

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

(освітньо-професійного ступеня)

на тему: Розробка проєкту технічного обслуговування перетворювача
напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W

Виконав: студент IV курсу, групи KI-405

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Максим БІНЯЖ

(ім'я та прізвище)

Керівник

Галина РАДЧИК

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення **інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян**

Циклова комісія **комп'ютерної інженерії**

Освітньо-професійний ступінь **фаховий молодший бакалавр**

Освітньо-професійна програма: **Обслуговування комп'ютерних систем і мереж**

Спеціальність: **123 Комп'ютерна інженерія**

Галузь знань: **12 Інформаційні технології**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

_____ Андрій ЮЗЬКІВ

"30" березня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Біняжу Максиму Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Розробка проєкту технічного обслуговування перетворювача напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W**

керівник роботи **Радчик Галина Іванівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 27.03.2026р № 4/9-167.

2. Строк подання студентом роботи: 15 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: інструкція користувача Zegor DPR-2000C 2000W; сервісна інструкція Zegor DPR-2000C 2000W; методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальний розділ. Розробка технічного та робочого проєкту. Спеціальний розділ. Економічний розділ. Охорона праці та безпека життєдіяльності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- структурно-функціональна схема об'єкту обслуговування;
 - алгоритм технічного обслуговування (пошуку і усунення несправностей);
 - блок схема технічного обслуговування (пошуку і усунення несправностей);
 - таблиця техніко-економічних показників для пристрою обслуговування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Богдана МАРТИНЮК викладач		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	01.04	
2	Збір і узагальнення інформації	08.05	
3	Написання першого розділу	15.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	22.05	
5	Написання спеціального розділу	28.05	
6	Розрахунок економічної частини	1.06	
7	Написання розділу охорони праці	3.06	
8	Виконання графічної частини	8.06	
9	Оформлення проєкту	10.06	
10	Погодження нормоконтролю	11.06	
11	Попередній захист роботи	12.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 31 березня 2026 року

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Максим БІНЯЖ

(ім'я та прізвище)

Галина РАДЧИК

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Біняж М. Р. Розробка проекту технічного обслуговування перетворювача з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W. Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня молодшого спеціаліста за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія». — Технічний коледж ТНТУ ім. І. Пулюя. Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій. — Тернопіль, 2026. — 60 с., 9 табл., список використаних джерел із 16 найменувань, чотири розділи, 10 підрозділів.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи технічного обслуговування інвертора з інтегрованим зарядним модулем Zegor DPR-2000C потужністю 2000 Вт. Проаналізовано технічні характеристики пристрою та виконано його порівняння з аналогічними моделями вітчизняного ринку. Розглянуто принцип роботи перетворювача та описано структурну схему основних функціональних вузлів.

У спеціальному розділі розроблено інструкцію з експлуатації. Окремо обґрунтовано вибір засобів вимірювання та монтажного інструменту, необхідних для виконання планових і аварійних регламентних робіт.

Розділ з охорони праці містить інструкцію щодо безпечних прийомів роботи при обслуговуванні пристрою, аналіз впливу електромагнітних полів промислової частоти на організм людини та заходи захисту, а також порядок організації безпечного виконання робіт в електроустановках до 1000 В.

В економічній частині розраховано собівартість науково-дослідної роботи, визначено ціну розробки з урахуванням рентабельності та ПДВ.

Ключові слова: інвертор, зарядний пристрій, технічне обслуговування, діагностика несправностей, модифікована синусоїда, акумуляторна батарея, захист від перевантаження.

ABSTRACT

Binyazh M. R. Development of a Maintenance Project for the Zegor DPR-2000C 2000W Power Inverter with Battery Charger. Qualification paper for the educational and qualification level of junior specialist in the specialty of Computer Engineering. — Technical College of TNTU named after I. Puliui. Department of Computer Information Technologies. — Ternopil, 2026. — 60 p., 9 tables, list of references with 16 items, four sections, 10 subsections.

The qualification paper focuses on the development of a maintenance system for the Zegor DPR-2000C 2000W power inverter with an integrated battery charging module. The technical specifications of the device are analyzed and a comparative assessment against similar models available on the Ukrainian market is provided. The operating principle of the converter and the structural diagram of its main functional units are described.

The special section presents an operating manual, defines the procedure for maintenance and repair, and establishes a fault diagnosis algorithm.

The occupational safety section includes instructions for safe working practices when servicing the device, an analysis of the effects of industrial-frequency electromagnetic fields on the human body with corresponding protective measures, and guidelines for organizing safe work in electrical installations up to 1000 V.

The economic section calculates the cost of the research work, determines the price of the development taking into account profitability and value-added tax, and evaluates the economic efficiency of implementing the developed maintenance program.

Keywords: inverter, battery charger, maintenance, fault diagnosis, modified sine wave, storage battery, overload protection.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальні відомості про перетворювач із зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C.....	8
1.2 Порівняльний аналіз перетворювача	11
1.3 Принцип функціонування пристрою Zegor DPR-2000C	13
1.4 Опис структурної схеми перетворювача	16
2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Інструкція з експлуатації.....	21
2.2 Інструкція з технічного обслуговування та ремонту	26
2.3 Порядок пошуку та усунення несправностей	27
2.4 Вибір та обґрунтування засобів технічного обслуговування	32
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	39
3.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	39
3.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	41
3.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	43
3.4 Розрахунок витрат на електроенергію	43
3.5 Визначення транспортних затрат	44
3.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	44

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка проекту технічного обслуговування перетворювача з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Біняж М.Р.						
Перевір.		Радчик Г.І.					5	60
Реценз.						ВСП ТФК ТНТУ КІ-405		
Н. Контр.		Юзьків А. В.						
Затверд.								

3.7	Обчислення накладних витрат.....	45
3.8	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР ..	45
3.9	Розрахунок ціни НДР.....	46
3.10	Визначення економічної ефективності	47
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	49
4.1	Інструкція щодо безпечних прийомів роботи при обслуговуванні перетворювача напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W	49
4.2	Вплив електромагнітних полів промислової частоти на організм людини та інженерні методи захисту.....	52
4.3	Організація безпечного виконання робіт в електроустановках до 1000 В.....	54
	ВИСНОВОК.....	58
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Масштабні пошкодження енергетичної інфраструктури України, що відбулися протягом 2022–2026 років, суттєво змінили підхід до організації резервного електропостачання. Такі пристрої стали звичною річчю в житлових будинках і невеликих підприємствах. Тривалі відключення змусили людей шукати рішення, які не потребують постійного втручання: підключив, налаштував і пристрій сам перемикається між мережею та акумулятором.

Zegor DPR-2000C 2000W — один із найбільш доступних і поширених пристроїв цього класу на вітчизняному ринку. Він поєднує в собі інвертор постійного струму та зарядний модуль, що дозволяє використовувати його як спрощений варіант джерела безперебійного живлення без залучення додаткового обладнання. Номінальна потужність 2000 Вт забезпечує роботу базового переліку споживачів — освітлення, комп'ютерної техніки, зарядних пристроїв.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка проєкту технічного обслуговування перетворювача з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W. Для досягнення цієї мети в роботі вирішуються такі завдання: аналіз технічних характеристик і принципу функціонування пристрою; порівняння з аналогічними моделями, представленими на ринку; розробка інструкції з експлуатації та технічного обслуговування; опис алгоритму діагностики і порядку усунення типових несправностей; обґрунтування вибору засобів технічного обслуговування; визначення вимог охорони праці; розрахунок економічної ефективності розробленого проєкту.

Об'єктом дослідження є перетворювач напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W. Предметом дослідження — методи і засоби його технічного обслуговування в умовах інтенсивної експлуатації.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про перетворювач із зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C.

Zegor DPR-2000C поєднує в одному корпусі інвертор напруги та зарядний пристрій для акумулятора. Основна функція — перетворення постійного струму 12 В від акумуляторної батареї на змінний струм 220 В із частотою 50 Гц, необхідний для роботи побутових приладів. Номінальна потужність 2000 Вт дозволяє забезпечити одночасну роботу освітлення, комп'ютерної техніки, телевізора та деяких кухонних приладів у разі відсутності централізованого живлення.



Рисунок 1.1 - Zegor DPR-2000C

Пристрій виконано в компактному алюмінієвому корпусі, який одночасно слугує радіатором для відведення тепла. На відміну від дорожчих ДБЖ, ця модель генерує модифіковану синусоїду. Хоч це і робить пристрій доступнішим за ціною, такий тип сигналу накладає певні обмеження: він ідеально підходить для приладів із імпульсними блоками живлення (ноутбуки, зарядки телефонів, LED-лампи), проте може викликати перегрів або некоректну роботу обладнання з індуктивним навантаженням, наприклад, циркуляційних насосів чи старих холодильників.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Функціонал зарядного пристрою дозволяє автоматизувати процес підготовки до блекаутів. Коли напруга в мережі з'являється, пристрій самостійно заряджає підключений акумулятор. Це критично важливо в умовах, коли світло вмикають лише на кілька годин: користувачу не потрібно вручну перемикати клеми або стежити за рівнем заряду — система все зробить сама.

Пристрій відноситься до класу джерел безперебійного живлення та силових перетворювачів, що підпадають під дію низки нормативних документів. З точки зору електромагнітної сумісності та безпеки, подібні пристрої мають відповідати вимогам ДСТУ EN 62040-2 щодо рівня електромагнітних завад та ДСТУ EN 62040-1 в частині загальних вимог безпеки до джерел безперебійного живлення. Форма вихідної напруги та допустимі відхилення частоти регламентуються ДСТУ EN 50160, який встановлює норми якості електричної енергії в мережах загального призначення. Захист від ураження електричним струмом та вимоги до ізоляції визначаються відповідно до ДСТУ EN 61140. Дотримання зазначених стандартів підтверджує придатність пристрою для використання в побутових та промислових системах автономного живлення на території України.

Для розуміння можливостей пристрою під час обслуговування, варто виділити його ключові параметри:

- Вхідна напруга 12V постійного струму (від АКБ).
- Вихідна напруга 220V змінного струму.
- Номінальна потужність 2000W (варто зауважити, що для тривалої стабільної роботи рекомендується не перевищувати навантаження у 1400–1600W).
- Тип сигналу: Модифікована синусоїда.

На рисунках 1.2 і 1.3 зображено передню та задню панель перетворювача

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рисунок 1.2 – Передня панель перетворювача



Рисунок 1.3 – Задня панель перетворювача

На передній панелі зазвичай розташовані індикатори стану, вимикач та стандартна розетка, а на задній — вентилятори примусового охолодження та потужні клеми для підключення акумуляторних дротів. Така простота конструкції робить Zegor DPR-2000C надійним робочим інструментом, проте

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

вимагає регулярної перевірки контактів та чистоти системи охолодження, особливо при інтенсивній роботі в запилених приміщеннях.

