<i>виконав</i>
12.	Розробка алгоритму роботи ДБЖ для мікроконтролера	7.06.2023	<i>виконав</i>
13.	Розробка програми для мікроконтролера ATtiny26	8.06.2023	<i>виконав</i>
14.	Виконання економічних розрахунків	9.06.2023	<i>виконав</i>
15.	Розробка заходів з охорони праці	10.06.2023	<i>виконав</i>
16.	Виконання графічної частини проекту	11.06.2023	<i>виконав</i>

Дипломник

  
\_\_\_\_\_

Керівник

  
(підпис)



# ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Огляд існуючих аналогів розроблюваного ДБЖ.....	7
1.1.1 Джерела безперебійного живлення PW5125RM та PW5115RM.....	7
1.1.2 Джерела безперебійного живлення GE Digital Energy NetPro.....	8
1.1.3 Джерело безперебійного живлення CyberPower Value 1500E-GP.....	10
1.2 Аналіз структурних схем існуючих ДБЖ.....	14
1.2.1 ДБЖ резервного типу (Off-Line або standby).....	14
1.2.2 Лінійно-інтерактивне (Line-Interactive).....	15
1.2.3 ДБЖ з подвійним перетворенням енергії (On-Line).....	16
1.3 Розробка та опис структурної схеми ДБЖ та алгоритму.....	18
1.4 Електричний розрахунок схеми зарядного пристрою.....	22
1.5 Розробка вузлу керування ДБЖ.....	36
1.6 Електричний розрахунок схеми імпульсного стабілізатору.....	38
1.6.1 Розрахунок тактового генератора.....	34
1.6.2 Організація живлення контролеру.....	41
1.6.3 Розрахунок вихідного буферу ІМС UC3842.....	41
1.6.4 Розрахунок елементів імпульсного стабілізатору.....	42
1.7 Розробка перетворювачу постійної напруги.....	46
1.8 Розробка вихідного інвертору і схеми байпасу.....	47
1.9 Підсилювач помилки і блок датчику перенапруги.....	48
1.10 Електричний розрахунок вхідного та вихідного фільтрів.....	49
1.10.1 Проектування фільтру синфазних завад.....	49
1.10.2 Розрахунок початкових значень пасивних компонентів.....	51
1.11 Розробка алгоритму роботи ДБЖ.....	52
1.12 Розробка програми для мікроконтролера.....	54
2 Економічна частина.....	61
3 Охорона праці.....	66

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		4

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста.....	66
3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	67
3.2.1 Освітлення.....	67
3.2.2 Шум.....	67
3.2.3 Вимоги до організації робочого місця працівника.....	67
3.2.4 Мікроклімат.....	69
3.2.5 Електробезпека.....	69
3.3 Пожежна безпека.....	70
Висновки.....	71
Перелік використаних джерел.....	72
Додаток А. Перелік елементів схеми принципової електричної.....	73
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	77

## ВСТУП

У теперішній час воєнного стану в Україні спостерігається збільшення попиту у надійних та дешевих джерелах безперебійного живлення.

Більшість типів перебоїв живлення неприпустима, може привести до непоправних втрат, викликаних ушкодженням комп'ютерного устаткування, робочих станцій і серверів, периферійних пристроїв, мережних маршрутизаторів, комутаторів, мостів, шлюзів. В цьому випадку виникає потреба забезпечення цих пристроїв безперервним і якісним живленням. Зникнення напруги для пристроїв цього класу може бути фатальним: наприклад, у медичних центрах, банківських, охоронних системах; системах зв'язку і передачі інформації.

Темою даного проекту є розробка лінійно-інтерактивного джерела безперебійного живлення для ПК. Бажано, щоб розроблюваний пристрій був універсальним. Універсальність його має полягати у тому, щоб він міг використовуватись для живлення будь-якої апаратури потужністю до 500 Вт (визначено технічним завданням). У такому разі джерело безперебійного живлення можна буде використовувати у будь-якій апаратурі, для якої важливим фактором буде живлення саме синусоїдальною напругою, що не має провалів при переході з одного режиму у інший.

Для підвищення надійності блоку ДБЖ при його проектуванні необхідно забезпечити легкі електричні, теплові робочі режими деталей та матеріалів конструкції, їх правильний вибір; забезпечити надійний захист від зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів; широко використовувати ІМС, а також стандартні компоненти; забезпечити ремонтпридатність виробу, використавши функціонально-вузловий метод конструювання. Процес проектування має враховувати наступні фактори: вартість розробки; маса та розміри; коефіцієнт корисної дії блока живлення; вхідна напруга; термін дії акумуляторної батареї; необхідна якість вихідної напруги; час, необхідний для виходу продукції на ринок.

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) є пристроєм, що забезпечує навантаження електроживленням з необхідними параметрами протягом певного часу при порушеннях в основній мережі. ДБЖ поділяються на резервні ДБЖ (off-line, stand-by, backup, in-line), лінійно-інтерактивні ДБЖ (line-interactive), постійно увімкнені ДБЖ (on-line), ДБЖ з подвійним перетворенням (double-conversion, 100% on-line, true on-line).

## 1.1 Огляд існуючих аналогів розроблюваного ДБЖ

### 1.1.1 Джерела безперебійного живлення PW5125RM та PW5115RM

Одним із аналогів нашого виробу є ДБЖ PW5125RM та PW5115RM виробництва фірми Powerware. Вони також призначені для кріплення в серверну стійку та мають вихідну потужність 1000ВА. Інші технічні характеристики можна привести в вигляді таблиці.

Таблиця 1.1. Характеристики ДБЖ Powerware

Параметри	PW5125RM	PW5115RM
Вихідна потужність (ВА/Вт)	1000/900	1000/670
Габаритні розміри (мм)	432*494*89	440*450*58
Маса (кг)	27	20
Номінальна вихідна напруга (В)	220-240	220-240
Можливий діапазон вхідної напруги (В)	166-276	175-250
Робоча частота (Гц)	50/60	50/60
Номінальна вхідна напруга (В)	220-240	220-240
ККД (%)	93	90
Індикація параметрів	Світлодіоди	Світлодіоди
Комунікаційний порт	RS232	RS-232
Робочий діапазон температур	0 – 40 С <sup>0</sup>	0-40 С <sup>0</sup>
Величина шуму (дБ)	Не більше 50	Не більше 45
Час роботи при максимальному навантаженні (хв.)	7	5

### 1.1.2 Джерела безперебійного живлення GE Digital Energy NetPro

NetPro 600-4000ВА.

Серія NetPro виробництва GE – це інтелектуальні і високоякісні ДБЖ подвійного перетворення, відповідні класу VFI, розроблені для критичних застосувань. Технологія безперебійної роботи і байпас забезпечують високу надійність при відмовах мережі електроживлення. Всі ДБЖ мають мікропроцесорне керування і стандартний порт RS232 для комунікації. Існують модифікації із збільшеним часом автономної роботи.

NetPro 19" 600-3000ВА.

ІБП серії NetPro19" виробництва GE забезпечують ефективний і якісний захист електроживлення. ДБЖ оснащені інтерфейсами RS232 і SNMP і сумісні зі всіма операційними системами. Вони розроблені спеціально для монтажу в стійку, мають подовжений час автономної роботи, витримують високі температури і підвищену напругу. ДБЖ мають привабливий дизайн передньої панелі, конструкція якої дозволяє замінювати батареї спереду.

Властивості і переваги даних моделей ДБЖ такі:

- Технологія подвійного перетворення виключає проблеми, викликані ненадійною мережею електроживлення;
- Панель з РК-дисплеєм для відображення стану і вимірів (2000-4000ВА);
- Оптимізований для роботи з генераторами;
- Програмоване відключення некритичного навантаження для збільшення часу підтримки критичних користувачів;
- Програмований повторний запуск після досягнення достатнього рівня заряду батарей;
- Доступ для заміни батарей спереду;
- Просте підключення додаткових блоків батарей для збільшення часу автономної роботи;
- Корпус розроблений спеціально для монтажу в 19" стійки;
- Технологія подвійного перетворення.

Сфери застосування даних ДБЖ такі:

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Сервери критичних застосувань;
- Телекомунікаційне устаткування;
- Устаткування локальних мереж;
- Інтернет-сервери;
- Мережеве устаткування;
- Устаткування систем керування і телекомунікацій.

Технічні характеристики різних моделей серії NetPro показані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. ДБЖ NetPro

Модель	NP600	NP1000	NP1500	NP2000	NP3000	NP4000
Модель для 19" стійки	+	+	+	+	+	
Вихідна потужність (Ва/Вт)	600/360	1000/600	1500/900	2000/1200	3000/1800	4000/2400
Батарея (В/Ач)	24/7	36/7	48/7	72/7	108/7	120/7
Час роботи (типове навантаження, хв)	12	12	10	12	12	10
Роз'єм для зовнішньої батареї		+		+	+	
Тип корпусу*	A/C	A/C	A/C	B/C	B/D	B
Вага, включаючи батареї (кг)*	13/19	15,5/22	18/24	29/29	38/52	42
Вхідна напруга при 70% навантаження (В)	120-264			160-264		
Вхідна частота (Гц)	50 або 60 +/-10%					
Вихідна напруга (В)	230 +/-2%			220/230/240+/-1%		
Вихідна частота (Гц)	50 або 60, по вибору користувача (з передньої панелі)					
Кількість вихідних розеток (IEC320)	2/4	2/4	2/4	2/4	3/9	3
Ізольований трансформатор				+	+	
Ручний байпас	+	+	+	+	+	+
Додаткові блоки батарей		+		+	+	
Релейна плата	+	+	+	+	+	+
SNMP плата	+	+	+	+	+	+
Блок сигналізації	+	+	+	+	+	+

### 1.1.3 Джерело безперебійного живлення CyberPower Value 1500E-GP

Дане ДБЖ відноситься до офісної серії лінійно-інтерактивних джерел безперебійного живлення. Відповідно до вимог ринку, модель забезпечена вбудованим сегментним РК-екраном, а для підключення до комп'ютера використовуються інтерфейси USB і RS-232. Це ДБЖ здатне захистити від неполадок в мережі шість пристроїв, наприклад, три повноцінні десктопи (системний блок + монітор) [2].



Рисунок 1.1. ДБЖ CyberPower Value 1500E-GP

Технічні характеристики CyberPower Value 1500E такі:

- Тип: лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення;
- Навантаження: 1500VA;
- Приблизна потужність навантаження: 900 Вт;
- 2-ступінчаста AVR;
- Час перемикання - близько 4 мс;
- Вхідна напруга: 165-270 В;
- Діапазон вхідної частоти: 45-65 Гц;
- Вид напруги при живленні від батарей: апроксимована синусоїда;
- Частота при живленні від батарей: 50/60 Гц;
- Захист від перевантаження: відновлюваний запобіжник, внутрішнє

									ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						10

обмеження по струму при живленні від батарей, можливість холодного старту, вбудований вентилятор;

- Акумуляторна батарея: Два необслуговуваних кислотно-свинцевих акумулятора 12В / 7 Ач, час зарядки – близько 8 годин;
- Діагностика: РК-дисплей, індикатор живлення, звукові сигнали: робота від акумулятора, розряд акумулятора, перевантаження;
- Роз'єми: 1 сигнальний порт RS-232, 1 порт USB, 1 універсальний крізний порт RJ11/RJ45 для захисту комп'ютерної мережі / телефонної розетки, 6 розеток безперебійного живлення IEC 320 C13.



Рисунок 1.2. Роз'єми ДБЖ CyberPower Value 1500E-GP

Всі підключення до ДБЖ здійснюються з його зворотного боку (рис.1.2). Тут ми бачимо два інтерфейсні порти: COM і USB, крізну універсальну розетку RJ45/RJ11 для захисту мережевої карти або телефонного апарату, невеликий 40-мм вентилятор і шість розеток типу IEC 320. Всі розетки забезпечені резервним живленням, тобто, при відключенні енергії всі вони продовжать живити підключені електроприлади від вбудованого акумулятора. Здатність давати енергію шести споживачам, тобто, трьом комп'ютерам з моніторами, дуже буде до речі в офісах, де деколи робочі столи встановлені упритул один до одного і немає можливості поставити на кожен комп'ютер по ДБЖ [3].

Джерело безперебійного живлення має 2-ступінчасте автоматичне регулювання напруги, AVR. Перемикання відбувається при просіданні напруги на вході до 200 В (рис. 1.3).

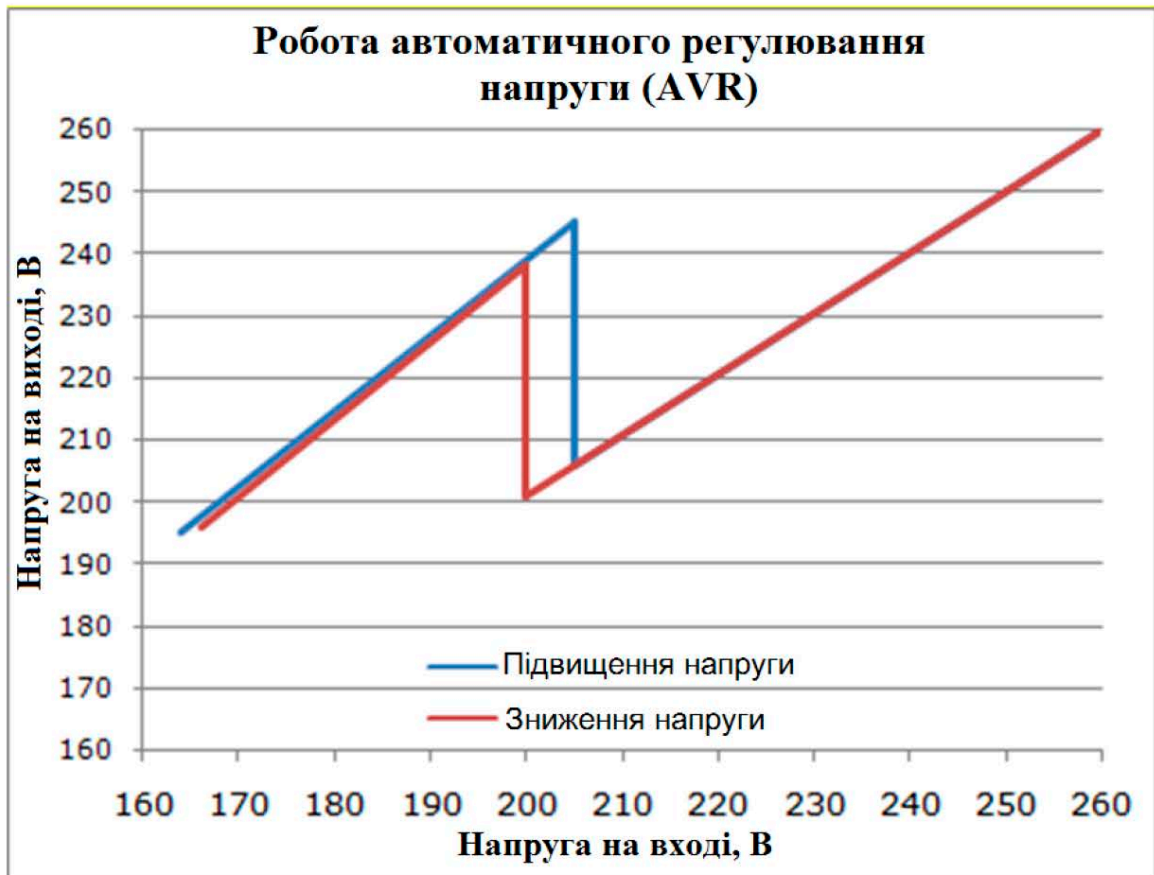


Рисунок 1.3. Робота автоматичного регулювання напруги ДБЖ CyberPower Value 1500E-GP

При нормальній роботі, з повністю зарядженою АКБ і вхідною напругою 220 В, джерело безперебійного живлення CyberPower Value 1500E-GP споживає 19.4 Вт (38 ВА). При активізації системи AVR це значення зростає до 40 Вт (86 ВА).

Розглянуті вище ДБЖ забезпечують необхідні для якісного живлення апаратури параметри, але мають занадто високу вартість. Тому виникає необхідність у дешевих і надійних ДБЖ для використання у малому офісі для захисту вузлів ЛОМ, або для домашнього використання. На рис.1.4 показано типовий приклад використання декількох пристроїв ДБЖ для захисту мережевих пристроїв ЛОМ.



Рисунок 1.4. Схема організації резервного живлення вузлів ЛОМ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

13

## 1.2 Аналіз структурних схем існуючих ДБЖ

Джерело безперебійного живлення є автоматичним пристроєм, що забезпечує нормальне живлення навантаження при повному зникненні струму з зовнішньої електромережі в результаті аварії або неприпустимо високому відхиленні параметрів напруги в мережі від номінальних значень і використовує для аварійного живлення навантаження енергію акумуляторних батарей [3].

Розглянемо декілька основних типів побудови структурних схем ДБЖ:

1. ДБЖ резервного типу;
2. Лінійно-інтерактивне ДБЖ;
3. ДБЖ з подвійним перетворенням енергії.

### 1.2.1 ДБЖ резервного типу (Off-Line або standby)

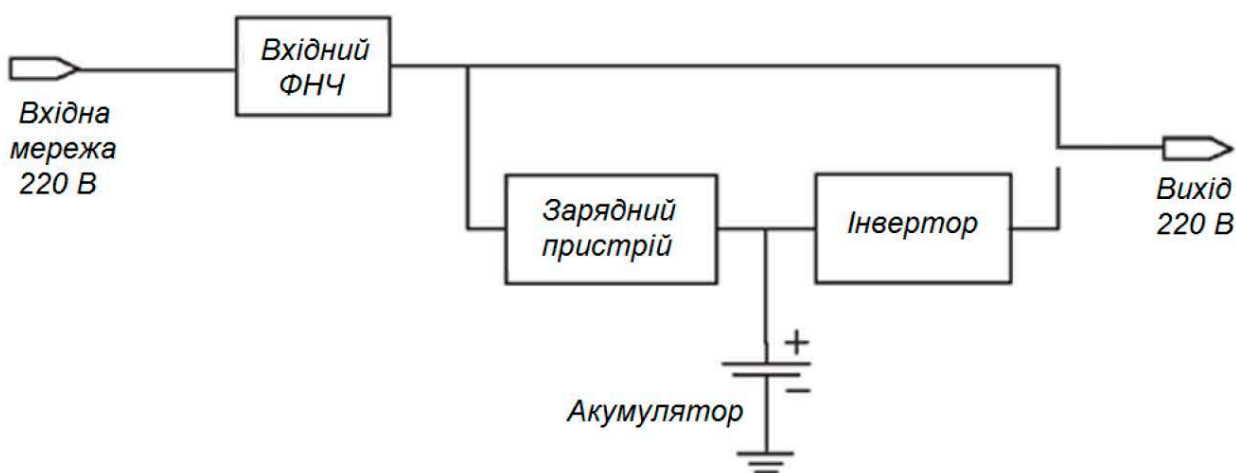


Рисунок 1.5. ДБЖ типу Off-Line

Джерело безперебійного живлення, виконане за схемою з комутуючим пристроєм, що у нормальному режимі роботи забезпечує підключення навантаження безпосередньо до зовнішньої електромережі, а в аварійному переводить її на живлення від акумуляторних батарей. Перевагою ДБЖ резервного типу є його простота і невисока вартість, а недоліком – ненульовий час перемикання (~4 мс) на живлення від акумуляторів та більш інтенсивна їхня експлуатація, тому що джерело переводиться в аварійний режим при будь-яких несправностях в електромережі.

ДБЖ резервного типу, як правило, мають невелику потужність і застосовуються для забезпечення гарантованого електроживлення окремих пристроїв (персональних комп'ютерів, робочих станцій, офісного встаткування) у регіонах з гарною якістю електричної мережі.

### 1.2.2 Лінійно-інтерактивне (Line-Interactive)

Джерело безперебійного живлення, виконане за схемою з комутуючим пристроєм (Off-Line), доповненої стабілізатором входної напруги на основі автотрансформатора з перемикаючими обмотками.

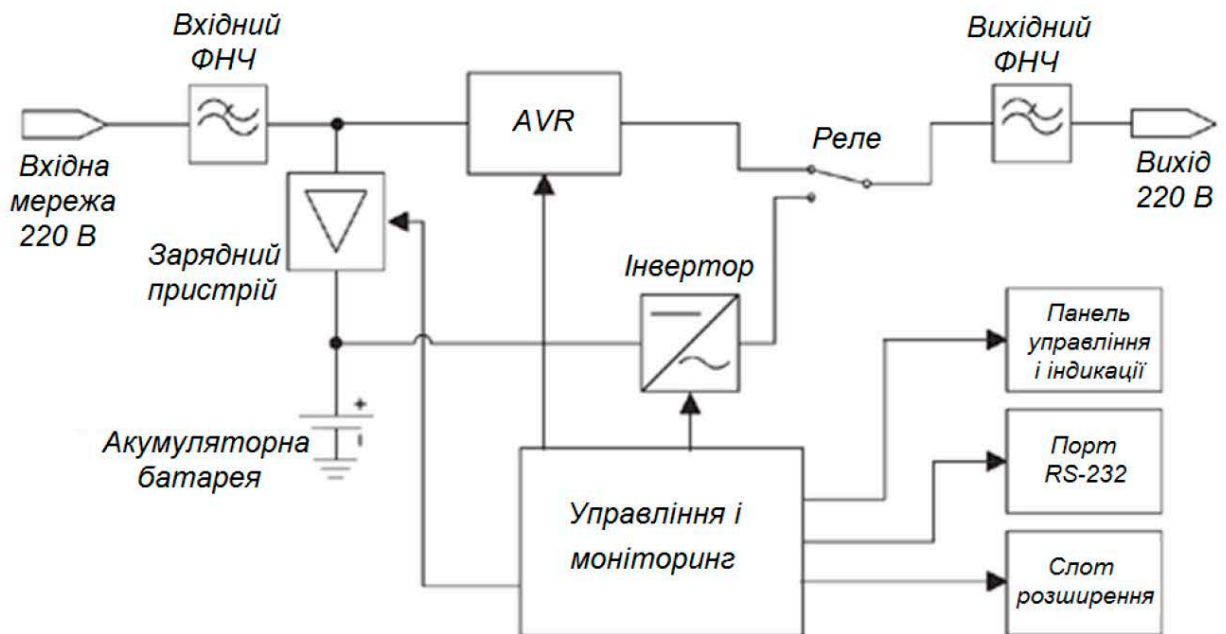


Рисунок 1.6. ДБЖ типу Line-Interactive

Основна перевага лінійно-інтерактивного ДБЖ у порівнянні із джерелом резервного типу полягає в тому, що воно здатне забезпечити нормальне живлення навантаження при підвищеній або зниженій напрузі електромережі (найпоширеніший вид несправностей у вітчизняних лініях електропостачання) без переходу в аварійний режим. В результаті продовжується термін служби акумуляторних батарей. Недоліком лінійно-інтерактивної схеми є ненульовий час перемикання (~4 мс) навантаження на живлення від батарей.

По ефективності лінійно-інтерактивні ДБЖ займають проміжне положення між простими й відносно дешевими резервними джерелами (Off-Line) і високоефективними, але і дорогими джерелами із подвійним перетворенням

енергії (On-Line). Як правило, лінійно-інтерактивні ДБЖ застосовують для забезпечення гарантованого живлення персональних комп'ютерів, робочих станцій, файлових серверів, вузлів локальних обчислювальних мереж й офісного встаткування. Автоматичний регулятор напруги побудований на основі автотрансформатора з перемикаючими обмотками. Застосовується в ДБЖ, зібраних за лінійно-інтерактивною схемою, для ступінчатого коректування вхідної напруги у бік його підвищення. Число обмоток регулятора визначає діапазон вхідних напруг, при яких ДБЖ забезпечує нормальне живлення навантаження без переходу в аварійний режим роботи. В ДБЖ такої структури всередньому такий діапазон припустимої зміни вхідної напруги становить від -20% до +20% від номінального значення 220 [4].

