

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ**

До захисту допущено
Завідувач кафедри

_____ Юлія ЯМНЕНКО
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

" _____ " _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Спеціальність 171 Електроніка
(код та назва спеціальності)

Освітня програма Електронні компоненти і системи

на тему: Зарядний пристрій для акумулятора в MicroGrid

Виконав : студент IV курсу, групи ДС-71

Віталій НАВРОЦЬКИЙ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Керівник доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Катерина КЛЕН
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Рецензент завідувач каф. АМЕС д.т.н., проф. Сергій НАЙДА
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Консультант
з нормоконтролю доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Лариса БАТРАК
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Примітка		
1					Завдання на дипломний проєкт	2			
2	A4	ДП.ДС71.12.000 ПЗ			Пояснювальна записка	62			
3									
4	A1	ДП.ДС71.12.000 Е2			Схема електрична структурна	1			
5	A1	ДП.ДС71.12.000 Е3			Схема електрична принципова	1			
6	A1	ДП.ДС71.12.000 ТК			Теоретичне креслення	1			

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра електронних пристроїв та систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка
(шифр і назва)

Освітня програма Електронні компоненти і системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

(підпис) Юлія ЯМНЕНКО
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

"20" травня 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Віталію НАВРОЦЬКОМУ
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту Зарядний пристрій для акумулятора в MicroGrid.

Керівник проєкту доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Катерина КЛЕН,
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

затверджені наказом по університету від « 24 » травня 2021 року № 1316

2. Термін подання студентом проєкту 07.06.2021

3. Вихідні дані до проєкту Гелевий акумулятор GEL-VRLA Luxeon LX12-60G-свинцево-кислотний акумулятор 12В загального призначення виконаний за технологією GEL (гелевий, VRLA). Ємність акумулятора становить 60 Ач, завдяки чому в ньому можна акумулювати 720 Вт електричної енергії. Напруга зарядженого акумулятора: 14,5-15,0 В. Напруга зберігання акумулятора: 13,0-13,5 В. Напруга розрядженого акумулятора: 10,0-10,5 В. Максимальний струм зарядки акумулятора: 15 А. Діапазон робочих температур: -20 до + 60 ° С

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

1. Типи акумуляторів та перетворювачі для їх заряду; 2. Розрахунок елементів схеми; 3. Моделювання системи акумулятор – зарядний пристрій.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Схема електрична структурна;
2. Схема електрична принципова та розрахунок зарядного пристрою;
3. Результати імітаційного моделювання.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Ім'я ПРИЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний			

7. Дата видачі завдання 20.05.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строки виконання етапів проекту	Примітка
1	Опрацювання літератури за темою індивідуального завдання	11.04-18.04	
2	Вибір типу акумулятора	14.04-25.04	
3	Моделювання акумулятора	25.04-02.05	
4	Побудова схеми зарядно пристрою	02.05-09.05	
5	Моделювання зарядного пристрою	09.05-16.05	
6	Об'єднання зарядного пристрою з моделлю акумулятора	16.05-23.05	
7	Моделювання процесу заряду та розряду акумулятора	23.05-30.05	
8	Оформлення пояснювальної записки	30.05-07.06	

Студент

(підпис)

Віталій НАВРОЦЬКИЙ
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Катерина КЛЕН
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті представлено огляд науково-технічної літератури по типам акумуляторних батарей їх характеристикам та способів їх заряду та розряду. Було обрано самий оптимальний тип акумулятора для використання в системі MicroGrid. Розглянуто декілька типів перетворювачів їх основні властивості, переваги та недоліки. Побудовані електрична структурна та принципова схеми перетворювача. Показано перспективи використання малогабаритних перетворювачів. Приведено розрахунки параметрів елементів на схемі. Змодельований зарядний пристрій для свинцево-кислотної акумуляторної батареї. Надані результати моделювання акумулятора в режимі заряду та розряду.

Ключові слова: акумулятор, MicroGrid, перетворювач, зарядний пристрій, Simulink.

ABSTRACT

The diploma project is a review of scientific and technical literature on the types of batteries, their characteristics and methods of charging and discharging. The most optimal battery type for use in the MicroGrid system is selected. Several types of converters were considered: their main properties, advantages and disadvantages. The electrical structural and schematic diagrams of the converter are constructed. Prospects for the use of small converters are shown. The calculations of the parameters of the elements in the scheme are given. Simulation charger for lead-acid batteries. The results of battery simulation in charge and discharge mode are presented.

Keywords: Battery, MicroGrid, converter, charger, Simulink.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТИПИ АКУМУЛЯТОРІВ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ЇХ ЗАРЯДУ	8
1.1 Типи акумуляторів	8
1.2 Способи заряду акумуляторних батарей	24
1.3 Ізольовані та неізольовані перетворювачі	26
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ.....	31
2.1. Опис схем електричної структурної та принципової	31
2.2. Елементи і розрахунок їх параметрів.....	33
2.3 Мікросхема UC2842.....	37
3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АКУМУЛЯТОР – ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ	39
3.1. Параметри елементів моделі.....	40
3.2. Підсистема системи керування.....	45
3.3. Часові діаграми процесів у схемі	48
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53
SUMMARY	

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ						
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата	Зарядний пристрій для акумулятора в MicroGrid.			Літ	Літ	Арк.	Аркушів
Розроб.	Навроцький									6	55
Перевір.	Клен К.С.							«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ДС, гр. 71			
Реценз.											
Н. Контр.	Батрак Л.М.										
Затверд.	Клен К.С.										

ВСТУП

Акумуляторна батарея - це джерело постійного струму, який призначений для накопичення і зберігання енергії. Переважна кількість типів акумуляторних батарей базується на циклічному перетворенні хімічної енергії в електричну, це дозволяє багаторазово заряджати і розряджати батарею.

Ще в 1800 році Алессандро Вольта зробив вражаюче відкриття, коли опустил в банку, наповнену кислотою, дві металеві пластини - мідну і цинкову, після чого довів, що по дроті який з'єднує ці пластинки протікає електричний струм. Через більш ніж 200 років, сучасні акумуляторні батареї продовжують виробляти на основі відкриття Вольта.

Перший акумулятор було винайдено більше ніж 140 років тому і зараз складно уявити сучасний світ без резервних джерел живлення на основі батарей. Застосовуються акумулятори скрізь, розпочинаючи з побутових пристроїв: пультів від телевізорів, ліхтарів, телефонів, ноутбуків, і закінчуючи системами безпеки фінансових установ, космічною галуззю, резервними джерелами живлення для центрів зберігання та передачі даних, атомною енергетикою, зв'язком і т. д [1].

Світ безперервно розвивається і потребує електричної енергії так як і людина потребує кисень. Тому інженери та конструктори щодня ведуть роботу по розробці нових типів акумуляторів і також оптимізують уже наявні. Основними параметрами оптимізації є: ціна, розмір, тривалість використання та ККД. Також не потрібно забувати і про зарядні пристрої без яких неможливо уявити жоден акумулятор.

В даній роботі будуть розглянуті наступні питання:

- типи акумуляторних батарей їх характеристики та способи їх заряду;
- розробка схеми зарядного пристрою для акумуляторних батарей;
- моделювання зарядного пристрою та аналіз його процесів за допомогою середовища MATLAB.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Анк
						7
Змн	Анк	№ док.	Піппис	Дата		

1. ТИПИ АКУМУЛЯТОРІВ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ЇХ ЗАРЯДУ

1.1 Типи акумуляторів

Існує досить багато типів акумуляторів, які відрізняються за своїми характеристиками, та оптимізовані для застосування в різноманітних сферах. Застосовуючи нові компоненти і технології, науковці здатні досягати бажаних характеристик для конкретної області використання, наприклад, для космічних супутників, космічних станцій було розроблено нікель-водневі акумулятори.

У наведеній нижче табл. 1.1 представленні не всі типи, а лише основні, що набули поширення.

Класифікація акумуляторів.

Таблиця 1.1

Тип	Застосування	Позначення	Робоча температура, °C	Напруга елемента, В	Питома енергія, Вт·год/кг
Літій-іонний (літій-полімерний, літій-марганцевий, літій-залізно-сульфідні, літій-залізно-фосфатний, літій-залізо-ітрій-фосфатний, літій-тітанатний, літій-хлорний, літій-сірчаний)	Транспорт, телекомунікації, системи сонячної енергії, автономне і резервне електропостачання, Hi-Tech, мобільні джерела живлення, електроінструмент, електромобілі і т.д.	Li-Ion (Li-Co, Lipol, Li-Mn, lifep, LFP, liti, Li-Cl, Li-S)	-20 ... +40	3,2-4,2	280
Нікель-сольовий	Автомобільний транспорт, Ж/Д транспорт, Телекомунікації, Енергетика, в тому числі альтернативна, Системи накопичення енергії	Na / nicl	-50 ... +70	2,58	140
Нікель-кадмієвий	Електрокари, річкові та морські судна, авіація	Ni-Cd	-50 ... +40	1,2-1,35	40 - 80
Залізо-нікелевий	Резервне електроживлення, тягові для електротранспорту, ланцюги управління	Ni-Fe	-40 ... +46	1,2	100
Нікель-водневий	Космос	Ni-H ₂		1,5	75
Нікель-метал-гідридний	Електромобілі, дефібрилятори, ракетно-космічна техніка, системи автономного енергопостачання, радіоапаратура, освітлювальна техніка.	Ni-MH	-60 ... +55	1,2-1,25	60 - 72
Нікель-цинковий	Фотоапарати	Ni-Zn	-30 ... +40	1,65	60

Свинцево-кислотний	Системи резервного живлення, побутова техніка, ДБЖ, альтернативні джерела	Pb	-40 ... +40	2, 11-2,17	30 - 60
Срібно-цинковий	Військова сфера	Ag-Zn	-40 ... +50	1,85	<150
Срібно-кадмієвий	Космос, зв'язок, військові технології	Ag-Cd	-30 ... +50	1,6	45 - 90
Цинк-бромний		Zn-Br		1,82	70 - 145
Цинк-хлорний		Zn-Cl	-20 ... +30	1,98-2,2	160 - 250

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї

Цей тип є найбільш затребуваним в сучасному світі через універсальних особливостей і невисокої вартості. Завдяки великій кількості різновидів, свинцево-кислотний акумулятор застосовується в областях систем резервного живлення, сонячних електростанцій, джерелах безперебійного живлення, системах автономного електропостачання, різних видах транспорту, портативних пристроях, та системах безпеки [3].

Принцип дії свинцево-кислотних батарей

В основі хімічних джерел живлення лежить взаємодія металів і рідин - оборотна реакція, що виникає при замиканні контактів позитивних та негативних пластин. Свинцево-кислотні батареї, складаються зі свинцю і кислоти, в яких позитивно зарядженими пластинами є свинець, а негативно заряджені - оксид свинцю. Якщо підключити лампочку до двох пластин, ланцюг замкнеться і з'явиться електричний струм, а всередині елемента відбудеться хімічна реакція. Зокрема, відбувається корозія пластин акумулятора, свинець покривається сульфатом свинцю. Таким чином, в процесі розряду батареї на всіх пластинах буде утворюватися наліт сульфату свинцю. Коли батарея повністю розряджена, її пластини покриті тим же металом - сульфатом свинцю і мають майже однаковий заряд відносно рідини, відповідно напруга акумулятора буде низькою.

Якщо акумулятор підключити до зарядного пристрою то струм буде протікати в кислоті в протилежному напрямку. Протікаючий струм призведе до хімічної реакції в якій молекули кислоти будуть розщеплюватися і завдяки цьому відбудеться видалення сульфату свинцю з позитивних і негативних пластин акумулятора. На завершальній стадії заряду пластини матимуть свій первісний вигляд: свинець і оксид свинцю, це дозволить їм знову отримати різний заряд, тобто акумулятор буде повністю заряджений.

Типи свинцево-кислотних акумуляторів

Lead-Acid - 6, 12В акумулятори. Класичні стартерні акумулятори для двигунів внутрішнього згоряння і не тільки. Вимагають регулярного технічного обслуговування та вентиляції. Схильні до високого саморозряду.

Valve Regulated Lead-Acid (VRLA), не обслуговуються - 2, 4, 6 і 12В акумулятори. Недорогі батареї, в герметичному корпусі, які можна використовувати в житлових приміщеннях, що не вимагають регулярного технічного обслуговування.

Absorbent Glass Mat Valve Regulated Lead-Acid (AGM VRLA), не обслуговуються - 4, 6 і 12В батареї. Сучасні акумулятори в яких міститься абсорбований електроліт (не рідкий), що надає ряд змін властивостям батареї і скловолокнистими розділовими сепараторами, які значно краще зберігають свинцеві пластини що дозволило значно знизити час заряду AGM батареї, оскільки струм заряду може досягати 20-25% від номінальної ємності.

Батареї типу AGM VRLA мають безліч модифікацій для циклічного і буферного режимів роботи: High Rate - забезпечують кращу розрядну характеристику до 30% і підходять для потужних джерел безперебійного живлення, Deep - для частих глибоких розрядів, Standard - загального призначення, фронт-термінальні - для зручного розташування в телекомунікаційних стійках, Modular - дозволяють створювати потужні батарейні кабінети і т. д.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
						10
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		

GEL Valve Regulated Lead-Acid (GEL VRLA), не обслуговуються - 2, 4, 6 і 12В акумулятори. Цей тип являється одним з найновіших модифікацій свинцево-кислотного акумулятора. Технологія заснована на використанні гелеподібного електроліту, який забезпечує максимальний контакт з позитивними і негативними пластинами елементів і підтримує рівномірну консистенцію по всьому об'єму. Для цього типу батареї потрібен "правильний" зарядний пристрій, який забезпечить необхідний рівень напруги та струму.

Акумулятори GEL VRLA, мають безліч підвидів. Найпоширенішими є серії Marine - використовуються для морського і річкового транспорту, Solar - для систем сонячної енергії (рис. 1.1), Deep Cycle - для частих глибоких розрядів, GOLF - для полемічних машин, фронт-термінальні - для телекомунікаційних систем, Micro - маленькі акумулятори для використання в мобільних додатках, Modular - спеціальний підвид призначений для створення потужних акумуляторних банків і т. д.



Рис 1.1. GEL VRLA акумулятор EverExceed.

OPzV, не обслуговуються - 2В батареї. Спеціальні свинцево-кислотні елементи типу OPZV виготовляються із застосуванням трубчастих анодних пластин та гелеподібного електроліту сірчаної кислоти. Анод і катод елементів містять додатковий метал - кальцій, який підвищує стійкість електродів до корозії та збільшує термін служби. Негативні пластини – намазні, що надає кращий контакт з електролітом.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		11

Батареї OPzV є стійкими до глибоких розрядів і мають значно більший термін служби(до 22 років). Як правило, для виготовлення таких батарей використовуються лише найкращі матеріали, щоб забезпечити високу ефективність у циклічному режимі.

Використання акумуляторів OPzV затребуване в системах аварійного освітлення, телекомунікаційних установках, джерелах безперебійного живлення, навігаційних системах, побутових та промислових системах накопичення енергії (рис 1.2)



Рис 1.2. Будова OPzV акумулятора EverExceed.

OPzS, мало обслуговувані - 2, 6, 12В акумулятори. OPzS акумулятори виробляються для стаціонарних цілей (так як вони являються заливними) з додаванням сурми та з трубчастими пластинами анода. Катод містить невеличку кількість сурми і являє собою намазний ґратчастий тип. Анод і катод розділені мікропористими сепараторами, що запобігає короткому замиканню. Корпус батарей виготовлений із спеціального ударостійкого, хімічного та вогнестійкого прозорого пластика, а вентилязовані клапани відносяться до пожежобезпечного типу та забезпечують захист від можливого попадання полум'я і іскор рис 1.3.