1.2 Порівняльний аналіз перетворювача

Для визначення місця Zegor DPR-2000C серед наявних ринкових рішень проведено порівняння з двома широко представленими в Україні пристроями аналогічного класу — RITAR RSX-2000 та EnerGenie EG-PWC-PS2000-01. Вибір зазначених моделей обумовлений їх поширеністю на вітчизняному ринку та схожими технічними характеристиками. Усі пристрої зображено на таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння технічних характеристик перетворювачів

Параметр	Zegor DPR-2000C	RITAR RSX-2000	EnerGenie EG-PWC-PS2000-01
1	2	3	4
Вхідна напруга	12 В DC	12 В DC	10–16 В DC
Вихідна напруга	220 В \pm 5%	220 В	230 В \pm 10%
Номінальна потужність	2000 Вт	2000 Вт	2000 Вт
Пікова потужність	4000 Вт	~4000 Вт	4000 Вт
Форма вихідного сигналу	Модифікована синусоїда	Модифікована синусоїда	Чиста синусоїда
ККД	\geq 85%	> 90%	88%
Коефіцієнт спотворень THD	не нормується	не нормується	< 3%
Зарядний модуль (ATS)	Є (до 10 А)	Відсутній	Відсутній
Час перемикання	\leq 20 мс	~20 мс	не вказано
Діапазон температур	-10...+40 °C	-10...+50 °C	0...+40 °C

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Охолодження	Примусове (термокерування)	Примусове	Примусове
Захист від КЗ, перевантаження	Є	Є	Є
Застосування	Побутова техніка, системи резервного живлення	Побутова техніка	Чутлива електроніка, котли, компресори

RITAR RSX-2000 — інвертор українського бренду RITAR з апроксимованою синусоїдою, номінальною потужністю 2000 Вт, вхідною напругою 12 В та вихідною 220 В, примусовим охолодженням і діапазоном робочих температур від -10 до $+50$ °С. Основною відмінністю від Zegor DPR-2000С є відсутність вбудованого зарядного модуля, що виключає можливість використання пристрою у режимі джерела безперебійного живлення без додаткового обладнання. Водночас, за даними виробника, ККД інвертора перевищує 90%, що є дещо кращим показником порівняно з Zegor DPR-2000С.

EnerGenie EG-PWC-PS2000-01 — більш функціональний пристрій від відомого на ринку бренду. Вихідний сигнал є чистою синусоїдою з коефіцієнтом нелінійних спотворень THD менше 3% та ККД 88%, а пікова потужність сягає 4000 Вт. Наявність чистої синусоїди робить цей пристрій сумісним з чутливим обладнанням — котлами опалення, компресорами та медичною технікою, для яких модифікована синусоїда Zegor DPR-2000С є небажаною. Проте EnerGenie також не має вбудованого зарядного модуля для акумулятора, що є конкурентною перевагою Zegor DPR-2000С у застосуваннях резервного живлення.

Таким чином, Zegor DPR-2000С займає проміжну нішу: він поступається EnerGenie EG-PWC-PS2000-01 за якістю вихідного сигналу, проте перевершує обидва аналоги за функціональністю завдяки наявності інтегрованого зарядного модуля. Порівняно з RITAR RSX-2000 пристрій має схожу

схемотехнічну базу та призначення, але розширений функціонал у частині управління зарядом акумулятора. Вибір Zegor DPR-2000C як об'єкта дослідження обґрунтований саме його комплексною структурою, яка дозволяє розглядати всі основні режими роботи автономної системи живлення в рамках єдиного пристрою

1.3 Принцип функціонування пристрою Zegor DPR-2000C

Принцип роботи перетворювача Zegor DPR-2000C базується на технології високочастотного перетворення енергії. Оскільки пристрій є комбінованим (інвертор + зарядний пристрій), його логіка роботи залежить від того, чи є напруга в зовнішній мережі.

Режим інвертора (робота від акумулятора). Коли зовнішнє світло зникає, пристрій переходить у режим генерації енергії. Процес відбувається у кілька етапів:

– Енергія від 12-вольтового акумулятора потрапляє на силові ключі (транзистори), які за допомогою високочастотного трансформатора «розкачують» низьку напругу до високого рівня (близько 310–320V постійного струму).

– Отримана постійна висока напруга подається на інший міст транзисторів, які поділяють її таким чином, щоб на виході отримати змінні 220V з частотою 50 Гц.

– Zegor DPR-2000C формує модифіковану синусоїду (ступінчастий сигнал). Для більшості техніки — комп'ютерів, ламп, зарядних пристроїв — це не є проблемою, оскільки їхні блоки живлення все одно випрямляють вхідний струм. Проте для приладів із двигунами такий сходячковий графік напруги створює зайві шуми та нагрів.

На рисунку 1.4 зображено схему перетворювача роботи від акумулятора.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

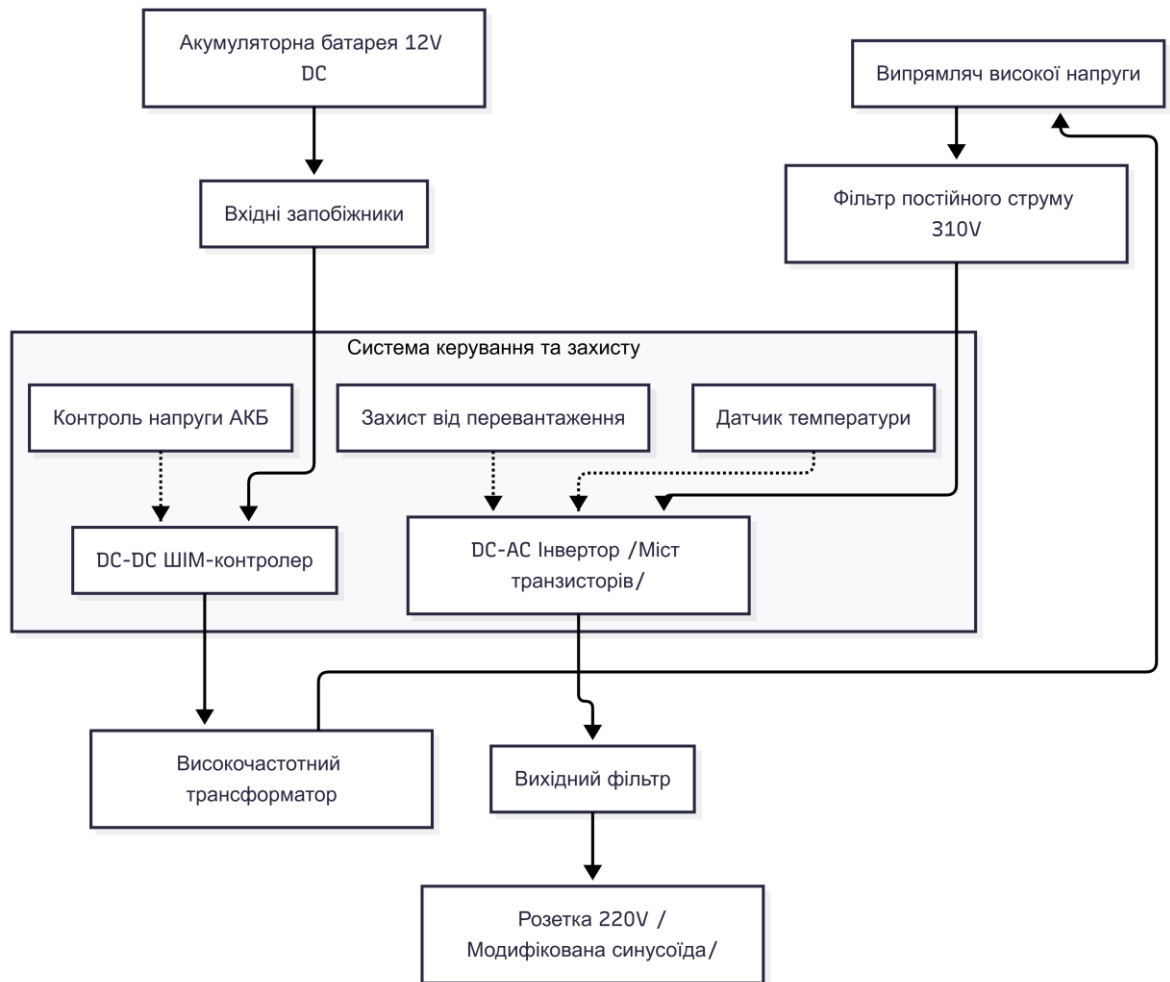


Рисунок 1.4 – Блок-схема роботи перетворювача від акумулятора

Коли в розетці з'являється напруга зовнішньої мережі, пристрій автоматично перемикається на живлення навантаження від мережі та одночасно розпочинає заряджання акумулятора. Вбудований модуль аналізує стан батареї і підбирає відповідний режим заряду. Спочатку подається максимально допустимий струм — це дозволяє швидко заповнити основну ємність. Коли напруга на батареї наближається до номінального рівня, струм поступово знижується, щоб уникнути перегріву електроліту. На завершальному етапі зарядний модуль переходить у режим підтримки — підтримує напругу на рівні, що запобігає як перезаряду, так і саморозряду.

Важливою особливістю є те, що пристрій виконує роль спрощеного джерела безперебійного живлення: при зникненні мережі він автоматично переходить на живлення від акумулятора без будь-яких дій з боку

користувача. Час перемикання не перевищує 20 мс, що є достатнім для більшості побутових споживачів.