### 1.2.3 ДБЖ з подвійним перетворенням енергії (On-Line)

Джерело безперебійного живлення, в якому вхідна змінна напруга спочатку перетворюється випрямлячем у постійну, а потім за допомогою інвертора знову в змінну – є джерелом з подвійним перетворенням енергії (On-Line). Акумуляторна батарея постійно підключена до виходу випрямляча і входу інвертора і живить останній в аварійному режимі.

Така схема побудови ДБЖ дозволяє забезпечити практично ідеальне живлення навантаження при будь-яких неполадках у мережі (включаючи фільтрацію високовольтних імпульсів та електромагнітних завад) і характеризується нульовим часом перемикання в аварійний режим без виникнення перехідних процесів на виході пристрою. До недоліків схеми з подвійним перетворенням енергії варто віднести її порівняно велику складність, більш високу вартість.

ДБЖ типу On-Line застосовують у тих випадках, коли за тих або інших причинах потрібні підвищені вимоги до якості електроживлення навантаження, якими можуть бути вузли локальних обчислювальних мереж (мережне встаткування, файлові сервери, робочі станції, персональні комп'ютери), системи керування технологічним процесом.

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

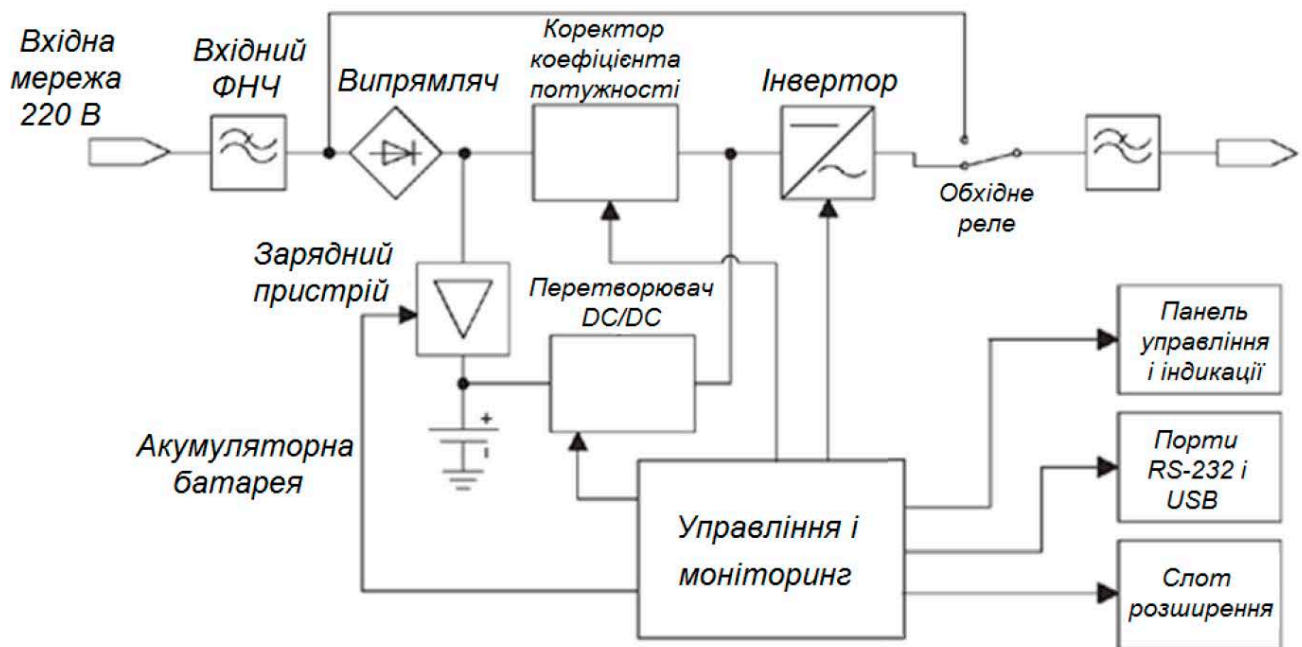


Рисунок 1.7. ДБЖ типу On-Line

За схемою з подвійним перетворенням (On-Line) побудовані, наприклад, моделі PW5125RM компанії Powerware. Вони оснащені плавним стабілізатором вхідної напруги, завдяки якому діапазон припустимих значень вхідної напруги, при яких джерело не переходить на живлення від батарей, становить 166 ... 276В.

В таких схемах присутній режим Bypass, живлення навантаження відфільтрованою напругою електромережі в обхід основної схеми ДБЖ. Перемикання в режим Bypass, підтримуваний внутрішньою схемою ДБЖ або спеціальним зовнішнім модулем, може виконуватися автоматично або вручну. ДБЖ, що має відповідну вбудовану схему, автоматично переходить у режим Bypass по команді пристрою керування при перевантаженні вихідних ланцюгів або при виявленні несправності в важливих вузлах. У такий спосіб навантаження захищається не тільки від збоїв у живильній електромережі, але й від неполадок у самому ДБЖ. Можливість ручного вмикання режиму Bypass передбачається на випадок проведення профілактичного обслуговування ДБЖ або заміни його вузлів без відключення навантаження.

Оскільки, як видно з вище сказаного, схема типу Line-interactive є найбільш оптимальною, то і розроблений у даному дипломному проєкті

пристрій забезпечення безперебійного живлення теж буде побудований за цим принципом. Проте, вдосконалення функціональної схеми та характеристик дозволить мати більш затребуваний та конкурентно-спроможний виріб з кращими параметрами експлуатації і меншою ціною, ніж аналоги [5].

### **1.3 Розробка та опис структурної схеми ДБЖ та алгоритму**

Побудова систем безперебійного живлення залежить від вирішуваних ними задач. В деяких випадках необхідно найменший час переключення навантаження на живлення від АБ чи навпаки. В інших потрібно забезпечити довготривалу роботу від АБ, при цьому час переключення не являється критичною величиною. Тобто, можна сказати, що для кожного конкретного випадку потрібно вирішувати іншу технічну задачу.

Розроблюваний пристрій призначений для забезпечення безперебійного живлення персональних комп'ютерів із споживаною потужністю до 500 Вт стабілізованою напругою 220В, 50Гц. Розроблюваний пристрій призначений для живлення пристроїв, що мають імпульсні джерела живлення. Це дозволить зменшити вимоги щодо розробки нашого приладу, тому що імпульсні джерела живлення здатні працювати в мережі з відхиленнями напруги до  $\pm 20\%$  від нормального значення з несинусоїдальною характеристикою струму (апроксимована синусоїда, квазі-синусоїда) [6].

Розглянемо основні блоки, що входять до складу пристрою:

1. Пристрій комутацій;
2. Мережевий фільтр;
3. Зарядний пристрій;
4. Акумуляторна батарея;
5. Перетворювач постійної напруги в постійну;
6. Стабілізатор постійної напруги;
7. Перетворювач постійної напруги в змінну;
8. Пристрій комутацій байпас;
9. Датчик струму;

10. Вихідний фільтр;
11. Датчик температури;
12. Інтерфейс;
13. Пристрій індикації;
14. Пристрій керування роботою ДБЖ.

Для забезпечення роботи та функціонування всіх частин ДБЖ, необхідна ланка, котра здійснювала б зв'язок між всіма цими частинами. Можна розглянути декілька видів таких схем:

1. Аналогові системи, операції регулювання в яких здійснюються шляхом порівняння, підсилення, перетворення аналогових сигналів. Похибка установки параметрів в такій системі сильно залежить від параметрів активних і пасивних елементів схеми. Такі системи використовуються, в основному в недорогих пристроях;
2. Цифрові системи, операції керування проводяться над цифровими величинами, отриманими із аналогових сигналів шляхом оцифрування аналого-цифровими перетворювачами (АЦП). Точність таких систем набагато вища за рахунок використання математичного апарату числення;
3. Комбіновані, операції керування та регулювання в яких виконуються або аналоговими, або цифровими пристроями.

В нашому випадку, згідно технічному завданню, система керування роботою ДБЖ має бути побудована на мікроконтролері ATtiny26. Він представляє собою високопродуктивний контролер з функціями багатоканального аналого-цифрового перетворювача. Введення та виведення інформації у мікроконтролер (МК) може здійснюватися як в аналоговому так і в цифровому вигляді. Використання мікроконтролеру дозволяє набагато спростити схему. Мікроконтролер керує роботою як схеми управління так і роботою всього пристрою. Таким чином, загальна структура розроблюваного ДБЖ буде мати вигляд, показаний на рис. 1.8.

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

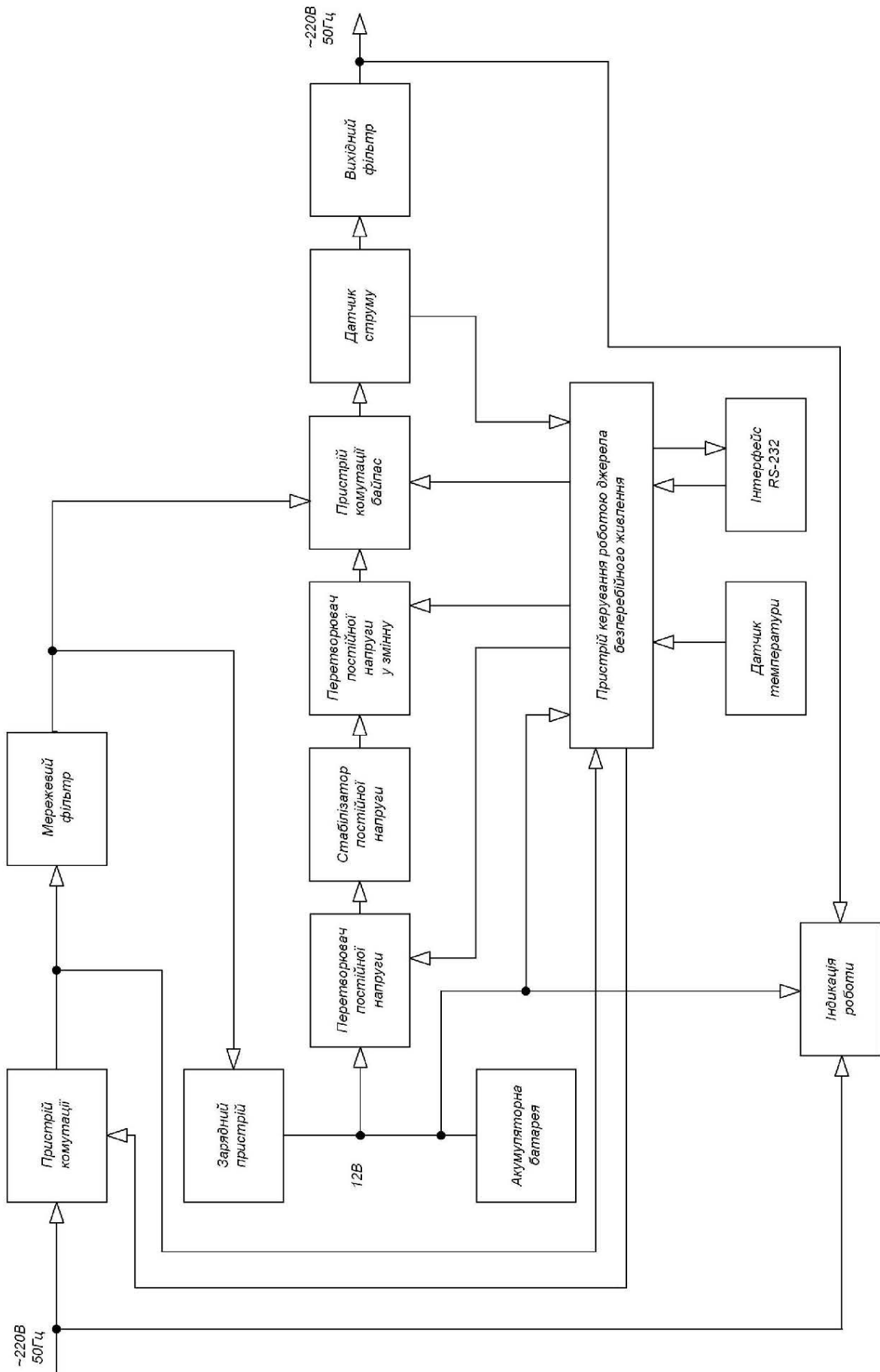


Рисунок 1.8. Структурна схема ДБЖ типу line-interactive

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

20

Схема керування здійснює підключення ДБЖ до мережі, подаючи відповідну команду вмикання на пристрій комутації, здійснює керування переключенням навантаження на живлення від мережі чи від АБ, слідує за напругою на АБ. Якщо напруга на АБ стає меншою за 10,5В, то здійснюється аварійне відключення ДБЖ. Аварійне відключення здійснюється також, коли температура навколишнього середовища виходить за межі допустимої. Для вимірювання температури використовується датчик температури. На пристрій керування роботою ДБЖ поступає інформацію величини напруги в мережі. Обробляючи цю інформацію МК виробляє відповідні сигнали керування для інших вузлів, складових блоку.

Для вимірювання вихідної потужності використовується датчик струму. Якщо через датчик протікає струм більший допустимого, то схема керування відключає навантаження. Це забезпечує захист від виходу з ладу пристрою перетворення постійної напруги в змінну [6].

Особливо велике значення в ДБЖ має наявність зв'язку з ПК. Це дозволяє оператору (адміністратору) слідувати за станом мережі, АБ та всієї роботи ДБЖ. У даному випадку використовується стандартний інтерфейс зв'язку МК та ПК – RS-232. Це дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг ДБЖ та безпечно завершення роботи ПК при аварії чи довготривалій відсутності напруги в мережі.

Вхідна напруга 220В з частотою 50Гц поступає через пристрій комутацій та мережевий фільтр на зарядний пристрій та пристрій комутації байпас. Мережевий фільтр призначений для запобігання попаданню завад, що виникають при роботі ДБЖ в мережу, тобто захисту споживачів від електромагнітних завад.

Зарядний пристрій забезпечує зарядку АБ при наявності напруги мережі, тобто при нормальній роботі ДБЖ, забезпечуючи тим самим постійну готовність до роботи ДБЖ в автономному режимі. Пристрій перетворює напругу мережі у стабілізовану постійну напругу. Величина напруги заряду постійно контролюється МК. Це тим самим дозволяє правильно експлуатувати

					<i>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

батареї. Досить велика вихідна потужність зарядного пристрою дає плюс при роботі ДБЖ з значно заниженою вхідною напругою пристрою, що знаходиться в діапазоні від 90В до 185В. При такій вхідній напрузі частина вихідної потужності джерела забезпечується роботою зарядного пристрою, що набагато продовжує роботу навантаження під час несправностей в мережі.

Перетворювач постійної напруги в постійну виконує роль перетворювача постійної напруги 120В в постійну 200В. Даний пристрій побудований по схемі імпульсного перетворювача з ШІМ. Напруга на його виході постійна, але не стабілізована, тобто залежить від зміни вхідної напруги. Для стабілізації використовується стабілізатор постійної напруги. Стабілізатор побудований по схемі однотактового імпульсного підвищувального стабілізатору. Напруга на акумуляторі змінюється в межах 10,5...13,8В, а вихідна ДБЖ повинна залишатись стабільною.

Перетворювач постійної напруги в змінну здійснює формування вихідної стабілізованої напруги 220В, 50Гц. Керування та синхронізацію даного пристрою з мережею здійснює пристрій керування ДБЖ.

Вихідний фільтр служить для фільтрації електромагнітних завад та запобіганню їх попаданню в навантаження [6].

Відповідно до структурної схеми ДБЖ лінійно-інтерактивного типу (Line-interactive), джерело безперебійного живлення складається з декількох функціональних вузлів. Розглянемо кожен з них окремо, проведемо необхідні розрахунки та вибір елементної бази. Всі позначення електричних елементів при розрахунках відповідають електричній принциповій схемі розроблюваного ДБЖ. Розраховані номінали елементів відповідають переліку елементів, наведеному у Додатку А.

#### **1.4 Електричний розрахунок схеми зарядного пристрою**

Зарядний пристрій побудований по однотактній зворотньоходовій схемі перетворення енергії. Керуючою мікросхемою є IMS UC3842 фірми Fairchild. Функціональна схема IMS UC3842 приведена на рис. 1.9.

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

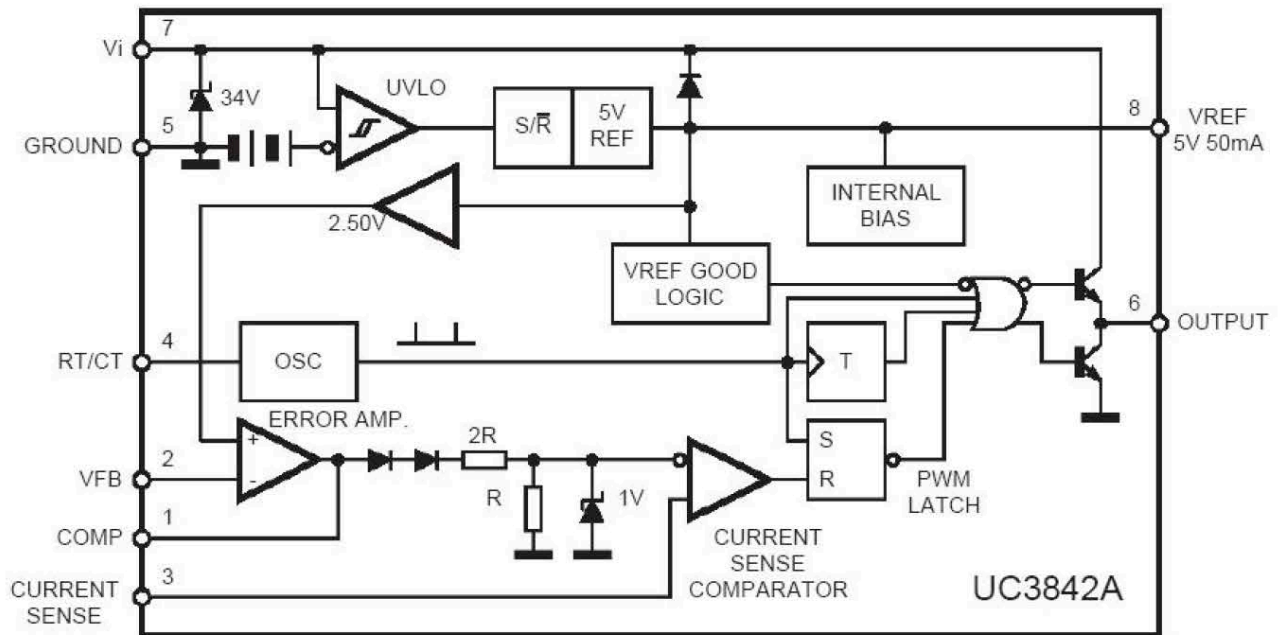


Рисунок 1.9. Функціональна схема UC3842

Принцип роботи полягає в наступному: на діодний міст VD1 подається змінна напруга мережі 220В. Після VD1 на згладжуючому конденсаторі маємо постійну напругу 306В. Початковий запуск роботи ІМС DA2 відбувається через резистор R41. Далі при нормальному режимі роботи DA1 живиться від додаткової обмотки W3 трансформатора T2. Напруга знята з W3 випрямляється діодом VD8 та згладжується ємнісним фільтром побудованому на конденсаторах C24, C25. Величина напруги живлення IMS складає 12В.

Після подачі живлення на 8 виводі DA2 встановлюється опорна напруга 5В. На вхід тактового генератора, через інтегруючу ланку R14C11 подається сигнал 5В. На 6 виводі DA2 встановлюється високий потенціал (12В), який через резисторний дільник R27R29 поступає на затвор польового транзистора VT1. Транзистор VT1 вмикається коли потенціал між затвором і витокком складає більше 4В. При вмиканні VT1 через обмотку W2, транзистор VT1, резистор R30 починає протікати струм. Резистор R30 являється вимірювальним резистором. З його виводів знімаємо сигнал про величину струму, що протікає через транзистор і первинну обмотку трансформатора T2. Цей сигнал поступає через R28 на вхід з DA2. Даний вхід являється прямим входом внутрішнього компаратора по струму. На вхід 1 DA2 подається сигнал зворотного зв'язку по

напрузі. Цей сигнал подається на інвертуючий вхід від компаратора по струму. При досягненні порогового рівня на вході компаратора виробляється сигнал на вимкнення вхідного транзистора. Струм через первинну обмотку T2 наростає лінійно, але при вмиканні і вимиканні транзистора виникають викиди струму. Ці викиди можуть призводити до самовільного вмикання і вимикання ІМС. Для запобігання цьому явищу ставиться RC фільтр (рис. 1.10).

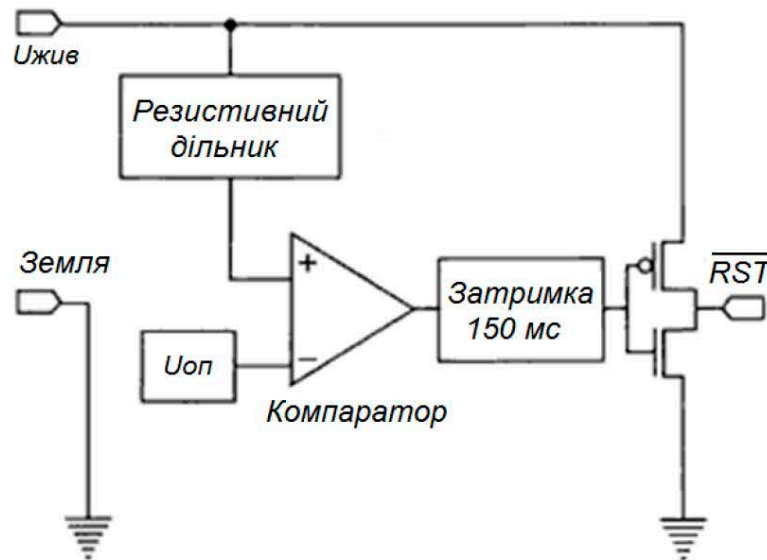


Рисунок 1.10. Схема компаратора струму з RC-фільтром

Після вмиканні транзистора починається етап передачі енергії накопленої в трансформаторі в навантаження. Напруга, знята з обмотки W1, T2 випрямляється діодом VD1 та фільтрується ємнісним фільтром C35, C36.

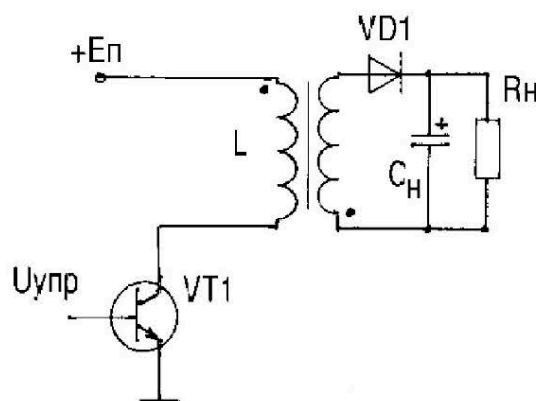


Рисунок 1.11. Принципова схема однопольного зворотно-ходового перетворювача напруги

Схема стабілізації вихідної напруги побудована на управляючому стабілітроні VD12 – TL431. Резистори R56, R57, R58 утворюють резисторний

дільник, величиною опорів якого виставляється значення вихідної напруги зарядного пристрою. Резистор R54 є струмообмежувальним резистором для стабілітрона VD12 та оптрона U1.2. За базову схему для зарядного пристрою візьмемо схему однотактного зворотно-ходового перетворювача напруги (рис.1.11).

Таблиця 1.3. Вихідні дані для розрахунків

Параметри	Позначення	Значення
Мінімальна змінна вх. напруга	$V_{ACmin}$	85В
Максимальна змінна вх. напруга	$V_{ACmax}$	270В
Частота мережі	$f_{AC}$	50Гц
Максимальна вих. потужність	$P_{outmax}$	100 Вт
Мінімальна вих. потужність	$P_{outmin}$	1Вт
Вихідна напруга	$V_{out}$	13,8В
Пульсації вихідної напруги	$V_{outRipple}$	0,05В
Напруга відбиття первинної обмотки	$V_R$	100В
Прогнозований ККД	$\eta$	0,84
Пульсації вх. постійної напруги	$V_{DCinRipple}$	10В
Напруга живлення ІМС	$V_{AUX}$	12В
Кількість оптопар	$G_C$	1

Це доцільно тим, що потрібно відносно невелику потужність  $P_{вих.}=100\text{Вт}$  для того, щоб заряджати акумулятори. Також ця схема приваблива простотою та дешевизною, порівняно з такими схемами як напівмостова чи прямоходова. Скористаємося методикою розрахунку, представленою в [5].