Акумулятори типу OPzS володіють найкращими характеристиками серед всіх інших підвидів свинцево-кислотних батарей. Термін служби може сягати 25 років і забезпечувати ресурс до 1850 циклів глибокого 80% розряду.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		12

Застосування таких акумуляторів необхідно в системах з середнім і глибоким розрядом, в тому числі де спостерігаються стартові струми середнього розміру.



Рис 1.3. OPzD акумулятор Victron Energy.

Характеристики свинцево-кислотних акумуляторів:

Свинцево-кислотні акумулятори володіють широким вибором моделей, які підходять для різноманітних режимів роботи. Характеристики свинцево-кислотних акумуляторів наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Порівняльні характеристики за видами свинцево-кислотних батарей.

Параметр \ Тип	LA	VRLA	AGM VRLA	GEL VRLA	OPzV	OPzS
Ємність, Ампер / год	10 - 300	1 - 300	1 - 3000	1 - 3000	50 - 3500	50 - 3500
Напруга, Вольт	6, 12	4, 6, 12	2, 4, 6, 12	2, 6, 12	2	2
Оптимальна глибина розряду, %		30	<40	<50	<60	<60
Допустима глибина розряду, %		<75	<80	<90	<90	<100
Циклічний ресурс, DOD = 50%		<250-300	<1000	<1400	<3200	<3300
Оптимальна температура, °C	0 ... +45	+15 ... +25	+10 ... +25	+10 ... +25	0 ... +30	0 ... +30
Діапазон робочих температур, °C	-50...+70	-35 ... +60	-40 ... +70	-40 ... +70	-40 ... +70	-40 ... +70
Термін служби, років при + 20 °C	<7	<7	5 - 15	8 - 15	15 - 20	17 - 25

Макс. струм заряду, % від ємності	10 - 20	20 - 25	20 - 30	15 - 20	15 - 20	10 - 15
Мінімальний час заряду, ч	8 - 12	6 - 10	6 - 10	8 - 12	10 - 14	10 - 15
Вимоги до обслуговування	3- 6 міс.	немає	немає	немає	немає	1 - 2 роки
Середня вартість, \$, 12В / 100Ач	70 - 150	200 - 250	250 - 380	350 - 500	1000-1400	1500 - 3500

Літій-іонні акумуляторні батареї

Історія походження бере свій початок з 1912 року, коли Гілберт Ньютон Льюїс працював над розрахунком активностей іонів сильних електролітів і вивчав електродний потенціал цілого ряду елементів, включаючи літій. В 1973 році робота відновилася і в результаті з'явилися перші літієві батареї, які забезпечували лише один цикл розряду. Спроби створити літієвий акумулятор заважала властивість літію, яка при неправильних режимах заряду або розряду викликала бурхливу реакцію з виділенням високої температури і навіть полум'я. Компанія Sony випустила перші мобільні телефони з такими батареями, але після кількох неприємних випадків була змушена відкликати продукцію. Розвиток не зупинився і в 1992 році з'явилися перші «безпечні» батареї на основі іонів літію.

Акумулятори літій-іонного типу мають високу щільність енергії і завдяки цьому при компактному розмірі та легкій вазі забезпечують в 2-4 рази більшу ємність порівняно зі свинцево-кислотними акумуляторами. Безперечно, великою перевагою літій-іонних акумуляторів є висока швидкість повного 100% заряджання за 1-2 години.

Літій-іонні акумулятори широко використовуються в сучасній електроніці, системах накопичення енергії, сонячній енергетиці та автомобілебудуванні. Найбільш затребуваними в телефонах, ноутбуках, планшетних комп'ютерах і т. д. Сучасний світ важко уявити без літій-іонних джерел живлення.

Принцип дії полягає у використанні іонів літію, які зв'язані молекулами додаткових металів. Як правило, на додаток до літію використовують

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ докум.	Підпис	Дата		14

літійкобальтоксид та графіт. і графіт. Коли літій-іонний акумулятор розряджається, відбувається перехід іонів від негативного електрода до позитивного і навпаки при заряді. Схема батареї передбачає наявність розділового сепаратора між двома частинами осередки, це необхідно для запобігання несанкціонованого переміщенню іонів літію. Коли ланцюг батареї замкнутий і відбувається процес заряду, іони долають розділовий сепаратор прагнучи до протилежно зарядженого електрода [6].

Завдяки своїй високій ефективності, літій-іонні батареї отримали бурхливий розвиток і багато підвидів, таких як, літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO₄).

Типи літій-іонних акумуляторів

Сучасні літій-іонні батареї мають безліч підтипів, головною відмінністю яких є склад катода (негативно зарядженого електрода). Склад анода також може змінюватись, щоб повністю замінити графіт або використовувати графіт з додаванням інших матеріалів. Для звичайного користувача це може бути дещо складно, тому кожен тип буде описаний якомога детальніше, включаючи його повну назву, хімічне визначення, аббревіатуру і коротке позначення.

Літій кобальт оксид (LiCoO₂) - має високу питому енергію, що робить літій-кобальтову батарею затребуваною у компактних високотехнологічних пристроях. Катод батареї складається з оксиду кобальту, а анод - з графіту. Під час розряду іони літію переміщаються від анода до катода завдяки шаруватій структурі. Недоліком цього типу є відносно короткий термін служби, низька термостійкість і обмежена потужність елемента. Літій-кобальтові батареї не можна розряджати і заряджати струмом, що перевищує номінальну ємність, тому акумулятор ємністю 5 Агод може працювати зі струмом 5А. Якщо до заряду прикласти великий струм, це призведе до перегріву. Оптимальний струм заряду становить 0,8С, в даному випадку 4А. Кожна літій-кобальтова батарея оснащена захисною схемою, яка обмежує швидкість заряду і розряду та обмежує струм до 1С. На графіку показує основні властивості літій-

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
						15
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		

кобальтових батарей з точки зору питомої енергії, питома потужність, робоча температура навколишнього середовища, безпеки або шанси займання при високому навантаженні, термін служби і циклічний ресурс, вартість (рис. 1.4).

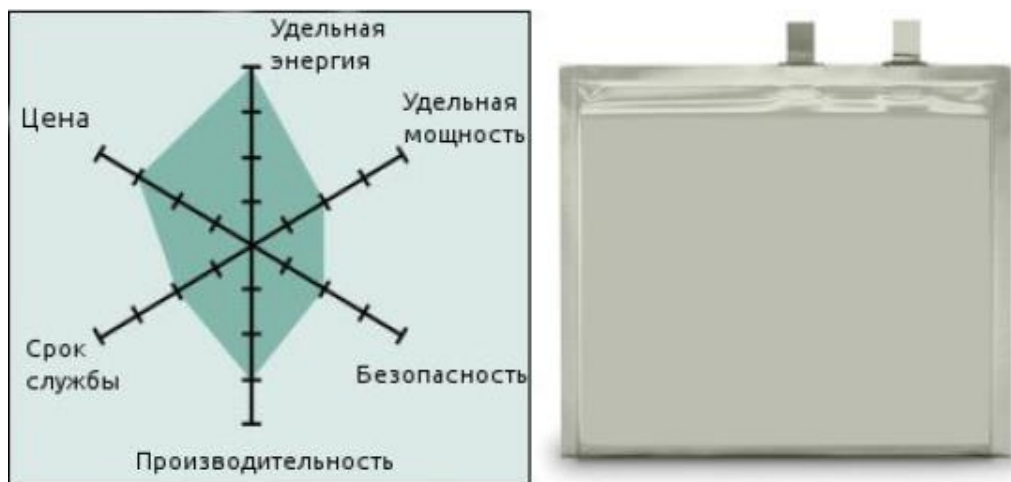


Рис 1.4. Діаграма основних властивостей LiCoO₂ акумуляторів.

Літій Оксид Марганця (LiMn₂O₄, LMO) - перша інформація про використання літію з марганцевою шпінеллю була опублікована в наукових звітах в 1983 році. У 1996 році Moli Energy випустила перші партії батарей на основі літій-оксид-марганцю в якості катодного матеріалу. Ця архітектура утворює тривимірні структури шпінелі, що покращує потік іонів до електрода, зменшуючи тим самим внутрішній опір і збільшуючи можливі струми заряду. Також перевага шпінелі в тепловій стабільності та підвищеній безпеці, однак циклічні ресурси та термін служби обмежені.

Потенціал літій-марганцевих батарей приблизно на 30% нижчий порівняно з літій-кобальтовими акумуляторами, але ця технологія має приблизно на 50% кращі властивості, ніж батареї на основі нікелевих хімічних компонентів.

Гнучкість конструкції дозволяє розробникам оптимізувати властивості акумулятора та досягти максимального терміну служби, великої ємності, здатності забезпечити максимальний струм.

Графік показує не найбільш вражаючі характеристики літій-марганцевих батарей, але сучасні розробки значно покращили експлуатаційні характеристики і роблять цей тип конкурентоспроможним і широко використовуваним (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Діаграма основних властивостей LiMn_2O_4 акумуляторів.

Сучасні батареї літій-марганцевого типу можуть бути виготовлені з додаванням інших елементів - літій-нікель-марганець-кобальт оксид (NMC), така технологія значно продовжує термін служби та збільшує питому енергію. Цей склад забезпечує найкращі властивості кожної системи, так званий LMO (NMC) використовується для більшості електромобілів, таких як BMW, Nissan, Chevrolet і т. д.

Літій-Нікель-Марганець-Кобальт оксид (LiNiMnCoO_2) – розробники літій-іонних акумуляторів зосередилися на об'єднанні нікелю-марганцю-кобальту в якості матеріалів катода (NMC). Як і літій-марганцевий тип, ці батареї можна пристосувати для досягнення високої питомої енергії або великої питомої потужності, однак, не одночасно. Особливість NMC є поєднання нікелю та марганцю, як приклад можна навести кухонну сіль, в якій основними інгредієнтами є натрій та хлорид, які є окремо токсичними речовинами. Нікель має високу питому енергію, але при цьому низьку стабільність. Марганець в свою чергу має перевагу в формуванні структури шпінелі і забезпечує низький внутрішній опір, але при цьому володіє низькою питомою енергією.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ док.	Піппис	Дата		17

Поєднуючи ці два метали, можна отримати оптимальні характеристики батареї NMC для різних режимів роботи рис 1.6 .

NMC батареї ідеально підходять для електроінструментів, електричних велосипедів та інших силових агрегатів. Поєднання третина нікелю, кобальту і марганцю забезпечують унікальні властивості, а також знижують вартість продукту завдяки зменшенню вмісту кобальту. Інші підтипи, такі як NCM, CMN, CNM, MNC і MCN мають відмінне співвідношення трійки металів 1/3-1/3-1/3. Зазвичай, точне співвідношення виробник тримає в таємниці.

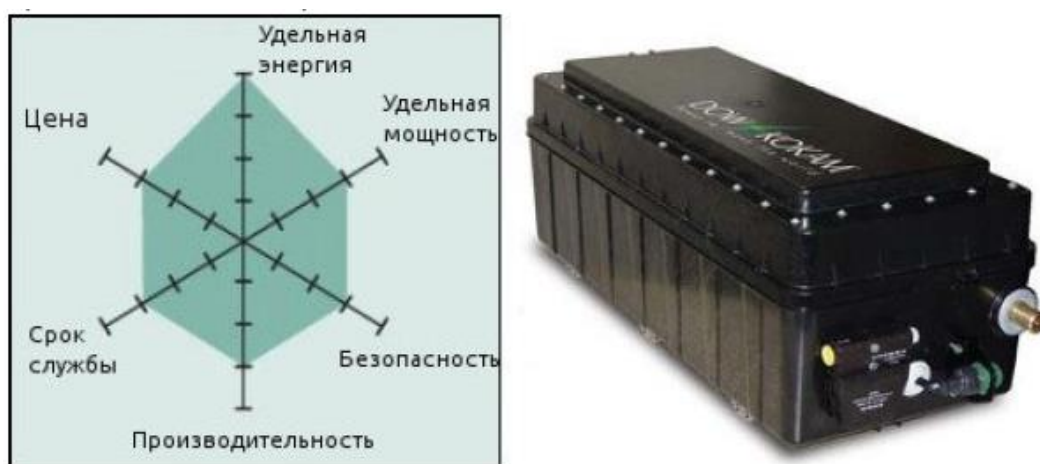


Рис 1.6. Діаграма основних властивостей LiNiMnCoO₂ акумуляторів

Літій-Залізо-фосфатні (LiFePO₄) - в якості катодного матеріалу застосований фосфат. Літій-фосфат пропонує хороші електрохімічні характеристики з низьким опором.

Це стало можливим за нано-фосфатного матеріалу катода. Основними перевагами є високий протікає струм і тривалий термін служби до того ж, хороша термічна стабільність і підвищена безпека рис. 1.7.

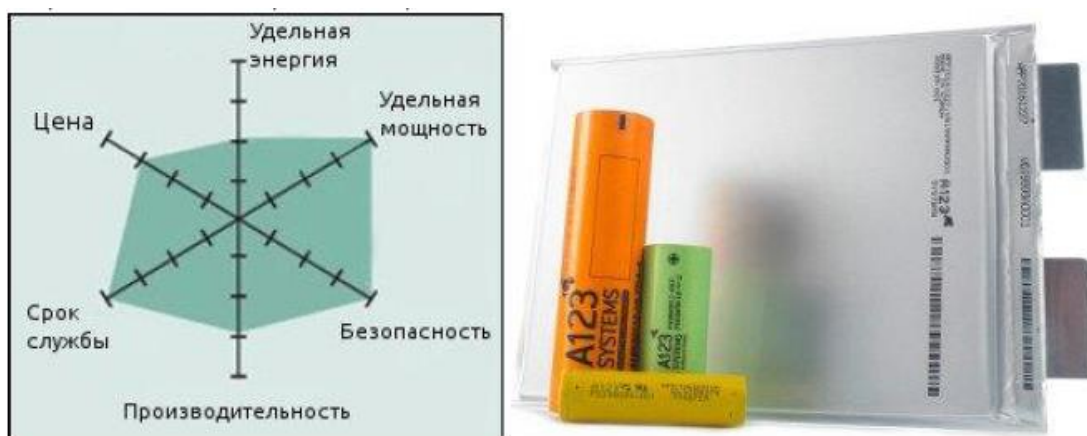


Рис. 1.7. Діаграма основних властивостей літій-залізо-фосфатних акумуляторів.

Літій-залізо-фосфатні батареї є більш терплячими до повного розряду і мають більший термін служби, ніж інші. LFP також більш стійкі до перезаряду, але, як і у випадку з іншими літій-іонними акумуляторами, перезарядка може спричинити пошкодження. LiFePO_4 забезпечує стабільну напругу розряду - 3,2В, це дозволяє використовувати лише 4 елементи для створення акумулятора на 12 В, що в свою чергу дозволяє ефективно замінити свинцево-кислотні акумулятори. Літій-залізо-фосфатні батареї не містять кобальту, це значно знижує вартість продукту і робить його більш екологічним. Розряджатися може високим струмом, так же як і заряджатись отже, акумулятор можна повністю зарядити всього за одну годину. Робота при низьких температурах навколишнього середовища знижує продуктивність, а температура вище 35°C трохи знижує термін служби, але продуктивність набагато краща, ніж у свинцево-кислотних, нікель-кадмієвих або нікель-металевих гідридних батарей.

Літій-титанат ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) - батареї з анодами з літій-титанату були відомі ще у 1980-х році. Катод виготовлений з графіту і схожий на архітектуру типового літій-металевого акумулятора рис. 1.8.



Рис. 1.8. Діаграма основних властивостей Li₄Ti₅O₁₂ акумуляторів.