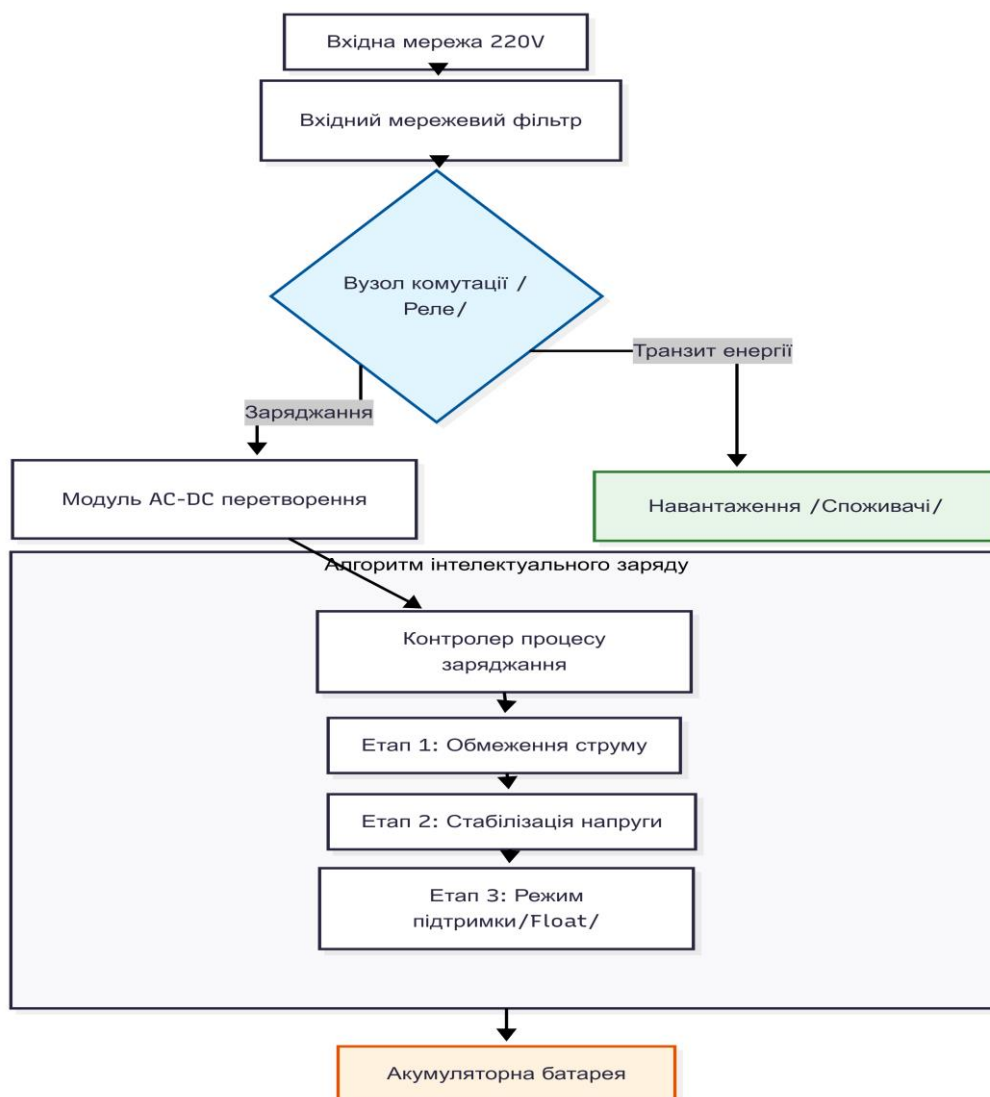


Рисунок 1.5 – Блок-схема роботи перетворювача від мережі

Система захисту та контролю. В основі функціонування лежить постійний моніторинг параметрів. Мікроконтролер пристрою «стежить» за кількома показниками одночасно:

— Рівень заряду АКБ. Якщо напруга на акумуляторі впаде нижче критичних 10.5V, пристрій вимкнеться, щоб не «вбити» батарею глибоким розрядом.

— Температура. При інтенсивному навантаженні датчики фіксують нагрів радіаторів і вмикають вентилятори примусового охолодження.

— Перевантаження. Якщо підключити прилад потужністю понад 2000W, автоматика миттєво розірве ланцюг, рятуючи силові транзистори від вигорання.

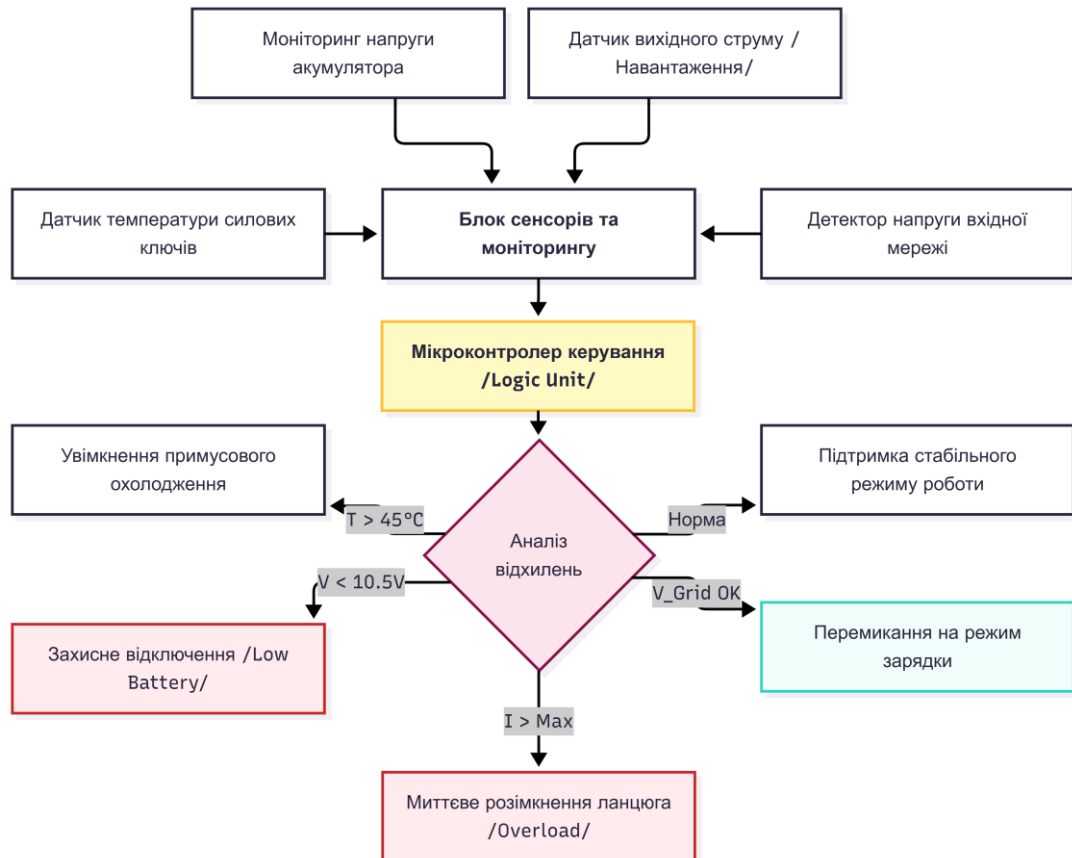


Рисунок 1.6 – Блок схема система захисту та контролю

1.4 Опис структурної схеми перетворювача

Інвертор Zegor DPR-2000C побудований за модульним принципом, де кожна складова частина відповідає за окремий етап перетворення електричної енергії. Першим елементом у ланцюзі є вхідна підсистема постійного струму, яка включає силові затискачі, блок плавких запобіжників та конденсатори великої ємності. Цей вузол розрахований на роботу з високими струмами від

акумулятора напругою 12 В і забезпечує захист від перевантажень та помилкового підключення з неправильною полярністю.

Центральним елементом пристрою є двоступеневий інверторний тракт, розміщений на головній платі. На першому ступені напруга підвищується до 310 В постійного струму за допомогою імпульсного перетворювача на MOSFET-транзисторах та силовому трансформаторі. На другому ступені вихідний каскад за схемою Н-мосту за допомогою широтно-імпульсної модуляції формує вихідний сигнал 220 В з частотою 50 Гц. Оскільки пристрій генерує модифіковану синусоїду, застосовується алгоритм ступінчастого наближення форми сигналу, що забезпечує нормальну роботу більшості побутових споживачів.

На рисунку 1.7 зображено внутрішній вигляд перетворювача



Рисунок 1.7 – Внутрішній вигляд перетворювача

Паралельно з основним силовим трактом працює модуль заряджання акумулятора. При наявності зовнішньої мережі він випрямляє змінний струм та керує процесом заряджання за багатоетапним алгоритмом, який виключає перезаряд і продовжує термін служби батареї. Це робить пристрій повноцінним елементом системи безперебійного живлення.

Роботою всіх підсистем керує вбудований мікропроцесорний контролер, що постійно відстежує струм, напругу та температуру в ключових точках схеми. Залежно від отриманих даних контролер або вмикає вентилятори охолодження, або повністю вимикає пристрій при аварійній ситуації. Завершальною ланкою є вузол комутації на електромагнітному реле, яке автоматично перемикає пристрій між режимом роботи від мережі та автономним живленням від інвертора (див. рис. 1.8).

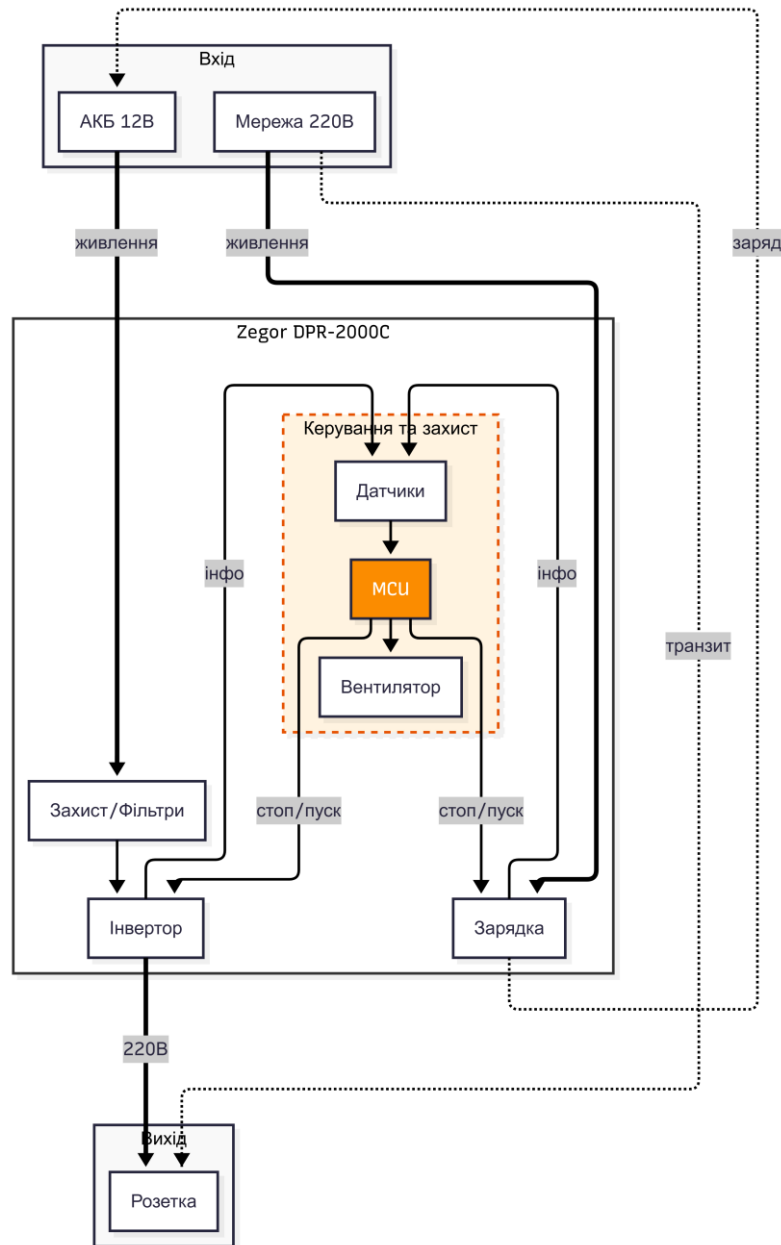


Рисунок 1.8 – Структурна схема перетворювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ

Арк.