Розрахуємо характеристики вхідного діодного мосту та конденсатору.

Максимальна вхідна потужність:

$$P_{inmax} = \frac{P_{outmax}}{\eta} = \frac{100\text{Вт}}{0,84} \approx 120\text{Вт} ; \quad (1.1)$$

Знайдемо максимальне значення струму через діодний міст VD1:

$$I_{PRMS} = \frac{P_{inmax}}{V_{ACmin}} \times \cos\varphi = \frac{120\text{Вт}}{85\text{В} \times 0,6} = 2,35 ; \quad (1.2)$$

Розрахуємо максимальне значення напруги на діодному мосту:

$$V_{DCmaxPK} = V_{ACmax} \times \sqrt{2} = 270\text{В} \times \sqrt{2} = 382\text{В} ; \quad (1.3)$$

Знайдемо параметри вхідного конденсатора С6:

$$V_{DCminPK} = V_{ACmin} \times \sqrt{2} = 85B \times \sqrt{2} = 120B;$$

$$V_{DCmin} = V_{DCminPK} - V_{Ripple} = 120B - 10B = 110B,$$
(1.4)

де:  $V_{DCminPK}$  – мінімальне амплітудне значення вхідної напруги,

$V_{DCmin}$  – мінімальне значення вхідної напруги з урахуванням пульсацій.

Знайдемо час розряду конденсатора С6 за половину періоду:

$$T_D = 5mc \times \left(1 + \frac{\arcsin\left(\frac{V_{DCmin}}{V_{DCminPK}}\right)}{90}\right) = 5mc \times \left(1 + \frac{\arcsin\left(\frac{110B}{120B}\right)}{90}\right) = 8,7mc;$$
(1.5)

Розрахуємо потужність, що береться з конденсатора за час розряду:

$$W_{in} = P_{inmax} \times T_D = 120Bm \times 8,7mc = 1,04Bm;$$
(1.6)

Знайдемо мінімальне значення ємності С6:

$$C_{inmin} = \frac{2 \times W_{in}}{V_{DCminPK}^2 - V_{DCmin}^2} = \frac{2 \times 1,04}{(120B)^2 - (110B)^2} = 43мкФ;$$
(1.7)

Розрахуємо характеристики трансформатора Т2. Знайдемо максимальний струм через первинну обмотку трансформатора Т2:

$$I_{LPK} = \frac{2 \times P_{inmax}}{V_{DCmin} \times D_{max}} = \frac{2 \times 120Bm}{110B \times 0,5} = 4,36A,$$
(1.8)

де  $D_{max}=0,5$ , скважність імпульсів на первинній обмотці.

Розрахуємо максимальний струм через демпферний діод VD7:

$$I_{LRMS} = I_{LPK} \times \sqrt{\frac{D_{max}}{3}} = 4,36A \times \sqrt{\frac{0,5}{3}} = 1,78A;$$
(1.9)

Визначимо початкову індуктивність первинної обмотки при максимальному циклі:

$$L_P = \frac{D_{max} \times V_{DCmin}}{I_{LPK} \times f} = \frac{0,5 \times 110B}{4,36A \times 100 \times 10^3 Гц} = 12,6мкГн;$$
(1.10)

Виберемо тип осердя трансформатора з продукції фірми Ерсос. Вибераємо осердя Е3211619.

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 1.4. Параметри осердя

Параметр	Позначення	Значення
Індуктивність одного витка	$A_L$	24,4нГн
Площа вікна	$A_N$	108,5мм <sup>2</sup>
Ширина осердя	S	0,5мм
Площа перерізу осердя	$A_e$	83мм <sup>2</sup>
Довжина середньої лінії	$I_N$	64,6мм
Ваговий коефіцієнт потужності (при 100кГц)	$P_V$	190мВт/г
Індукція насичення осердя	$B_{max}$	0,2Т...0,3Т
Маса	m	30г

Знайдемо кількість витків первинної обмотки :

$$N_P = \sqrt{\frac{L_P}{A_L}} = \sqrt{\frac{12,6\text{мкГн}}{24,4\text{нГн}}} = 22,7, \quad (1.11)$$

Приймаємо  $N_P$  рівним 24 витки.

Визначимо кількість витків вторинної обмотки :

$$N_S = \frac{N_P \times (V_{out} + V_{FDiode})}{V_R} = \frac{24 \times (13,8\text{В} + 0,7\text{В})}{100\text{В}} = 3,48, \quad (1.12)$$

де:  $V_{FDiode}$  спад напруги на діоді. Візьмемо  $N_S=4$  витки.

Знайдемо кількість витків додаткової обмотки :

$$N_{AUX} = \frac{N_P (V_{AUX} + V_{FDiode})}{V_R} = \frac{24(12\text{В} + 0,7)}{100\text{В}} = 3,12; \quad (1.13)$$

Приймаємо  $N_{AUX}=4$  витки.

Розрахуємо реальну індуктивність первинної обмотки:

$$L_P = N_P^2 \times A_L = 24^2 \times 0,0244 = 14\text{мкГн}; \quad (1.14)$$

Знайдемо максимальний реальний струм через первинну обмотку T2 :

$$I_{LPK} = \frac{V_{DCmin} \times D_{max}}{L_P \times f} = \frac{110\text{В} \times 0,5}{14\text{мкГн} \times 100 \times 10^3 \text{Гц}} = 3,9\text{А}; \quad (1.15)$$

Виразуємо максимальну реальну індукцію трансформатора:

$$B = \frac{L_P \times I_{LPK}}{N_P \times A_e} = \frac{14\text{мкГн} \times 3,9\text{А}}{24 \times 83\text{мм}^2} = 0,027\text{Т}, B < B_{max}; \quad (1.16)$$

Знайдемо площу перерізу з урахуванням кількості витків обмотки  $N_P$ :

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$S = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N_p^2 \times A_e}{L_p} = \frac{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 24^2 \times 83 \text{ мм}^2}{14 \text{ мкГн}} = 4,2 \text{ мм}^2; \quad (1.17)$$

Розглянемо конструкцію трансформатора для осердя E3211619.

З таблиці даних осердя E3211619:  $BW_{\max}=20,1 \text{ мм}$  – максимальне значення ширина обмотки з осердям;  $M=4 \text{ мм}$  мінімальна рекомендована значення ширини обмотки з осердям.

Визначимо ефективне значення ширини обмотки з осердям:

$$BW_e = BW_{\max} - 2 \times M = 20,1 \text{ мм} - 2 \times 4 \text{ мм} = 12,1 \text{ мм}, \quad (1.18)$$

Вибираємо коефіцієнт заповнення вікна трансформатора обмотками :

Первинна – 0,5;

Вторинна – 0,45;

Допоміжна – 0,05.

Коефіцієнт заповнення міді з таблиці даних осердя :  $f_{Cu}=0,2 \dots 0,4$ . Виберемо  $f_{Cu}=0,3$ .

Розрахуємо площу перерізу провідника первинної обмотки T1:

$$A_p = \frac{0,5 \times A_N \times f_{Cu} \times BW_e}{N_p \times BW} = \frac{0,5 \times 108,5 \text{ мм}^2 \times 0,3 \times 12,1}{24 \times 20,1} = 0,41 \text{ мм}^2; \quad (1.19)$$

Приймаємо діаметр проводу для первинної обмотки  $d_p=0,64 \text{ мм}$  (22 AWG)

Розрахуємо площу перерізу провідника вторинної обмотки T1:

$$A_s = \frac{0,45 \times A_N \times f_{Cu} \times BW_e}{N_{AUX} \times BW} = 2,2 \text{ мм}^2. \quad (1.20)$$

Приймаємо діаметр провідника  $d_s=2 \times 0,8 \text{ мм}$  (2×20 AWG).

Розрахуємо площу перерізу провідника додаткової обмотки:

$$A_{AUX} = \frac{0,05 \times A_N \times f_{Cu} \times BW_e}{N_{AUX} \times BW} = \frac{0,05 \times 108,5 \text{ мм}^2 \times 0,3 \times 12,1}{4 \times 20,1} = 0,24 \text{ мм}^2 \quad (1.21)$$

Приймаємо діаметр провідника  $d_{AUX}=0,64 \text{ мм}$  (22 AWG).

Розрахуємо параметри вихідного діода VD11.

Визначимо максимальну зворотну напругу на діоді:

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$V_{RDiode} = V_{out} + (V_{DCmaxPK} \times \frac{N_S}{N_P}) = 13,8B + (382B \times \frac{4}{24}) = 77,5B; \quad (1.22)$$

Визначимо максимальний імпульсний прямиий струм через діод:

$$I_{SPK} = I_{LPK} \times \frac{N_P}{N_S} = 3,9 \times \frac{24}{4} = 23,4A; \quad (1.23)$$

Визначимо максимальний імпульсний прямиий струм через діод з урахуванням коефіцієнта заповнення:

$$I_{SRMS} = I_{SPK} \times \sqrt{\frac{1}{3 \times D_{max}}} = 23,4A \times \sqrt{\frac{1}{3 \times 0,5}} = 9,55A; \quad (1.24)$$

Розрахуємо параметри вихідного конденсатора С36.

Максимальна імпульсна нестабільність вихідної напруги  $V_{out}=0,5B$  при кількості періодів тактової частоти :  $n_{cp}=5$ .

Визначимо максимальний вихідний струм:

$$I_{out} = \frac{P_{outmax}}{V_{out}} = \frac{100}{13,8} = 7,3A; \quad (1.25)$$

Мінімальна ємність конденсатора С36 дорівнюватиме :

$$C_{out} = \frac{I_{outmax} \times n_{cp}}{\Delta V_{out} \times f} = \frac{7,3A \times 5}{0,5B \times 100000Гц} = 750мкФ; \quad (1.26)$$

Обираємо конденсатор на 2200мкФ – 25В.

Розрахуємо параметри демпферної ланки С23, R26, VD7.

Знайдемо напругу на демпферні ланці:

$$V_{Snub} = V_{(BR)DSS} - V_{DCmax} - V_R = 650B - 382B - 100B = 168B, \quad (1.27)$$

де  $V_{(BR)DSS}$  – максимально допустима напруга втік-витік транзистора.

Для розрахунку демпферної ланки необхідно знати індуктивність розсіювання ( $L_{LK}$ ) первинної обмотки, котра дуже сильно залежить від конструкції трансформатора. Тому прийємо значення індуктивності розсіювання на рівні 5% від первинної обмотки.

$$L_{LK} = L_P \times 0,05 = 14 \text{ мкГн} \times 0,05 = 0,07 \text{ мкГн} . \quad (1.28)$$

Знайдемо ємність конденсатора С23 демпферної ланки:

$$C_{Snub} = \frac{I_{LPK}^2 \times L_{LK}}{(V_R + V_{Snub}) \times V_{Snub}} = \frac{(3,9A)^2 \times 0,7 \text{ мкГн}}{(100B + 168B) \times 168B} = 236 \text{ нФ} . \quad (1.29)$$

Приймаємо С23=470пФ.

Знайдемо опір резистора демпферної ланки R26:

$$R_{Snub} = \frac{(V_{Snub} + V_R)^2 - V_R^2}{0,5 \times L_{LK} \times I_{LPK}^2 \times f} = \frac{(168B + 100B)^2 - (100B)^2}{0,5 \times 0,7 \text{ мкГн} \times (3,9A)^2 \times 100 \text{ кГц}} = 1196 \text{ Ом} . \quad (1.30)$$

Приймаємо R26=1,2кОм.

Розрахунок втрати в даній схемі зарядного пристрою.

Визначимо втрати на діоді VD1:

$$P_{Din} = 2 \times I_{PRMS} \times V_F = 2 \times 2,35A \times 1B = 4,7 \text{ Вт} ; \quad (1.31)$$

Визначимо опір первинної обмотки:

$$R_{PCu} = \frac{l_n \times N_P \times P_{100}}{A_P} = \frac{0,0644 \text{ м} \times 24 \times 17,2 \frac{\text{МОм} \times \text{мм}^2}{\text{м}}}{0,41 \text{ мм}^2} = 64 \text{ МОм} ; \quad (1.32)$$

Визначимо опір первинної обмотки:

$$R_{SCu} = \frac{l_n \times N_S \times P_{100}}{A_S} = \frac{0,0644 \times 24 \times 17,2 \frac{\text{МОм} \times \text{мм}^2}{\text{м}}}{0,41 \text{ мм}^2} = 2,01 \text{ МОм} , \quad (1.33)$$

де: з довідника питомий опір міді  $P_{100} = 0,0172 \text{ Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м}$ .

Визначимо втрати в міді в первинній обмотці:

$$P_{PCu} = I_{LPK}^2 \times D_{\max} \times \frac{1}{3} \times R_{PCu} = (3,9A)^2 \times 0,5 \times \frac{1}{3} \times 64 \times 10^3 \text{ Ом} = 0,162 \text{ Вт} ; \quad (1.34)$$

Визначимо втрати в міді в вторинній обмотці:

$$P_{SCu} = I_{SRMS}^2 \times D_{\max} \times \frac{1}{3} \times R_{SCu} = (23,4A)^2 \times 0,5 \times \frac{1}{3} \times 2,01 \text{ Ом} = 0,183 \text{ Вт} ; \quad (1.35)$$

Знайдемо сумарні втрати в первинній та вторинній обмотках трансформатора:

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$\sum P_{Cu} = P_{PCu} + P_{SCu} = 0,162Bm + 0,183Bm = 0,345Bm ; \quad (1.36)$$

Обчислимо втрати на вихідному діоді VD11 :

$$P_D = I_{SPK} \times \sqrt{\frac{1-D_{\max}}{3}} \times V_F = 23,4A \times \sqrt{\frac{1-0,5}{3}} \times 0,7B = 6,68Bm ; \quad (1.37)$$

Розрахуємо втрати на силовому транзисторі.

З таблиці характеристик транзистора маємо:  $C_0=50\text{пФ}$  – вихідна ємність втік-витік транзистора;  $R_{DSon}=1,6\text{Ом}$  ( $150\text{ }^\circ\text{C}$ ) – вихідний опір втік-витік транзистора.

Розрахунок проведемо при вхідній напрузі  $V_{DC\min}=110\text{В}$ ;

Знайдемо втрати при вмиканні транзистора:

$$P_{Son} = \frac{1}{2} \times C_0 \times V_{DC\min}^2 \times f = \frac{1}{2} \times 50\text{нФ} \times (110\text{В})^2 \times 100 \times 10^3 \text{Гц} = 0,3Bm , \quad (1.38)$$

де  $f=100\text{кГц}$  – робоча частота перетворювача.

Знайдемо втрати при вимкненні транзистора:

$$P_{Soff} = \frac{1}{6} \times (V_{DC\min} + V_R) \times I_{LPK} \times f \times t_r = \frac{1}{6} \times (110\text{В} + 100\text{В}) \times 3,9A \times 100\text{кГц} \times 30\text{нс} = 0,4Bm ;$$

Визначимо втрати на опорі втік-витік при відкритому транзисторі:

$$P_D = \frac{1}{3} \times R_{DSon} \times I_{LPK}^2 \times D_{\max} = \frac{1}{3} \times 1,6\text{Ом} \times (3,9A)^2 \times 0,5 = 4Bm ; \quad (1.39)$$

Підрахуємо загальні втрати на транзисторі :

$$P_{LOSES} = P_{Son} + P_{Soff} + P_D = 0,3Bm + 0,4Bm + 4Bm = 4,7Bm ; \quad (1.40)$$

Розрахуємо ланку зворотного зв'язку.

Мінімальна напруга стабілізації керуючого стабілітрону TL431 дорівнює  $V_{REF}=2,5\text{В}$ , а його мінімальний струм стабілізації  $I_{kA\min}=1\text{мА}$ .

З вихідних даних оптопар TLP521 її спад напруги на діоді  $V_{FD}=1,2\text{В}$ ; максимальний прямий струм через діод  $I_{F\max}=10\text{мА}$ ;

З вихідних даних мікросхеми UC3842 опорна напруга рівна  $V_{Refint}=5,5\text{В}$ ; максимальна напруга зворотного зв'язку дорівнює  $V_{FB\max}=4,8\text{В}$ , а внутрішній опір –  $R_{FB}=3,7\text{кОм}$ .

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо максимальний вхідний струм DA2:

$$I_{FB \max} = \frac{V_{REF \text{ int}}}{R_{FB}} = \frac{5,5B}{3,7k\Omega} = 1,5mA; \quad (1.41)$$

Розрахуємо мінімальний вхідний струм DA2:

$$I_{FB \min} = \frac{V_{REF \text{ int}} - V_{FB \max}}{R_{FB}} = \frac{5,5B - 4,8B}{3,7k\Omega} = 0,19mA; \quad (1.42)$$

Схема ланки зворотного зв'язку представлена на рис. 3.4.

Знайдемо величину опору резистору R56:

$$R56 = \left(R57 + \frac{R58}{2}\right) \times \left(\frac{V_{out}}{V_{REF}} - 1\right) = \left(4,99 + \frac{5}{2}\right) \times \left(\frac{13,8}{2,5} - 1\right) = 33,8k\Omega \approx 33k\Omega, \quad (1.43)$$

де R57=4,99кОм, а R58=5кОм – рекомендовані значення з таблиці характеристик TL431.

Визначимо опір резистора R54:

$$R54 \geq \frac{(V_{out} - (V_{FD} + V_{REF}))}{I_{F \max}}, \quad R54 \geq \frac{13,8 - (1,2B + 2,5B)}{10mA} = 2,23 \approx 2,4k; \quad (1.44)$$

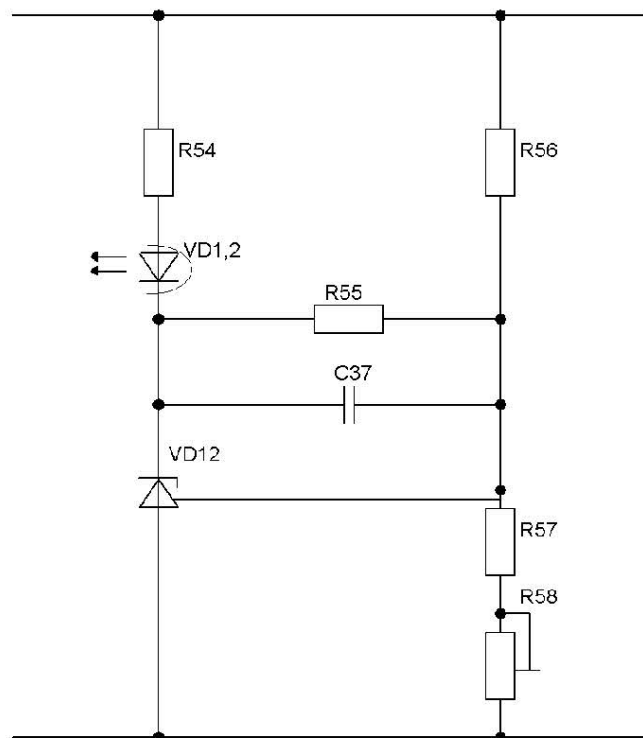


Рисунок 1.12. Схема ланки зворотного зв'язку на керованому стабілітроні TL431

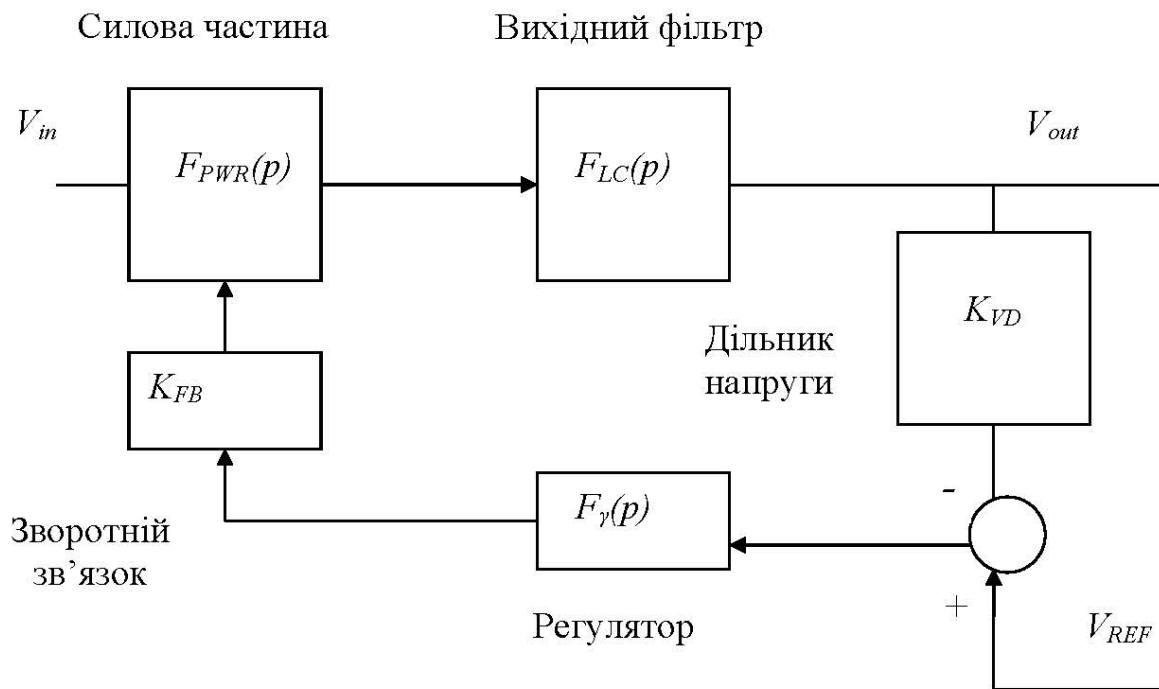


Рисунок 1.13. Структурна схема всієї ланки зв'язку

Розрахуємо перехідні характеристики схеми.

Внутрішній коефіцієнт передачі DA2:

$$K_{FB} = \frac{G_C \times 3k7}{R54}; \quad (1.45)$$

Внутрішній коефіцієнт передачі дільника ланки зворотного зв'язку :

$$K_{VD} = \frac{(R57 + \frac{R58}{2})}{R56 + (R57 + \frac{R58}{2})} = \frac{V_{REF}}{V_{out}}; \quad (1.46)$$

Знайдемо коефіцієнт передачі силової частини:

$$F_{PWR}(p) = \frac{1}{Z_{PWM}} \times \sqrt{\frac{L_p \times f \times n}{2 \times R_L}} \times \left[ \frac{R_L \times (1 + p \times R_{ESR} \times C_5)}{(1 + p \times (\frac{R_L}{2} + R_{ESR}) \times C_5)} \right]; \quad (1.47)$$

$$Z_{PWM} = \frac{\Delta V_{FB}}{\Delta I_D}, \quad (1.48)$$

де  $Z_{PWM}$  – крутизна характеристики  $\Delta V_{FB} / \Delta I_D$ ;

Коефіцієнт передачі вихідного фільтра:

$$F_{LC}(p) = \frac{1 + p \times R_{ESR} \times C36}{1 + p \times R_{ESR} \times C36 + p^2 \times L \times C36}, \quad (1.49)$$

де  $R_{ESR}$  – ємнісний опір конденсатора.

Коефіцієнт передачі ланки регулятора:

$$F_{\gamma}(p) = \frac{1 + p \times R55 \times C2}{R56 \times (R57 + \frac{R58}{2}) + p \times \frac{2}{R56 + (R57 + \frac{R58}{2})} \times (1 + p \times R55 \times C37)}; \quad (1.50)$$

Розрахуємо перехідні характеристики при мінімальному та максимальному навантаженні.