Літій-титанат має напругу елемента 2,4 В, може швидко заряджатися і забезпечує високий струм розряду, який в 10 разів перевищує номінальну ємність акумулятора. Літій-титанаті батареї відокремлюються підвищеним циклічним ресурсом в порівнянні з іншими літій-іонними акумуляторами. Вони мають високу безпеку і здатні працювати при низьких температурах (до -30°C) без значного зниження продуктивності.

Недоліком є відносно висока вартість, а також низька питома енергія, ці батареї можна цілком порівняти з нікель-кадмієвих акумуляторами. Области застосування: джерела безперебійного живлення та електростанції.

Літій-полімерні акумулятори (Li-pol, Li-polymer, LiPo, LIP, Li-poly) - літій-полімерні батареї відрізняються від літій-іонних тим, що використовують спеціальний полімерний електроліт. Цей вид батареї з 2000-х є найбільш затребуваний. Він заснований на спеціальних полімерах, вдалося створити батарею без рідкого або гелевого електроліту, це дозволяє створювати батареї практично будь-якої форми. Але головна проблема полягає в тому, що твердий полімерний електроліт забезпечує погану провідність при кімнатній температурі, а найкращі властивості демонструються в нагрітому стані до 60°C. Усі спроби вчених знайти рішення цієї проблеми були марними.

Сучасні літій-полімерні батареї використовують невелику кількість гелевого електроліту для кращої провідності при нормальних температурах. І принцип дії заснований на одному з описаних вище типів. Найбільш

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум.	Підпис	Дата		20

поширеним є літій-кобальтовий тип з полімерним гелевим електролітом, який використовується в більшості випадків.

Основна відмінність літій-іонних акумуляторів від літій-полімерних полягає в тому, що мікропористий полімерний електроліт замінюється традиційним сепаратором. Полімер літію має дещо вищу питому енергію і дозволяє створювати тонкі елементи, але вартість на 10-30% перевищує літій-іонну. Істотна різниця є і в структурі корпусу. Якщо для полімерного літію використовується тонка фольга, що дозволяє створювати такі тонкі батареї, що вони схожі на кредитні картки, то літій-іонні збираються в жорсткому металевому корпусі для щільного закріплення електродів.

Характеристики літій-іонних батарей

Так як технологія літій-іонних акумуляторів не дозволяє виробляти окремі потужні елементи то в таблиці не має максимальної ємності. Коли необхідна висока ємність або постійний струм, батареї з'єднуються паралельно і послідовно за допомогою перемичок. Сучасні батарейні кабінети для джерел безперебійного живлення і сонячних електростанцій на основі літієвих елементів можуть досягати напруги 700В постійного струму з ємністю близько 400А/год, а також ємності до 3000А/год з напругою 96В. Характеристики літій-іонних за видам акумуляторів наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Порівняльні характеристики за видами літій-іонних акумуляторів.

Параметр \ Тип	LiCoO2	LiMn2O4	LiNiMnCoO2	LiFePO4	LiNiCoAlO2	Li4Ti5O12
Напруга, Вольт	3.6	3.7	3.6-3.7	3.2	3.6	2.4
Оптимальна глибина розряду, %	85-90	85-90	85-90	85-90	85-90	85-90
Допустима глибина розряду, %	100	100	100	100	100	100
Циклічний ресурс, DOD = 80%	700-1000	1000-2000	1000 - 2000	1000-2000	1000 - 2000	5000 - 8000
Оптимальна температура, °C	+20...+30	+20 ... + 30	+20 ... + 30	+20 ... + 30	+20 ... + 30	+20 ... + 30
Діапазон робочих температур, °C	-10 ... + 60	-10 ... + 45	-10 ... + 55	-10 ... + 60	-10 ... + 55	10 ... + 45
Термін служби, років при + 20 °C	5 - 7	10	10	20 - 25	20 - 25	18 - 25
Макс. струм розряду	1C	10C / 30C 5с	2C	25 - 30C	1C	10C / 30C 5с
ДП.ДС71.12.000 ПЗ						Апк
						21
Змн	Апк	№ докум.	Пілпис	Дата		

Макс. струм заряду	0,7-1С	0,7-1С	0,7-1С	1С	0,7С	1С
Мінімальний час заряду, ч	2 - 3	2 - 2,5	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3
Вимоги до обслуговування	немає	немає	немає	немає	немає	немає
Рівень вартості	високий	середній	середній	низький	середній	високий

Нікель-кадмієві акумуляторні батареї

Нікель-кадмієві батареї являються найбільш надійними та достатньо довговічним типом акумуляторів. Є моделі, що обслуговуються та які не потребують технічного обслуговування, ємністю від 5 до 1500Ah з номінальною напругою 1,2 В. Незважаючи на схожість конструкції зі свинцево-кислотними, нікель-кадмієві акумулятори мають ряд суттєвих переваг у вигляді стабільної роботи при температурі від - 40° С, і також здатні витримувати високі пускові струми. Ni-Cd акумулятори стійкі до глибокого розряду, перезаряду і не вимагають миттєвого заряду як свинцево-кислотний тип. Конструктивно виготовлені з ударостійкого пластику і добре переносять механічні пошкодження, не бояться вібрації і тому подібне.

Характеристики нікель-кадмієвих акумуляторів наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Характеристики нікель-кадмієвих акумуляторів.

Параметр/Тип	Нікель-кадмієві / Ni-Cd
Ємність, Ампер / год	1 - 1500
Напруга, Вольт	1,2
Оптимальна глибина розряду, %	60 - 80
Допустима глибина розряду, %	100
Циклічний ресурс, DOD = 80%	2300
Оптимальна температура, ° С	0 ... +20
Діапазон робочих температур, ° С	-50 ... +70
Термін служби, років при + 20 ° С	25
Макс. струм розряду	10 С5

Макс. струм заряду	0,4 C5
Мінімальний час заряду, ч	5
Вимоги до обслуговування	Мало обслуговувані або необслуговані
Рівень вартості	середня (300 - 400 \$ 100А/час)

Нікель-кадмієві акумулятори єдиний тип акумуляторів, який може зберігатися розрядженим на відміну від нікель-метал-гідридних акумуляторів, які потрібно зберігати повністю зарядженими, і літій-йонних акумуляторів, які необхідно зберігати при 40%-ому заряді від ємності акумулятора.

Залізо-нікелеві акумуляторні батареї

Залізо-нікелеві батареї є одним з самих дешевих типів це дозволило їм стати затребуваними в електромобілях в якості тягових акумуляторів, також використовується для електрифікації пасажирських вагонів, та живлення ланцюгів управління. Залізо-нікелеві акумулятори не містять токсичних елементів таких як свинець, кадмій, кобальт.

Характеристики залізо-нікелевих акумуляторів наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Характеристики залізо-нікелевих акумуляторів.

Параметр/Тип	Залізо-нікелевий
Ємність, Ампер / год	10 - 1000
Напруга, Вольт	1,2
Оптимальна глибина розряду, %	50 - 80
Допустима глибина розряду, %	100
Циклічний ресурс, DOD = 80%	1800 - 2300
Оптимальна температура, ° C	+15 ... +25
Діапазон робочих температур, ° C	-40 ... +60
Термін служби, років при + 20 ° C	20
Макс. струм розряду	0,25 °C 5
Макс. струм заряду	0,25 °C 5
Мінімальний час заряду, ч	12 - 16
Вимоги до обслуговування	Мало обслуговувані
Рівень вартості	середня, низька

1.2 Способи заряду акумуляторних батарей

Зарядження акумуляторних батарей здійснюються від джерела постійного струму. Щоб струм заряду протікав, необхідно, щоб напруга зарядного пристрою була більшою, ніж електрорушійна сила (ЕРС) акумулятора.

Найбільш поширеними способами заряду є: при постійному зарядному струмі, постійній напрузі та комбінований спосіб (при якому змінюються струм і напруга). Рідше застосовуються заряд переривчастим струмом та імпульсним асиметричним струмом.

Перший з перерахованих вище способів передбачає те, що заряд акумуляторної батареї (АКБ) буде проводитися постійним струмом, тобто під час процесу заряду необхідно контролювати задане значення струму і коригувати його, коли буде відбуватися відхилення. Важливою умовою такого методу є те, що не можна заряджати струмом, значення якого більше 10% від ємності акумулятора, інакше він може стати непридатним для використання. Щоб краще зрозуміти сказане, розглянемо приклад: маємо розряджений акумулятор з ємністю 60 А*г (ампер * год, Ah). Для того щоб його зарядити методом постійного струму необхідно взяти 10% від цієї величини: $60 * 0,1 = 6$ А. Виходить, що треба встановити значення в 6 А на зарядному пристрої та контролювати його. В середньому заряд таким способом займає 12 годин. Щоб переконатися, що акумулятор заряджений повністю, треба дочекатися на індикаторі зарядного пристрою приблизного значення в 14 вольт для 12-вольтової АКБ або 26 В для 24-вольтової.

Наступний спосіб заряду акумуляторної батареї - метод постійної напруги. Зрозуміло з назви що на акумулятор подається постійна напруга а також обмежується початковий струм заряду. Необхідно встановити напругу заряду відповідно до заданих характеристик АКБ. Неточні налаштування напруги можуть спричинити перезаряд або недостатню заряду батареї. Це досить безпечний метод зарядки АКБ, який не передбачає постійного контролю

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		24

з боку людини і можливе у використання як для циклічних, так і для режимів очікування. Швидкість заряду акумуляторної батареї цим методом безпосередньо залежить від величини напруги, яку забезпечує зарядний пристрій [8].

Комбінований спосіб представляє з себе заряд акумулятора в дві фази. Заряд починається постійним струмом, після чого стабілізується напруга. Цей метод можна назвати оптимальним, саме в силу даної обставини він лежить в основі функціонування більшості зарядних пристроїв сучасних моделей. При такому підході заряд виходить стабільний і швидкий, а застосовувати прилади можна в поєднанні з будь-якими АКБ. Перевагами методу по праву вважаються:

- Швидкість заряду. Звичайні акумулятори при використанні цього способу заряджаються протягом 15-20 годин. Якщо ж говорити про більш сучасні батареї, наприклад, AGM-серії, то їм достатньо 10-12 годин.
- Висока «якість» заряду. При дотриманні умов експлуатації АКБ зберігатиметься максимально довго.
- Широка сфера застосування. Метод успішно використовується для заряду будь-яких акумуляторів, незалежно від технології виготовлення і конструкції. Це і кальцієві, і сурм'янисті, і гібридні АКБ.

Наступним способом є метод заряду переривчастим струмом. Переривчастий заряд передбачає собою паузи між імпульсами струму які призначені для засвоєння заряду, надходження іонів в її глибину, вирівнювання в ній щільності електроліту.

Асиметричний, або реверсивний, спосіб заряду представляє з себе струм який визначається наявністю зворотної амплітуди, іншими словами, в кожному циклі він змінює свою полярність. Однак кількість електроенергії, що протікає при прямій полярності, більше, ніж при зворотному, що і забезпечує заряд акумулятора.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		25

1.3 Ізольовані та неізольовані перетворювачі

Ізольований перетворювач передбачає, що його вихід і вхід не мають гальванічного зв'язку і розділені ізоляційним бар'єром з тією чи іншою діелектричною міцністю. Цей параметр вказує на стійкість ізоляційного бар'єру до прикладеної між його входом і виходом напруги, і, в більшості випадків, визначає можливу сферу застосування пристрою. Відповідно, неізольований перетворювач не забезпечує гальванічної розв'язки між його входом і виходом, і цей факт також є визначальним для областей його застосування. Все викладене - це глобальні відмінності, які визначають схемотехнічні рішення, електричні характеристики і навіть конструктивне виконання перетворювачів.

Електрична ізоляція в ізольованих перетворювачах постійного струму гарантується високочастотним трансформатором. Мінусом такого методу є збільшення маси та розмірів перетворювача. Але так як немає потреби в зворотному перетворенні енергії, схема перетворювача суттєво спростися. Оскільки частота обернено пропорційна розміру трансформатора, цим можна скористуватися і значно зменшити масу трансформатора використовуючи напругу з високою частотою. Саме тому сучасні феритові трансформатори мають такий маленький розмір. Ще одним плюсом трансформатора є здатність декількох виходів постійної напруги при застосуванні декількох витків вторинних обмоток рис. 1.9. [12].

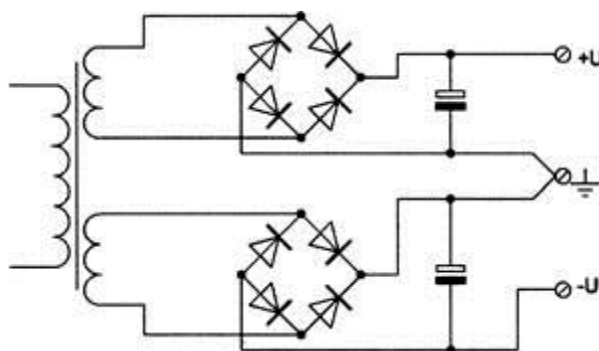


Рис. 1.9. Схема з використанням трансформатора з двома вторинними обмотками.

Прямий імпульсний перетворювач

Прямий перетворювач - це одноключевий перетворювач, в якому для передачі енергії з первинного кола в вторинне використовується трансформатор. Енергія передається з первинної обмотки у вторинну, коли ключ замкнутий і через нього тече струм. Типова схема прямого перетворювача зображена на рис. 1.10.

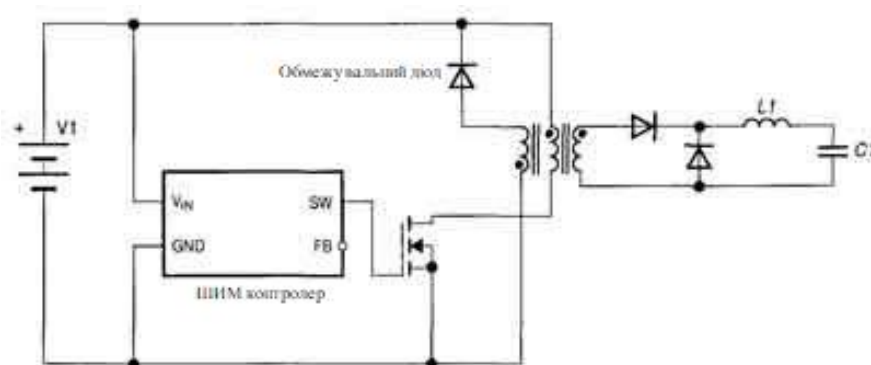


Рис. 1.10. Типова схема прямого перетворювача.

У схемі прямого перетворювача потрібно передбачити обмежувач напруги, так як при розмиканні ключа протікання струму через всі обмотки трансформатора припиняється. Обмежувач забезпечує шлях для струму, викликаного намагнічуючою індуктивністю трансформатора і індуктивністю розсіювання. У зворотно ходовій схемі при розмиканні ключа струм, викликаний спадання магнітного потоку в осерді, протікає в колі вторинної обмотки. Тому в зворотно ходовій схемі обмежувач напруги може використовуватися лише для того, щоб зменшити вплив на ключ імпульсів напруги, викликаних наявністю індуктивні розсіювання.

Співвідношення вихідної до вхідної напруги:

$$U_{вих} = U_{вх} \cdot \frac{\gamma}{k}, \quad (1.1)$$

де k коефіцієнт трансформації трансформатора який дорівнює відношенню числу витків первинної і вторинної обмотки, γ відношення часу роботи та суми часу роботи і пауз перетворювача. [16].

Переваги:

- наявність лише одного ключового транзистора;
- магнітопровід імпульсного трансформатора має менший розмір, ніж магнітопровід трансформатора одноктного зворотно ходового перетворювача за однакових умов експлуатації;
- більш ефективний режим роботи;

Недоліки:

Основним недоліком одноктного прямого перетворювача є намагнічування сердечника трансформатора, викликане несиметричним циклом перемагнічування петлі гістерезису. Через це ефективність такого перетворювача зазвичай нижче, ніж у двотактних перетворювачів з симетричним перемагнічуванням імпульсного трансформатора.