18

Формування вихідної напруги у пристрої здійснюється методом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Мікропроцесорний контролер генерує керуючі імпульси для чотирьох MOSFET-транзисторів Н-мосту з частотою комутації порядку 20–50 кГц. Змінюючи тривалість імпульсів відповідно до заданого закону, контролер формує на виході послідовність прямокутних імпульсів, середнє значення якої апроксимує синусоїдальну форму. Для пристроїв із модифікованою синусоїдою зазвичай застосовується трирівнева апроксимація: позитивний напівперіод, нульова пауза та негативний напівперіод. Незважаючи на спрощену форму сигналу порівняно з чистою синусоїдою, такий підхід є достатнім для живлення резистивних та більшості індуктивних навантажень і дозволяє суттєво знизити вартість та складність схемотехнічного рішення.

Тепловий режим інвертора Zegor DPR-2000C. Забезпечення нормального теплового режиму є одним із ключових завдань при проектуванні силових перетворювачів, оскільки перегрів силових елементів є основною причиною відмов подібних пристроїв. У інверторі Zegor DPR-2000C основними джерелами тепловиділення є MOSFET-транзистори вихідного Н-мосту та DC-DC каскаду, імпульсний силовий трансформатор, а також випрямний міст зарядного модуля.

Відведення теплоти від силових напівпровідникових елементів здійснюється через алюмінієві радіатори, до яких транзистори кріпляться безпосередньо через теплопровідні прокладки. Такий спосіб теплового зв'язку забезпечує низький тепловий опір між переходом кристала та радіатором, що є необхідною умовою для тривалої роботи при номінальному навантаженні.

Примусове охолодження реалізується за допомогою одного або двох вентиляторів постійного струму, керування якими покладено на мікропроцесорний контролер. Система охолодження працює у термозалежному режимі: при температурі корпусу нижче порогового значення (як правило, 40–45 °C) вентилятори відключені, що зменшує рівень

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

акустичного шуму та споживання енергії на холостому ході. При перевищенні порогу контролер вмикає вентилятори, а при подальшому зростанні температури до критичного рівня (зазвичай 70–75 °С) ініціює захисне відключення пристрою.

Діапазон допустимих робочих температур навколишнього середовища становить від –10 до +40 °С при номінальному навантаженні. Слід зазначити, що при підвищенні температури навколишнього середовища вище +40 °С необхідне зниження навантаження (дератинг) для запобігання перегріву, що є стандартною практикою для пристроїв даного класу потужності.

Тепловий баланс пристрою визначається його ККД: при значенні $\geq 85\%$ на номінальному навантаженні 2000 Вт кількість розсіяваної теплоти становить до 300 Вт, що є суттєвим тепловим навантаженням і підтверджує необхідність примусового охолодження. Загальна теплова стійкість конструкції забезпечується комплексним застосуванням радіаторів, термозалежного керування вентиляторами та апаратного захисту від перегріву на рівні мікропроцесорного контролера.

У першому розділі розглянуто загальні відомості про перетворювач напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W. Визначено технічні характеристики пристрою, описано принцип його роботи в режимах інвертора та зарядного пристрою, а також охарактеризовано структурну схему і тепловий режим.

Проведений порівняльний аналіз показав, що досліджуваний пристрій поступається аналогам за якістю вихідного сигналу та ККД, однак є єдиним серед розглянутих моделей, що має вбудований зарядний модуль. Це визначає його перевагу саме у застосуваннях резервного живлення. Вибір Zegor DPR-2000C як об'єкта дослідження обґрунтований комплексністю його структури, яка охоплює всі основні режими автономної системи живлення в межах одного пристрою.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Інструкція з експлуатації

До початку роботи з пристроєм необхідно ознайомитися з наведеними нижче вимогами безпеки та суворо їх дотримуватися протягом усього терміну експлуатації.

Забороняється:

- підключати пристрій до акумулятора з напругою, що виходить за межі допустимого діапазону 10,5–15,0 В;
- експлуатувати інвертор у приміщеннях з підвищеною вологістю, в умовах прямого потрапляння рідини або пилу на корпус;
- перекривати вентиляційні отвори корпусу або розміщувати пристрій впритул до стін та інших поверхонь;
- підключати навантаження, що перевищує номінальну потужність 2000 Вт у тривалому режимі;
- самостійно розбирати пристрій або проводити його ремонт за відсутності відповідної кваліфікації;
- залишати пристрій без нагляду при тривалій роботі від акумулятора малої ємності.

Слід враховувати, що акумуляторні батареї виділяють вибухонебезпечні гази в процесі заряджання. Тому приміщення, де розміщено акумулятор, повинно мати достатню вентиляцію.

У разі виявлення відсутності будь-якого елемента або механічних пошкоджень корпусу слід припинити підготовку до роботи та звернутися до постачальника.

Підготовка до роботи та порядок підключення.

Вибір місця встановлення. Пристрій необхідно розміщувати на горизонтальній стійкій поверхні в сухому, добре провітрюваному місці.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Мінімальна відстань від корпусу до навколишніх предметів — не менше 20 см з усіх боків для забезпечення вільної циркуляції повітря. Температура навколишнього середовища в місці встановлення не повинна перевищувати +40 °С.

Підключення до акумуляторної батареї виконується у такій послідовності:

1. Переконатися, що перемикач пристрою знаходиться у положенні «Вимкнено».

2. Підключити червоний кабель (позитивний) до позитивної клеми акумулятора (+).

3. Підключити чорний кабель (негативний) до негативної клеми акумулятора (-).

4. Перевірити надійність та щільність з'єднань — слабкий контакт призводить до перегріву і може спричинити займання.

Рекомендована ємність акумулятора — не менше 55 А/год для забезпечення стабільної роботи при номінальному навантаженні.

Підключення навантаження. Електроприймачі підключаються до вихідних розеток 220 В на передній панелі пристрою. Сумарна потужність підключеного навантаження не повинна перевищувати 2000 Вт. Перед підключенням слід упевнитися, що всі пристрої-споживачі відповідають характеристикам вихідного сигналу — модифікованій синусоїді. Окремі категорії обладнання (деякі моделі котлів опалення, лабораторні прилади, певні типи зарядних пристроїв) можуть некоректно працювати від модифікованої синусоїди.

Підключення до зовнішньої мережі. При наявності централізованої мережі 220 В пристрій можна підключити до неї через відповідний роз'єм. У цьому режимі інвертор автоматично переходить у режим транзиту мережевої напруги та одночасно здійснює заряджання підключеного акумулятора.

Порядок увімкнення та вимкнення

					2026.KBP.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Увімкнення:

1. Перевірити правильність усіх підключень.
2. Перевести перемикач на корпусі у положення «Увімкнено».
3. Переконаватися, що індикатор живлення на панелі засвітився зеленим кольором — це свідчить про нормальну роботу пристрою.
4. Підключити споживачів послідовно, починаючи з пристроїв з найбільшим пусковим струмом.

Вимкнення:

1. Відключити всіх споживачів від вихідних розеток.
2. Перевести перемикач у положення «Вимкнено».
3. За потреби відключити кабелі від акумулятора у зворотному порядку: спочатку чорний (–), потім червоний (+).

Пристрій має три основні режими функціонування. Режим автономного живлення — активується автоматично за відсутності напруги в зовнішній мережі. Інвертор перетворює постійний струм акумулятора у змінну напругу 220 В та забезпечує живлення підключених споживачів. Час перемикання між режимами не перевищує 20 мс, що є достатнім для більшості побутових споживачів.

Режим транзиту мережевої напруги — при появі напруги в зовнішній мережі пристрій автоматично комутує навантаження безпосередньо до мережі, минаючи інверторний тракт. Одночасно активується зарядний модуль.

Режим заряджання акумулятора здійснюється паралельно з режимом транзиту мережевої напруги. Зарядний модуль автоматично регулює струм та напругу заряджання відповідно до поточного стану акумулятора, після чого система поступово знижує його в міру наближення напруги на батареї до номінального рівня. На завершальному етапі зарядний модуль переходить у режим підтримуючого заряду, утримуючи напругу на рівні, що запобігає як перезаряду, так і саморозряду. Детальніше систему індикації можна переглянути у таблиці 2.1.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.1 — Система індикації та сигналізації перетворювача

Індикатор / сигнал	Стан пристрою	Рекомендована дія
Зелений — стале світіння	Нормальна робота від мережі або від інвертора	Додаткових дій не потрібно
Зелений — мигання	Активний режим заряджання акумуляторної батареї	Не відключати акумулятор до завершення заряду
Жовтий — стале світіння	Знижений рівень заряду акумулятора (нижче 20%)	Підключити зовнішню мережу або замінити АКБ
Червоний — стале світіння	Аварійна ситуація, спрацювання захисту	Вимкнути пристрій, усунути причину та перезапустити
Червоний — мигання	Критична температура корпусу (понад 70 °С)	Вимкнути навантаження, забезпечити вентиляцію
Звук — одиничний сигнал	Автоматичне перемикання між режимами живлення	Перевірити стан мережі та акумулятора
Звук — безперервний сигнал	Критичний розряд АКБ або тривале перевантаження	Негайно зменшити навантаження або підключити мережу
Індикатори не світяться	Пристрій вимкнено або відсутнє живлення	Перевірити підключення акумулятора та перемикач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ

Арк.

24

Пристрій оснащений комплексною системою захисту, яка спрацьовує автоматично при виникненні аварійних ситуацій:

- Захист від перевантаження — спрацьовує при перевищенні вихідної потужності понад 2000 Вт у тривалому режимі або понад 4000 Вт у будь-якому режимі.
- Захист від короткого замикання — миттєве відключення вихідного ланцюга при виникненні КЗ у мережі навантаження.
- Захист від перегріву — при досягненні температури корпусу 75 °С мікропроцесорний контролер ініціює повне відключення пристрою.
- Захист від глибокого розряду акумулятора — автоматичне відключення при падінні вхідної напруги нижче 10,5 В.
- Захист від перенапруги на вході — відключення при підвищенні вхідної напруги понад 15,0 В.
- Захист від неправильної полярності — вхідні ланцюги захищені від пошкодження при помилковому підключенні полюсів акумулятора.

Після спрацювання захисту необхідно усунути причину аварійної ситуації, дати пристрою охолонути (якщо спрацював тепловий захист) і повторно увімкнути його перемикачем. Важливо не намагатися форсувати повторний запуск одразу після аварійного відключення — контролер потребує певного часу для скидання стану захисту та повернення в штатний режим роботи.