Визначимо вихідний опір блока живлення при максимальному навантаженні:

$$R_{LH} = \frac{V_{out}^2}{P_{outmax}} = \frac{(13,8B)^2}{100Bm} = 1,9Om; \quad (1.51)$$

Визначимо вихідний опір блока живлення при мінімальному навантаженні:

$$R_{LL} = \frac{V_{out}^2}{P_{outmin}} = \frac{(13,8B)^2}{1Bm} = 190Om; \quad (1.52)$$

Знайдемо частоту зрізу при максимальному навантаженні:

$$f_{OH} = \frac{1}{\pi \times R_{LL} \times C36} = \frac{1}{3,14 \times 1,9 \times 2200_{мкФ}} = 76,18Гц, \quad (1.53)$$

а також мінімальному навантаженні:

$$f_{OL} = \frac{1}{\pi \times R_{LL} \times C36} = \frac{1}{3,14 \times 190Om \times 2200_{мкФ}} = 0,76Гц; \quad (1.54)$$

Коефіцієнт передачі ланки зворотного зв'язку :

$$K_{FB} = \frac{2 \times 3,7kOm}{2,4kOm} = 3, \quad G_{FB} = 10 \log 3 = 4,7dB; \quad (1.55)$$

Коефіцієнт передачі дільника ланки зворотного зв'язку:

$$K_{VD} = \frac{2,5}{13,8} = 0,18 \quad G_{VD} = -7,4dB; \quad (1.56)$$

Вихідний імпеданс на відрізок часу  $t_{on}$ :

$$Z_{PWM}(t_{on}) = Z_{PWM} \times \frac{1}{t_{on}} \times \left[ t_{on} - T_1 + T_1 \times e^{-\frac{t_{on}}{T_1}} \right] + 0,6 \times \left[ 1 - e^{-\frac{t_{on}}{T_2}} \right] \quad (1.57)$$

$$Z_{PWM} = 1,3 \frac{B}{A}; \quad (1.58)$$

$$Z_{PWM}(t_{on}) = 1,3 \frac{B}{A} \times \frac{1}{4,7 \text{ мкс}} \times \left[ 4,7 \text{ мкс} - 850 \text{ нс} + 850 \text{ нс} \times e^{-\frac{4,7 \text{ мкс}}{850 \text{ нс}}} \right] + 0,6 \times \left[ 1 - e^{-\frac{4,7 \text{ мкс}}{200 \text{ нс}}} \right] = 1,7 \frac{B}{A};$$

Коефіцієнт передачі на граничній частоті:

$$|F_{PWR}(f_g)| = \frac{1}{Z_{PWM}} \times \sqrt{\frac{R_L \times L_p \times f \times \eta}{2}} \times \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_g}{f_0}\right)^2}} \right), \quad (1.59)$$

де:  $R_L=3,6\text{ Ом}$  – вихідний індуктивний опір,  $L_p=12,6\text{ мкГн}$  – індуктивність первинної обмотки трансформатора,  $f_g=3000\text{ Гц}$  – частота на якій проводиться розрахунок,  $f_0=76,18$  – гранична частота при максимальному навантаженні .

$$|F_{PWR}(f_g)| = \frac{1}{1,7 \frac{B}{A}} \times \sqrt{\frac{3,6 \text{ Ом} \times 12,6 \text{ мкГн} \times 100 \text{ кГц} \times 0,8}{2}} \times \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{3000}{76,18}\right)^2}} \right) = 0,019; \quad (1.60)$$

$$G_{PWR}(3 \text{ кГц}) = -17,2 \text{ дБ};$$

Загальний коефіцієнт передачі:

$$G_S = G_{FB} + G_{PWR} + G_{VD} + G = 4,7 \text{ дБ} - 4,7 \text{ дБ} - 17,2 \text{ дБ} = -17,2 \text{ дБ}; \quad (1.61)$$

Оскільки  $G_S(\omega) + G_T(\omega) = 0$ , то:

$$G_T = 17,2 \text{ дБ};$$

Звідси знайдемо коефіцієнт передачі ланки регулятора:

$$G_T(\omega) = 0 - (-G_S(\omega)) = 17,2 \text{ дБ}; \quad (1.62)$$

Коефіцієнт передачі регулятора:

$$F_r(p) = \frac{1 + p \times R55(C37)}{p \times \frac{R56 \times \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)}{R56 + \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)} \times (1 + p \times R55)}; \quad (1.63)$$

$$G_r = 20 \log \frac{R55 \times \left(R56 + \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)\right)}{R56 \times \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)}; \quad (1.64)$$

Звідси знайдемо опір резистора R55:

$$R55 = 10^{\frac{G_r}{20}} \times \frac{R56 \times \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)}{R56 + \left(R57 + \frac{R58}{2}\right)} = 10^{\frac{17,2}{20}} \times \frac{33 \times \left(4,99 + \frac{5}{2}\right)}{33 + \left(4,99 + \frac{5}{2}\right)} = 10^{\frac{17,2}{20}} \times \frac{247 \times 10^3}{40,49 \times 10^3} = 10^{0,86} \times 6,1 = 42 \text{ кОм} \quad (1.65)$$

Нижня частота передачі ланки зворотного зв'язку при C37=0:

$$f_{OM} = f_{OH} \times 10^{0,5 \times \log\left(\frac{f_{OL}}{f_{OH}}\right)} = 76,18 \text{ Гц} \times 10^{0,5 \log\left(\frac{0,76 \text{ Гц}}{76,18 \text{ Гц}}\right)} = 1,2 \text{ Гц}; \quad (1.66)$$

Знайдемо ємність конденсатора C37:

$$C37 = \frac{1}{2 \times \pi \times R55 \times f_{OM}} = \frac{1}{50 \times 3,14 \times 42 \times 10^3 \times 1,2 \text{ Гц}} = 450 \text{ нФ} \approx 470 \text{ нФ}. \quad (1.67)$$

## 1.5 Розробка вузлу керування ДБЖ

Вузол керування роботою ДБЖ буде виконаний на мікроконтролері ATtiny 26 (DD1). Функціональна схема контролера наведена на рис. 1.14.

Для синхронізації роботи ДБЖ з мережею використовується вимірювальний трансформатор Т4, вихідний сигнал з якого випрямляється та подається на входи АЦП мікроконтролера. Для вимірювання струму, який споживається навантаженням, використовується трансформатор струму Т5. Його вихідний сигнал випрямляється і подається на вхід АЦП мікроконтролера. Загальний алгоритм роботи МК вписується у алгоритм роботи всього ДБЖ.

Після вмикання вмикача SA1 („Вмик.“) на вхід DA6 поступає постійна напруга з акумулятора. DA6 формує на виході +5В, що необхідно для живлення мікроконтролера.

									ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						36

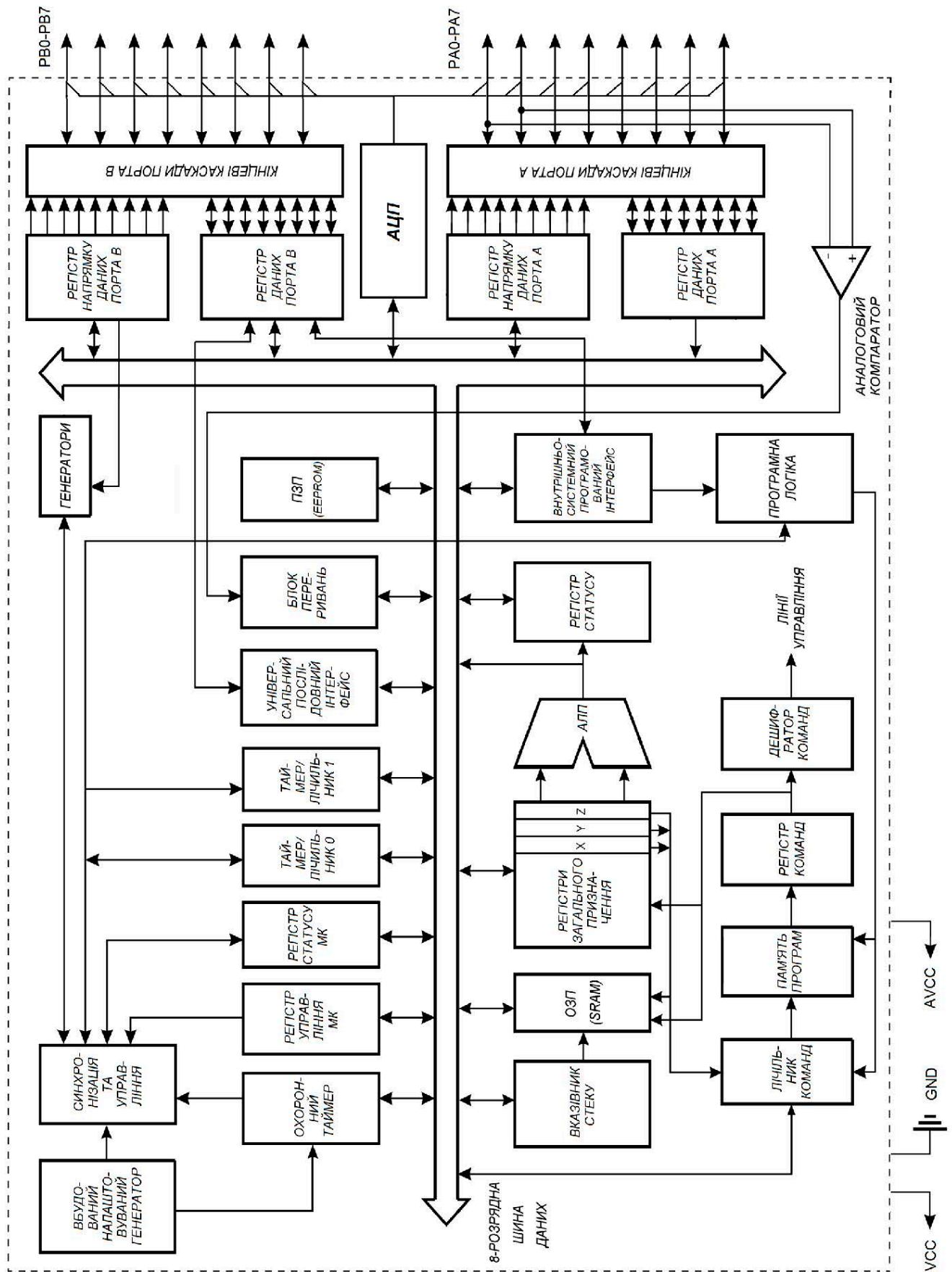


Рисунок 1.14. Функціональна схема мікроконтролера ATtiny26

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ФКС 56.07 000.00 ДП ПЗ

Арк.

37

Мікроконтролер, після подачі на нього живлення, починає проводити вимірювання напруги акумуляторної батареї, а також вмикає реле К2, тим самим під'єднавши ДБЖ до мережі. Далі МК вимірює напругу мережі. Якщо напруга мережі не в межах норми, то МК дає команду на перемикання на роботу від акумулятора. Коли ж ні напруга акумулятора, ні напруга мережі не відповідає нормам, то МК здійснює повне відключення навантаження від мережі. При нормальному функціонуванні від мережі МК постійно слідкує за мережею і підганяє фазу вихідного сигналу від інвертора до фази сигналу з мережі. Це потрібно для того, щоб у разі зникнення напруги мережі переключення на роботу від АБ пройшло з найменшими втратами [7].

Відповідно при відновленні напруги в мережі, МК спочатку робить підгонку фази вихідного сигналу з інвертора до сигналу з мережі, а тільки потім відбувається переключення на роботу від мережі.

Для запобігання попадання завад з ДБЖ у мережу поставлений мережевий фільтр С54, С55, С56, L5, С58.

Зв'язок мікроконтролера з ПК здійснюється через стандартний інтерфейс RS-232 (Com port). Інтерфейс виконаний з оптоізоляцією, що збільшує електробезпеку при роботі з ДБЖ.

Для індикації режимів роботи ДБЖ використовуються індикатори HL1 – „Мережа”, HL2 – „~220В”, HL3 – „АБ  $\leq 10.5В$ ”.

## 1.6 Електричний розрахунок схеми імпульсного стабілізатору

Даний стабілізатор побудований по схемі одноканального підвищувального перетворювача. Схема побудована на ІМС UC3842. Принцип роботи полягає у наступному: при подачі живлення на DA4 на її вихід (вивід 6) подається імпульс амплітудою 9В, який через діод R18R33 поступає на затвор транзистора VT2 і відкриває його коли через L2 VT2 R34 протікає струм. Індуктивність L2 накопляє енергію. При досягненні певного рівня сигналу, що знімається з вимірювального резистору R34, на виході DA1 з'являється логічний нуль. Наступний імпульс з'явиться при новому циклі тактового

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

генератора. Зворотній зв'язок по напрузі здійснюється через резисторну ланку R11, R8, R9. Оскільки для утворення спільної точки з напругою мережі утворено ємнісний дільник C2C4, C3C5, то вузол на DA4 стабілізує додану півхвилю вихідної напруги, а вузол на DA5 – від'ємну. Елементи схеми підібрані таким чином, що при вхідній напрузі 300В на виході теж 300В, тобто стабілізація не потрібна. По мірі зменшення напруги на акумуляторі, на виході перетворювача постійної напруги в постійну також напруга буде зменшуватись, а вузол стабілізації її буде стабілізувати до 300В. Оскільки заземлені виводи DA5 підключені до мінусової напруги, яку потрібно стабілізувати, а стабілізацію потрібно здійснювати відносно нульової шини, то тут використовується ще додатковий вузол на DA3. Імпульсний стабілізатор напруги побудуємо по одноктактовий підвищувальній схемі без гальванічного розв'язання – rising transducer. Схему керування побудуємо на контролері UC3842. Його внутрішня структура показана на рис. 1.15.

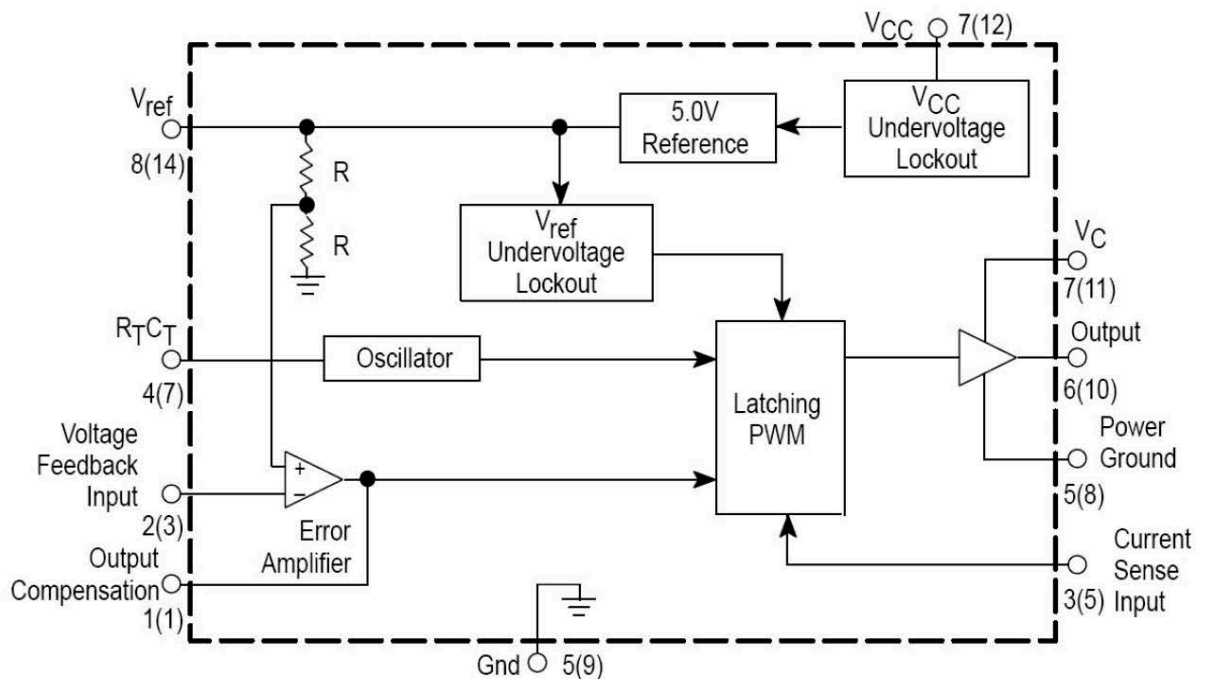


Рисунок 1.15. Структура контролера UC3842

UC3842 – інтегральна схема, яка призначена для керування и контролю роботи імпульсних стабілізаторів напруги побудованих по різноманітних одноктактових схемах: з гальванічним розв'язуванням – одноктактовий зворотноходовій та прямоходовій схемах, без гальванічного розв'язування –

знижувального, підвищувального та інвертуючого перетворювачів. Мікроконтролер може безпосередньо керувати роботою силового ключа, контролювати вихідну напругу (стабілізувати її при зміні вхідної напруги).

Дана мікросхема має наступні можливості:

- блокування роботи при перенапрузі;
- запуск роботи при малому рівні потужності;
- стійкий підсилювач помилки;
- захист від перенапруги на виході;
- перехідний спосіб функціонування;
- схема вимірювання струму та напруги;
- внутрішній генератор.

### 1.6.1 Розрахунок тактового генератора

Тактовий генератор UC3842 (рис. 1.16) розрахований на роботу в частотному діапазоні від 10кГц до 1МГц. В нашому випадку він працюватиме на частоті 100кГц, так як це оптимальна частота для роботи всього перетворювача [8].

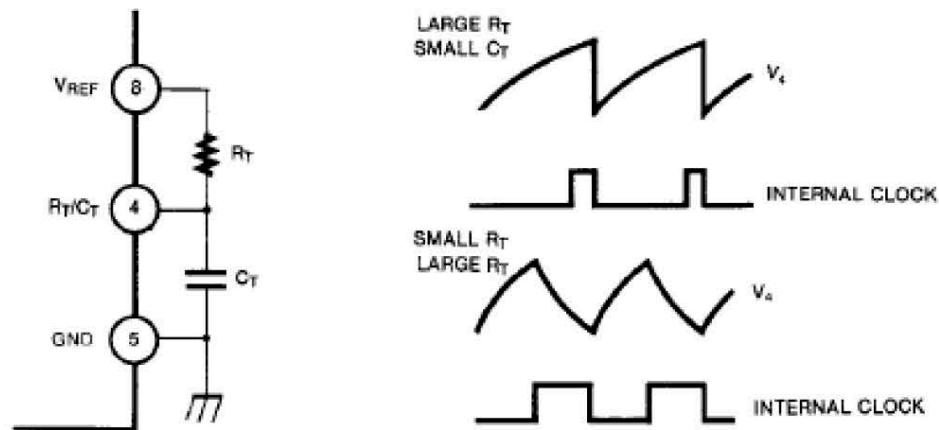


Рисунок 1.16. Тактовий генератор, форма напруги та робочий цикл

Розрахуємо значення  $R_t$  та  $C_t$ :

$$f = \frac{1.8}{R_t \cdot C_t} \quad (1.68)$$

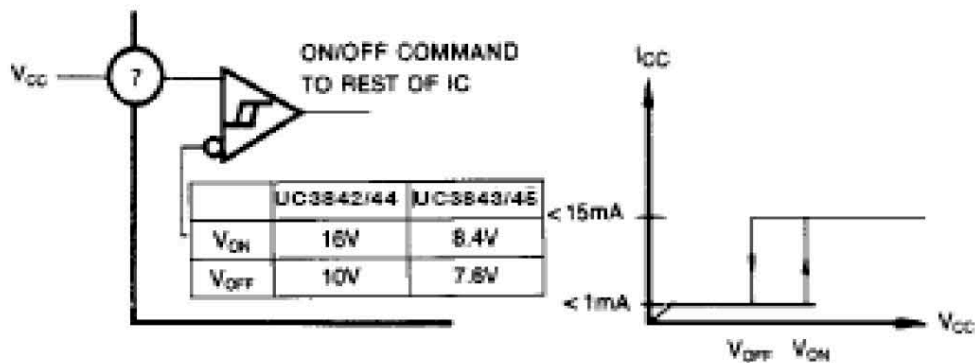
$$R_t = \frac{1.8}{f \cdot C_t} \quad (1.69)$$

де:  $f=100\text{кГц}$  – задана робоча частота.

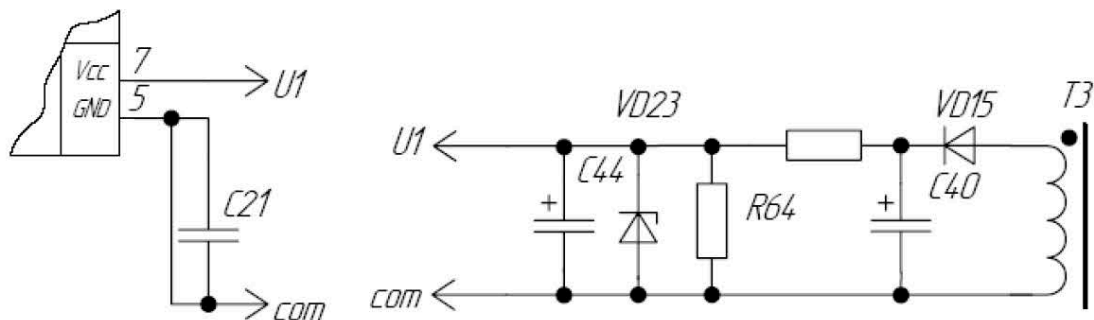
$C_t = 0.01\text{мкФ}$  – рекомендоване значення ємності, вибирається в межах  $0.001\dots 0.1\text{ мкФ}$ .

### 1.6.2 Організація живлення контролера

Прецизійна система регулювання ширини забороненої межі напруги та струму побудована в середині контролера, щоб гарантувати добре регулювання. Компаратор перенапруження з гістерезисом и дуже низьким струмом живлення дозволяє мінімізувати схему запуску та живлення (рис.1.17,а). Живлення ІМС береться з вторинної обмотки трансформатора Т3 та стабілізується стабілітроном до рівня 12В (рис.1.17,б).



а) внутрішній компаратор живлення



б) схема підключення живлення

Рисунок 1.17. Схема організації живлення ІМС UC3842

### 1.6.3 Розрахунок вихідного буферу ІМС UC3842

Схема керування являє собою вихідний буферний каскад, вихідний струм цього каскаду –  $\pm 1\text{А}$ . Цей каскад може керувати роботою силового ключа на великій частоті.

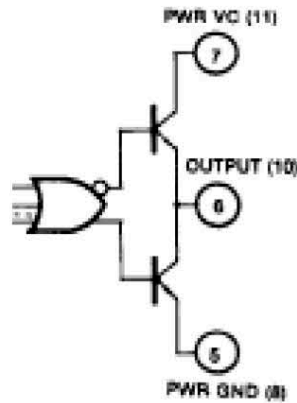


Рисунок 1.18. Вихідний буфер UC3842

#### 1.6.4 Розрахунок елементів імпульсного стабілізатору

Оскільки імпульсний стабілізатор складається з двох однакових напівплечей (стабілізатор доданої напруги та стабілізатор від'ємної напруги) то доцільно буде порахувати тільки один із них, розраховані значення елементів перенести на інший. Для розрахунку виберемо стабілізатор доданої напруги.

Вихідні дані для електричного розрахунку:

- Вхідна напруга  $U_{вх} = 65...150$  В;
- Вихідна напруга  $U_{вих} = 150$  В;
- Зміна вихідної напруги  $\Delta U = 5$  В;
- Вихідна потужність  $P_{вих} = 500$  Вт;
- Частота перемикавання силового ключа  $f_s = 100$  кГц.

Визначимо мінімальну ємність вхідного конденсатора  $C_2$ :

$$C_{inLF} \geq P_0 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot V_0 \cdot \eta) \quad (1.70)$$

де  $f$  – частота перемикавання силового ключа (100 кГц)

$V_0$  – вихідна напруга (150 В)

$\eta = 0.9$  – прогнозований ККД перетворювача

$P_0$  – вихідна потужність – 500 Вт

$$C_{inLF} = 500 / (2 \cdot 3,14 \cdot 25000 \cdot 0.9 \cdot 150) = 82.7 \text{ мкФ}$$

Вибираємо в якості вхідного конденсатора конденсатор ємністю 330 мкФ і робочою напругою 400В.