Макет електричної схеми та графік її роботи зображено на рис.1.11 - 1.12.

Ключ в первинному ланцюзі періодично замикається і розмикається. Керування ключем реалізується за допомогою керуючих імпульсів. Поділимо цикл перетворення тривалістю T на два інтервали.

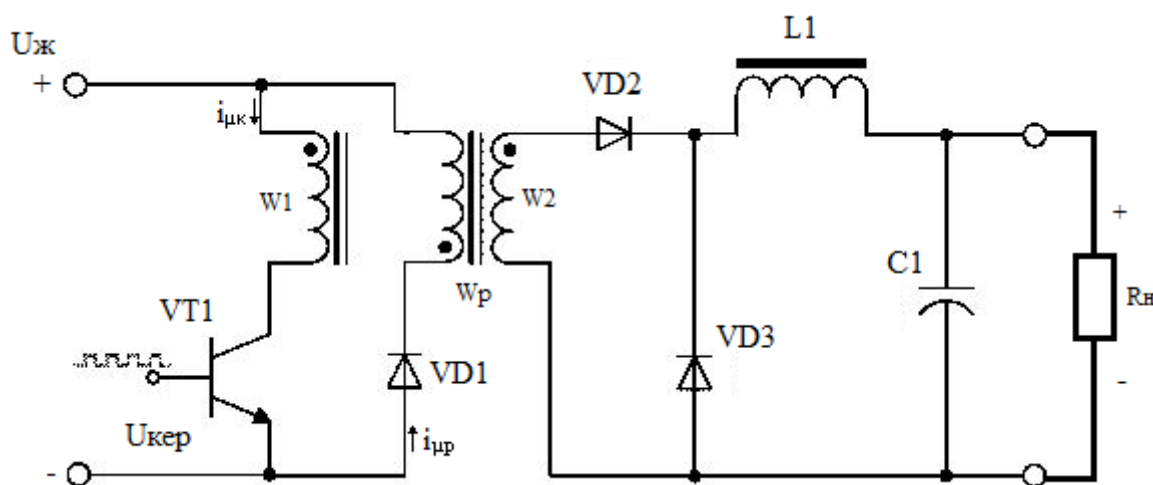


Рис. 1.11. Електрична схема прямого перетворювача з обмоткою розмагнічування.

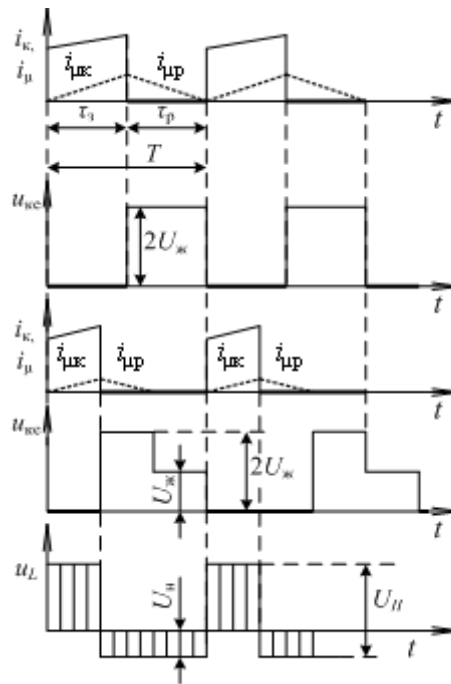


Рис. 1.12. Графік роботи перетворювача.

Розглянемо процеси в перетворювачі окремо для кожного інтервалу.

1. На першому інтервалі ключ замкнутий. При цьому діод VD2 відкритий, а VD3 закритий. Струм протікає через вторинну обмотку трансформатора, конденсатор С, дросель L і опір навантаження R_н.

2. На другому інтервалі ключ розмикається. Напряга обмоток трансформатора змінює полярність на протилежну. За рахунок цього діод VD2 закривається, а VD3 відкривається. В вторинному ланцюзі струм замикається в контурі, утвореному діодом VD3, дроселем L, конденсатором С і опором навантаження R_н.

Окрім появи напруги на вторинній обмотці трансформатора починає намагнічуватися сердечник. Тобто первинна обмотка поводить себе як індуктор. По ньому починає протікати струм намагнічування, який з часом збільшується. Через цей струм трансформатор не може передавати постійну напругу на вторинну обмотку.

Для забезпечення розмагнічування сердечника трансформатора у ньому передбачений невеликий зазор 0,1 мм. Так як у зазорі відсутній будь який

ферромагнітний матеріал, як тільки зменшується струм через котушку, відбувається і падіння магнітного поля.

Обмотка W_p після розмикання силового ключа розмагнічує накоплену енергію магнітного поля. Також особливістю підключення обмотки є те, що протікаючий струм повертає їй енергію [18].

Підведем короткі підсумки:

На основі даних представлених типів акумуляторних батарей можемо впевнено сказати, що свинцево-кислотний акумулятор типу GEL Valve Regulated Lead-Acid для системи MicroGrid буде самим оптимальним варіантом у співвідношенні ціна-якість, так як вони найкраще оптимізовані для роботи в системах резервного та автономного живлення з використанням альтернативних (відновлюваних) джерел електроенергії.

Заряд акумуляторних батарей постійним струмом являється самим швидким режимом заряджання. Постійною напругою застосовують, як правило, для заряду автомобільних акумуляторів, коли необхідно швидко відновити заряд акумулятора.

Комбінований метод заряду є самим оптимальним, він лежить в основі функціонування більшості зарядних пристроїв сучасних моделей. Переривчастий заряд передбачає собою паузи між імпульсами струму які призначені для засвоєння заряду

Ізольований перетворювач передбачає, що його вихід і вхід не мають гальванічного зв'язку і розділені ізоляційним бар'єром з тією чи іншою діелектричною міцністю.

Основними перевагами перетворювача є:

- низька вартість;
- рідкісні випадки поломок обладнання;
- надійність і простота конструкції;
- простота в ремонті та обслуговуванні.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
						30
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ

2.1 Опис схем електричної структурної та принципової

Структурна схема складається з джерела живлення, випрямляча, Прямого перетворювача з обмоткою розмагнічування та акумулятора рис. 2.1.

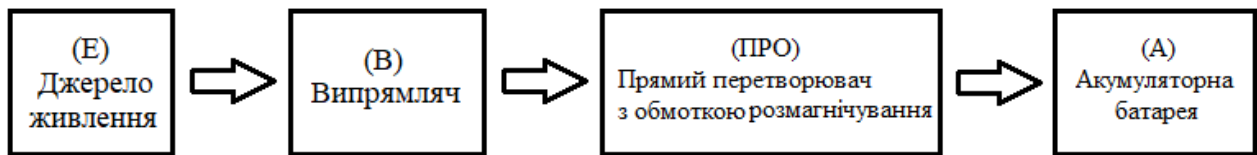


Рис. 2.1. Структурна схема приладу.

Напруга з джерела живлення йде на випрямляч який вже виправлену напругу передає на первинну обмотку трансформатора, яка перетворюється в 48В на вторинній і прямує на акумулятор, після чого за зворотнім зв'язком в систему керування повертається сигнал, і регулює відкриття транзистора для розмагнічування трансформатора.

Принципова схема імпульсного блоку живлення зображена на рис. 2.2.

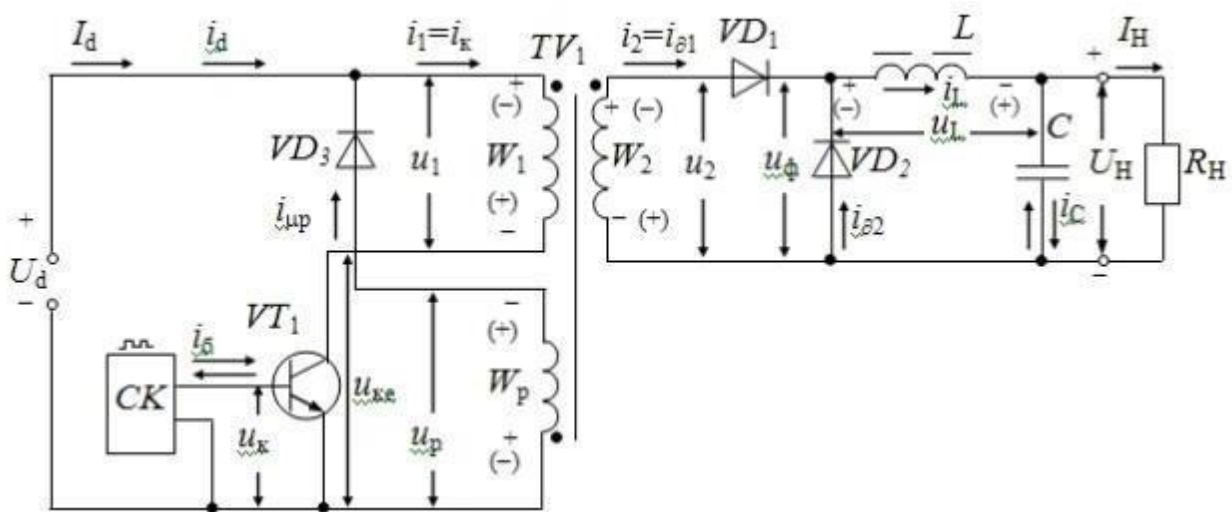


Рис. 2.2. Принципова схема імпульсного блоку живлення.

З джерела живлення U_d напруга рухається на одну з двох первинних обмоток трансформатора TV1, цей процес контролюється ключем який періодично закривається і відмикається. На виході трансформатора з'являється змінна імпульсна напруга, що керується частотою імпульсів на виході системи керування. Пізніше діод VD1 випрямляє а фільтр LC згладжує напругу яка прямує до навантаження.

Обмотка W_p і діод VD3 виконує роль розмагнічування осердя та повертає накопичену енергію у джерело живлення. Коли діод VD3 закритий обмотка W_p відключена від джерела і не впливає на роботу схеми.

Колекторний струм транзистора:

$$i_1 = i_k = \frac{W_2}{W_1} i_2 + i_{\mu 1} = n i_2 + i_{\mu 1}, \quad (2.1)$$

де i_2 це зростаючий струм вторинної обмотки а $i_{\mu 1}$ намагнічуваний первинної обмотки.

Розглянемо процеси у колі розмагнічування осердя. Струм $i_{\mu 1}$ у кінцевій точці інтервалу досягає свого піку $I_{\mu 1}$ і енергія індуктивності буде дорівнювати $\frac{L_1 I_{\mu 1}^2}{2}$.

Діод VD1 закривається в момент виключення транзистора, що призводить зменшення складової струму i_2 до нуля.

Коли діод VD3 відкривається струм $i_{\mu p}$ в колі обмотки розмагнічування замкнеться в контурі $W_p \longrightarrow VD3 \longrightarrow U_d$ та почне зменшуватися за лінійним законом $I_{\mu p} = I_{\mu 1} \frac{W_1}{W_2}$, а енергія індуктивності L_1 повернеться в джерело U_d .

Після того як діод VD3 закриється внаслідок зменшення струму в обмотці W_p напруга на всіх обмотках трансформатора буде дорівнювати нулю допоки транзистор VT1 не відкриється.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		32

2.2 Елементи і розрахунок їх параметрів

Розрахунок параметрів трансформатора:

Розрахуємо потужність яку вторинної обмотки трансформатора при вихідній напрузі $U_2 = 48V$ та струму $I_2 = 15A$:

$$P_2 = U_2 \times I_2 = 48 \times 15 = 720 (Вт). \quad (2.2)$$

ККД трансформатора дорівнює 85%, звідси:

$$P_1 = P_2 / 0.85 = 720 / 0.85 = 847 (Вт). \quad (2.3)$$

Потужність першої первинної обмотки(W_1):

$$P' = P_1 / 2 = 847 / 2 = 423.5 (Вт). \quad (2.4)$$

Потужність другої первинної обмотки(W_p):

$$P'' = P_1 / 2 = 847 / 2 = 423.5 (Вт). \quad (2.5)$$

Площі поперечного перерізу сердечника:

$$S = \sqrt{P_1} = \sqrt{847} = 29.1 (см^2). \quad (2.6)$$

Число витків на один вольт, з урахуванням трансформаторної сталі:

$$W' = \frac{50}{S} = \frac{50}{29.1} = 1.71 \approx 2 \left(\frac{вит}{вольт} \right). \quad (2.7)$$

Число витків у обмотках:

$$W'_1 = W' \times U_1 = 2 \times 220 = 440 (витків), \quad (2.8)$$

$$W''_1 = W' \times U_1 = 2 \times 220 = 440 (витків), \quad (2.9)$$

$$W_2 = W' \times U_2 = 2 \times 48 = 96 (витків). \quad (2.10)$$

Для уникнення втрат напруги на вторинній обмотці, візьмемо на 10% більше витків.

$$W_2 = 96 + 9,6 = 105,6 \approx 106 (витків). \quad (2.11)$$

Струм на первинній обмотці:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{847}{220} = 3,85 (А). \quad (2.12)$$

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ док.	Піппис	Дата		33

Діаметр проводу обмотки залежності від щільності струму. Розрахуємо діаметр проводу для щільності струму 2 А/мм^2 .

$$d = 0,8 \times I \quad (2.13)$$

Діаметр проводу первинних обмоток:

$$d'_1 = d''_1 = 0,8 \times \sqrt{I_1} = 0,8 \times \sqrt{3,85} = 1,569(\text{мм}). \quad (2.14)$$

При низькій напрузіта невеликій кількості витків товстого проводу щільність струму можна збільшити до $2,5\text{ - }3\text{ А/мм}^2$. Враховуючи зміни струму коефіцієнт зменшиться до 0,68.

Розрахуємо діаметр вторинної обмотки:

$$d_2 = 0,68 \times \sqrt{I_2} = 0,68 \times \sqrt{15} = 2,633(\text{мм}). \quad (2.15)$$

Виберемо тип дроту з табл. 2.1. Для первинних обмоток візьмем дріт ПЕВ-1 з діаметром дроту $d_1 = 1,64\text{ мм}$, а для вторинної обмотки візьмем ПЕВ-1 з діаметром дроту $d_2 = 2,6\text{ мм}$.

Таблиця 2.1

Марки і діаметри обмотувальних проводів в ізоляції для трансформатора.