Пристрій необхідно зберігати у сухому приміщенні при температурі від -20 до +60 °С та відносній вологості не більше 80% без конденсації. Перед тривалим зберіганням рекомендується від'єднати пристрій від акумулятора. Якщо пристрій тривалий час не використовувався в холодний період, перед увімкненням варто витримати його за кімнатної температури не менше однієї години — це дозволяє уникнути конденсації вологи на внутрішніх елементах схеми.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.2 Інструкція з технічного обслуговування та ремонту

Таблиця 2.2 — Засоби індивідуального захисту при обслуговуванні Zegor DPR-2000C

Вид роботи	Обов'язкові ЗІЗ	Додаткові ЗІЗ
Зовнішній огляд, перевірка з'єднань	Діелектричні рукавички до 1000 В	Захисні окуляри
Підключення / відключення від АКБ	Діелект. рукавички, захисні окуляри	Кислотостійкий фартух
Очищення вентотворів від пилю	Захисні окуляри, респіратор FFP2	Рукавички
Заміна плавкого запобіжника	Діелект. рукавички, ізол. інструмент	—
Роботи поблизу АКБ під зарядом	Хімістійкі рукавички, захисні окуляри	Кислотостійкий фартух, щиток

Перед початком будь-яких робіт з пристроєм необхідно переконатися у виконанні таких умов:

1. Приміщення провітрюється. Концентрація водню не перевищує 0,4% об'ємних (10% нижньої межі вибухонебезпечності).
2. Відсутні джерела відкритого вогню, іскроутворення; куріння заборонено.
3. Підлога в зоні роботи суха; наявність вологи є підставою для зупинки робіт.
4. Освітленість робочого місця — не менше 200 лк.
5. Поблизу пристрою є вуглекислотний або порошковий вогнегасник та укомплектована аптечка.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

До початку обслуговування виконати зовнішній огляд: перевірити цілісність корпусу, ізоляції кабелів, відсутність слідів перегріву або оплавлення. Пошкоджена ізоляція є підставою для негайного припинення робіт.

2.3 Порядок пошуку та усунення несправностей

Покроковий алгоритм діагностикию.

Діагностика виконується у суворій послідовності, що відповідає напрямку проходження енергії через пристрій — від вхідного ланцюга до навантаження.

Крок 1. Перевірка акумуляторної батареї. Виміряти напругу на клеммах АКБ у стані спокою (без навантаження) та під навантаженням. Напруга спокою нижче 12,0 В свідчить про значний розряд батареї; просідання нижче 10,5 В під навантаженням — про внутрішній знос або сульфатацію пластин. АКБ з великим внутрішнім опором є найпоширенішою причиною відмови запуску інвертора.

Крок 2. Перевірка вхідних кабелів і з'єднань. Оглянути кабелі на наявність механічних пошкоджень, слідів перегріву, окислення клемних затискачів. Виміряти падіння напруги на кабелях під навантаженням — допустиме значення не більше 0,3–0,5 В. Перевищення цього порогу свідчить про недостатній переріз кабелю або поганий контакт.

Крок 3. Перевірка запобіжника. Візуально або за допомогою мультиметра перевірити цілісність вхідного плавкого запобіжника. Перегорілий запобіжник замінити на елемент з ідентичними параметрами після усунення причини його спрацювання.

Крок 4. Перевірка вихідної напруги. Підключити до вихідних розеток мультиметр у режимі вимірювання змінної напруги. Норма: 220 В ± 5% (209–

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

231 В). Відхилення за межі цього діапазону свідчить про несправність вихідного каскаду або системи керування ШІМ.

Крок 5. Перевірка форми вихідного сигналу. За наявності осцилографа перевірити форму вихідного сигналу. Для модифікованої синусоїди характерна ступінчаста форма з трьома рівнями. Відсутність одного з рівнів або несиметрія позитивного та негативного напівперіодів вказує на відмову одного або кількох MOSFET-транзисторів Н-мосту.

Крок 6. Перевірка теплового режиму. Оцінити температуру корпусу після 10–15 хвилин роботи під навантаженням. Нерівномірний нагрів окремих ділянок корпусу може вказувати на локальне перегрівання компонентів. Перевірити роботу вентиляторів охолодження.

Практика технічної експлуатації інверторів класу Zegor DPR-2000С свідчить про те, що переважна більшість відмов у польових умовах зосереджена навколо двох типових несправностей: глибокого розряду або деградації акумуляторної батареї, спрацювання теплового захисту внаслідок порушення умов охолодження, та відмови вхідного плавкого запобіжника.

Розглянемо кожен з них детально:

Несправність № 1. Спрацювання теплового захисту внаслідок порушення умов охолодження

Спрацювання теплового захисту є другою за поширеністю несправністю і виявляється у вигляді раптового самовимикання пристрою в процесі роботи під навантаженням. Мікропроцесорний контролер відключає пристрій при досягненні температури корпусу 75 °С для запобігання термічному пошкодженню MOSFET-транзисторів та імпульсного трансформатора. Характерна ознака цієї несправності полягає в циклічному характері відмови: після охолодження протягом 5–10 хвилин пристрій вмикається знову і деякий час працює нормально, однак невдовзі знову вимикається. Це відрізняє перегрів від інших причин відмови і дозволяє досить швидко визначити напрямок діагностики без додаткових вимірювань (див. табл. 2.3).

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.3 — Причини перегріву та методи усунення із зазначенням пріоритету

Причина перегріву	Діагностична ознака	Температура (°C)	Метод усунення	Строк виконання
Недостатній зазор навколо корпусу	Відключення через 10–20 хв роботи	65–75	Звільнити простір ≥ 20 см з усіх боків	Негайно
Засмічення вентотворів пилом	Вентилятор шумить, але слабший	55–70	Продути стисненим повітрям, очистити радіатор	До 1 доби
Несправність вентилятора	Відсутній шум вентилятора при роботі	70–75	Заміна вентилятора у сервісному центрі	Сервіс
Висока температура довкілля $> 35^{\circ}\text{C}$	Відключення влітку при норм. вентиляції	65–75	Зменшити навантаження до 70%; охолодити приміщення	Негайно
Тривале перевантаження > 2000 Вт	Відключення при підкл. потужних приладів	70–75	Зменшити сумарне навантаження	Негайно

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ

Арк.

29

Порядок усунення несправності:

1. Вимкнути пристрій і дати охолонути 10–15 хвилин. Тактильно перевірити температуру різних ділянок корпусу для виявлення локального перегрівання.
2. Перевірити наявність вільного простору навколо корпусу (мінімум 20 см з кожного боку). Якщо пристрій встановлено в закритому ящику або впритул до стін — перенести у більш провітрюване місце.
3. Оглянути вентиляційні отвори. При накопиченні пилу — продути стисненим повітрям при вимкненому пристрої, одягнувши захисні окуляри та респіратор.
4. Перевірити роботу вентилятора: при ввімкненому пристрої і навантаженні понад 50% від номіналу вентилятор повинен шуміти. Відсутність шуму свідчить про несправність вентилятора — звернутися до сервісного центру.
5. Якщо температура навколишнього середовища перевищує +35 °С — знизити навантаження до 70% від номінального (до 1400 Вт) для забезпечення теплової рівноваги.

Несправність № 2. спрацювання або обрив вхідного плавкого запобіжника

Відмова плавкого запобіжника є другою за поширеністю несправністю: пристрій повністю знеструмлений і не реагує на вмикання. Саме тому ці дві несправності необхідно розрізняти в ході діагностики. Запобіжник спрацьовує при перевищенні допустимого струму — внаслідок зовнішнього короткого замикання в навантаженні, разового перевантаження, або помилкового підключення з неправильною полярністю. На відміну від розрядженої батареї, перегорілий запобіжник не відновлюється після заряджання АКБ — пристрій залишається знеструмленим незалежно від рівня напруги на клеммах. Саме ця ознака є ключовою при первинному визначенні причини відмови ще до початку інструментальної перевірки(див. табл. 2.4).

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 — Методи перевірки стану плавкого запобіжника

Параметр	Справний запобіжник	Перегорілий запобіжник
Цілісність нитки (візуально)	Нитка ціла, прозора колба	Видимий обрив, потемніння або закіптінення колби
Опір (мультиметр, режим Ω)	0–1 Ом (звуковий сигнал ϵ)	Нескінченність (OL / розрив ланцюга)
Напруга на клеммах (в схемі, DC)	Однакова на обох клеммах	Різниця напруг = напруга АКБ
Зовнішній стан корпусу	Без пошкоджень, маркування чітке	Можливі тріщини, обгорілість

Порядок усунення несправності:

1. Переконайтеся, що АКБ заряджена (напруга $\geq 12,4$ В) — щоб виключити несправність батареї як причину відмови.
2. Від'єднати пристрій від акумулятора. Знайти тримач запобіжника (розміщений поблизу вхідних клем пристрою).
3. Перевірити стан запобіжника: візуально — на обрив нитки та потемніння колби; або мультиметром у режимі вимірювання опору — справний запобіжник показує близько 0 Ом.
4. Перед заміною з'ясувати причину спрацювання: перевірити навантаження на ознаки КЗ, переконайтеся у правильності полярності підключення АКБ.
5. Замінити запобіжник виключно на елемент з ідентичними параметрами (номінальний струм, клас, типорозмір). Використання запобіжника з більшим номіналом категорично заборонено.

6. Підключити пристрій до АКБ і спробувати увімкнути. Якщо новий запобіжник спрацьовує повторно — несправність знаходиться всередині пристрою; звернутися до сервісного центру.

2.4 Вибір та обґрунтування засобів технічного обслуговування

Цифровий мультиметр є основним і незамінним інструментом під час усіх видів діагностики. Він застосовується на кожному кроці алгоритму — від перевірки напруги на клеммах акумулятора до контролю вихідної змінної напруги 220 В. З огляду на характер роботи з ланцюгами постійного і змінного струму, до мультиметра висуваються певні вимоги: категорія безпеки не нижче CAT III 600 В, діапазон вимірювання постійної напруги до 20 В з роздільною здатністю 0,01 В, а також функція вимірювання постійного струму до 10 А для перевірки зарядного модуля. Прикладом пристрою, що задовольняє ці вимоги, є мультиметр UNI-T UT61E або його аналоги з аналогічними характеристиками.

Цифровий осцилограф застосовується для перевірки форми вихідного сигналу інвертора, що є п'ятим кроком алгоритму діагностики (підрозділ 2.2). Осцилограф дозволяє візуально оцінити ступінчасту форму модифікованої синусоїди, виявити асиметрію позитивного та негативного напівперіодів, що є ознакою відмови одного або кількох MOSFET-транзисторів Н-мосту. Для даного завдання достатньо двоканального осцилографа з смугою пропускання 20–50 МГц. Мінімальна частота дискретизації — 200 МВз, що дозволяє коректно відтворити форму сигналу на частоті 50 Гц з усіма гармоніками. Апаратом, що відповідає зазначеним вимогам, є, наприклад, Hantek DSO2C10 або порівнянні моделі у цій ціновій категорії.

Для перевірки стану акумуляторної батареї, зокрема її внутрішнього опору та залишкової ємності, може застосовуватися спеціалізований навантажувальний прилад або тестер акумуляторів. Такий прилад

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

підключається до клем АКБ і забезпечує короткочасне навантаження контрольованим струмом, фіксуючи просідання напруги. Вимірювані параметри дозволяють кількісно оцінити стан батареї незалежно від рівня її заряду. Подібні функції реалізовані, зокрема, у пристроях типу Konnwei VM550 або аналогах.