Вхідний високочастотний конденсатор фільтра (С4) повинен зменшити шуми, які виникають при високочастотних перемиканнях силового ключа, що в свою чергу викликає імпульси струму в індуктивності.

$$C_{in HF} = I_{rms} / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot r \cdot V_{in min}) \quad (1.71)$$

де  $f$  – частота перемикання (100 кГц);

$I_{rms}$  – вхідний високочастотний струм;

$V_{in min}$  – мінімальна вхідна напруга (65 В);

$r$  – коефіцієнт високочастотних пульсацій вхідної напруги, який знаходиться між 3 і 9 %. Приймаємо  $r = 7\%$ .

$$I_{rms} = P_{out} / U_{in min}; \quad (1.72)$$

$$I_{rms} = 300 / 65 = 4,64 \text{ А};$$

$$C_{in} = 4,64 / (2 \times 3,14 \times 100000 \times 7 \times 65) = 0.0065 \text{ мкФ}.$$

Вибираємо в якості вхідного високочастотного конденсатора конденсатор ємністю 0.01 мкФ і робочою напругою 400В.

Визначимо значення ємності вихідного конденсатора:

$$C_0 \geq P_0 / (4 \cdot \pi \cdot V_0 \cdot \Delta V_0) \quad (1.73)$$

де -  $\Delta V_0$  – зміна вихідної напруги (5 В)

$f$  – частота перемикання силового ключа (100 кГц)

$V_0$  – вихідна напруга (150 В)

$P_0$  – вихідна потужність – 500 Вт

$$C_0 = 500 / 4 \cdot 3,14 \cdot 100000 \cdot 5 \cdot 150 = 63.7 \text{ мкФ}.$$

Вибираємо в якості вихідного конденсатора конденсатор ємністю 220 мкФ і робочою напругою 400 В.

Значення індуктивності котушки розраховується з необхідної потужності, яка протікає через останню, і значенню струму пульсацій.

$$P_0 = \frac{L \cdot f \cdot I_{Lpk}^2}{2 \cdot \delta} \quad (1.74)$$

$$L = \frac{2 \cdot P_0 \cdot \delta}{I_{Lpk}^2 \cdot f} \quad (1.75)$$

де  $\sigma$  – тривалість циклу відкриття, закриття силового ключа;

$I_{Lpk}$  – піковий струм котушки індуктивності;

$f$  – частота перемикання силового ключа;

$V_0$  – вихідна напруга.

Тривалість циклу ми можемо визначити за формулою

$$\delta_{min} = \frac{V_0 - \sqrt{2} \cdot V_{in min}}{V_0} \quad (1.76)$$

Значення пікового струму який протікає через індуктивність можемо визначити за формулою:

$$I_{Lpk max} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{P_0}{V_{in min}} \quad (3.77)$$

де  $V_{in min}$  – мінімальне значення вхідної напруги (65В),

Отже значення  $\sigma$  дорівнює

$$\sigma = (150 - 1,41 \cdot 65) / 150 = 0,389 \text{ сек.}$$

Значення пікового струму становитиме:

$$I_{Lpk} = (2 \times 1,41 \times 300) / 65 = 13 \text{ A}$$

Тоді значення індуктивності яка необхідна для роботи перетворювача напруги:

$$L = (2 \cdot 300 \cdot 0,389) / (13^2 \cdot 100000) = 15 \text{ мкГн.}$$

Вибір керуючого ключа зумовлюється максимальним струмом колектору, робочою напругою та граничною частотою перемикання.

Виходячи з того, що в нас максимальний струм який протікатиме через транзистор складає 13 А, робоча напруга до 200 В, а частота перемикань складає 100 кГц, в якості силового ключа обираємо польовий транзистор КТ531.

Його параметри наступні:

- Максимальна напруга  $U_{ce} = 400$  В;
- Постійний струм колектору при  $T = 100^{\circ}\text{C}$   $I_c = 27$  А;
- Падіння напруги в відкритому стані  $U_{ce} = 1,65$  В;
- Максимальна частота перемикачів – 160 кГц.

Розрахуємо яка ж потужність буде розсіюватись на транзисторі.

Формула розрахунку втрат наступна

$$P = I_c^2 \cdot R_{ce} \quad (1.78)$$

де  $R_{ce}$  – падіння напруги транзистора в відкритому стані (0.14 Ом)

$I_c$  – струм який протікає через транзистор (13А – з розрахунку максимального пульсуючого струму в котушці індуктивності).

Отже втрати транзистора в відкритому стані становлять

$$P_{IGBT} = 13 \cdot 0.14 = 23.6 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо вихідні діоди.

Максимальне значення середнього струму виходячи з значення потужності, яка має передаватися в навантаження – 500 Вт, можна розрахувати:

$$I = P/U \quad (1.79)$$

$$I = 500/150 = 3,3 \text{ А}$$

Діоди вибираємо з наступних умов, що гарантують надійну роботу

$$I_{Dm} \geq 1,2 I_{\text{макс}}$$

$$U_{Dm} \geq 1,2 U_{\text{макс}}$$

Отже, виходячи з цих розрахунків обираємо в якості вихідних діодів діод типу MUR860. Параметри діода наступні:

Максимальна зворотна напруга – 500 В;

Максимальний робочий струм – 8 А;

Максимальна допустима температура діода –  $150^{\circ}\text{C}$ .

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



щілинністю майже 0,5. Такий режим вибраний з метою зменшення викидів при переключенні, та отриманню симетрії в кожен період переключення. З вторинної обмотки прямі імпульси випрямляються діод ними мостом VD17, VD18, VD19, VD20 та згладжується фільтром C1L1, C2C4, C3C5. З вторинної обмотки Т3 також беруться додаткові напруги живлення 9В та 18В, гальванічно розв'язані між собою. Стабілізація цих напруг проводиться стабілітронами VD21, VD22, VD23, VD24.

Мікросхема VD1 увімкнена по типовій схемі. Ланкою C7,R1 визначається вихідна частота. Живлення вихідних каскадів ІМС проводиться через R15. C12, C13 призначені для фільтрації напруги живлення ІМС. Дистанційне керування роботою перетворювача проводиться через 10 вивід DA1 від мікроконтролера.

## 1.8 Розробка вихідного інвертору і схеми байпасу

Вихідний інвертор побудований по напівмостовій схемі. Навантаження підключається до середньої точки конденсаторного дільника C2, C4, C3, C5 та виходу інвертора (колектор VT13).

Ключовими елементами каскаду є силові транзистори VT12, VT13. Керування роботою здійснюється за допомогою мікроконтролера.

Даний вузол забезпечує дуже хороше наближення напруги до синусоїдальної. Це дозволило виконати два силових ключа VT12, VT13 на біполярних транзисторах з ізольованим затвором (IGBT), котрі працюють в лінійному режимі. Їх почерговим відкриттям керують прямокутні імпульси, що поступають у протифазі від контролеру DD1. Ці імпульси проходять ланки, що формують з них сигнал, який подібний по формі до напівперіоду синусоїди і подаються на затвори VT12, VT13.

Індуктивність L4 забезпечує згладжування фронтів вихідних імпульсів з інвертора.

Схема байпасу призначена для швидкого перемикавання навантаження на роботу від мережі або на роботу від акумуляторної батареї. Перемикання здійснюється за допомогою реле К1, яке керується мікроконтролером.

					<i>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Конденсатори C52, C53 служать запобіганню виникнення іскри і підгорянню контактів реле при переключеннях.

Для забезпечення кращої форми вихідної напруги та запобіганню попадання електромагнітних завад від ДБЖ в якості навантаження служить фільтр C56, L6, C59.

## 1.9 Підсилювач помилки і блок датчику перенапруги

Вхід підсилювача помилки, через відношення двох зовнішніх резисторів, зв'язаних з вихідною шиною, дозволяє за рахунок зворотного зв'язку підвищувати вихідну постійну напругу і тим самим здійснювати регулювання напруги.

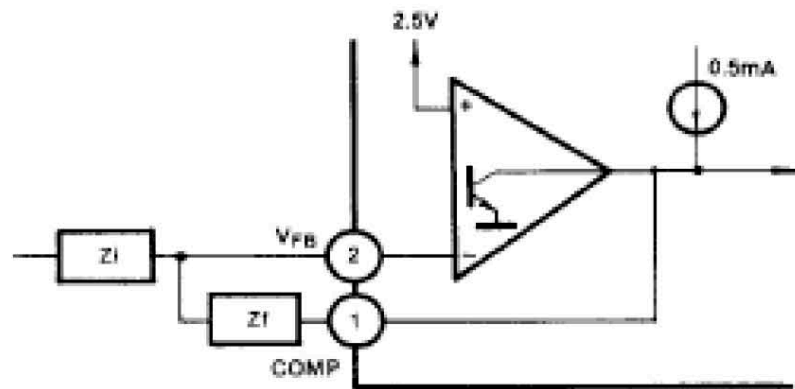


Рисунок 1.20. Підсилювач помилки

Пристрій забезпечено ефективним захистом від перенапруження, реалізованого на тому ж виводі що й регулятор напруги постійного струму.

Коли збільшиться вихідна напруга, відповідно і збільшиться напруга на виводі 2 ІМС. Різницеve значення струму протікає через конденсатор. Величина струму визначається всередині мікроконтролера і порівнюється з еталонним значенням 40 мкА. Якщо значення буде перевищено то відповідно це відобразиться на керуванні роботою силового ключа, тривалість імпульсів відкритого стану ключа стає меншим, що призводить до зниження вихідної напруги. Компаратор струму і тригер керує модуляцією перемикань.

Компаратор струму постійно слідкує за напругою на резисторі  $R_s$  і порівнює її з опорною напругою (1В) на іншому вході компаратора.

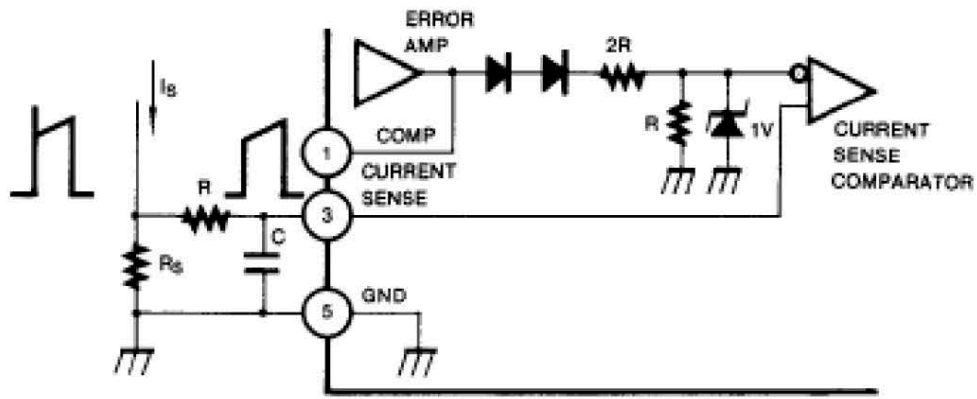


Рисунок 1.21. Схема компаратора струму

$$I_{s(max)} = \frac{1.0V}{R_s}; \quad (1.80)$$

$$I_{s(max)} = \frac{1.0V}{0.22} = 4.5A;$$

## 1.10 Електричний розрахунок вхідного та вихідного фільтрів

### 1.10.1 Проектування фільтру синфазних завад

Фільтр синфазних завад відфільтровує шум, що створюється між двома лініями живлення (Н1 і Н2). Схема такого фільтру приведене нижче на рис.1.22.

У фільтрі синфазних завад обмотки котушки індуктивності знаходяться в фазі, але змінні струми, що протікають через ці обмотки – у протифазі. У результаті для тих сигналів, що співпадають чи протилежні по фазі на двох лініях електроживлення, синфазний потік всередині сердечника урівноважується.

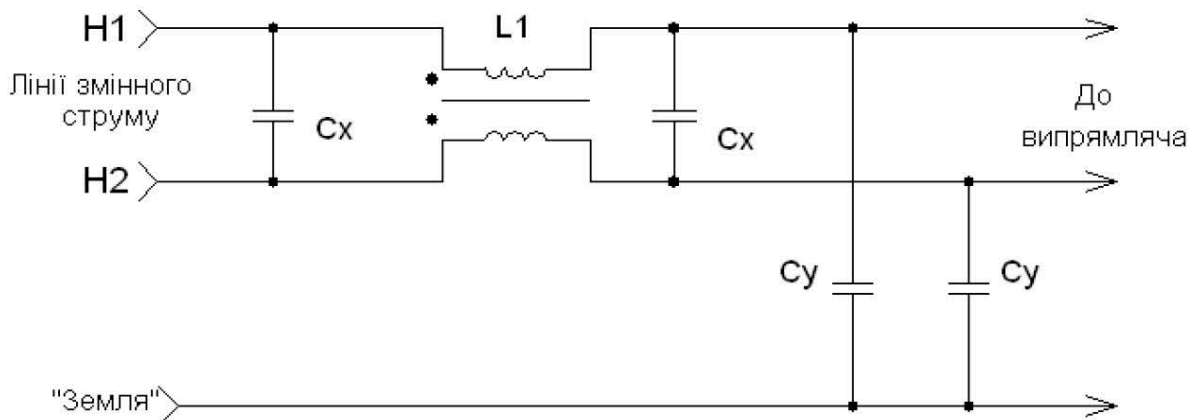


Рисунок 1.22. Фільтр синфазних завад

Між індуктивністю самої обмотки і цією розподіленою міжвитковою ємністю формується коливальний контур. Вище точки авторезонансу вплив ємності стає більшим від впливу індуктивності, що знижує рівень затухання при високих частотах. Частотна характеристика фільтра зображена на рис. 1.23. Цей ефект можна зменшити, використавши  $C_x$  більшої ємності. Частота авторезонансу є тією точкою, у якій проявляється можливість найбільшого затухання для фільтра. Таким чином, шляхом вибору методу намотки обмоток індуктивності, можна розмістити цю точку поверх частоти, яка потрібна для найкращої фільтрації. Щоб почати процес проектування, необхідно виміряти спектр нефільтрованого кондуктивного шуму або прийняти по відношенню до нього деякі припущення. Це необхідно для того, щоб знати, яким має бути затухання і на яких частотах [9].

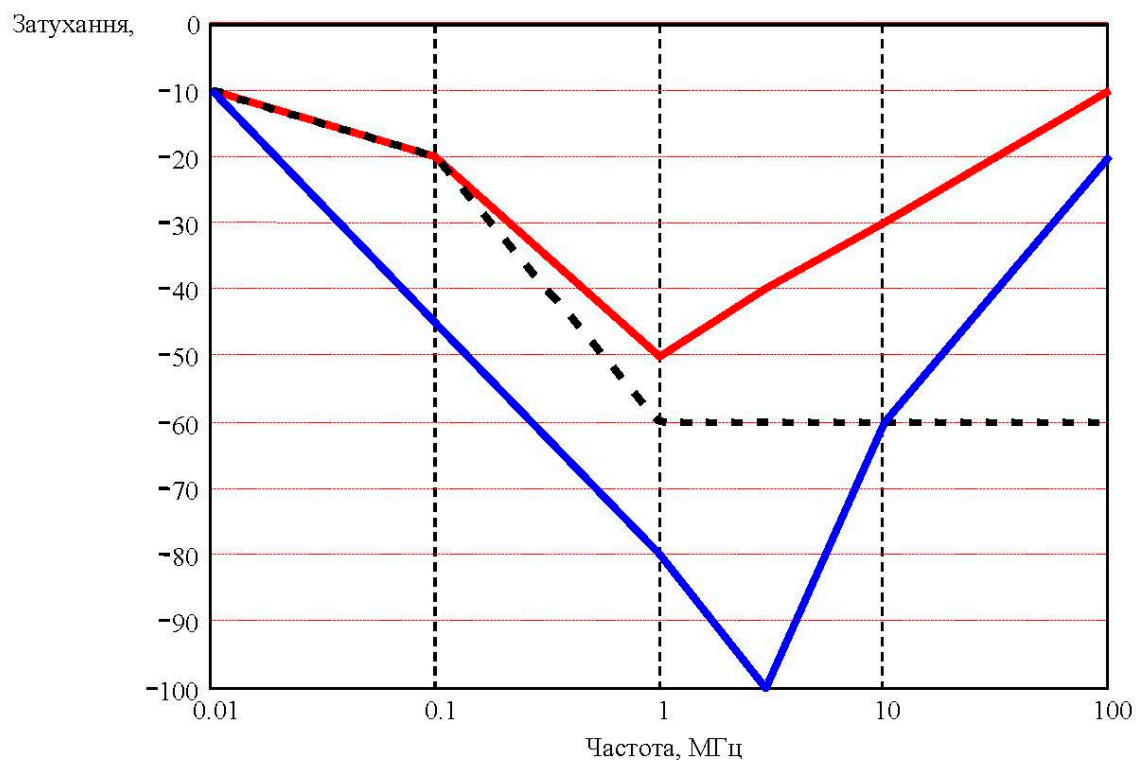


Рисунок 1.23. Частотна характеристика фільтра

Прийемо, що нам необхідно 24дБ затухання на частоті переключення перетворювача напруги. Визначимо частоту зрізу характеристики фільтра:

$$G_{\zeta}(-\text{дБ}) = 40 \times \log\left(\frac{f_c}{f_{sw}}\right), \quad (1.81)$$

де  $G_\zeta$  – затування;

$$f_c = f_{sw} \times 10^{\left(\frac{G_\zeta}{40}\right)} = 100 \text{кГц} \times 10^{\left(\frac{-24}{40}\right)} = 25,1 \text{Гц}, \quad (1.82)$$

де:  $f_c$  – бажана частота зрізу характеристики фільтра,  $f_{sw}$  – робоча частота перетворювача напруги. У нашому випадку  $f_{sw}=100\text{кГц}$ , затування  $G_\zeta=-24\text{дБ}$ .

Мінімальний коефіцієнт затування ( $\zeta$ ) не повинен бути менше 0,707. Менше значення приведе до „звону” і не дасть менше 3дБ затування на частоті зрізу характеристики.

### 1.10.2 Розрахунок початкових значень пасивних компонентів

$$L = \frac{R_L \times \zeta}{\pi \times f_c} = \frac{50 \times 0,707}{3,14 \times 25,1 \times 10^3} = 448 \text{мкГн}, \quad (1.83)$$

де:  $\zeta$  – коефіцієнт затування,  $\zeta=0,707$ ,  $R_L=50\text{Ом}$  – імпеданс лінії,

$$C = \frac{1}{(2 \times \pi \times f_c)^2 \times L} = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 25,1)^2 \times 448 \times 10^{-6}} = 0,089 \text{мкФ}; \quad (1.84)$$

Приймаємо  $C \approx 0,1 \text{мкФ} \ 400\text{В}$ .

Приймаємо  $C_x=0,22 \text{мкФ} \times 400\text{В}$ . Дані конденсатори розміщені між лініями електроживлення. Вони повинні витримувати напругу 250 В та будь – які скачки напруги.

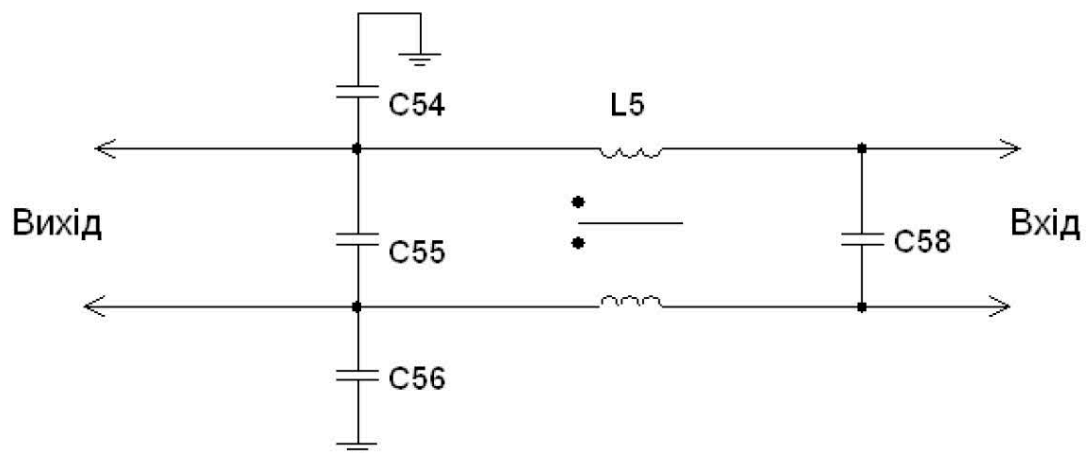


Рисунок 1.24. Вхідний фільтр ЕМ-завад

Величину  $C_y$  – конденсаторів, які розміщені між кожною фазою та „землею” і повинні витримувати високі напруги  $\approx 2500\text{В}$  вибирають на декілька

порядків меншою  $C_y$  ніж  $C_x$ . Це пов'язано з тим, що найбільша ємність конденсатора, доступна при номінальній напрузі 4 кВ, складає 0,01 мкФ. Приймаємо  $C_y=2,2$  нФ.

Оскільки сумарна ємність вибраних конденсаторів більша за розраховану, то можна припустити, що фільтр буде забезпечувати мінімуму 60 дБ затухання при частотах в діапазоні від 500 кГц до 10 МГц.

Розрахункова схема фільтру підходить як для вхідного так і для вихідного кола:

$$L5=L=450 \text{ мкГн}$$

$$C55=C58=C_x=0,22 \text{ мкФ} \times 400 \text{ В}$$

$$C54=C56=C_y=3,3 \text{ нФ} \times 3 \text{ кВ}$$

$$L6=L=450 \text{ мкГн}$$

$$C57=C59=C_x=0,22 \text{ мкФ} \times 400 \text{ В.}$$

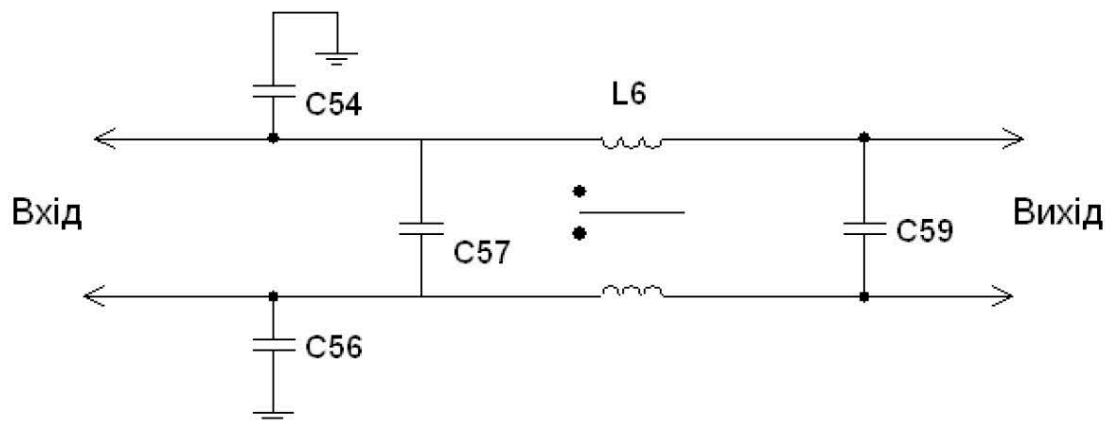


Рисунок 1.25. Вихідний фільтр ЕМ завод

Принципова електрична схема джерела безперебійного живлення лінійно-інтерактивного типу, побудована з урахуванням всіх приведених вище розрахунків, показана на рис. 1.26.

## 1.11 Розробка алгоритму роботи ДБЖ

Схема керування здійснює підключення ДБЖ до мережі, подаючи відповідну команду вмикання на пристрій комутацій, здійснює керування переключенням навантаження на живлення від мережі чи від акумуляторної батареї (АБ), слідкує за напругою на АБ, здійснює аварійне відключення ДБЖ.