Номинальний діаметр (d) дроту (без ізоляції), мм	Перетин мідної жили (s), мм ²	Максимальний діаметр дроту з ізоляцією, мм		Допустимий струм, А при струмовому навантаженні		
		ПЕВ-1	ПЕВ-2 ПЕТВ	2 А/мм ²	2.5 А/мм ²	3 А/мм ²
0.20	0.0314	0.22	0.24	0.063	0.078	0.094
0.23	0.0416	0.23	0.28	0.083	0.104	0.125
0.25	0.0491	0.27	0.30	0.098	0.123	0.147
0.27	0.0573	0.28	0.33	0.115	0.143	0.172
0.29	0.0661	0.31	0.35	0.132	0.165	0.198
0.31	0.0755	0.33	0.37	0.151	0.189	0.226
0.33	0.0855	0.35	0.39	0.171	0.214	0.256
0.35	0.0962	0.37	0.41	0.192	0.240	0.289
0.38	0.1134	0.39	0.44	0.227	0.283	0.340
0.41	0.1320	0.42	0.47	0.264	0.330	0.396
0.44	0.1521	0.45	0.50	0.304	0.380	0.456
0.47	0.1735	0.48	0.53	0.347	0.434	0.520
0.51	0.2043	0.50	0.58	0.409	0.511	0.613
0.53	0.2206	0.56	0.60	0.441	0.551	0.662
0.57	0.2552	0.58	0.64	0.510	0.638	0.766
0.59	0.2734	0.64	0.66	0.547	0.683	0.820
0.62	0.3019	0.67	0.69	0.604	0.755	0.906
0.64	0.3217	0.70	0.72	0.643	0.804	0.965

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум.	Підпис	Дата		34

0.67	0.3526	0.73	0.75	0.705	0.881	1.058
0.69	0.3739	0.74	0.77	0.748	0.935	1.122
0.72	0.4072	0.77	0.80	0.814	1.018	1.222
0.74	0.4301	0.80	0.83	0.860	1.075	1.290
0.77	0.4657	0.83	0.86	0.931	1.164	1.397
0.8	0.5027	0.86	0.89	1.005	1.257	1.508
0.85	0.5658	0.91	0.94	1.132	1.414	1.697
0.9	0.6362	0.96	0.99	1.272	1.590	1.909
1.0	0.7854	1.07	1.09	1.571	1.963	2.356
1.25	1.227	1.32	1.35	2.453	3.067	3.681
1.3	1.327	1.38	1.41	2.654	3.317	3.981
1.4	1.539	1.48	1.51	3.078	3.847	4.617
1.5	1.767	1.58	1.61	3.534	4.417	5.301
1.56	1.911	1.64	1.67	3.822	4.777	5.733
1.62	2.061	1.70	1.73	4.122	5.152	6.183
1.68	2.217	1.76	1.79	4.434	5.542	6.651
1.74	2.378	1.81	1.85	4.756	5.945	7.134
1.81	2.573	1.86	1.93	5.146	6.432	7.719
1.9	2.827	1.99	2.02	5.654	7.067	8.481
2.0	3.132	2.09	2.12	6.264	7.83	9.396
2.24	3.929	2.34	2.37	7.858	9.82	11.787
2.44	4.676	2.54	2.57	9.352	11.69	14.028
2.63	4.895	2.60	2.63	9.79	12.237	14.685

Площу поперечного перерізу дорівнює:

$$s \approx 0,8 \times d^2 \quad (2.16)$$

Площа для первинних обмоток:

$$s'_1 = s''_1 \approx 0,8 \times 1,64^2 = 2,151(\text{мм}^2) \quad (2.17)$$

Площа для вторинної обмотки:

$$s_2 \approx 0,68 \times 2,6^2 = 4,596(\text{мм}^2) \quad (2.18)$$

Загальна площа:

$$s_{\text{витків}} = s_2 \times W_2 + s'_1 \times W'_1 + s''_1 \times W''_1 = 4,569 \times 96 + 2,151 \times 440 + 2,151 \times 440 = 2331,5(\text{мм}^2) = 23,315(\text{см}^2) \quad (2.19)$$

Виберемо необхідний нам сердечник з табл. 2.2 з декілька більшою корисною площею перетину магнітопроводу ураховуючи його нещільності. Сердечник ШЛ 32х64.

Типові розміри осердя.

Тип магніто-проводу	Габаритні типорозміри, мм			Корисна площа перетину магнітопроводу, см ²	Розмір вікна, мм			Габаритна потужність, ВА	Густина струму А/мм ²
ШЛ16х20	64	56	20	2.9	16	40	6.4	15-20	1.7-2.2
ШЛ 16х25	64	56	25	3.6	16	40	6.4	18-25	2.0-2.5
ШЛ 16х32	64	56	32	4.0	16	40	6.4	25-30	2.4-3.6
ШЛ 20х20	80	70	20	3.6	20	50	10	35-45	2.15-2.7
ШЛ 20х25	80	70	25	4.5	20	50	10	45-55	2.15-2.7
ШЛ 20х32	80	70	32	5.7	20	50	10	60-75	2.15-2.7
ШЛ 20х42	80	70	40	7.2	20	50	10	70-80	2.1-2.6
ШЛ 25х25	100	87.5	25	5.6	25	62.5	15.6	100-125	2.0-2.5
ШЛ 25х32	100	87.5	32	7.2	25	62.5	15.6	120-150	1.9-2.4
ШЛ 25х40	100	87.5	40	9.0	25	62.5	15.6	150-190	1.8-2.3
ШЛ 25х50	100	87.5	50	11.2	25	62.5	15.6	180-230	1.7-2.2
ШЛ 32х32	128	112	32	9.2	32	80	25.6	250-310	1.8-2.3
ШЛ 32х40	128	112	40	11.5	32	80	25.6	250-310	1.75-2.2
ШЛ 32х50	128	112	50	14.4	32	80	25.6	690-440	1.7-2.1
ШЛ 32х64	128	112	65	18.4	32	80	25.6	450-580	1.6-2.0
ШЛ 40х40	160	140	40	14.4	40	100	40	550-690	1.6-2.0
ШЛ 40х50	160	140	50	18.0	40	100	40	670-850	1.3-1.9
ШЛ 40х64	160	140	64	23.0	40	100	40	800-1000	1.4-1.9
ШЛ 40х80	160	140	80	28.8	40	100	40	950-1200	1.4-1.9

Діодний міст

Основною характеристикою діода, є максимальна величина зворотної напруги, яку він може витримати не входячи в режим електричного і теплового пробою. Саме це зворотна напруга і потрібно враховувати при виборі діодів на випрямний міст. Якщо на діодний міст буде подаватися напруга 220 вольт змінного струму, отже діоди моста повинні бути розраховані на більшу напругу (з запасом не менше 25%). А краще зовсім брати з досить великим запасом. Це вбереже напівпровідники від попадання на них випадкових стрибків напруги, що йдуть від мережі. Зараз на звичайні, невеликі блоки живлення ставлять діоди серії 1n4007, у яких зворотне напруга дорівнює 1000 вольт, а довготривалий струм вони можуть витримувати до 1 ампера (при температурі 75 градусів).

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		36

2.3 Мікросхема UC2842

Мікросхема UC2842 була спроектована для ШІМ управління, контролю і захисту імпульсних блоків живлення. Контролер виконаний за типовою схемою перетворювача яка часто зустрічається в різних імпульсних блоках живлення, в тому числі і комп'ютерних рис. 2.3.

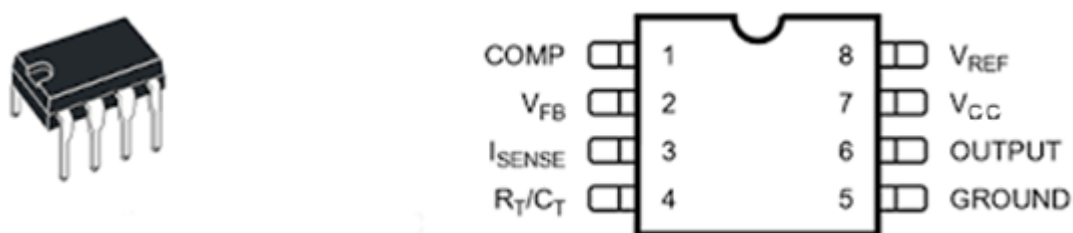


Рис. 2.3. Мікросхема UC2842 та розміщення її контактів

На сьомий контакт мікросхеми надходить напругу живлення в інтервалі від 16 до 34 Вольт. В мікросхемі є вбудований тригер Шмідта (UVLO), який який включає UC2842, якщо напруга живлення більше 16 Вольт, і вимикає якщо U_{жив} опуститься до 10 Вольт або нижче. Серія 2842 серій має вбудований захист від перенапруги: якщо U_{жив} більше 34 Вольт, чіп відключиться [20].

Структурна схема мікросхеми UC2842 зображена на рис. 2.4.

Для стабілізації частоти генерації імпульсів є п'яти вольовий стабілізатор напруги вихід якого приєднаний до виводу вісім. П'ятий вихід на землю. Четвертий виході призначений для задавання частоти імпульсів. Досягається це за допомогою номіналів резистора і конденсатора. З шостого виходу знімаються готові ШІМ імпульси. Перший служить для зворотного зв'язку, якщо на ньому напруга знизити нижче 1 В, то на шостому ШІМ виході буде знижуватися тривалість імпульсів, тим самим зменшуючи потужність перетворювача на виході джерела живлення.

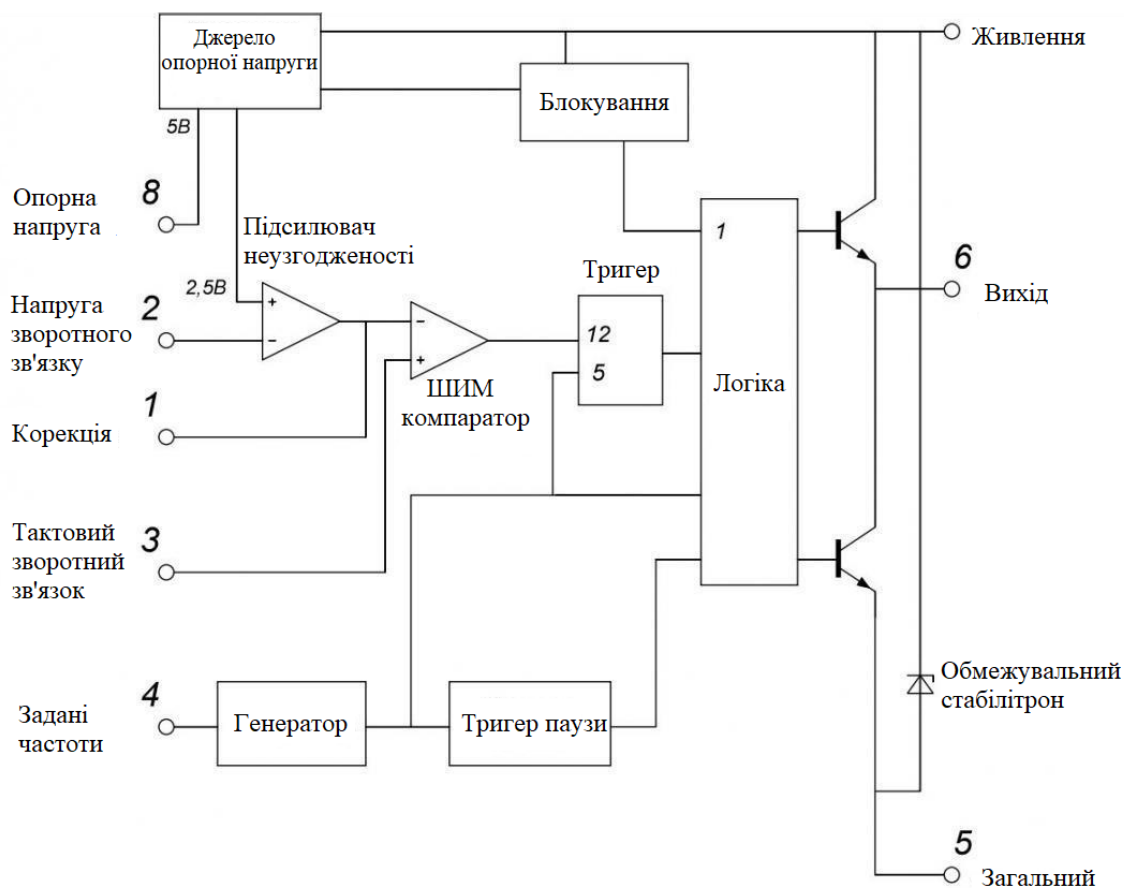


Рис. 2.4. Структурна схема мікросхеми UC2842.

Другий контакт мікросхеми також зменшує тривалість імпульсів на виході, якщо напруга на другому виведенні вище +2,5 Вольт, то тривалість імпульсів моментально зменшиться.

3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АКУМУЛЯТОР - ЗАРЯДНИЙ ПРІСТРІЙ

Для практичного дослідження зарядного пристрою, була збудована модель в середовищі MATLAB - Simulink, в якому здійснювались необхідні розрахунки, а також побудова графіків які описують фізичні процеси схеми [22].

Модель імпульсного зарядного пристрою зображена на рис. 3.1.

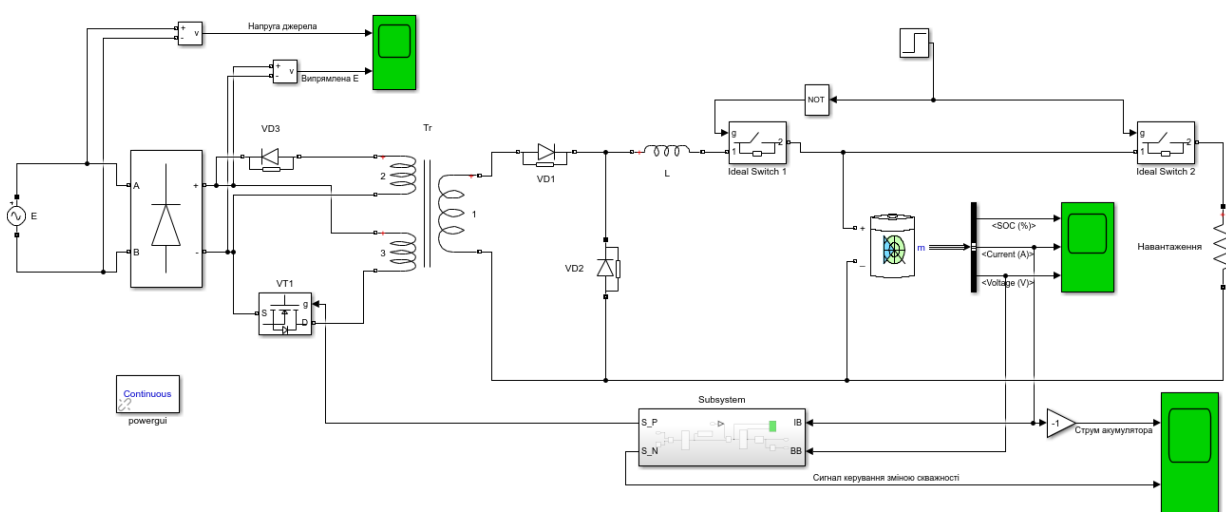


Рис. 3.1. Модель зарядного пристрою.

Працює модель наступним чином: змінна напруга джерела надходить, на діодний міст який перетворює («випрямляє») її в пульсуючу, пізніше вона потрапляє на первинну обмотку трансформатора Tr. Сердечник транзистора намагнічується і у вторинній обмотці з'являється напруга рівна 48В. Проходячи через діод VD1, напруга прикладається до акумулятора і починається процес заряджання, який контролює система керування. Коли транзистор закритий, через обмотку розмагнічування виходить енергія намагніченого сердечника, розмагнічуючи трансформатор, поки не відкриється транзистор. Через деякий час коли акумуляторна батарея повністю зарядиться, блок Step подає сигнал на

ключі які відключають живлення та підключають навантаження яке повністю розряджає батарею.

3.1 Параметри елементів моделі

Модель містить наступні елементи:

- E(AC Voltage Source) - джерело змінної напруги.