Безконтактний термометр (пірометр) включено до переліку окремо, оскільки він дозволяє оцінити тепловий режим пристрою під час роботи без розкривання корпусу. Дана можливість є особливо важливою для виявлення локального перегрівання радіаторів, що передує спрацюванню теплового захисту. Перелік вимірювального обладнання зведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вимірювальне обладнання для ТО перетворювача Zegor DPR-2000C

№	Найменування	Призначення при ТО	Основні вимоги	Приклад моделі
№	1	2	3	4
1	Цифровий мультиметр	Вимірювання напруги АКБ та вихідної напруги 220 В, перевірка запобіжника, вимірювання зарядного струму	CAT III 600 В; DC до 20 В (0,01 В); AC до 750 В; DC струм до 10 А	UNI-T UT61E або аналог
2	Цифровий осцилограф	Контроль форми вихідного сигналу (модифікована синусоїда), виявлення асиметрії напівперіодів	2 канали; смуга 20–50 МГц; дискретизація \geq 200 МВз	Hantek DSO2C10 або аналог

Продовження таблиці 2.5

№	1	2	3	4
3	Тестер акумуляторних батарей	Визначення внутрішнього опору та залишкової ємності АКБ	Діапазон 12 В; вимірювання внутрішнього опору; тест навантаженням	Konnwei BM550 або аналог
4	Термометр безконтактний (пірометр)	Оцінка теплового режиму радіаторів і корпусу без розкривання пристрою	Діапазон – 20...+350 °С; точність ±2 °С; відстань виміру ≥ 30 см	Flus FS-300 або аналог

Окрім вимірювальної техніки, для проведення регламентних робіт і усунення несправностей потрібен базовий набір монтажного інструменту (див. табл. 2.6). Його склад визначається конструкцією пристрою: алюмінієвий корпус з кріпленням на гвинтах, розніманні клемні з'єднання та паяні контакти на платах.

Паяльна станція з терморегулятором потрібна у разі заміни компонентів на платі. На відміну від звичайного паяльника, станція дозволяє утримувати задану температуру, що є критичним при роботі з SMD-компонентами та MOSFET-транзисторами, чутливими до перегріву. Рекомендована температура паяння для припою ПОС-61 становить 300–330 °С.

Балончик із стисненим повітрям або компресор малого об'єму використовується для продування вентиляційних отворів і радіаторів від пилу без розкривання корпусу. Це відповідає профілактичним заходам, описаним в інструкції з обслуговування, і дозволяє усунути засмічення вентиляційного тракту — одну з причин спрацювання теплового захисту.

Перелік монтажного інструменту наведено у таблиці 2.6.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Монтажний та ремонтний інструмент

№	Найменування	Призначення	Вимоги / характеристики
1	Набір викруток з ізол. рукоятками	Розкривання корпусу, підтяжка клемних з'єднань	САТ III; хрестові та шлицеві Ph0–Ph3, SL3–SL8
2	Набір торцевих головок	Монтаж/демонтаж силових клем і кріплень корпусу	M4–M10; привід 1/4" або 3/8"
3	Паяльна станція з терморегулятором	Заміна компонентів на платах, відновлення паяних з'єднань	Потужність 50–80 Вт; діапазон 150–480 °С; точність ±3 °С
4	Стиснене повітря / компресор	Продування вентотворів і радіаторів від пилу	Тиск 2–4 бар; без мастила (oil-free) для запобігання забрудненню
5	Кліщі та бокорізи ізольовані	Формування і обрізка виводів при монтажі	САТ III; розмір кліщів 150–200 мм
6	Мідне очищувальне плетиво (оплетення)	Видалення залишків припою при заміні SMD-компонентів	Ширина 2–3 мм; просочене флюсом

Поряд з інструментом, для якісного виконання технічного обслуговування необхідно забезпечити наявність витратних матеріалів. Їх перелік визначається регламентними операціями і типовими видами ремонтних робіт.

Термопаста є обов'язковим матеріалом при знятті та повторному встановленні силових транзисторів на радіатор. При тепловому контакті

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

«кристал — прокладка — радіатор» термопаста заповнює мікронерівності поверхонь і суттєво знижує тепловий опір переходу. Для пристрою класу Zegor DPR-2000C, де розсіювана потужність може досягати 300 Вт, якість теплового контакту безпосередньо впливає на надійність силових каскадів. Достатньою характеристикою є теплопровідність 0,6–1,5 Вт/(м·К) — рівень, що відповідає широко доступній пасті КПТ-8 або її аналогам.

Флюс безвідмивний та припій ПОС-61 застосовуються при пайці. Перевага безвідмивного флюсу полягає в тому, що після завершення пайки він не потребує додаткового очищення плати, що зменшує ризик пошкодження компонентів розчинниками. Діаметр дроту припою 0,8–1,0 мм є оптимальним для монтажу компонентів типового розміру на платах інверторів.

Ізопропіловий спирт (концентрація не менше 99,7 %) використовується для знежирення поверхонь перед нанесенням термопасту та для очищення контактних майданчиків від залишків окислів і флюсу.

До засобів індивідуального захисту, які є обов'язковими при обслуговуванні пристрою, належать: діелектричні рукавички до 1000 В, захисні окуляри та, при роботі з акумулятором під зарядом або при продуванні пилу, — респіратор класу FFP2. Повний перелік ЗІЗ залежно від виду роботи наведено у таблиці 2.3 підрозділу 2.2.

Перелік витратних матеріалів для ТО наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Витратні матеріали для технічного обслуговування

№	Матеріал	Призначення	Характеристики	Орієнт. витрата
	1	2	3	4
1	Термопаста (КПТ-8 або аналог)	Тепловий контакт між транзисторами і радіатором при заміні	Теплопровідність $\geq 0,6$ Вт/(м·К)	2–5 г

Продовження таблиці 2.7

№	1	2	3	4
2	Припій ПОС-61, Ø0,8–1,0 мм	Паяння виводів компонентів і відновлення контактів	Склад Sn60/Pb40; флюс-серцевина	0,3–0,5 м
3	Флюс безвідмивний НС-559	Поліпшення паяння, виключає необхідність промивки плати	Безгалогенний; залишок некорозійний	5–10 мл
4	Ізопропіловий спирт 99,7 %	Знежирення поверхонь, очищення від флюсу та окислів	Концентрація ≥ 99,7 %; без добавок	15–30 мл
5	Плавкий запобіжник (змінний)	Заміна вхідного запобіжника при спрацюванні	Номинал відповідно до маркування на пристрої	1–2 шт.
6	Кабельні стяжки	Фіксація джгутів після монтажу та обслуговування	Нейлон; розмір 100–200 мм	5–10 шт.

Наведений перелік засобів технічного обслуговування відповідає трьом основним критеріям: він охоплює весь діагностичний алгоритм, є практично доступним на вітчизняному ринку та відповідає класу ремонтпридатності пристрою.

Щодо повноти охоплення: мультиметр забезпечує виконання кроків 1–4 алгоритму (перевірка акумулятора, кабелів, запобіжника та вихідної напруги), осцилограф — крок 5 (контроль форми сигналу), пірометр — крок 6 (оцінка теплового режиму). Паяльна станція та монтажний інструмент дозволяють

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

усувати типові несправності безпосередньо на місці експлуатації, без звернення до сервісного центру — якщо причина відмови не пов'язана з внутрішніми силовими ланцюгами.

Усі перелічені прилади або їх аналоги доступні в роздрібному продажі в Україні і не потребують спеціального замовлення. Zegor DPR-2000C розрахований на заміну типових компонентів — запобіжника, вентилятора, конденсаторів — кваліфікованим користувачем. Роботи безпосередньо з силовими транзисторами або мікропроцесорним контролером виходять за межі польового обслуговування і мають виконуватись у спеціалізованому сервісному центрі.

У другому розділі розроблено практичну частину проєкту технічного обслуговування перетворювача Zegor DPR-2000C. Складено інструкцію з експлуатації, яка охоплює вимоги безпеки, послідовність підключення, режими роботи та розшифровку сигналів індикації. На основі аналізу конструкції пристрою розроблено покроковий алгоритм діагностики несправностей — від перевірки акумулятора до оцінки теплового режиму.

Детально описано дві найбільш поширені в польових умовах несправності: спрацювання теплового захисту внаслідок порушення умов охолодження та відмову вхідного плавкого запобіжника. Для кожної наведено діагностичні ознаки, причини виникнення та конкретний порядок усунення.

Визначено перелік необхідного вимірювального обладнання, монтажного інструменту та витратних матеріалів із обґрунтуванням вимог до кожного засобу. Підібране обладнання охоплює всі етапи діагностичного алгоритму і є доступним у роздрібному продажі на території України без необхідності спеціального замовлення.

Розроблені матеріали можуть використовуватись як практичний посібник при обслуговуванні перетворювача безпосередньо на місці експлуатації, а також як основа для складання регламенту технічного обслуговування в умовах сервісного центру

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою економічної частини кваліфікаційної роботи є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної ефективності розробки проекту технічного обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W і прийняття рішення про його подальше впровадження та використання.

Розрахунок вартості НДР виконується в декілька етапів:

- описати технологічний процес розробки із зазначенням трудомісткості кожної операції;
- визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- визначити суму матеріальних затрат;
- обчислити витрати на електроенергію для науково-виробничих цілей;
- розрахувати транспортні витрати;
- нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- визначити суму накладних витрат;
- скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- розрахувати ціну НДР;
- визначити економічну ефективність та термін окупності продукту;
- зробити висновок про доцільність розробки проекту щодо обслуговування даного пристрою.

3.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Середній час виконання НДР та стадії технологічного процесу обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час вик. год.
1	Аналіз технічної документації та вивчення пристрою Zegor DPR-2000C	Інженер	0.5
2	Порівняльний аналіз аналогів та вибір структури ТО	Інженер	0.5
3	Розробка інструкції з експлуатації	Інженер	0.5
4	Розробка методів діагностики та алгоритму ТО	Інженер	0.5
5	Розробка ПЗ для автоматизації ТО	Інженер	0.5
6	Тестування та налагодження алгоритмів	Інженер	0.5
7	Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	Інженер	0.5
8	Консультації, перевірка та коригування роботи	Інженер	0.5
	Разом		4

Сумарний час виконання операцій технологічного процесу обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W становить 4 години

3.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_r, \quad (3.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_r – кількість відпрацьованих годин.

Виходячи з рекомендованих тарифних ставок встановимо часову ставку для інженера 150 грн./год.

Отже основна заробітна плата для:

інженера $Z_{осн1} = 150 \cdot 4 = 600,00$ грн.

Додаткова заробітна плата становить 10–15% від суми основної заробітної плати.

$$Z_{дод.} = Z_{осн.} \cdot K_{дод.}, \quad (3.2)$$

де $K_{дод.}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам, 0,1–0,15.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже додаткова заробітна плата інженера становить:
 $Z_{\text{дод1}} = 600,00 \cdot 0,1 = 60,00$ грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці ($V_{\text{о.п.}}$) визначаються за формулою:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}}, \quad (3.3)$$

$$V_{\text{о.п.}} = 600,00 + 60,00 = 660,00 \text{ грн.}$$

Крім того, слід визначити суму нарахування на заробітну плату:

- єдиний соціальний внесок – 22 %;

Отже, сума нарахувань на заробітну плату буде становити:

$$V_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} \cdot 0,22 \quad (3.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

$$V_{\text{с.з.}} = 660,00 \cdot 0,22 = 145,2 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Зведені розрахунки витрат на оплату праці

Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахування на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
	Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. в. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
Інженер	150	4	600,00	60,00	145,2	805,2

Отже загальні витрати на оплату праці становлять 805,2 грн.