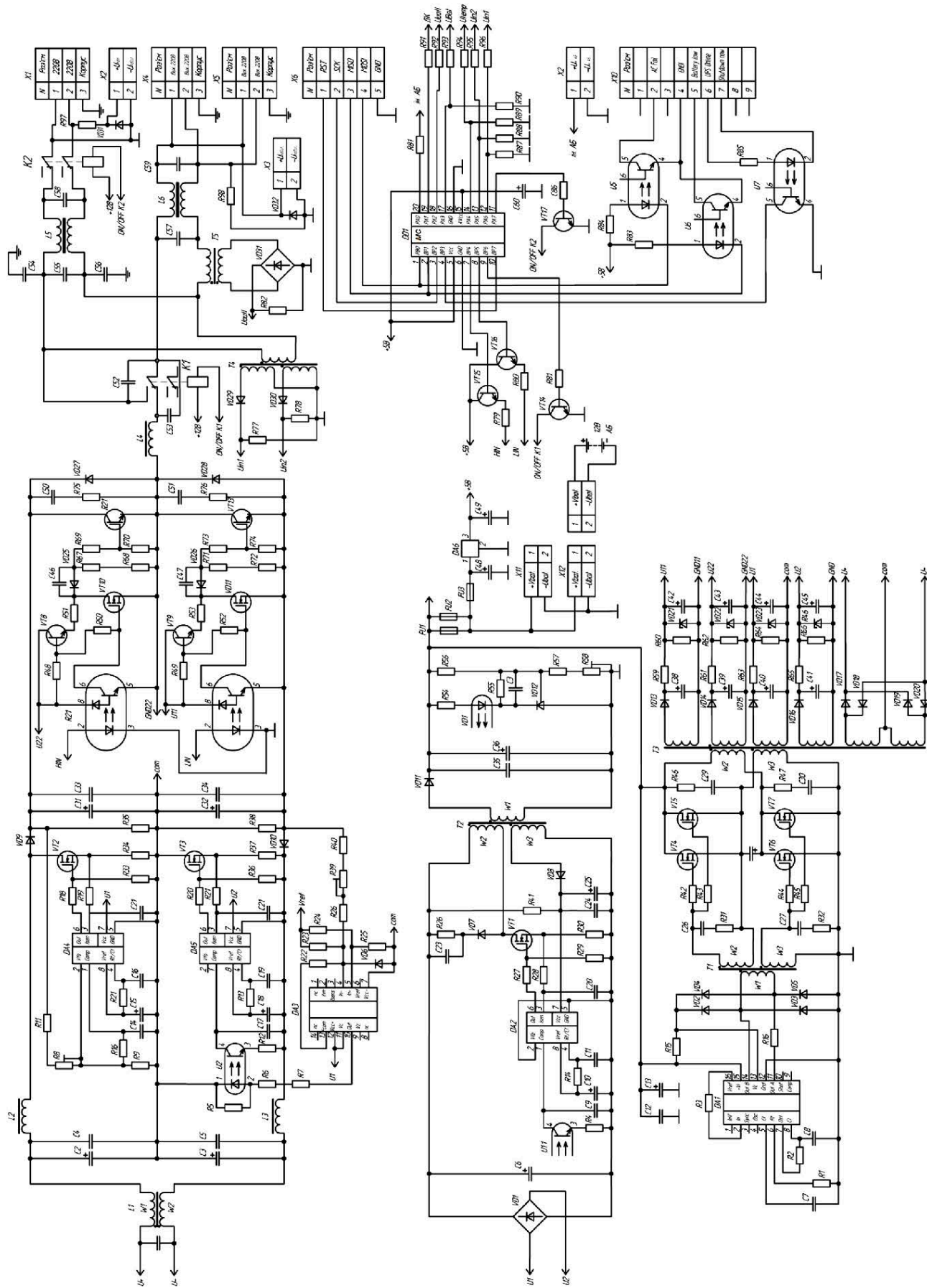


Рисунок 1.26. Схема принципова електрична ДБЖ лінійно-інтерактивного типу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ

Аварійне відключення здійснюється також, коли температура навколишнього середовища виходить за межі допустимої. Для вимірювання температури використовується датчик температури. На пристрій керування роботою ДБЖ поступає інформація про величину напруги в мережі. Обробляючи цю інформацію МК виробляє відповідні сигнали керування для інших вузлів, складових блоку .

Для вимірювання вихідної потужності використовується датчик струму. Якщо через датчик протікає струм більший допустимого, то схема керування відключає навантаження. Це забезпечує захист від виходу з ладу пристрою перетворення постійної напруги в змінну.

Особливо велике значення в ДБЖ має наявність зв'язку з ПК. Це дозволяє оператору (адміністратору) слідкувати за станом мережі, АБ та всієї роботи ДБЖ. В даному випадку використовується стандартний інтерфейс зв'язку МК та ПК – RS-232. Це дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг ДБЖ та безпечно завершення роботи ПК при аварії чи довготривалій відсутності напруги в мережі.

Блок-схема алгоритму роботи ДБЖ (рис. 1.27) складений у відповідності до принципів роботи джерел безперервного живлення типу line-interactive.

## 1.12 Розробка програми для мікроконтролера

Для виконання програмування (прошивки) мікроконтролера ATME16 ATtiny26, що входить до складу створюваного пристрою ДБЖ, застосовано відповідний програматор для мікроконтролерів ATME16 з програмним забезпеченням PonyProg, яке має зручний віконний інтерфейс, підтримує практично всі види мікроконтролерів і мікросхем пам'яті, але для кожного типу потрібний свій адаптер, що підключається до послідовного порту. Адаптер PonyProg не вимагає живлення (рис. 1.28).

Оболонку PonyProg перед програмуванням необхідно налаштувати:

- 1) Підключити адаптер до вільного COM-порту Вибрати пункт меню "Установки/Налаштування/Обладнання";

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



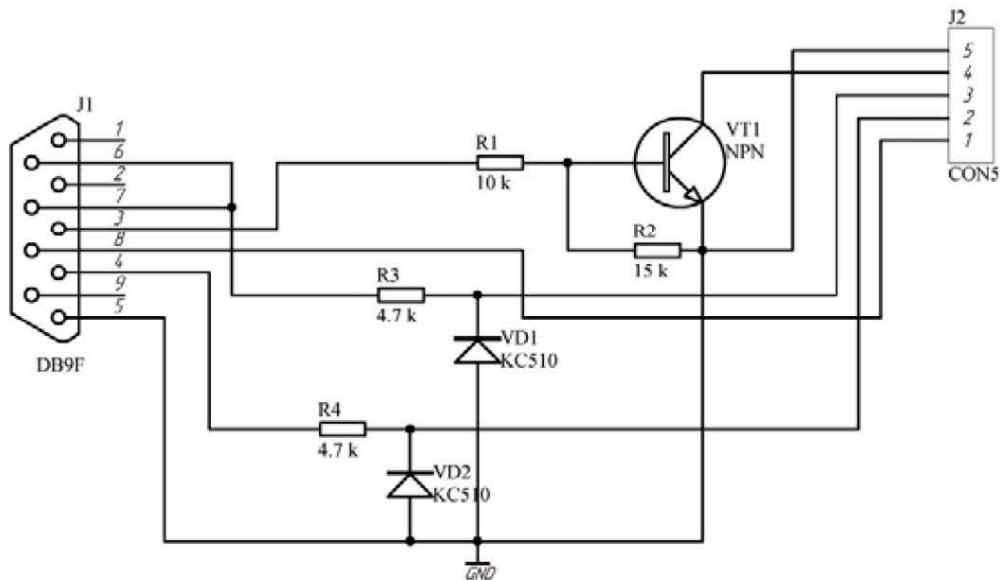


Рисунок 1.28. Адаптер PonyProg

- 2) У вікні, що відкрилося, відзначити "Послідовний порт", а в спадаючому списку вибрати "SI Prog I/O";
- 3) Натиснути кнопку потрібного порту;
- 4) Вимкнути прапорці "Полярність сигналів керування";
- 5) Натиснути кнопку "Перевірка". Якщо адаптер справний і підключений правильно, перевірка закінчиться успішно;
- 6) Після цього вибрати пункти меню "Установка/Калібрування" і запустити програму калібрування;
- 7) Вибрати тип мікросхеми пунктами меню "Пристрій/ AVR micro/ Tiny15" або вибрати потрібне із спадаючих списків на панелі інструментів. Програматор готовий до роботи.;
- 8) Для читання або запису конфігураційних комірок вибрати меню Команди/ Security and configuration bits.

У програмній оболонці програматора PonyProg відзначений біт означає саме нульовий, тобто змінений або запрограмований біт. Tiny15 – один з МК, у яких можна при програмуванні по SPI стерти біт SPIEN, після чого подальші модифікації прошивання по цьому інтерфейсі будуть неможливі. Щоб уникнути цього при конфігуруванні варто зчитати комірку і переконатися, що віконце RSTDSBL порожнє, а SPIEN – відзначено. В ATtiny15L є 5

конфігураційних комірок (fuses): BODLEVEL, BODEN, SPIEN, RSTDSBL і CKSEL1..0.

The BODLEVEL вибирає рівень спрацьовування схеми BOD (brown-out detection) а також змінює час виходу тактового генератора на режим. За замовчуванням ця комірка запрограмована, тобто в ній записаний "0", це означає, що рівень спрацьовування становить 4,0 В, саме це нам і потрібно. У протилежному випадку він становив би 2,7 В.

За замовчуванням BODEN=1, тобто BOD заборонений і його потрібно змінити на BODEN=0.

SPIEN дозволяє внутрішньо-схемне низьковольтне програмування по протоколу SPI. За замовчуванням SPIEN=0, тобто дозволений. Стирання цього біта приведе до неможливості запису і читання кристала нашим програматором.

CKSEL1..0 встановлює час виходу тактового генератора на режим. За замовчуванням дорівнює 00, це потрібно змінити на 11, тому що увімкнено схему BOD.

Захищати програму від зчитування нам не потрібно, тому Lock1, Lock2 залишимо незапрограмованими.

Тепер можна почати процес програмування нашого мікроконтролеру.

Командний рядок для запису конфігураційних комірок за допомогою AVReal:

```
c:\av123r3\avreal -ab -p1 +tiny15 -o1600kHz -fcksel=3,boden=0 -w -v
```

Командний рядок для запису файлу прошивки sl.hex:

```
c:\av123r3\avreal -ab -p1 +tiny15 -o1600kHz -e -wp
```

```
c:\soft_prj\dbj\Release\Exe\sl.hex
```

В оболонці PonyProg потрібно завантажити файл прошивки C:\soft\_prj\dbj\Release\Exe\sl.hex. У текстовій частині дампу пам'яті буде видно сигнатуру "Slow Lamp controller", а також час і дату компіляції програми. Залишається тільки натиснути Ctrl-W для запису програми.

Вихідний текст програми мікроконтролеру керування ДБЖ є таким:

```
; This is asm file for IAR compiler ver. 2.02
```

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

#include <iotiny15.h>

#define TEMP_REG r16
#define TEMP_REG1 r17
#define STEP_PWM_ON 20
#define STEP_PWM_OFF 10
#define MAX_PWM_VALUE 0x8
#define FREQUENCY_TIMER0 99
RSEG CODE:CODE:NOROOT(1)

main:
set ; Увімкнути біт copy storage in SREG
rcall ioinit
sei ; Дозволити переривання
mainloop:
sleep
rjmp mainloop ; Нескінченний цикл
; Ініціалізація периферії
ioinit:
in TEMP_REG, MCUCR
; Скидання бітів SM0 SM1
andi TEMP_REG, ~((1<<SM0)|(1<<SM1))
out MCUCR, TEMP_REG
; Настроювання timer0
; Встановлення прескалеру timer0 для одержання СК/1024
ldi TEMP_REG, (1<<CS00) | (1<<CS02)
out TCCR0, TEMP_REG
; Завантаження лічильника TCNT0 для одержання інтервалу 30 с
ldi TEMP_REG, FREQUENCY_TIMER0
out TCNT0, TEMP_REG
; Настроювання timer1 у режим PWM
; Установити PWM top value: OCR1B = 0x8
ldi TEMP_REG, MAX_PWM_VALUE
out OCR1B, TEMP_REG
out OCR1A, TEMP_REG
; Clear TCNT1 on compare – CTC1
; Enable PWM – PWM1

```

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```

; Set on compare match OC1A – COM1A0 COM1A1
; Set prescaler to CK/16 – CS13 CS10
ldi TEMP_REG, (1<<CTC1)|(1<<PWM1)|(1<<COM1A0) |
(1<<COM1A1)|(1<<CS10)|(1<<CS13)
out TCCR1, TEMP_REG

; Розмаскувати переривання по переповненню таймера 0
ldi TEMP_REG, (1<<TOIE0);
out TIMSK, TEMP_REG

; Скидання прескалерів
ldi TEMP_REG, (1<<PSR0) | (1<<PSR1)
out SFIOR, TEMP_REG
ldi TEMP_REG, 0xFF
out DDRB, TEMP_REG ; Всі виводи, крім PB0 настроїти на вихід
cbi DDRB, DDB0
clr TEMP_REG
out PORTB, TEMP_REG ; Очистити всі виходи
sbi PORTB, PORTB0 ; Увімкнути внутрішній резистор підтяжки на PB0
ret

TIMER0_OVF_int:
; Перевірити pin0
sbis PINB, PINB0
rjmp L5
;if (PINB & (1<<PINB0)) Door open :goto L5
; else door close
in TEMP_REG, OCR1A ;
in TEMP_REG1, OCR1B ;
cp TEMP_REG1, TEMP_REG ; if (TEMP_REG < TEMP_REG1)
brlo L6
ldi TEMP_REG1, STEP_PWM_OFF
add TEMP_REG, TEMP_REG1 ; TEMP_REG += STEP_PWM_OFF
out OCR1A, TEMP_REG
rjmp L6
L5:
;Door open
in TEMP_REG, OCR1A

```

```

ldi TEMP_REG1, STEP_PWM_ON*2+1
cp TEMP_REG, TEMP_REG1 ; if (TEMP_REG>(STEP_PWM_ON*2+1))
brlo L6_6
subi TEMP_REG, STEP_PWM_ON ;{ TEMP_REG -=STEP_PWM_ON }
out OCR1A, TEMP_REG ; Зменшення OCR1A
rjmp L6
L6_6:
ldi TEMP_REG, 0
out OCR1A, TEMP_REG ; Очищення OCR1A
L6:
;Завантаження TCNT0
ldi TEMP_REG, FREQUENCY_TIMER0
out TCNT0, TEMP_REG
reti
Time_stamp DB __TIME__ ; Час компіляції
Data_stamp DB __DATE__ ; Дата компіляції
Signature DB 'Slow Lamp controller'
COMMON INTVEC:CODE:ROOT(1)
; Вектора переривань
ORG RESET_vect
RJMP main
ORG TIMER0_OVF_vect
RJMP TIMER0_OVF_int
END

```

## 2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розроблене протягом виконання даного дипломного проекту лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення для ПК має цифрове керування та призначене для захисту від проблем, які можуть виникнути у мережі живлення, що особливо важливо під час блекаутів. Розроблений пристрій може використовуватись також для живлення різного роду електронної апаратури з потужністю до 500 Вт, адже має на виході модифіковану синусоїду з напругою 220 В. Наявність у ДБЖ зв'язку з ПК дозволяє користувачеві слідкувати за станом мережі та АБ, здійснювати дистанційний моніторинг ДБЖ та безпечно завершення роботи ПК при аварії чи довготривалій відсутності напруги в мережі.

У даному розділі визначається вартісна оцінка розробленого пристрою. Спочатку визначаємо калькуляцію розробленого виробу укрупненим методом через вартість покупних комплектуючих елементів і виробів, для визначення якої складаємо перерахування елементів і виробів на основі відомості специфікацій (принципової схеми) по формі, приведених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од. вимір.	Норма витрат на виріб	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Конденсатори	шт.	49	3.00	147.00
Конденсатор	шт.	2	4.00	8.00
Конденсатори	шт.	9	5.00	45.00
Конденсатори	шт.	1	10.00	10.00
Мікросхеми SG3525	шт.	1	20.00	20.00
Мікросхеми UC3842	шт.	1	20.00	20.00
Мікросхеми UA723	шт.	1	15.00	15.00
Мікросхеми UC3825	шт.	1	25.00	25.00
Мікросхеми UC3825	шт.	1	25.00	25.00
Мікросхеми 78M05ST	шт.	1	20.00	20.00
Мікросхеми ATMEL ATtiny26	шт.	1	60.00	60.00
Реле AJR3221	шт.	1	20.00	20.00
Реле 97L-2A-P	шт.	1	20.00	20.00
Дроселі FMER-K26-0,9-60мкГн	шт.	1	10.00	10.00
Дроселі DB36-10-47-15мкГн	шт.	2	10.00	20.00
Дроселі 10-22-47мкГн	шт.	1	10.00	10.00
Дроселі FMER-K26-0,9-470мкГн	шт.	2	10.00	20.00
Резистори	шт.	95	1.00	95.00

Резистор	шт.	1	5.00	5.00
Трансформатор KER10-E121010-K20	шт.	1	35.00	35.00
Трансформатор TS300-12	шт.	1	30.00	30.00
Трансформатор TS12-300	шт.	1	25.00	25.00
Трансформатор TDN220-05	шт.	1	25.00	25.00
Трансформатор TDS10-05	шт.	1	30.00	30.00
Оптопари TLP521	шт.	2	15.00	30.00
Оптопари TLP559	шт.	2	20.00	40.00
Оптопари 4N35	шт.	3	15.00	45.00
Діоди	шт.	31	5.00	155.00
Транзистори К792	шт.	1	8.00	8.00
Транзистори К1531	шт.	2	7.00	14.00
Транзистори IRFP150	шт.	4	10.00	40.00
Транзистори 2N2907	шт.	2	5.00	10.00
Транзистори IRFD123	шт.	2	10.00	20.00
Транзистори GT15Q101	шт.	2	15.00	30.00
Транзистори BC556B	шт.	4	8.00	32.00
Роз'єми 5467-NA-3	шт.	3	15.00	45.00
Роз'єми IDC-6	шт.	1	10.00	10.00
Роз'єми IDC-10	шт.	1	10.00	10.00
Роз'єми PW20-M	шт.	1	8.00	8.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				1237
Транспортні витрати (10%)				123.7
Всього (Впк)				1360.7

Калькуляцію планової собівартості розробленого виробу розраховуємо з використанням методу питомих ваг і структури собівартості аналогічної продукції: питома вага матеріалу  $\rightarrow \alpha_m = 20\%$ ; питома вага покупних виробів  $\rightarrow \alpha_{пк} = 62\%$ ; питома вага основної заробітної плати  $\rightarrow \alpha_{озп} = 18\%$ .

Таблиця 2.2. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина і матеріал	438.9	$V_m = \alpha_m * V_{пк}/\alpha_{пк}$ $V_m = 20 * 1360.7 / 62$
2. Комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати	1360.7	$V_{пк} = \text{см.табл.4.1}$
3. Основна заробітна плата	395.04	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк}/\alpha_{пк}$ $V_{оз} = 18 * 1360.7 / 62$
4. Додаткова заробітна плата	158.02	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз}$ $V_{дз} = 0,4 * 395.04$
5. Відрахування о єдиного соцфонду	121.67	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0.22$ $V_{ес} = (395.04 + 158.02) * 0.22$
6. Загально-виробничі витрати	513.55	$V_{заг.вир} = (1,2... 1,5) * V_{оз}$ $V_{заг.вир} = 1.3 * 395.04$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

62

7. Виробнича собівартість	2987.88	Свир = Вм+ Впк+ Воз+ Вдз+ Вес +Взаг.вир
8. Адміністративні витрати	118.5	Ва = Воз * 0,3 Ва= 395.04 * 0.3
9. Витрати на збут	59.7	Взб = Свир * 0,02 Взб= 2987.88 * 0,02
10.Інші операційні витрати	29.8	Воп = Свир *0,01 Воп= 2987.88 * 0,01
Повна собівартість	3195.88	Спов.= Свир+ Ва+ Взб+ Воп Спов=2987.88+118.5+59.7+29.8

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

$$\Pi = (\text{Спов} * \rho) / 100\% = (3195.88 * 20\%) / 100\% = 639.17 \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де  $\rho$ -планова рентабельність продукції (10%...30%)

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$Ц_o = \text{Спов} + \Pi = 3195.88 + 639.17 \text{ грн} = 3835.05 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо з урахуванням ПДВ:

$$Ц_r = Ц_o + \Pi_z = Ц_r = 3835.05 + 767.01 = 4602.06 \text{ грн.} \quad (2.3)$$

де  $\Pi_z$  - податкове зобов'язання з ПДВ:

$$\Pi_z = Ц_o * 0,2 = 3835.05 * 0.2 = 767.01 \text{ грн.} \quad (2.4)$$

Отримана в таблиці 2.2 повна собівартість являє собою витрати виготовлення одиниці виробу для даного року виробництва. Запропонуємо прогноз обсягів продажів даного виробу на другій стадії життєвого циклу виробу «Виробництво» з розподілом по роках (прогноз продажів передбачаємо на 4 роки). Характерні зони промислового випуску виробу представлені на малюнку 2.1

В 2023 році обсяг продажів передбачається в розмірі 2500 шт під замовлення.

В 2024 році прогнозується збільшення обсягу продажів, тому витрати виробництва визначаємо по формулі:

$$C_{\text{пов } i+1} = C_{\text{пов } i} \left( \frac{A_i}{A_{i-1}} \right)^{0.23}, \quad (2.5)$$

де  $A_i$  – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

$i$  – обсяг продажів (I+1)-ом року, шт.;

					<b>ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

0,23 – показник ступеня, що характеризує вплив росту обсягів виробництва на собівартість продукції.

Звідси випливає, що

$$C_{пов2024} = 3195.88 * (2500/5000)^{0.23} = 2716.49 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

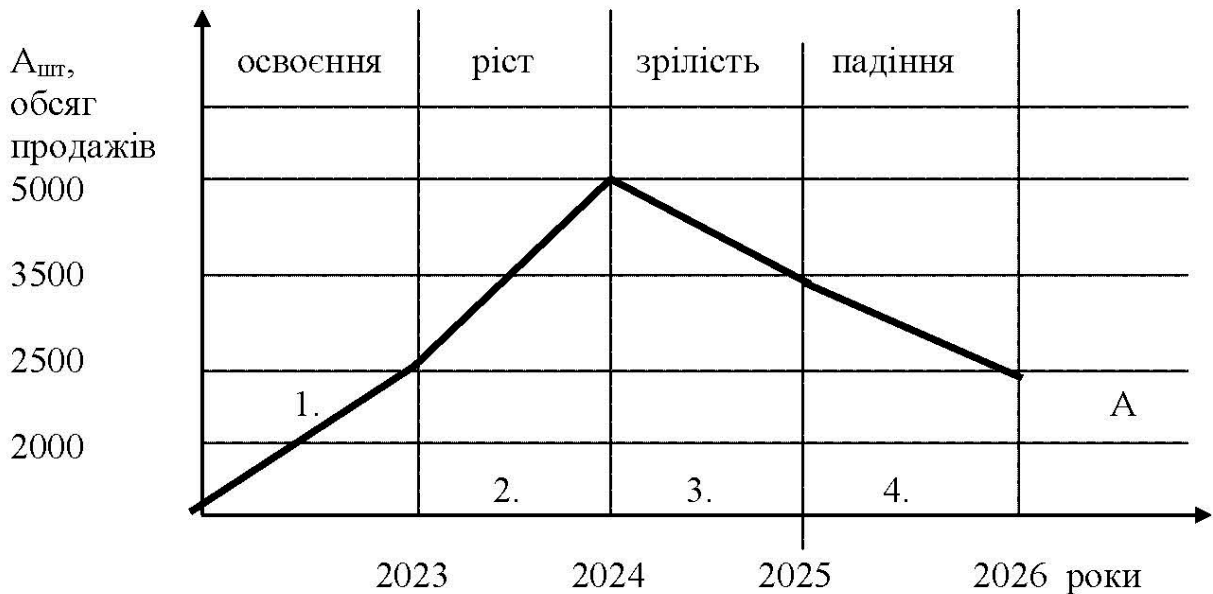


Рисунок 2.1. Прогноз обсягів продажу

В 2025 – 2026 роках обсяг продажів зменшується, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року  $C_{пов2025,2026} = 2716.49 \text{ грн.}$

Плановий прибуток, що включається в оптову ціну підприємства, для наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{n+1} * \frac{P}{100} \quad (2.7)$$

Звідси:  $P_{2024,2025,2026} = 2716.49 * 20/100 = 543.29 \text{ грн.}$

Оптову ціну підприємства в наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{o_{i+1}} = C_{n_{i+1}} + P_{i+1} \quad (2.8)$$

Звідси:  $C_{2024,2025,2026} = 2716.49 + 543.29 = 3259.78 \text{ грн.}$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$Pz_{i+1} = C_{o_{i+1}} * 0.2 \quad (2.9)$$

Звідси:  $Pz_{2024,2025,2026} = 3259.78 * 0.2 = 651.95 \text{ грн.}$

Ціну реалізації одиниці продукції в наступні роки визначаємо по формулі:

$$C_{P_{i+1}} = C_{O_{i+1}} + ПЗ_{i+1} \quad (2.10)$$

Звідси:  $C_{P_{2024,2025,2026}} = 3259.78 + 651.95 = 3911.73$  грн.