Цей блок генерує синусоїдальну напругу з заданою амплітудою. Вікно з його параметрами показано на рис. 3.2.;

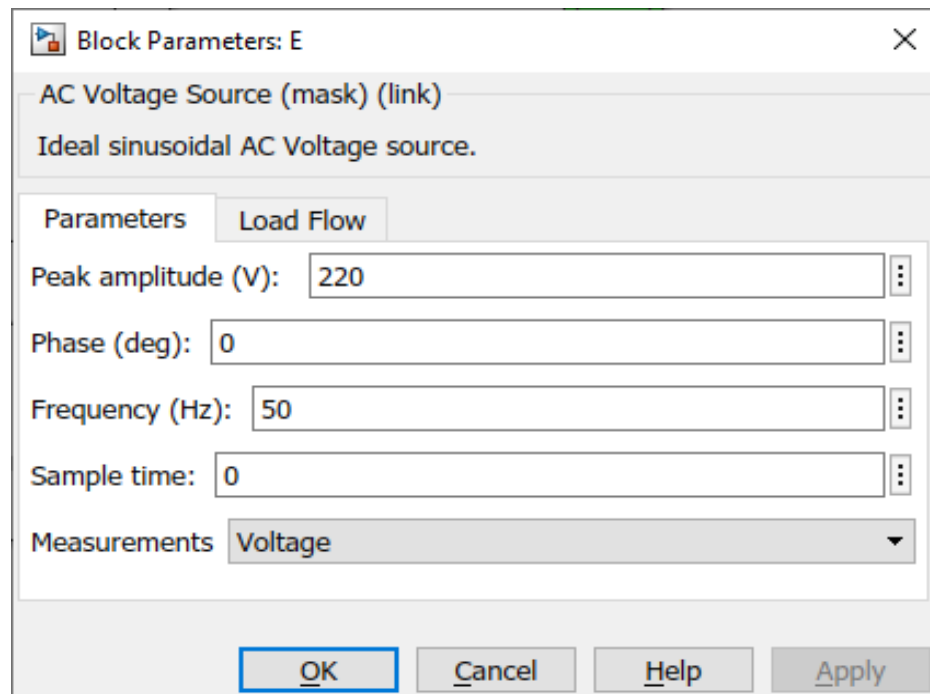


Рис. 3.2. Параметри джерела.

- Universal Bridge - діодний міст.

Блок реалізує універсальний трифазний перетворювач потужності, який складається з до шести діодів, з'єднаних в конфігурації мосту. Тип перемикача живлення та конфігурацію перетворювача можна вибрати в діалоговому вікні рис. 3.3.;

Block Parameters: Universal Bridge

Universal Bridge (mask) (link)

This block implement a bridge of selected power electronics devices. Series RC snubber circuits are connected in parallel with each switch device. Press Help for suggested snubber values when the model is discretized. For most applications the internal inductance Lon of diodes and thyristors should be set to zero

Parameters

Number of bridge arms: 2

Snubber resistance Rs (Ohms): 1e5

Snubber capacitance Cs (F): inf

Power Electronic device: Diodes

Ron (Ohms): 1e-3

Lon (H): 0

Forward voltage Vf (V): 0

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

Рис. 3.3. Параметри діодного мосту.

- VT1(Mosfet) - польовий транзистор.

Даний блок моделює напівпровідниковий польовий транзистор з паралельно підключеним зворотним діодом. Параметри налаштування транзистора зображені на рис. 3.4;

Block Parameters: VT1

Mosfet (mask) (link)

MOSFET and internal diode in parallel with a series RC snubber circuit. When a gate signal is applied the MOSFET conducts and acts as a resistance (Ron) in both directions. If the gate signal falls to zero when current is negative, current is transferred to the antiparallel diode.

For most applications, Lon should be set to zero.

Parameters

FET resistance Ron (Ohms): 1e-4

Internal diode inductance Lon (H): 0

Internal diode resistance Rd (Ohms): 1e-3

Internal diode forward voltage Vf (V): 0

Initial current Ic (A): 0

Snubber resistance Rs (Ohms): 1e5

Snubber capacitance Cs (F): inf

☐ Show measurement port

OK Cancel Help Apply

Рис. 3.4. Параметри MOSFET-транзистора.

- VD1, VD2, VD3 (diode) – діод. Вікно налаштування параметрів діоду зображено на рис. 3.5.;

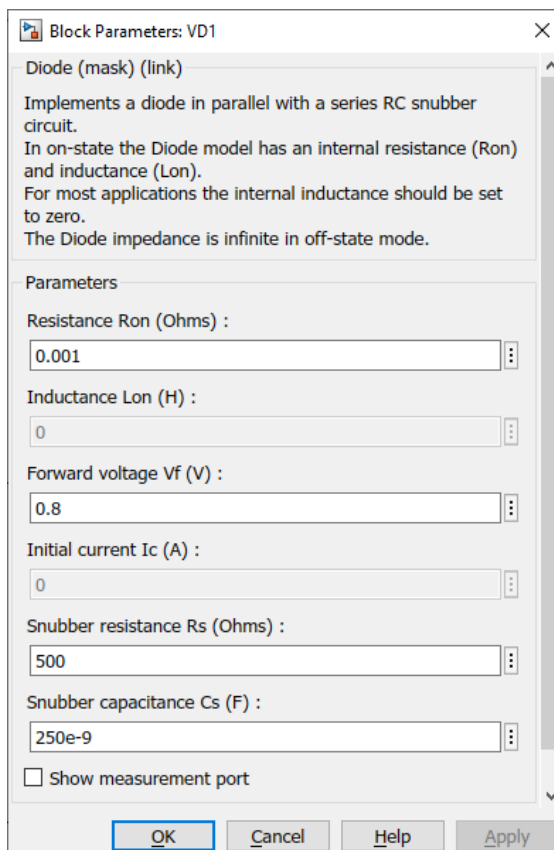


Рис. 3.5. Вікно налаштування параметрів діоду.

- Tr(Linear Transformer) – трансформатор. Блок моделюючий лінійний трансформатор який складається з трьох з'єднаних обмоток, намотаних на одному сердечнику.

Модель враховує опори обмоток (R_1 , R_2 , R_3) та індуктивності витоків (L_1 , L_2 , L_3), а також намагнічувальні характеристики сердечника, який моделюється лінійною (R_m , L_m) гілкою. Вікно налаштування параметрів діоду зображено на рис. 3.6.

Block Parameters: Tr

Linear Transformer (mask) (link)

Implements a three windings linear transformer.

Click the Apply or the OK button after a change to the Units popup to confirm the conversion of parameters.

Parameters

Units: pu

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:
[2e3 50]

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]:
[48 0.3 0.05]

Winding 2 parameters [V2(Vrms) R2(pu) L2(pu)]:
[220 0.3 0.5]

☒ Three windings transformer

Winding 3 parameters [V3(Vrms) R3(pu) L3(pu)]:
[220 0.3 0.5]

Magnetization resistance and inductance [Rm(pu) Lm(pu)]:
[500 499.99]

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

Рис. 3.6. Вікно налаштування трансформатора.

- L(RLC) - котушка індуктивності. Вікно налаштування зображене на рис. 3.7 ;

Block Parameters: L

Series RLC Branch (mask) (link)

Implements a series branch of RLC elements.
Use the 'Branch type' parameter to add or remove elements from the branch.

Parameters

Branch type: L

Inductance (H):
40e-2

☐ Set the initial inductor current

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

Рис. 3.6. Вікно налаштування параметрів котушки.

- Step – крок заданої функції. Блок забезпечує крок між двома визначеними рівнями у визначений час(4400с);
- Battery - акумуляторна батарея. Блок акумуляторів реалізує загальну динамічну модель, яка представляє найбільш популярні типи акумуляторних батарей. В моделі використовується характеристики реального акумулятора GEL-VRLA Luxeon LX12-60G які зображені на рис. 3.7. Для зменшення часу моделювання ємність батареї візьмем в два рази менше з початковим станом заряду батареї в 45%.

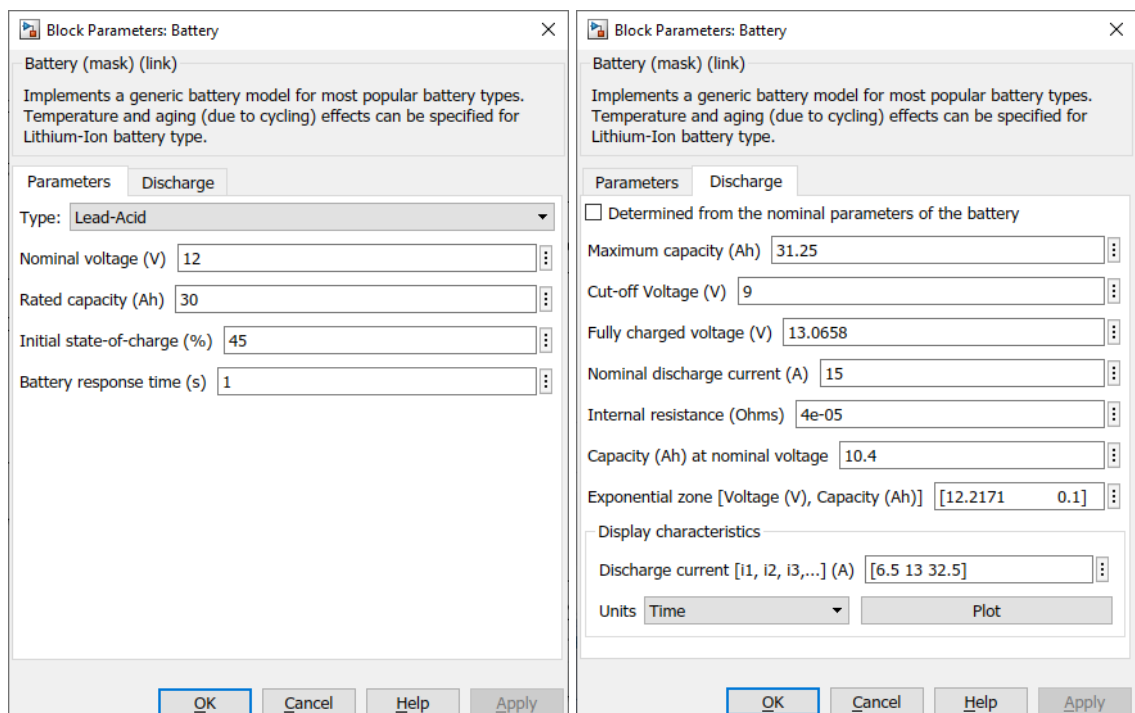


Рис. 3.7. Вікно налаштування параметрів акумулятора.

- Scope - осцилограф;
- Voltage Measurement - блок вимірювання напруги;
- Ideal Switch – ідеальний ключ;
- NOT - логічний елемент НІ.

3.2 Підсистема системи керування

Модель системи керування зображена на рис. 3.8.

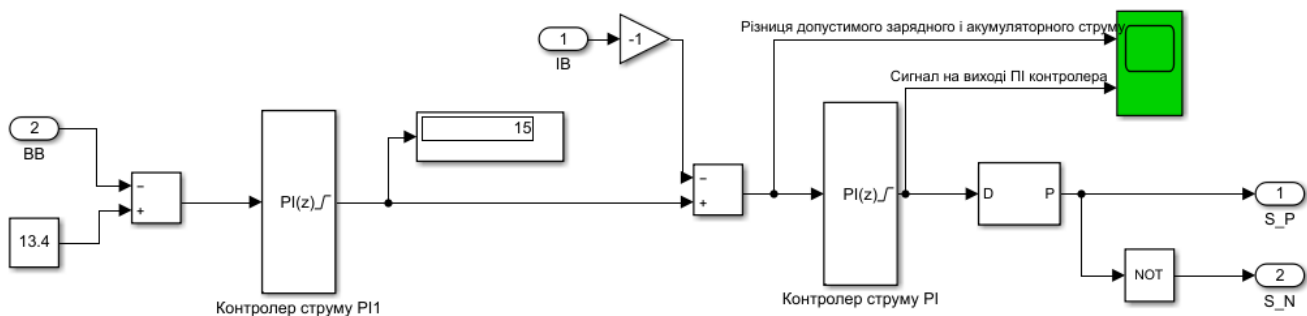


Рис. 3.8. Система керування.

Містить наступні елементи:

- Constant - генератор постійного сигналу з заданим значенням в 13.4 (максимальне допустиме значення напруги на акумуляторі);
- Sum – суматор. Блок виконує віднімання сигналів на своїх входах;
- Display – дисплей;
- NOT - логічний елемент НІ;
- PWM Generator - ШІМ генератор. Блок реалізує генераторний ШІМ на перемикач транзистора з частотою переключення в 200Гц;
- PID Controller - Пропорційно-інтегрально-диференціюючий (ПІД) регулятор являє з себе пристрій в керуючому контурі зі зворотним зв'язком. Застосовується контролер в системах автоматичного управління для створення керуючого сигналу з метою отримання необхідної точності і якості перехідного процесу.

ПІД-регулятор формує керуючий сигнал, що є сумою трьох доданків (Рис. 3.9), перше з яких пропорційна різниця вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку, друге - інтегралу сигналу неузгодженості, третє - похідною сигналу неузгодженості. Якщо деякі складові не використовуються, то

регулятор називають пропорційно-інтегруючим, пропорційно-дифференціюючим, пропорційним і так далі. В даній моделі використовувався саме пропорційно-інтегруючий регулятор.

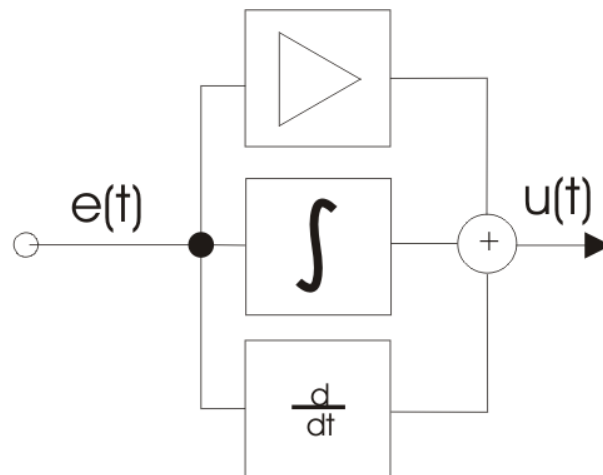


Рис. 3.9. Схема, що ілюструє принцип роботи ПІД-регулятора.

Система керування налагоджена так, щоб відстежувати за зворотнім зв'язком напругу та струм заряду акумуляторної батареї, в залежності від цих даних система подає сигнал керування на керований ключ (транзистор).

Таке керування забезпечує струм заряду 15А (± 0.2 А) та обмежує напругу в межах допустимого акумулятором. Якщо струм стає більшим за заданий то система подає сигнал на транзистор для зменшення скважності імпульсів, струм падає до 15А, після чого система знову подає сигнал вже для збільшення скважності і струм починає зростати, цей процес повторюється на протязі всього моделювання.

Вікно налаштування контролера струму та напруги зображене на рис. 3.10, 3.11.

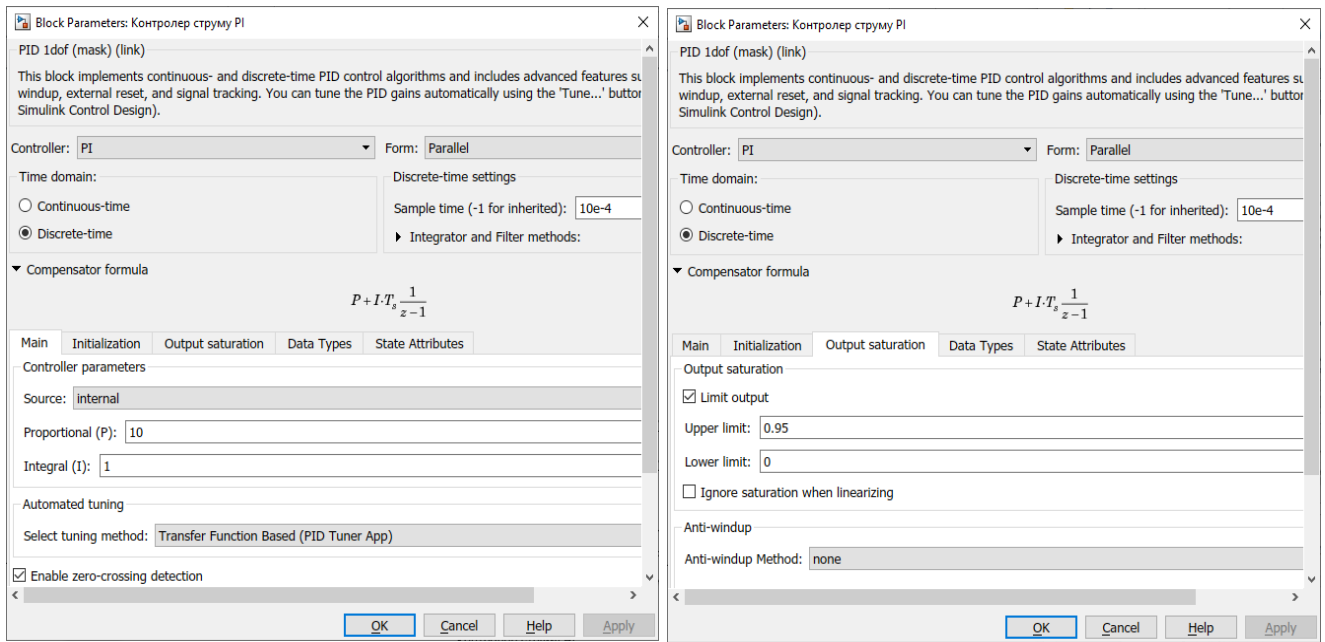


Рис. 3.10. Вікно налаштування PI контролера який контролює струм.