3.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$M_{Bi} = q_i \cdot p_i, \quad (3.5)$$

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду;

p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{Bi}. \quad (3.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Зведені розрахунки матеріальних витрат

/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. витрачено матеріалів	Ціна 1-ці, грн.	Загальна сума витрат, грн.
	Витратні матеріали	шт.	1	50	50
	Комплект радіоелементів	шт.	1	1000	1000
Разом					1050

Отже, загальна сума матеріальних витрат на обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W становить 1050 грн.

3.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (3.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Електроенергія при обслуговуванні використовується на двох етапах (діагностики та перевірка працездатності), сумарний час складає 2 години.

Тому: $Z_e = 1,1 \cdot 2 \cdot 15,94 = 35,1$ грн.

3.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат.

$$T_B = Z_{\text{м.в.}} \cdot 0,08 \dots 0,1, \quad (3.8)$$

де T_B – транспортні витрати.

Отже, $T_B = 1050 \cdot 0,1 = 105$ грн.

3.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів в процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації. Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Мінімально допустимі терміни корисного їх використання – 2 роки.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100\%}, \quad (3.9)$$

де А – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

Б_В – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

Н_А – норма амортизації, %.

$$A = \frac{3300 \cdot 0,04}{150} \cdot 2 = 1,8 \text{ грн.}$$

3.7 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_v = B_{o.n.} \cdot 0,2...0,6 \quad (3.10)$$

де Н_В – накладні витрати.

$$H_v = 660,00 \cdot 0,5 = 330,00 \text{ грн.}$$

3.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Кошторис витрат на обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	660	4,86
Відрахування на соціальні заходи	145,2	1,07
Матеріальні витрати	1050	83,03
Витрати на електроенергію	35,1	0,22
Транспортні витрати	105	8,3
Амортизаційні відрахування	1,8	0,09
Накладні витрати	330	2,43
Собівартість	2327,1	100

Собівартість (C_B) НДР розраховуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.l.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + T_e + A + H_e \quad (3.11)$$

Отже, собівартість дорівнює $C_B=2327,1$ грн.

3.9 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ) \quad (3.12)$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності; K – кількість замовлень, од.; $B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн.; ПДВ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

$$Ц=2327,1 \cdot (1+0,3) \cdot (1+0,2)=3630,3 \text{ грн.}$$

3.10 Визначення економічної ефективності

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Для визначення ефективності продукту розраховують чисту теперішню вартість (ЧТВ) і термін окупності ($T_{ок}$).

$$ЧТВ = -K_B + \sum_{i=1}^t \frac{\Gamma_{П}}{(1+i)^t}, \quad (3.13)$$

де K_B – затрати на проект;

$\Gamma_{п}$ – грошовий потік за t – ий рік;

t – відповідний рік проекту;

i - величина дисконтної ставки (10...15%).

Якщо $ЧТВ \geq 0$, то проект може бути рекомендований до впровадження.

$$ЧТВ = -2327,1 + \frac{1303,2}{(1+0,1)} + \frac{1303,2}{(1+0,1)^2} + \frac{1303,2}{(1+0,1)^3} = 913,7$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T_{ок} = T_{пв} + \frac{H_B}{\Gamma_{пр}} \quad (3.14)$$

де $T_{пв}$ – період до повного відшкодування витрат, років;

H_B – невідшкодовані витрати на початок року, грн.;

$\Gamma_{пр}$ – грошовий потік на початок року, грн.

$$T_{ок} = 2 + \frac{65,3}{1303,2} = 2,1$$

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі дані внесемо в зведену таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 - Економічні показники обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Собівартість	грн.	2327,1
2	Плановий прибуток	грн.	1303,2
3	Ціна	грн.	3630,3
4	Чиста теперішня вартість, грн.	грн.	913,7
5	Термін окупності	рік	2,1

Комплексне технічне обслуговування Zegor DPR-2000C 2000W обходиться у 3630,3 грн

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Інструкція щодо безпечних прийомів роботи при обслуговуванні перетворювача напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W

Технічне обслуговування перетворювача напруги поєднує роботу з двома принципово різними рівнями напруги — 12 В постійного струму від акумулятора та 220 В змінного струму на виході інвертора. Незважаючи на те що 12-вольтова частина формально вважається безпечною, струми, які здатен віддавати автомобільний або стаціонарний акумулятор, є достатніми для спричинення термічних опіків, пожежі або вибуху при коротких замиканнях. Тому до будь-яких робіт з пристроєм висувуються обов'язкові вимоги незалежно від обсягу втручання.

4.1.1 Загальні вимоги безпеки

До самостійного обслуговування пристрою допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли інструктаж з електробезпеки та ознайомилися з інструкцією з експлуатації Zegor DPR-2000C. Роботи виконуються у провітрюваному приміщенні: акумуляторна батарея під час заряджання виділяє водень, об'ємна концентрація якого не повинна перевищувати 0,4 % (10 % від нижньої межі вибухонебезпечності). У зоні роботи забороняється куріння, використання відкритого вогню та іскроутворюючого інструменту.

Перед початком будь-яких робіт пристрій необхідно повністю знеструмити: перемикач переводиться у положення «Вимкнено», після чого від'єднуються силові кабелі від акумулятора у порядку «спочатку мінусовий, потім плюсовий». Цей порядок є обов'язковим, оскільки виключає ризик короткого замикання через випадковий дотик ключа або кліщів до кузова при

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

від'єднаному плюсі. Відключення від зовнішньої мережі 220 В виконується виймом вилки з розетки до відключення акумулятора.

Робоче місце повинне бути сухим, добре освітленим (не менше 200 лк) і мати рівну стійку поверхню. Поряд з місцем проведення робіт обов'язково має бути вуглекислотний або порошковий вогнегасник та укомплектована аптечка першої допомоги.

4.1.2 Вимоги до засобів індивідуального захисту

При зовнішньому огляді та підключенні до акумулятора використовуються діелектричні рукавички з допустимою напругою до 1000 В та захисні окуляри — для захисту від можливого розбризкування електроліту. Під час продування вентиляційних отворів від пилу додатково застосовується респіратор класу FFP2, що запобігає вдиханню дрібнодисперсних частинок. При роботі поблизу акумулятора, що перебуває під зарядом, додатково рекомендується кислотостійкий фартух.

Весь ручний інструмент, що застосовується при обслуговуванні, повинен мати ізольовані рукоятки з маркуванням напруги не менше 1000 В. Використання інструменту з пошкодженою або відсутньою ізоляцією забороняється. Паяльна станція під'єднується до мережі 220 В лише через справну розетку із заземленням.

4.1.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Усі вимірювання напруги та струму виконуються за умови, що обидва щупи мультиметра надійно підключені до вимірювальних гнізд, а щуп із позначкою «СОМ» підключений першим. Під час вимірювань забороняється торкатись оголених провідників і клем пристрою незахищеними руками.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Вимірювання змінної напруги 220 В на виході інвертора дозволяється виключно мультиметром з категорією безпеки CAT III або вище.

Розкривання корпусу пристрою для доступу до внутрішніх елементів допускається лише після повного знеструмлення та витримки паузи не менше 5 хвилин — цього часу достатньо для розряду конденсаторів фільтра, напруга на яких після відключення може залишатися на рівні до 310 В. Після розкривання корпусу не допускається одночасний дотик до елементів вхідного і вихідного ланцюгів.

Заміна плавкого запобіжника виконується виключно при від'єднаному акумуляторі. Новий запобіжник повинен мати номінальний струм, що відповідає маркуванню на корпусі. Встановлення запобіжника з підвищеним номіналом або замість нього «жучка» категорично забороняється.

4.1.4 Вимоги безпеки після закінчення робіт

Після завершення технічного обслуговування або ремонту необхідно переконатися, що всі знімні кришки та кріплення встановлені на місце. Підключення акумулятора виконується у порядку, зворотному відключенню: спочатку плюсовий, потім мінусовий кабель. Перший пуск після обслуговування виконується без підключеного навантаження: перевіряється стан індикаторів, після чого споживачі підключаються поступово.

Відпрацьовані витратні матеріали (флюс, серветки, залишки ізоляції) утилізуються відповідно до вимог поводження з побутовими відходами. Акумуляторні батареї, що підлягають заміні, здаються до спеціалізованих пунктів збору як небезпечні відходи — самостійне розбирання або викидання у побутове сміття забороняється.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4.2 Вплив електромагнітних полів промислової частоти на організм людини та інженерні методи захисту

Перетворювач Zegor DPR-2000C під час роботи є джерелом електромагнітного поля промислової частоти (50 Гц) та вищих гармонік, зумовлених роботою широтно-імпульсного модулятора на частотах 20–50 кГц. Тривала присутність людини у зоні дії таких полів потребує оцінки їх впливу на організм та вжиття відповідних захисних заходів.

4.2.1 Характер впливу електромагнітних полів на організм людини

Електромагнітне поле промислової частоти впливає на організм людини переважно через два механізми: індукування вихрових струмів у тканинах та пряму дію на іонні процеси в клітинах. Нервова і серцево-судинна системи є найбільш чутливими до таких впливів. При тривалому перебуванні в полях підвищеної інтенсивності можуть виникати функціональні порушення центральної нервової системи — підвищена втомлюваність, порушення сну, зниження концентрації уваги.

Вплив магнітного поля частотою 50 Гц оцінюється за величиною магнітної індукції (Тл) або напруженості магнітного поля (А/м). Відповідно до санітарних норм України (ДСН 239-96), гранично допустимий рівень магнітної індукції на робочому місці для тривалості впливу 8 годин на добу становить 0,1 мТл, що відповідає напруженості магнітного поля близько 80 А/м. Для силових перетворювачів класу 2000 Вт рівні поля безпосередньо біля корпусу можуть перевищувати ці норми, однак вже на відстані 0,5–1,0 м значення, як правило, знижуються до допустимих.

Окрему увагу слід приділяти полям вищих частот, що генеруються імпульсним трансформатором і силовими транзисторами. Поле в діапазоні десятків кілогерців має менший біологічний ефект порівняно з промисловою

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

частотою при однаковій інтенсивності, проте при тривалій роботі поруч із пристроєм воно вносить додатковий внесок у загальне електромагнітне навантаження.

4.2.2 Нормування електромагнітних полів

В Україні гігієнічне нормування електромагнітних полів промислової частоти здійснюється відповідно до Державних санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 239-96. Для побутових умов граничне значення напруженості електричного поля становить 500 В/м, для виробничих — залежить від тривалості впливу та не перевищує 5 кВ/м при 8-годинному перебуванні. Гранично допустимі рівні для магнітних полів встановлені у розмірі 80 А/м для постійного перебування та до 800 А/м при короткочасному.