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період ( $P_T$ ) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * C_{P_i} * \alpha_i \quad (2.11)$$

де  $t_p, t_k$  – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

$C_{P_i}$  – ціна реалізації в  $i$ -тім році, грн.;

$A_i$  – обсяг продажів у  $i$ -тім році, грн.;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

Вартісну оцінку за розрахунковий період визначаємо по формі, приведеній в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	$A_i$	2500	5000	3500	2500
Ціна реалізації, грн.	$C_{P_i}$	4602.06	3911.73	3911.73	3911.73
Вартісна оцінка результатів, млн грн.	$A_i * C_{P_i}$	8149450	19558650	13691055	9779325
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	$\alpha_i$	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн грн.	$A_i * C_{P_i} * \alpha_i$	7415999.5	16233679.5	1026821.25	6649941

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 6649941 грн.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Україна приділяє велику увагу питанням охорони життя і здоров'я своїх громадян, створенню безпечних умов праці роботодавцями, керівниками установ, організацій, проте кількість нещасних випадків, що трапляються на виробництві, залишається дуже великою. Проблеми створення безпечних і нешкідливих умов праці мають таку ж давню історію, як й історія людства. Однак, сьогодні вони набувають особливого значення, адже ціна кожної аварії істотно зростає. Статтею 3 Конституції України людина та її здоров'я оголошенні найбільшою цінністю держави.

Поліпшення умов та охорона праці стає одним з важливих напрямків матеріального та культурного рівня життя народу, а це, у свою чергу, сприяє зростанню якості та продуктивності праці, підвищенню соціально-економічних показників виробництва, зменшенню коштів на витрати від травматизму, професійних захворювань і аварій.

В дипломному проекті проектується розробка лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення для ПК. Одним з видів робіт передбачається виконання паяльних робіт. Тому в даному розділі розглянемо вимоги безпеки виконання робіт та створення безпечних умов праці для працівників.

### 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста

Аналіз умов праці показує, що в робочому приміщенні на працівника можуть негативно впливати наступні фізичні та психологічні фактори:

- нервово-психічні та фізичні перевантаження.
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищені або знижені температура, вологість повітря робочої зони;
- забруднення повітряного середовища;
- недостатня освітленість робочого місця;
- небезпека ураження електричним струмом тощо.

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## 3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для кожного з факторів, що мають негативну дію на робітника, повинні бути проведенні заходи для його захисту.

### 3.2.1 Освітлення

Забезпечення гігієнічно раціональних умов освітлення у виробничих приміщеннях сприяє тривалому збереженню працездатності, призводить до зростання продуктивності праці і до поліпшення якості продукції, що випускається. Завданнями раціонального освітлення є:

- Поліпшення зорових умов праці;
- Створення сприятливої виробничої обстановки;
- Зменшення небезпеки виробничого травматизму.

Дипломним проектом передбачено використання змішаного освітлення – природного та штучного.

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають ряд істотних переваг. Так за спектральним складом світла вони близькі до природного світла, мають підвищену світлову віддачу, триваліший термін служби. Норма освітленості на робочих місцях складає 300-500лк

### 3.2.2 Шум

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 50дБА. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами. Рівень вібрації в приміщеннях обчислювальних центрів може бути понижений шляхом встановлення устаткування на спеціальні віброізолятори.

### 3.2.3 Вимоги до організації робочого місця працівника

Паяння можливо тільки тоді, коли температура місця спаю стане вище температури розплавлення відповідного припою і буде підтримуватися на протязі всього процесу паяння.

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Паяння забезпечує з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також поєднань цих матеріалів. Найбільш широко паяння застосовується при виконанні електромонтажних робіт, при монтажі контрольно-вимірювальних приладів, радіо і електроприладів, виготовленні посудин, радіаторів, а також інструментів, армованих пластинами твердого сплаву, і ряду інших робіт. Паяння здійснюється за допомогою прогріву місць з'єднання заготовок до температури, що перевищує температуру плавлення припою, і введення в цю зону відповідного припою. Розплавляючись, припій розтікається і заповнює зазори між з'єднуються частинами заготовки під дією капілярних сил і, охолоджуючись, кристалізується в паяному шві, забезпечуючи нерухоме з'єднання.

Електричні паяльники (рис. 3.1) отримали найбільш широке поширення завдяки високій надійності і простоті дії. Вони випускаються з двома типами робочої частини-прямі і кутові. Очищення носка таких паяльників від оксидів здійснюють відповідним застосовуваному припою флюсом.



Рисунок 3.1. Паяльник потужністю 40Вт

Забороняється користуватися несправними інструментами і пристосуваннями, торкатися до нагрітих частин інструменту паяння. Не можна нахилитися близько до місця паяння. Роботу слід виконувати під витяжним ковпаком. Для утримування виробів необхідно використовувати плоскогубці або ковальські щипці. Слід ретельно мити руки з милом після закінчення робіт.

Під час проведення паяльних робіт в кімнаті не повинні бути сторонні особи. Робоче місце повинне бути звільнене від інших деталей та матеріалів. Підставка під паяльник повинна бути промислового виробництва та зроблена з

негорючого матеріалу. Пайку проводити не довше 5 хв., після чого відкрити вікно та вийти з кімнати до повного провітрювання.

### 3.2.4 Мікроклімат

Санітарні вимоги до мікроклімату виробничого приміщення викладені в ДСН 3.3.6.042 – 99.

Таблиця 3.1. Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ

Пора року	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

Для підтримки в приміщенні нормального, що відповідає гігієнічним вимогам, складу повітря, видалення з нього шкідливих речовин використовують вентиляцію. При природній вентиляції (за допомогою вікон) повітря надходить у приміщення і видаляється внаслідок різниці температур. Але вона має низку недоліків. Тому у приміщенні застосовується штучна, загально обмінна вентиляція, яка очищає повітря і направляє його до робочого місця. Повітря, перед його споживанням можна піддати обробці: підігріти, зволожити, охолодити тощо.

### 3.2.5 Електробезпека

Джерелом живлячої напруги є мережа змінного струму з напругою 220В, на яку поширюється ГОСТ 25861-83.

Для попередження поразок електричним струмом необхідно чітко й у повному обсязі виконувати правила провадження робіт і правил технічної експлуатації. Необхідно виключити можливість доступу працівника до частин устаткування, що працює під небезпечною напругою, до неізольованим частинам, призначеним для роботи при малій напрузі й не підключеним до захисного заземлення, а також підводити електроживлення до ПЕОМ від розетки за допомогою спеціальної вилки із заземлюючим контактом.

### 3.3 Пожежна безпека

До засобів гасіння пожежі відносяться внутрішні пожежні водопроводи (крани –ПК), вогнегасники, сухий пісок тощо. В будівлях пожежні крани встановлюють в коридорах, на майданчиках сходових кліток. Кожний пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і розміщений у відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1.35 м від полу.



Рисунок 3.2. Зовнішній вигляд системи пожежогасіння

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. У виробничих приміщеннях це головним чином вуглекислотні вогнегасники (ВВ), достоїнством яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електричного устаткування. Розташовують вогнегасники на видних місцях, на висоті не більше як 1,5 м від полу.

Будівлі укомплектовані пожежними щитами з набором інструментів, біля щитів – бочки з водою, ящики з піском.

Виробничі приміщення мають запасні виходи. Двері повинні мати освітлений надпис «Запасний вихід». План евакуації вивішується на видному місці у основного виходу із приміщення.

## ВИСНОВКИ

Розроблене протягом виконання даного дипломного проекту лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення для ПК має цифрове керування та призначене для захисту від проблем, які можуть виникнути у мережі живлення, що особливо важливо під час блекаутів. Розроблений пристрій може використовуватись також для живлення різного роду електронної апаратури з потужністю до 500 Вт, адже має на виході модифіковану синусоїду з напругою 220 В.

Проведений під час дипломного проектування аналіз існуючих на сьогоднішній день схем джерел безперебійного живлення дозволив визначити і обґрунтувати структурну схему ДБЖ. Розроблений пристрій побудований за принципами, закладеними в сучасні лінійно-інтерактивні ДБЖ, що дозволяє повністю реалізувати вимоги до розв'язуваних пристроєм проблем, а також зазначені технічні вимоги.

Електричний розрахунок схеми пристрою розробленого ДБЖ дозволив визначити вимоги до силових елементів принципової електричної схеми, зокрема до силових ключів, трансформаторів, діодів, конденсаторів та інших елементів.

Розроблений пристрій заснований на мікроконтролері, тому має просунуті функції контролю напруги в мережі та аварійного відключення при виході значення температури навколишнього середовища за межі допустимого. У пристрої також передбачений датчик струму для вимірювання вихідної потужності, що дозволяє схемі керування відключати навантаження при протіканні через датчик струму більшого, ніж допустимий. Це забезпечує захист від виходу з ладу пристрою перетворення постійної напруги в змінну.

Наявність у ДБЖ зв'язку з ПК дозволяє користувачеві слідкувати за станом мережі та АБ, здійснювати дистанційний моніторинг ДБЖ та безпечно завершення роботи ПК при аварії чи довготривалій відсутності напруги в мережі.

					ФКС 56. 07 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев А.И. Сучасна концепція побудови пристроїв електроживлення телекомунікаційних та комп'ютерних мереж // Праці НПК "Сучасні проблеми телекомунікацій – 2005". – Львів, 2005.
2. Воробьев А.Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. – М.: ЭкоТрендз, 2002. – 280 с.
3. Ленков Д. Постоянные и бесперебойные // Сети и телекоммуникации. – Ч. 1. – 2003. – № 12. – С.52-57; Ч. 2. – 2004. – № 1. – С. 58-64.
4. В.Г. Костиков, Е.М. Парфенов, В.А. Шахнов «Источники электропитания электронных средств» Москва, Горячая линия – Телеком 2001.
5. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. – М.: ИП Радиософт, 2002 – 176 с.: ил.
6. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.: ил.
7. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. М.: Солон-Р, 2001. – 334 с.: ил.
8. Болл, С.Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров. – М.: Додэка-XXI, 2017. – 1844 с.
9. Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А.В. Белов. – СПб.: Наука и техника, 2016. – 544 с.
10. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny фирмы ATMEL. Руководство пользователя / А.В. Евстифеев. – М.: ДМК, 2015. – 426 с.
11. ДСТУ 3413-96 – Вимоги до електричних побутових мереж.

# ДОДАТОК А

## Перелік елементів до схеми принципової електричної

Позначення на схемі	Найменування та номінал	Кількість
C1	Конденсатор X7R-1210-400В-22нФ $\pm 10\%$	1
C2,C5	Конденсатор ECR-450В-330мкФ $\pm 10\%$	2
C3,C4	Конденсатор ECR-400В-47мкФ $\pm 10\%$	2
C6	Конденсатор X7R-1210-400В-0,01мкФ $\pm 10\%$	1
C7	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	1
C8	Конденсатор X7R-1206-50В-4,7мкФ $\pm 10\%$	1
C9,C10	Конденсатор X7R-1206-50В-0,1мкФ $\pm 10\%$	2
C11	Конденсатор X7R-1206-50В-4,7мкФ $\pm 10\%$	1
C12	Конденсатор X7R-1206-50В-0,1мкФ $\pm 10\%$	1
C13	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	1
C14	Конденсатор X7R-1206-50В-0,01мкФ $\pm 10\%$	1
C15	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	1
C16,C17	Конденсатор X7R-1206-50В-0,01мкФ $\pm 10\%$	2
C18	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	1
C19	Конденсатор X7R-1206-50В-0,01мкФ $\pm 10\%$	1
C20..C22	Конденсатор X7R-1206-50В-1мкФ $\pm 10\%$	3
C23	Конденсатор X7R-1210-1кВ-470пФ $\pm 10\%$	1
C24	Конденсатор X7R-1206-50В-0,1мкФ $\pm 10\%$	1
C25	Конденсатор ECR-50В-100мкФ $\pm 10\%$	1
C26,C27	Конденсатор X7R-1206-50В-220нФ $\pm 10\%$	2
C28	Конденсатор ECR-50В-1000мкФ $\pm 10\%$	1
C29,C30	Конденсатор X7R-1210-1кВ-10мкФ $\pm 10\%$	2
C31,C32	Конденсатор ECR-450В-220мкФ $\pm 10\%$	2
C33,C34	Конденсатор X7R-1210-400В-0,01мкФ $\pm 10\%$	2
C35	Конденсатор X7R-1206-50В-0,1мкФ $\pm 10\%$	1
C36	Конденсатор ECR-25В-2200мкФ $\pm 10\%$	1
C37	Конденсатор X7R-1206-1кВ-470пФ $\pm 10\%$	1
C38,C39	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	2
C40,C41	Конденсатор ECR-50В-100мкФ $\pm 10\%$	2
C42,C43	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	2
C44,C45	Конденсатор ECR-50В-220мкФ $\pm 10\%$	2
C46,C47	Конденсатор X7R-1206-50В-1мкФ $\pm 10\%$	2
C48,C49	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	2
C50,C51	Конденсатор X7R-1210-50В-1мкФ $\pm 10\%$	2
C52,C53	Конденсатор X7R-1210-50В-470нФ $\pm 10\%$	2
C54	Конденсатор X7R-1210-1кВ-2200пФ $\pm 10\%$	1
C55	Конденсатор X7R-1210-400В-0,1мкФ $\pm 10\%$	1
C56	Конденсатор X7R-1210-1кВ-2200пФ $\pm 10\%$	1
C57..C59	Конденсатор X7R-1210-400В-0,1мкФ $\pm 10\%$	3
C60	Конденсатор ECR-50В-10мкФ $\pm 10\%$	1
DA1	Мікросхема SG3525	1
DA2	Мікросхема UC3842	1
DA3	Мікросхема UA723	1
DA4	Мікросхема UC3825	1
DA5	Мікросхема UC3825	1

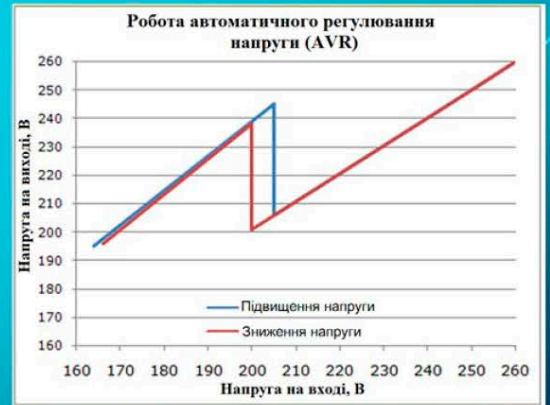
DA6	Мікросхема 78M05ST	1
DD1	Мікросхема ATMEL ATTiny26	1
K1	Реле AJR3221	1
K2	Реле 97L-2A-P	1
L1	Дросель FMER-K26-0,9-60мкГн	1
L2, L3	Дросель DB36-10-47-15мкГн	2
L4	Дросель DST4-10-22-47мкГн	1
L5, L6	Дросель FMER-K26-0,9-470мкГн	2
R1	Резистор RC01-1206-3,9кОм ±5%	1
R2	Резистор RC01-1206-10Ом ±5%	1
R3	Резистор RC01-1206-30кОм ±5%	1
R4	Резистор RC01-1206-510Ом ±5%	1
R5	Резистор RC01-1206-4,7кОм ±5%	1
R7	Резистор RC01-1206-2,4кОм ±5%	1
R8	Резистор PVZ3A-10кОм ± 20%	1
R9	Резистор RC02H-1206-4,02кОм ± 1%	1
R10	Резистор RC01-1206-1МОм ± 5%	1
R11	Резистор RC02H-1206-420кОм ± 1%	1
R12	Резистор RC01-1206-510Ом ± 5%	1
R13	Резистор RC01-1206-3,3кОм ± 5%	1
R14	Резистор RC01-1206-3,3МОм ± 5%	1
R15	Резистор RC01-1206-5,1Ом ± 5%	1
R16	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R17	Резистор RC01-1206-3,3кОм ± 5%	1
R18	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R19	Резистор RC01-1206-1кОм ± 5%	1
R20	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R21	Резистор RC01-1206-1кОм ± 5%	1
R22	Резистор RC01-1206-560кОм ± 5%	1
R23	Резистор RC02H-1206-4,02кОм ± 1%	2
R24,25	Резистор RC02H-1206-10кОм ± 1%	1
R26	Резистор RC02H-1206-1.2кОм ± 1%	1
R27	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R28	Резистор RC01-1206-1кОм ± 5%	1
R29	Резистор RC01-1206-47кОм ± 5%	1
R30	Резистор RWN5020-2W-2,2Ом ±1%	1
R31, R32	Резистор RC01-1206-51Ом ± 5%	2
R33	Резистор RC01-1206-47кОм ± 5%	1
R34	Резистор RWN5020-2W-0,22Ом ±1%	1
R35	Резистор RWN5020-2W-100кОм ±1%	1
R36	Резистор RC01-1206-47кОм ± 5%	1
R37	Резистор RWN5020-2W-0,22Ом ±5%	1
R38	Резистор RWN5020-2W-100кОм ±5%	1
R39	Резистор PVZ3A-10кОм ± 20%	1
R40	Резистор RC02H-1206-200кОм ± 1%	1
R41	Резистор RWN5020-2W-100кОм ±5%	1
R42..R45	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	2
R46, R47	Резистор RWN5020-2W-2-4,7Ом ±5%	2
R48, R49	Резистор RC01-1206-470Ом ± 5%	2
R50	Резистор RC01-1206-3кОм ± 5%	1
R51	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R52	Резистор RC01-1206-3кОм ± 5%	1

R53	Резистор RC01-1206-100Ом ± 5%	1
R54	Резистор RC01-1206-2,4кОм ± 5%	1
R55	Резистор RC01-1206-42кОм ± 5%	1
R56	Резистор RC02H-1206-33кОм ± 1%	1
R57	Резистор RC02H-1206-4,99кОм ± 1%	1
R58	Резистор PVZ3A-4,7кОм ± 20%	1
R59	Резистор PVZ3A-470Ом ± 20%	1
R60	Резистор PVZ3A-10кОм ± 20%	1
R61	Резистор RC01-1206-470Ом ± 5%	1
R62	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R63	Резистор RC01-1206-300Ом ± 5%	1
R64	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R65	Резистор RC01-1206-300Ом ± 5%	1
R66	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R67	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R68	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R69	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R70	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R71	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R72	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R73	Резистор RC01-1206-10Ом ± 5%	1
R74	Резистор RC01-1206-10кОм ± 5%	1
R75,R76	Резистор RWN5020-2W-200Ом ± 5%	2
R77,R78	Резистор RC01-1206-47кОм ± 5%	2
R79,R80	Резистор RC01-1206-4,7кОм ± 5%	2
R81	Резистор RC01-1206-1кОм ± 5%	1
R82	Резистор RC01-1206-47кОм ± 5%	1
R83..R86	Резистор RC01-1206-4,7кОм ± 5%	4
R87..R90	Резистор RC02H-1206-1кОм ± 1%	4
R91	Резистор RC02H-1206-10кОм ± 1%	1
R92	Резистор RC02H-1206-1кОм ± 1%	1
R93	Резистор RC02H-1206-12кОм ± 1%	1
R94	Резистор RC02H-1206-1кОм ± 1%	1
R95,R96	Резистор RC02H-1206-10кОм ± 1%	2
Rt1	Терморезистор TM10100-10кОм ± 1%	1
T1	Трансформатор KER10-E121010-K20	1
T2	Трансформатор TS300-12-E3211619	1
T3	Трансформатор TS12-300-E452250	1
T4	Трансформатор TDN220-05-ET1050	1
T5	Трансформатор TDS10-05-ET1210	1
U1,U2	Оптопара TLP521	2
U3,U4	Оптопара TLP559	2
U5...U7	Оптопара 4N35	3
VD1	Диод PSOF107	1
VD2-VD6	Диод LL414P	5
VD7,VD8	Диод 1N4937	2
VD9,VD10	Диод MUR860	2
VD11	Диод MUR310	1
VD12	Диод TL431	1
VD13-VD16	Диод 1N4937	4
VD17,VD20	Диод MUR860	4
VD21,VD22	Диод BZV55C9V2	2

VD23,VD24	Діод BZV55C18	2
VD25,VD26	Діод BZV55C3V382	2
VD27,VD28	Діод RUR30100	2
VD29,VD30	Діод LL4148	2
VD31	Діод KD906	1
VT1	Транзистор K792	1
VT2,VT3	Транзистор K1531	2
VT4..VT7	Транзистор IRFP150	4
VT8,VT9	Транзистор 2N2907	2
VT10,VT11	Транзистор IRFD123	2
VT12,VT13	Транзистор GT15Q101	2
VT14..VT17	Транзистор BC556B	4
X1...X3	Рознімання 5467-NA-3	3
X4	Рознімання IDC-6	1
X5	Рознімання IDC-10	1
X6	Рознімання PW20-M	1



ДБЖ CyberPower Value 1500E-GP



Робота автоматичного регулювання напруги ДБЖ CyberPower Value 1500E-GP

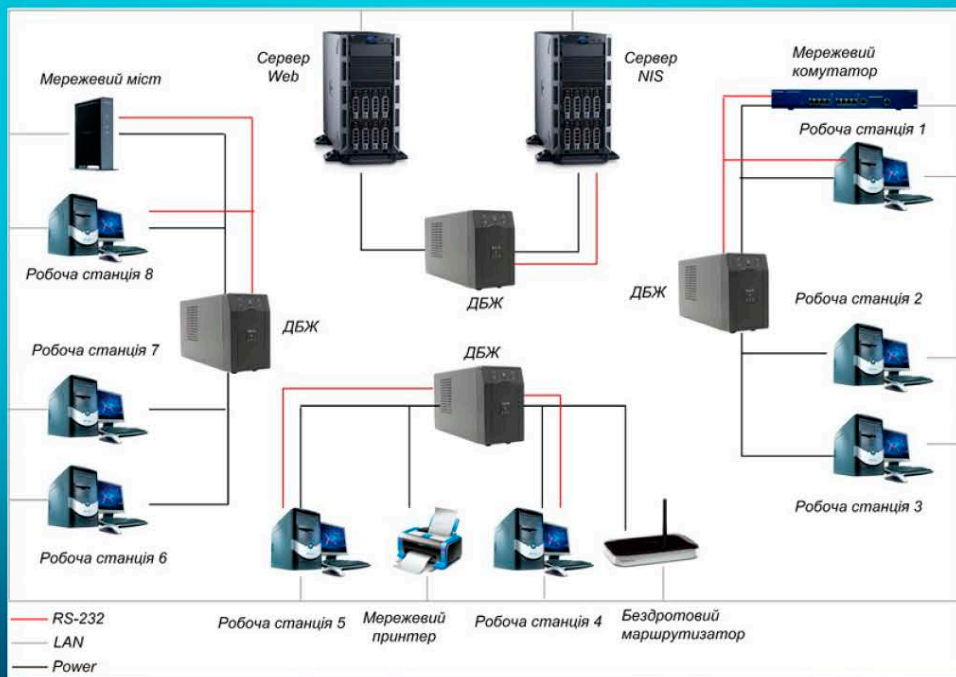
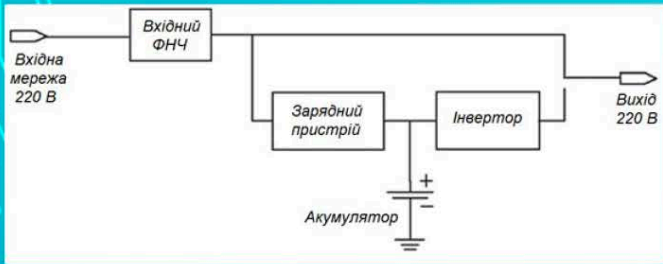