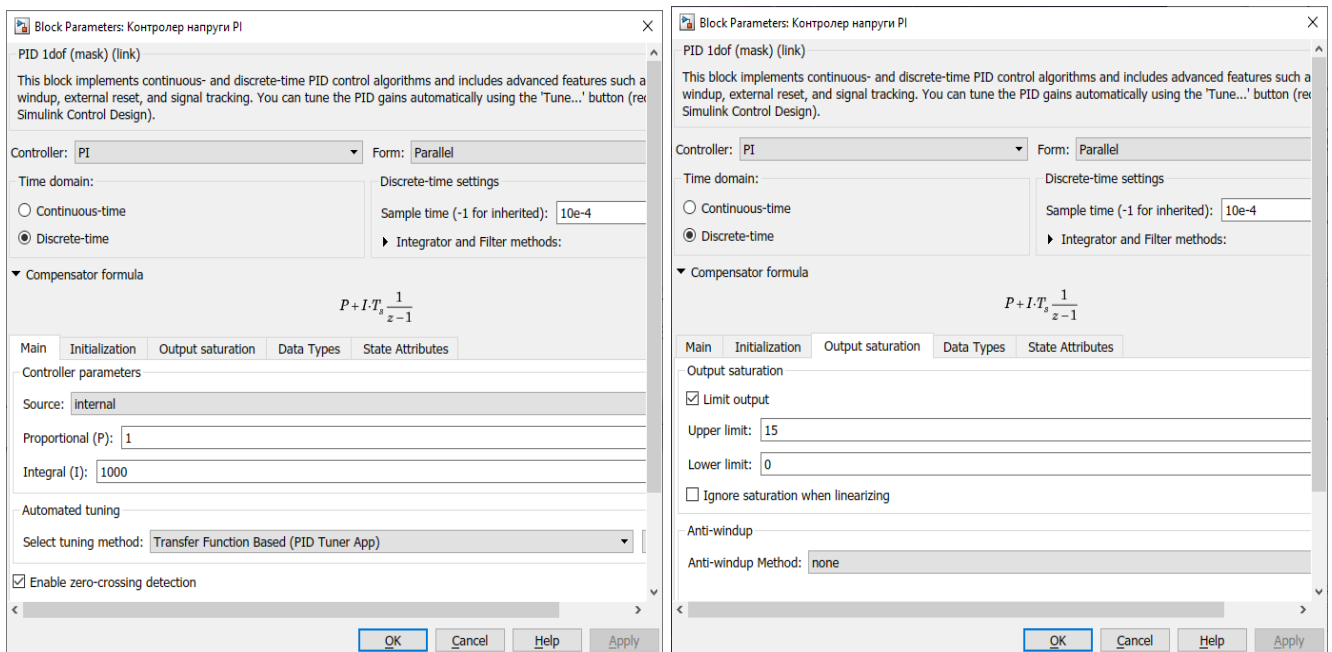


Рис. 3.11. Вікно налаштування PI контролера який контролює напругу.

3.3 Часові діаграми процесів у схемі

Графіки напруги джерела живлення з амплітудою 220В та перетворена («випрямлена») напруга в пульсуючу, після діодного мосту зображені на рис. 3.11.

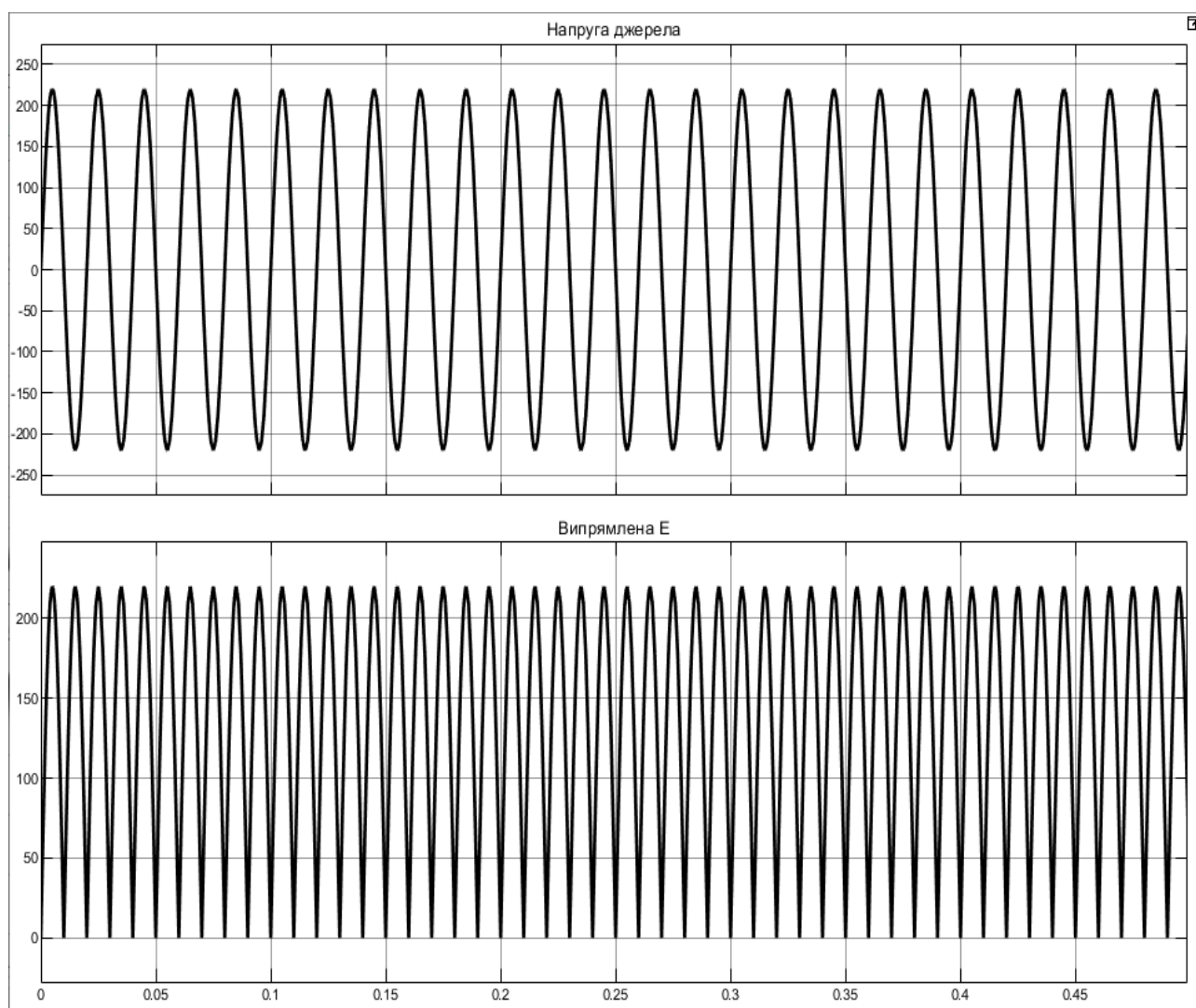


Рис. 3.11. Графіки: 1 - напруга джерела живлення, 2 - випрямлена напруга.

На рис. 3.12. зображено графіки:

- 1)Різниця допустимого значення струму заряду акумулятора та струму на вході батареї;
- 2)Сигнал пропорційно-інтегруючого регулятора.

На цих графіка чітко видно як ПІ контролер плавно регулює сигнал який в подальшому подається на ШИМ генератор для контролю закривання та відкривання транзистору.

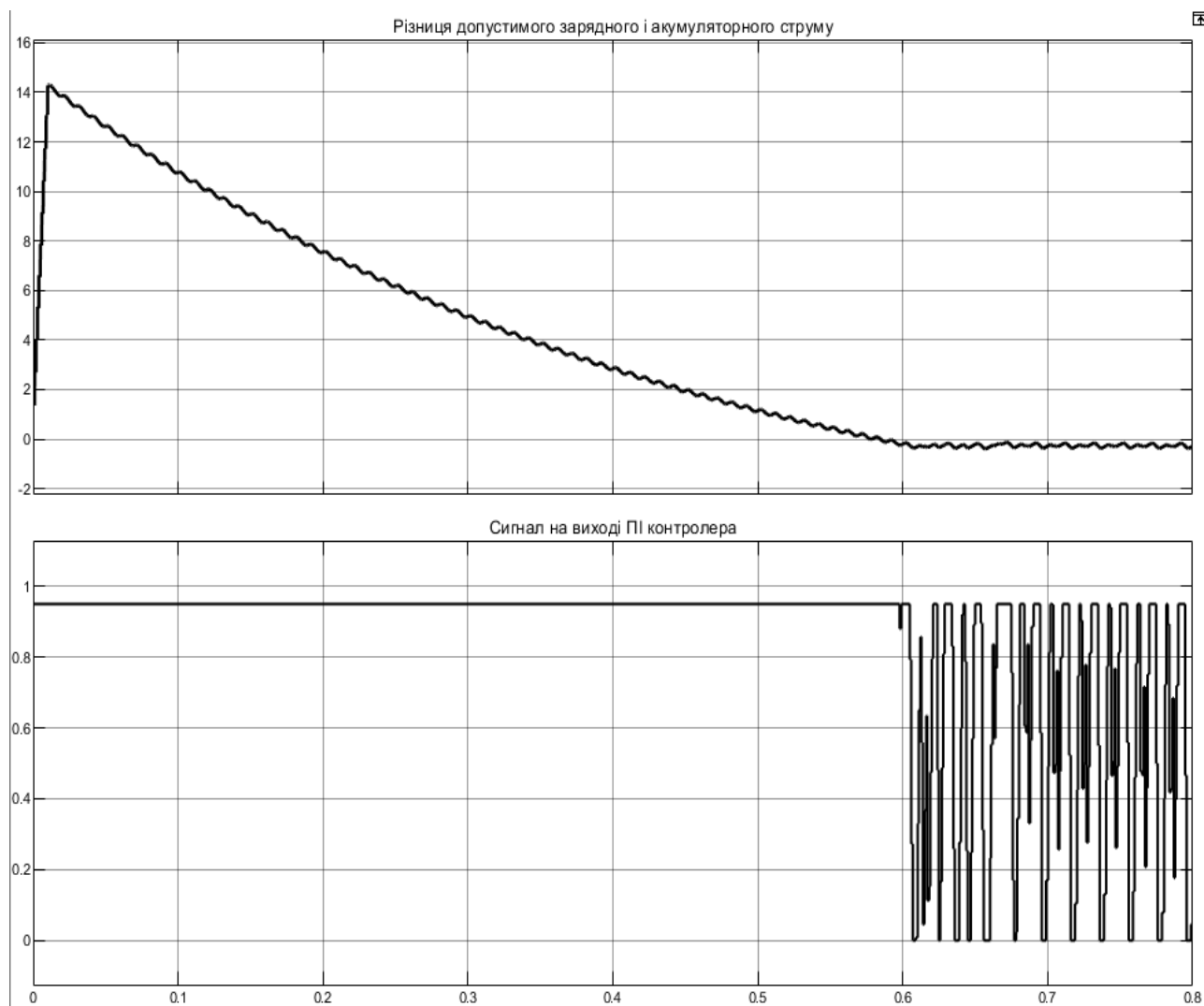


Рис. 3.12. Графіки: 1 – різниця допустимого та зарядного струму батареї, 2 – сигнал на виході ПІ контролера.

Також чітко можна побачити цей процес зрівнявши графік струму акумуляторної батареї та оберненого ШИМ сигнала транзистора рис. 3.13.

В момент часу коли струм на акумуляторі більший за 15А подається сигнал який закриває транзистор а коли менший відкриває його.

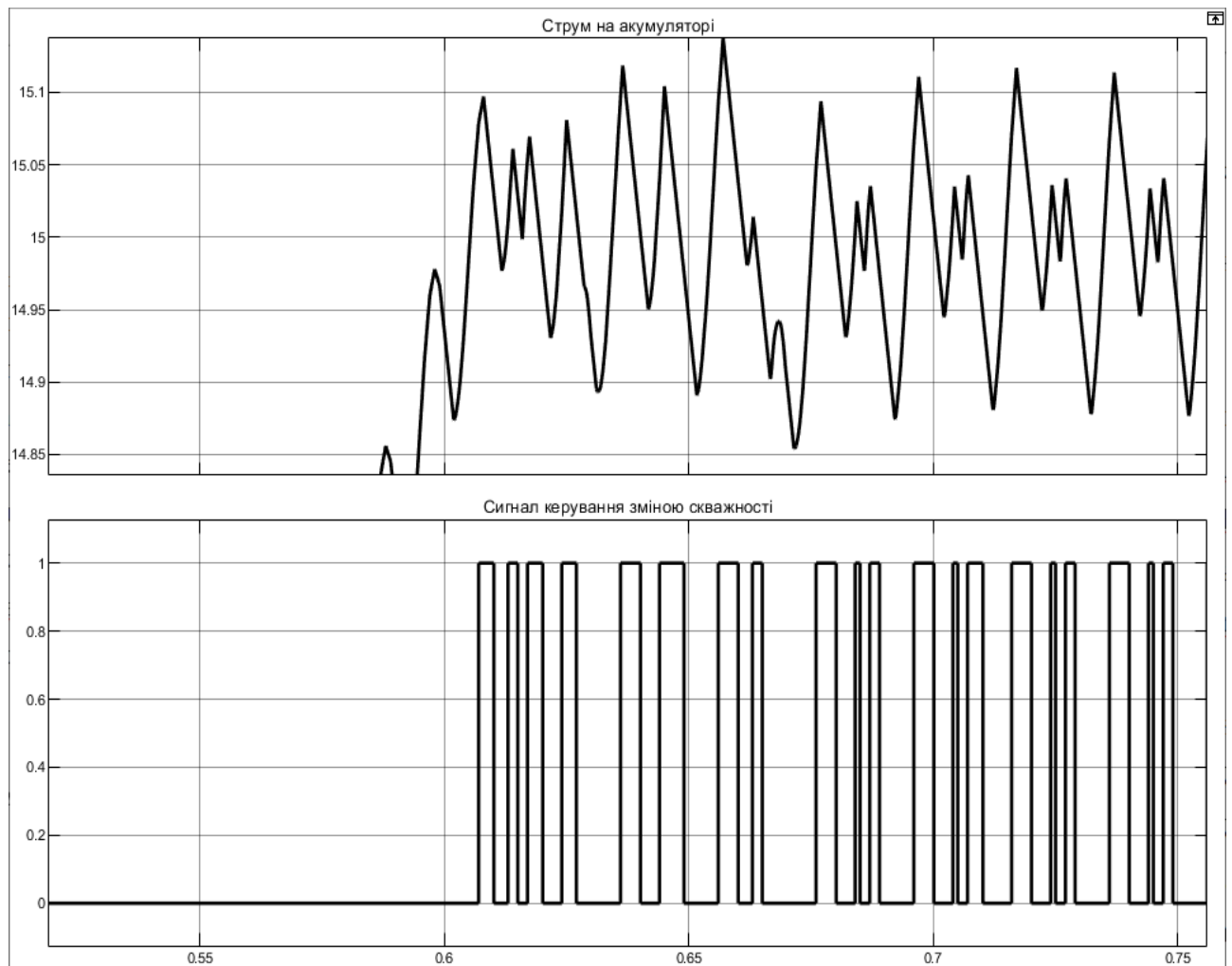


Рис. 3.13. Графіки: 1 – струм акумулятора,
2 – Сигнал керування зміною скважності.