Основні нормативи зведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Гранично допустимі рівні ЕМП промислової частоти (ДСН 239-96)

Характеристика поля	Умови перебування	ГДР (електр. поле)	ГДР (магнітне поле)
Жилі та громадські приміщення	Постійне перебування	500 В/м	80 А/м (0,1 мТл)
Виробничі приміщення	8 год/добу	5 000 В/м	80 А/м (0,1 мТл)
Виробничі приміщення	Короткочасно (до 1 год)	20 000 В/м	800 А/м (1,0 мТл)

4.2.3 Інженерні методи захисту від ЕМП

Основним і найефективнішим методом захисту від електромагнітних полів є збільшення відстані від джерела. Інтенсивність поля спадає пропорційно квадрату відстані, тому навіть переміщення пристрою на 0,5–1,0 м від постійного робочого місця суттєво знижує рівень впливу. Zegor DPR-2000C рекомендується розміщувати у підсобному приміщенні або у технічному відсіку, а не безпосередньо на робочому столі.

Екранування є другим за ефективністю методом. Алюмінієвий корпус пристрою частково виконує функцію екрана для полів вищих частот, однак для поля 50 Гц немагнітні матеріали малоефективні. Для екранування низькочастотного магнітного поля застосовуються матеріали з високою магнітною проникністю — пермалой або трансформаторна сталь. На практиці для побутових застосувань Zegor DPR-2000C такий рівень захисту надлишковий і не є необхідним.

Організаційні заходи передбачають обмеження часу перебування поруч із працюючим пристроєм та встановлення мінімально необхідної дистанції. При обслуговуванні пристрою в режимі роботи (наприклад, під час вимірювань під навантаженням) оператор повинен перебувати на відстані не менше 0,5 м від корпусу. Тривалість безперервної роботи в безпосередній близькості від увімкненого інвертора обмежується 30 хвилинами з наступною перервою не менше 15 хвилин.

4.3 Організація безпечного виконання робіт в електроустановках до 1000 В

Перетворювач Zegor DPR-2000C належить до класу електроустановок напругою до 1000 В, оскільки його вихідна напруга становить 220 В змінного струму. Роботи з обслуговування такого пристрою підпадають під дію Правил

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) та відповідних розділів НПАОП 40.1-1.21-98.

4.3.1 Класифікація робіт та вимоги до персоналу

За рівнем небезпеки роботи з обслуговування інвертора поділяються на два типи. До першого відносяться роботи при повністю знеструмленому пристрої — зовнішній огляд, очищення, заміна запобіжника, підключення і відключення кабелів. Вони виконуються за умови виконання організаційних заходів, що унеможливають випадкове подання напруги. До другого типу відносяться роботи під напругою або поблизу частин, що перебувають під напругою, — вимірювання вихідної напруги та форми сигналу при увімкненому пристрої. Ці роботи виконуються з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту та вимірювального приладдя відповідної категорії безпеки.

Особа, яка виконує обслуговування електроустановок до 1000 В, повинна мати групу електробезпеки не нижче II (для самостійної роботи) або I (під наглядом особи з групою не нижче III). Група II передбачає знання основ електротехніки, вміння надати першу допомогу при ураженні електричним струмом та практичні навички безпечного поводження з електроінструментом і вимірювальними приладами.

4.3.2 Організаційні та технічні заходи

Перед початком робіт необхідно визначити і чітко позначити межі зони, де знаходяться частини, що перебувають під напругою. При роботі в приміщенні, де одночасно можуть перебувати інші особи, місце проведення робіт огорожується або позначається попереджувальними знаками. Якщо

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

роботи виконуються поблизу акумулятора, необхідно виключити можливість його випадкового підключення або від'єднання сторонніми особами.

До технічних заходів, що забезпечують безпечне виконання робіт при знеструмленому пристрої, відносяться: відключення всіх джерел живлення (від'єднання акумулятора та виймання вилки з мережі), витримка часу для розряду конденсаторів (не менше 5 хвилин після відключення), перевірка відсутності напруги на клемах мультиметром перед початком монтажних робіт. Перевірку відсутності напруги виконують покажчиком напруги або мультиметром — використання контрольних ламп для цієї мети не допускається.

При виконанні вимірювань у діючій установці (кроки 4 і 5 діагностичного алгоритму підрозділу 2.2.1) забороняється: проводити вимірювання на неізолюваних провідниках у незручному положенні, залишати прилади приєднаними без нагляду, торкатися відкритих провідників і клем незахищеними руками. Перед підключенням щупів мультиметра необхідно переконатися, що прилад переключений у відповідний режим вимірювання і що обраний діапазон відповідає очікуваній величині.

4.3.3 Перша допомога при ураженні електричним струмом

При виникненні нещасного випадку, пов'язаного з ураженням електричним струмом, першою дією є звільнення потерпілого від дії струму. Для цього необхідно якнайшвидше відключити джерело живлення — від'єднати акумулятор або вимкнути вимикач. Якщо це неможливо зробити негайно, потерпілого відтягують від струмоведучих частин за одяг або за допомогою діелектричного предмету (дерев'яна рукоятка, суха мотузка). Безпосередній контакт з тілом потерпілого до його звільнення від струму забороняється.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Після звільнення потерпілого від дії струму оцінюється його стан: свідомість, дихання, пульс. При відсутності свідомості та самостійного дихання негайно розпочинається серцево-легенева реанімація відповідно до діючих клінічних настанов — компресії грудної клітки у темпі 100–120 за хвилину і штучне дихання у співвідношенні 30:2. Паралельно викликається бригада екстреної медичної допомоги. Потерпілого, що перебуває у свідомості, вкладають у горизонтальне положення, забезпечують спокій і тепло до прибуття медичної допомоги. Навіть при відсутності видимих ушкоджень після ураження струмом людина повинна бути оглянута лікарем — наслідки впливу струму можуть виявитися відстрочено.

Таким чином, організація безпечного виконання робіт з обслуговування перетворювача Zegor DPR-2000C будується на трьох рівнях: нормативному (дотримання ДНАОП 0.00-1.21-98 та ДСН 239-96), організаційному (кваліфікація персоналу, чіткий порядок підготовки робочого місця) і технічному (засоби захисту, вимірювальне обладнання відповідної категорії безпеки). Комплексне дотримання цих вимог забезпечує безпеку як при плановому обслуговуванні, так і при усуненні несправностей у польових умовах.

У даному розділі розглянуто комплекс питань охорони праці, безпосередньо пов'язаних з темою кваліфікаційної роботи. Розроблено інструкцію щодо безпечних прийомів роботи при обслуговуванні перетворювача Zegor DPR-2000C. Проаналізовано вплив електромагнітних полів промислової частоти на організм людини з урахуванням нормативів ДСН 239-96 та визначено інженерні методи захисту, практично застосовні при експлуатації пристрою. Розглянуто організаційні і технічні заходи, що регламентують безпечне виконання робіт в електроустановках до 1000 В відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98, а також наведено порядок надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі розроблено проєкт технічного обслуговування перетворювача напруги з зарядним пристроєм Zegor DPR-2000C 2000W. В ході виконання роботи було розглянуто конструктивні особливості пристрою, принцип його функціонування, а також проведено порівняльний аналіз з аналогічними моделями, представленими на вітчизняному ринку.

Розроблено інструкцію з експлуатації, яка включає вимоги до підготовки пристрою до роботи, порядок підключення, опис режимів функціонування та систему індикації і сигналізації. Описано комплексну систему захисту пристрою від перевантаження, короткого замикання, перегріву, глибокого розряду акумулятора та неправильної полярності підключення.

Розроблено покроковий алгоритм діагностики несправностей, що охоплює шість послідовних кроків — від перевірки стану акумуляторної батареї до оцінки теплового режиму пристрою під навантаженням. Детально розглянуто дві найбільш поширені несправності: спрацювання теплового захисту внаслідок порушення умов охолодження та відмова вхідного плавкого запобіжника. Для кожної несправності визначено діагностичні ознаки, причини виникнення та порядок усунення.

У розділі охорони праці розроблено інструкцію щодо безпечних прийомів роботи при обслуговуванні пристрою. Проаналізовано вплив електромагнітних полів промислової частоти на організм людини з урахуванням вимог ДСН 239-96. Розглянуто організаційні та технічні заходи безпеки відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98, а також порядок надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

За результатами економічних розрахунків собівартість одного технічного обслуговування пристрою становить 2327,1 грн., ціна з урахуванням рентабельності та ПДВ — 3630,3 грн. Чиста теперішня вартість проєкту складає 913,7 грн., термін окупності — 2,1 року.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бесекерський В. О. Технічна діагностика електронних систем. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 184 с.
2. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів (ДСН 239-96): затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.08.1996 № 239. – Київ: МОЗ України, 1996. – 28 с.
3. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 30 с.
4. ДСТУ EN 62040-1:2014. Джерела безперебійного живлення (ДБЖ). Частина 1: Загальні вимоги та вимоги безпеки до ДБЖ, що застосовуються в зонах доступу оператора. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 86 с.
5. ДСТУ EN 62040-2:2016. Джерела безперебійного живлення (ДБЖ). Частина 2. Вимоги до електромагнітної сумісності (ЕМС). – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 60 с.
6. Жуйков В. Я., Терещенко Т. О., Петергеря Ю. С. Електроніка і мікросхемотехніка: у 4 т. Т. 3: Підсилювальні пристрої та джерела живлення. – Київ: Аверс, 2007. – 360 с.
7. Кириленко О. В., Тантіна Є. В. Автономні системи електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії та акумуляторних батарей // Технічна електродинаміка. – 2019. – № 4. – С. 48–55.
8. Мелешко В. В. Силова електроніка: навч. посіб. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018. – 236 с.
9. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98): затверджено наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 09.01.1998 № 4. – Київ, 1998.

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

10. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) / Мінпаливенерго України. – 7-е вид. – Київ: ОВК, 2017. – 736 с.
11. Розен В. П., Соловей О. І., Находов В. Ф. Електропостачання та електрозбереження. – Київ: Ліра-К, 2015. – 472 с.
12. Zegor Electronics. User Manual: DPR-2000C 2000W Power Inverter with Charger. – Zegor Electronics, 2021. – 28 p.
13. Держпраці України. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 239-96. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96> (дата звернення: 23.05.2026).
14. Hantek Electronic Co., Ltd. DSO2C10 Digital Oscilloscope User Manual. – Hantek, 2021. – 64 p. – URL: https://www.hantek.com/products_detail/productId=243.html (дата звернення: 12.05.2026).
15. Комітет по нагляду за охороною праці. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98). – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text> (дата звернення: 15.05.2026).
16. UNI-T Instruments. UT61E Digital Multimeter User Manual. – UNI-T, 2020. – 32 p. – URL: https://www.uni-trend.com/html/products/Digital_Multimeters/UT61E.html (дата звернення: 12.05.2026).

					2026.КВР.123.405.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60