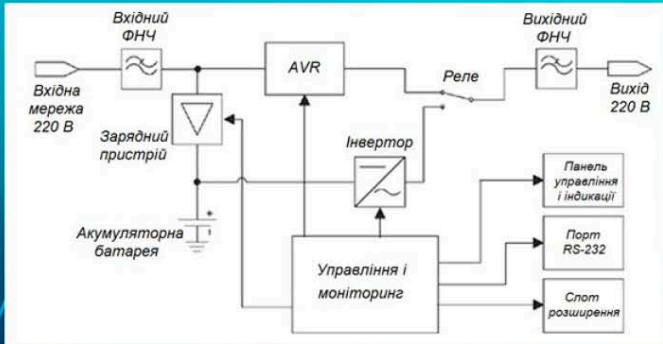
Схема організації резервного живлення вузлів ЛОМ



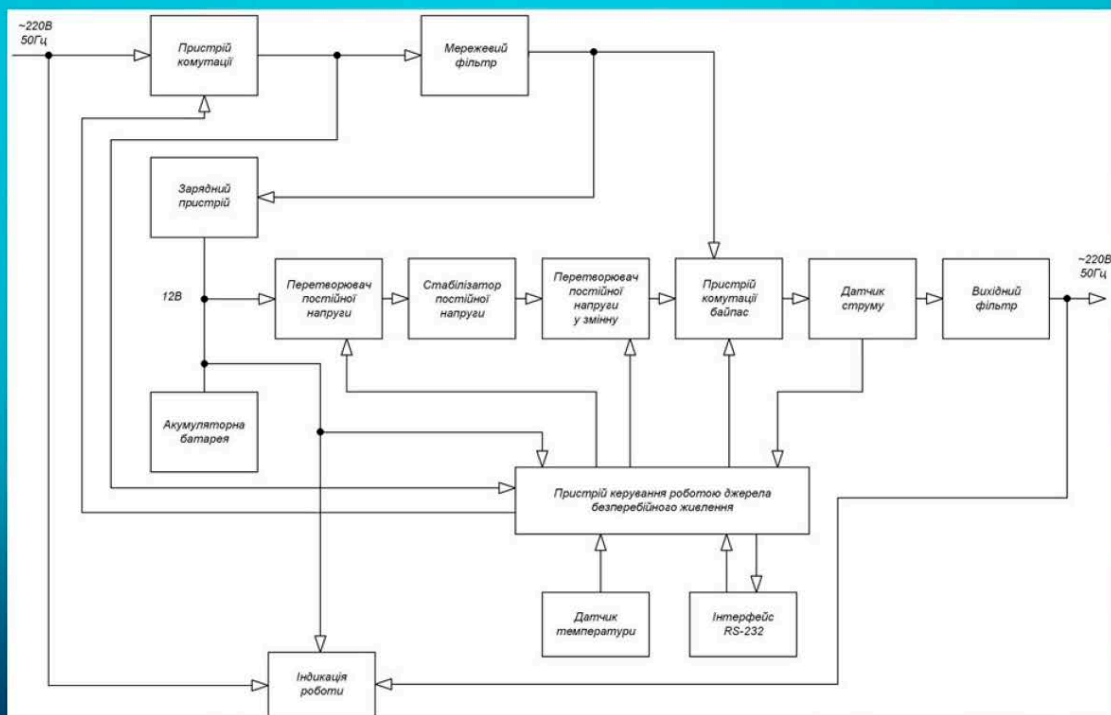
ДБЖ типу Off-Line



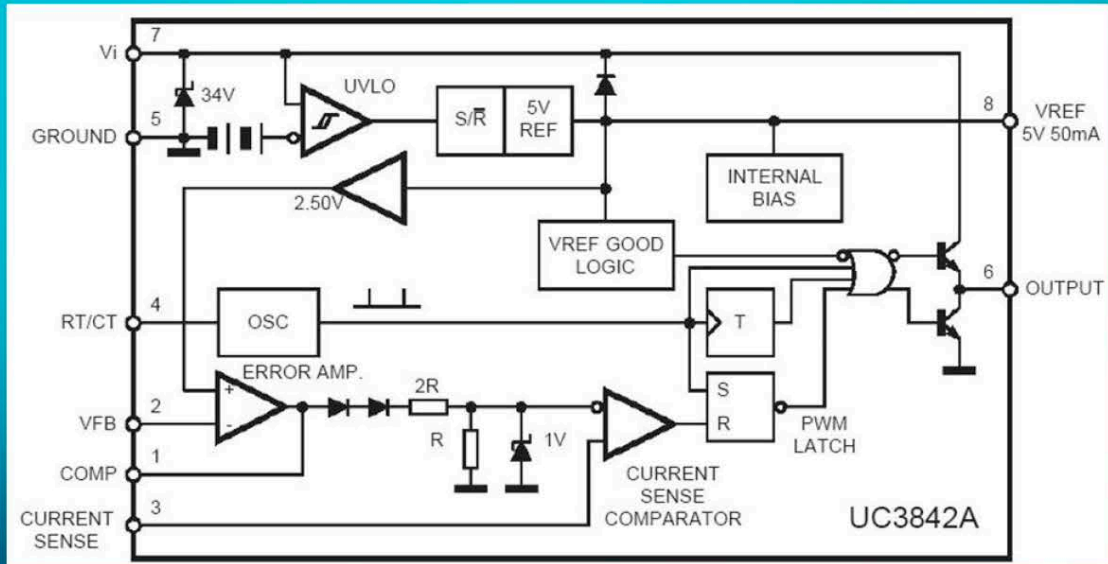
ДБЖ типу On-Line



ДБЖ типу Line-Interactive



Структурна схема ДБЖ типу лінійно-інтерактивного типу



Функціональна схема керуючої мікросхеми UC3842 зарядного пристрою, побудованого по одотактній зворотньоходовій схемі перетворення енергії

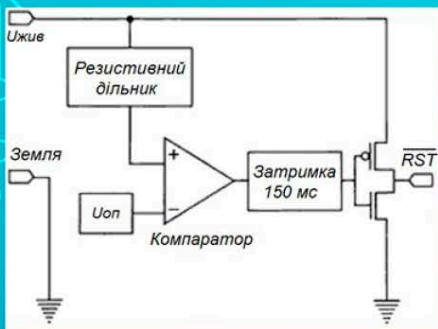
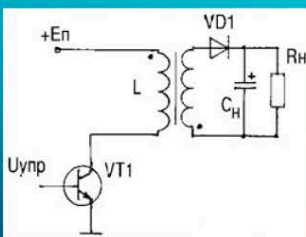
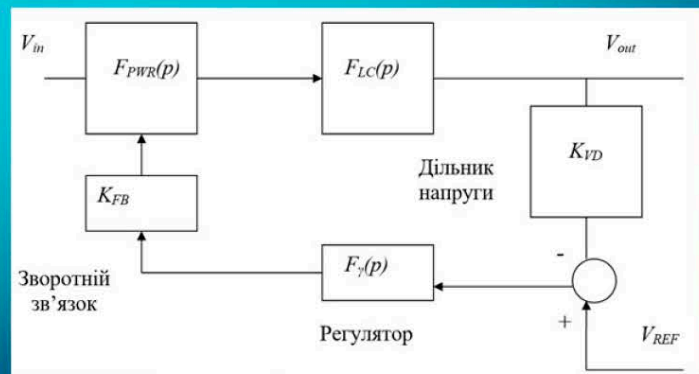


Схема компаратора струму з RC-фільтром

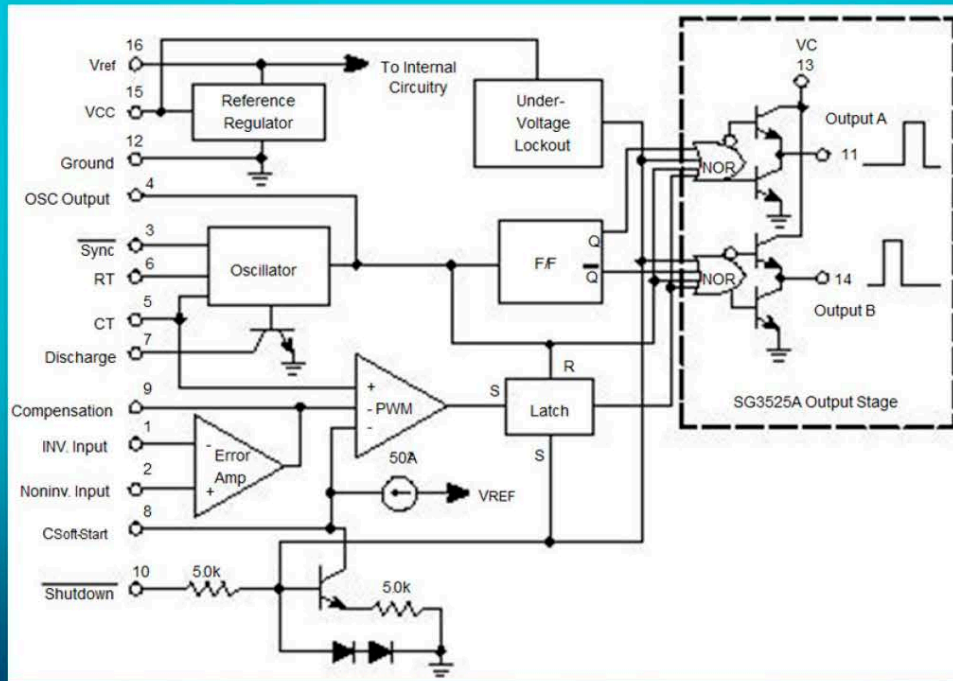


Принципова схема одотактного зворотно-ходового перетворювача напруги

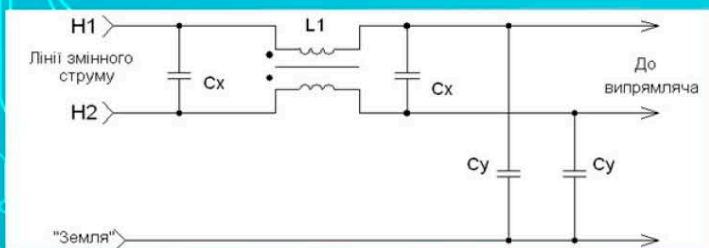


Структурна схема всієї ланки зворотнього зв'язку

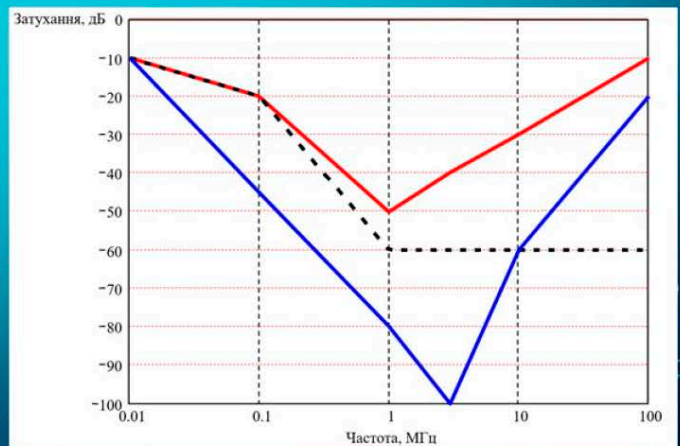




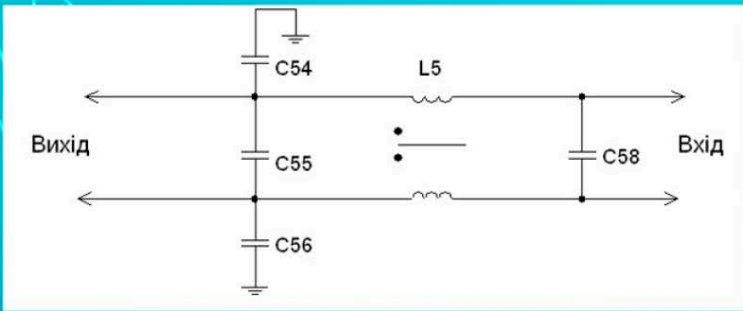
Функціональна схема перетворювачу постійної напруги SG3525



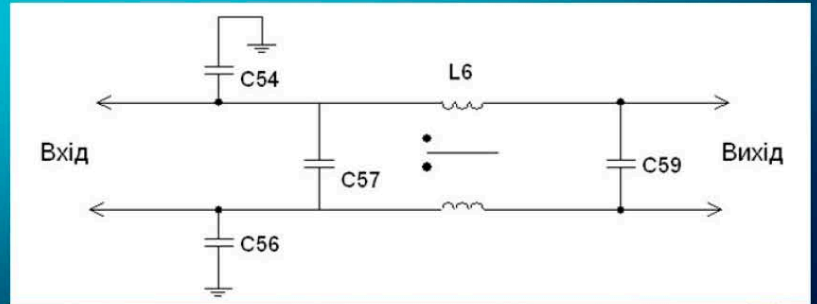
Фільтр синфазних завад



Частотна характеристика фільтру



Вхідний фільтр ЕМ-завад



Вихідний фільтр ЕМ-завад

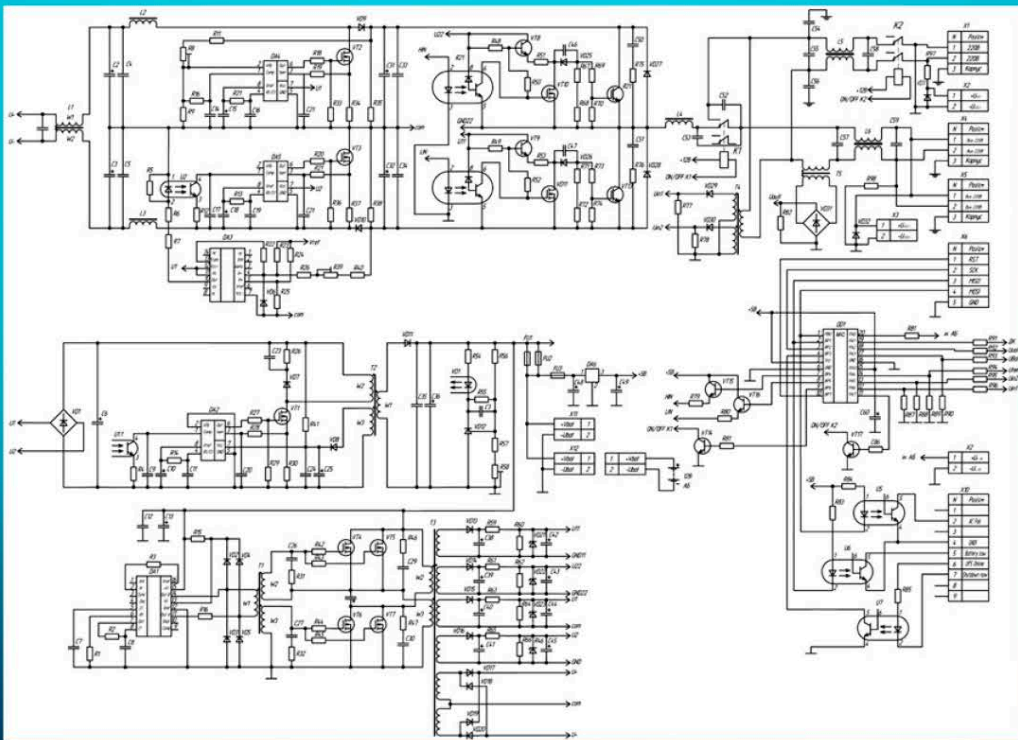
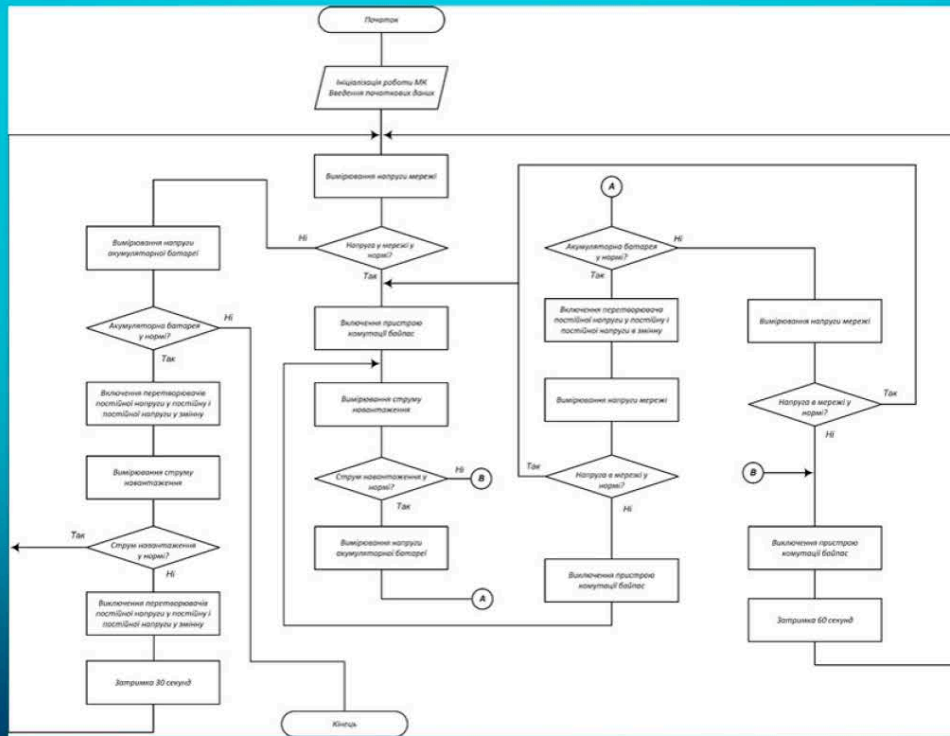
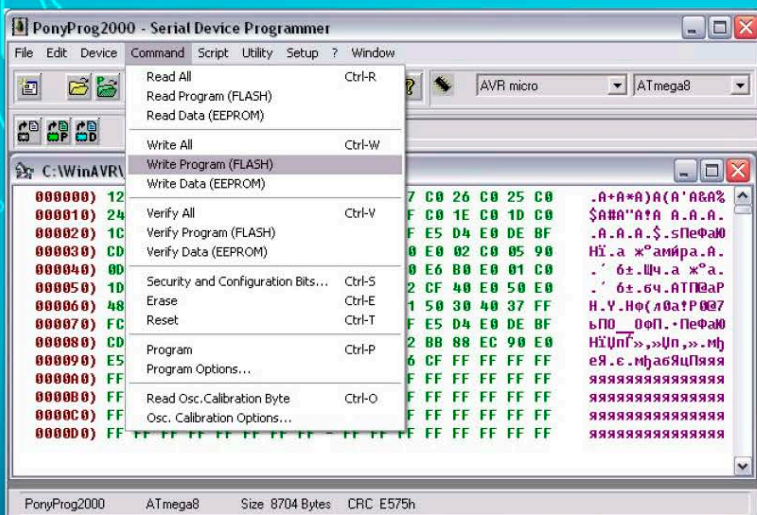


Схема принципова електрична ДБЖ лінійно-інтерактивного типу

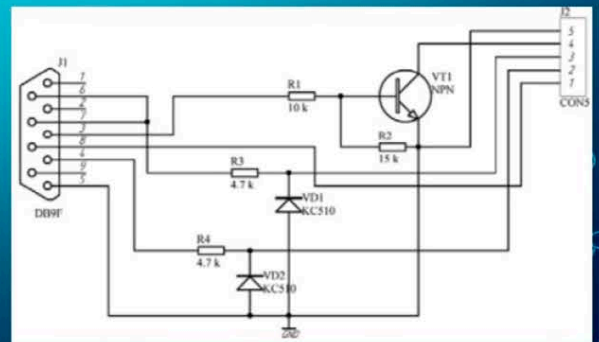


Алгоритм роботи ДБЗ лінійно-інтерактивного типу



Інтерфейс PonyProg

Адаптер PonyProg



**ВІДГУК**

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

*Лісаковського Дмитра Євгеновича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка лінійно-інтерактивного джерела  
безперебійного живлення для ПК

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 83 сторінки. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки лінійно-інтерактивного джерела живлення на базі мікроконтролера, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Лісаковський Д.Є. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи студент виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Лісаковський Д.Є. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання \_\_\_\_\_  
Під час дипломного проектування здобувач освіти Лісаковський Д.Є. мав  
змогу самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової  
електричної схеми пристрою та показав вміння організовано працювати  
над поставленим завданням, скласти креслення та розрахунки за  
допомогою сучасних комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як  
NI Multisim, Compass, Shem-Plan

Оцінка розрахункової частини _____	<u>Добре</u>
Оцінка графічної частини _____	<u>Відмінно</u>
Загальна оцінка _____	<u>Добре</u>

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту \_\_\_\_\_  
Кривченко Анастасія Анатоліївна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту \_\_\_\_\_  
ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач  
специдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії,  
голова обласної методичної комісії викладачів комп'ютерної інженерії

Підпис \_\_\_\_\_

« 11 » 06 2023 р.

## РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

Лісаковського Дмитра Євгеновича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка лінійно-інтерактивного джерела  
безперебійного живлення для ПК

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 83 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 15 аркушів (слайдів)

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є актуальною та присвячена розробки лінійно-інтерактивного джерела живлення на базі мікроконтролера, а також його програмного забезпечення.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи) Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У технологічному розділі виконано огляд і аналіз існуючих аналогів розроблюваного ДБЖ, аналіз структурних схем існуючих ДБЖ, розробка та опис структурної схеми ДБЖ та алгоритму, електричний розрахунок схеми зарядного пристрою, електричний розрахунок схеми імпульсного стабілізатору, електричний розрахунок вхідного та вихідного фільтрів, розробка алгоритму роботи ДБЖ.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи) Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Розроблений пристрій заснований на мікроконтролері, тому має просунуті функції контролю напруги в мережі та аварійного відключення при виході значення температури навколишнього середовища за межі допустимого. У пристрої також передбачений датчик струму для вимірювання вихідної потужності.

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_

1. У пояснювальній записці багато уваги приділено розрахункам елементів імпульсного стабілізатору.

2. У розділі охорони праці наведені відомі нормативні вимоги загального плану замість конкретних розрахунків освітлення приміщення, вентиляції, рівня шуму.

Оцінка розрахункової частини \_\_\_\_\_ **відмінно**

Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ **відмінно**

Загальна оцінка \_\_\_\_\_ **відмінно**

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента Стайкуца Сергій Володимирович

Місце роботи і посада рецензента \_\_\_\_\_

“Державний університет інтелектуальних технологій і зв’язку”,

доцент кафедри кібербезпеки та технічного захисту інформації,

помічник декана факультету інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис: \_\_\_\_\_

« 16 » серпня 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІДОЧЕНО  
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ  
КАДРІВ ДУІТЗ



Ім'я користувача:  
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:  
1015255410

Дата перевірки:  
25.05.2023 17:39:09 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
25.05.2023 17:43:46 EEST

ID користувача:  
100011688

Назва документа: 4КС-56 Лісаковський Д.Є

Кількість сторінок: 66 Кількість слів: 11547 Кількість символів: 79654 Розмір файлу: 4.51 MB ID файлу: 1014930297

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

32.1%  
Схожість

Найбільша схожість: 25.3% з Інтернет-джерелом (<http://bumli.ru/diplom/6133>)

32.1% Джерела з Інтернету 507

Сторінка 68

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%  
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 127

Підозріле форматування 18 сторінок

**ДОЗВІЛ  
НА РОЗМІЩЕННЯ  
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

*Лісаковський Дмитро Євгенович,*  
здобувач освіти гр. 4ФКС-56, та

*Кривченко Анастасія Анатоліївна,*  
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи фахового молодшого спеціаліста на тему:

*«Розробка лінійно-інтерактивного джерела безперебійного живлення для ПК» (автор роботи – Лісаковський Д.Є., керівник роботи – Кривченко А.А.)*

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи, і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Лісаковський Д.Є. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

«12» червня 2023 р.