Процес заряду та розряду акумуляторної батареї зображено на графіках рис. 3.14.

В проміжок часу з 0 до 4400 секунд батарея заряджається, добре видно, що на цьому проміжку, струм постійний-від'ємний (відповідно до характеристики заряду "Коли струм акумулятора мінусовий, акумулятор заряджається") а напруга плавно зростає до свого максимуму.

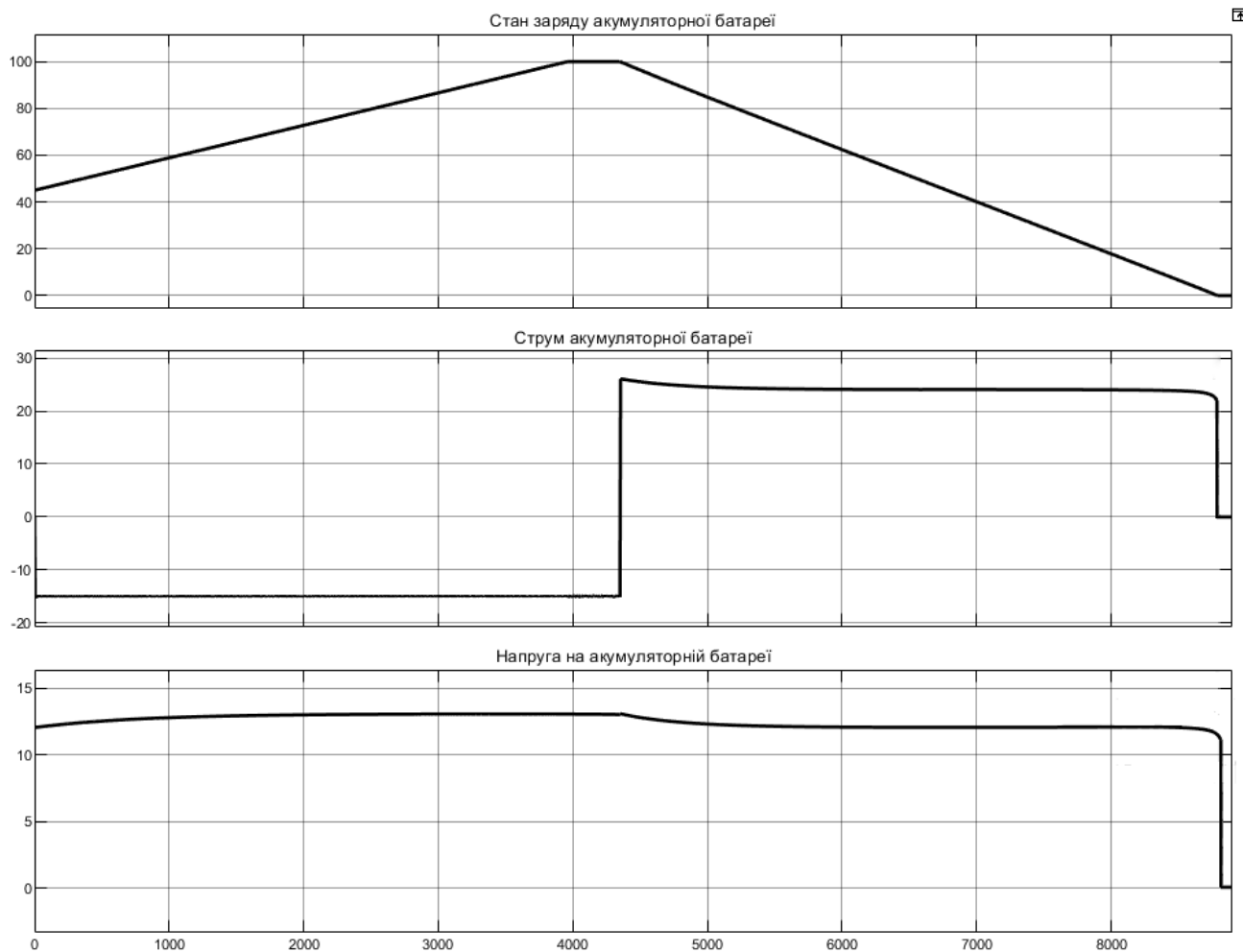


Рис. 3.14. Графіки: 1 – стан заряду акумуляторної батареї,
2 – струм акумуляторної батареї
3 – напруга акумуляторної батареї.

На проміжку з 4400 секунди починається процес розрядки батареї, струм на акумуляторі різко зростає до значення також як і на навантаженні а напруга плавно зменшується.

ВИСНОВКИ

На основі даних представлених типів акумуляторних батарей було обрано найбільш підходящий для використання в системі MicroGrid. Акумулятор типу GEL Valve Regulated Lead-Acid є самим оптимальним варіантом у співвідношенні ціна-якість, так як вони найкраще оптимізовані для роботи в системах резервного та автономного живлення з використанням альтернативних (відновлюваних) джерел електроенергії.

Зібрано схему імпульсного перетворювача для заряджає акумуляторну батарею. Зарядний пристрій забезпечує стабільну роботу ключових елементів у схемі. Показано, що прямий перетворювач в якому використовується трансформатор є актуальним в надійних та мало габаритних системах. Саме потужний польовий транзистор робить цю схему такою надійною.

Створена повністю працездатна модель малогабаритного зарядного пристрою для акумулятора. Побудовані за допомогою моделювання графіки стану заряду, струму та напруги в процесі заряду та розряду батареї.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Апк
Змн	Апк	№ локум.	Пілпис	Дата		52

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Батарейки и аккумуляторы: Для широкого круга читателей / В. С. Лаврус (ред.). — К.: Наука и техника, 1995. — 47с.: ил. — (Информационное издание; Вып.1).
2. В. Ю. Силевич. Основные типы тяговых аккумуляторных батарей.- В. Ю. Силевич, 2016. – 144 с.
3. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат,1981, - 360 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для электротехн., энерг., - 8-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 559с.
5. Волківський В.Б. Адаптивний метод заряду акумуляторних батарей // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Силова електроніка та енергоефективність”. – 2005. – Ч. 2.– С. 40-43.
6. Lithium batteries : Status, prospects and future : [англ.] / // Journal of Power Sources. — 2010. — Vol. 195, no. 9 (May). — P. 2419—2430.
7. Деордиев С. С. Аккумуляторы и уход за ними. – К.: Техніка, 1985. – 136 с.
8. Руденко В. С., Ромашко В. Я., Морозов В. Г. Перетворювальна техніка. Частина 2: Підручник. — К.: ІСДО, 1996. — 329с.
9. Перетворювальна техніка. Частина 2: Підручник. / Ю.П.Гончаров, О.В.Будьонний, В.Г.Морозов, М.В.Панасенко, В.Я.Ромашко, В.С.Руденко. Під ред. В.С.Руденко. - К.: ІСДО, 1999, - 329 с.
10. Перетворювальна техніка. Підручник. Ч. 2 / Ю. П. Гончаров, О. В. Будьонний, В. Г. Морозов, М. В. Панасенко, В. Я. Ромашко, В. С. Руденко. За ред. В. С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.
11. Кулбановский Я.С. Переходные процессы. М.,«Энергия», 1974.

					<i>ДП.ДС71.12.000 ПЗ</i>	Анк
						53
Змн	Анк	№ док.	Підпис	Дата		

12. Накопители энергии: Учеб. Пособие для вузов / Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич; Под ред. Д.А. Бута.–М.: Энергоатомиздат, 1991.–400 с.

13. Перетворювальна техніка. Підручник. Ч. 2 / Ю. П. Гончаров, О. В. Будьонний, В. Г. Морозов, М. В. Панасенко, В. Я. Ромашко, В. С. Руденко. За ред. В. С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.

14. Планирование и организация измерительного эксперимента / Е.Т. Володарский, Б.Н. Малиновский, Ю.М. Туз – К.: Вища шк.. 1987. – 280с.

15. Подражанский Юрий Маркович. Использование импульсных режимов заряда для повышения эксплуатационных параметров аккумуляторов: Дис... канд. техн. наук: 05.17.03 / Украинский гос. химико- технологический ун-т. – Д., 2000.

16. Преобразовательная техника: Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. 1983. – 431с.

17. Синдеев Игорь Михайлович. Электроснабжение летательных аппаратов: [Учебник для вузов гражд. авиации] / И. М. Синдеев. — М. : Транспорт, 1982. — 272 с. : ил.; 22 см.

18. Терещенко Т.О., Співак В.М., Волківський В.Б. Пристрій для заряду енергоємних акумуляторних батарей асиметричним струмом // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Силова електроніка та енергоефективність”, частина 2. – 2003. – с. 11-15.

19. Electronic components datasheet search URL – <http://www.alldatasheet.com/datasheet-df/pdf/161279/TI/NE555.html>

20. UC2842 описание, принцип работы, схемавключения – <https://zipstore.ru/blog/uc3842-opisanie-printsip-raboty-skhema-vklyucheniya/>

21. MATLAB 6 / 6.1 / 6.5 + Simulink 4 / 5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В.П. – М.: СОЛОН-Пресс. – 2002.– 768 с.

22. «MATLAB&Toolboxes» URL – <http://matlab.exponenta.ru>

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ док.	Підпис	Дата		54

23. Мартянов, А.С. Контроллер заряда ветроэнергетической установки / А.С.Мартянов, Е.В. Соломин // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». –2010. –№1(81). –С.106–109.

24. Дьяконов, В.П. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. –М.:СОЛОН-Пресс, 2004.– 384с.5.

25. T. Huria, M. Ceraolo, J. Gazzarri, R. Jackey, "High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for Characterization and Simulation of High Power Lithium Battery Cells", 2012 IEEE Electric Vehicle Conference, Greenville (SC), March 04-08, 2012.

					ДП.ДС71.12.000 ПЗ	Анк
						55
Змн	Анк	№ докум.	Підпис	Дата		

S U M M A R Y

Charger for battery in Micro Grid.

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization electronic components and systems Vitaliy Navrotskyi. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DS-71. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - Institute, 2021. - 5 p., Ill. tables

Keywords: Battery, Micro Grid, converter, charger, Simulink.

Summary of the project: 6 pages

S U M M A R Y

There are many types of batteries that differ in their characteristics and are optimized for use in various fields. Using new components and technologies, scientists are able to achieve the desired characteristics for a specific application, for example, for space satellites, space stations have developed nickel-hydrogen batteries.

The following table 1.1 shows not all types, but only the main ones that have become widespread.

Classification of batteries.

Table 1.1

A type	Application	Designation	Working temperature, °C	Cell voltage, V	Specific energy, W · h / kg
Lithium-ion (Lithium-polymer, lithium-manganese, lithium-iron-sulfide, lithium-iron-phosphate, lithium-iron-yttrium-phosphate, lithium-titanate, lithium-chlorine, lithium-sulfuric)	Transport, telecommunications, solar energy systems, autonomous and backup power supply, Hi-Tech, mobile power supplies, power tools, electric vehicles, etc.	Li-Ion (Li-Co, Li-pol, Li-Mn, LiFeP, LFP, Li-Ti, Li-Cl, Li-S)	-20 ... +40	3.2-4.2	280
nickel-saline	Road transport, Railway transport, Telecommunications, Energy, including alternative, Energy storage systems	Na/NiCl	-50 ... +70	2.58	140
nickel-cadmium	Electric cars, river and sea vessels, aviation	Ni-Cd	-50 ... +40	1.2-1.35	40 - 80
iron-nickel	Backup power supply, traction for electric vehicles, control circuits	Love	-40 ... +46	1,2	100
nickel-hydrogen	Space	Ni-H2		1.5	75
nickel metal hydride	electric vehicles, defibrillators, rocket and space technology, autonomous power supply systems, radio equipment, lighting equipment.	Ni-MH	-60 ... +55	1.2-1.25	60 - 72
nickel-zinc	Cameras	Ni-Zn	-30 ... +40	1.65	60
lead acid	Backup power systems, household appliances, UPS, alternative power supplies, transport, industry, etc.	Pb	-40 ... +40	2, 11-2.17	30 - 60
silver-zinc	Military sphere	Ag-Zn	-40 ... +50	1.85	<150
silver-cadmium	Space, communications, military technology	Ag-Cd	-30 ... +50	1.6	45 - 90
zinc bromine		Zn-Br		1.82	70 - 145
zinc-chlorine		Zn-Cl	-20 ... +30	1.98-2.2	160 - 250

Lead-acid batteries

This type is the most trained in the world due to its universal features and its low cost. Due to the large number of varieties, lead-acid battery is used in the areas of backup power systems, solar power plants, uninterruptible power supplies, autonomous power supply systems, various modes of transport, portable devices, and security systems.

If the battery is connected to a charger, the current will flow in the acid in the opposite direction. The flowing current will lead to a chemical reaction in which the acid molecules will be broken down and this will remove lead sulfate from the positive and negative plates of the battery. At the final stage of charging, the plates will have their original appearance: lead and lead oxide, this will allow them to get a different charge again, ie the battery will be fully charged.

Lithium-ion batteries

The history of its origins dates back to 1912, when Gilbert Newton Lewis worked on the calculation of the activities of strong electrolyte ions and studied the electrode potential of a number of elements, including lithium. In 1973, work resumed and as a result, the first lithium batteries appeared, which provided only one discharge cycle. Attempts to create a lithium battery were hampered by the property of lithium, which in the wrong modes of charge or discharge caused a violent reaction with the release of high temperature and even flame. Sony released the first mobile phones with such batteries, but after several unpleasant incidents was forced to withdraw products. Development did not stop and in 1992 the first "safe" batteries based on lithium ions appeared.

Lithium-ion batteries have a high energy density, and due to this compact size and light weight provides 2-4 times more capacity compared to lead-acid batteries. Undoubtedly, the great advantage of lithium-ion batteries is the high speed of full 100% charging in 1-2 hours.

Lithium-ion batteries are widely used in modern electronics, energy storage systems, solar energy and automotive. The most popular in phones, laptops, tablets, etc. The modern world is difficult to imagine without lithium-ion power supplies.

Nickel-cadmium rechargeable batteries

Nickel-cadmium batteries are the most reliable and durable type of batteries. There are serviceable and maintenance-free models with a capacity of 5 to 1500Ah with a nominal voltage of 1.2 V. Despite the similarity of the design with lead-acid, nickel-cadmium batteries have a number of significant advantages in the form of stable operation at temperatures from - 40 ° C, and are also able to withstand high starting

currents. Ni-Cd batteries are resistant to deep discharge, recharging and do not require instant charging as lead-acid type. Structurally made of impact-resistant plastic and well tolerate mechanical damage, are not afraid of vibration and the like.

Iron-nickel batteries

Iron-nickel batteries are one of the cheapest types that has allowed them to become in demand in electric vehicles as traction batteries, also used to electrify passenger cars, and power control circuits. Iron-nickel batteries do not contain toxic elements such as lead, cadmium, cobalt. Today, companies are promoting them for renewable energy systems.

Ways to charge batteries

Batteries are charged from a DC power source. In order for the charging current to flow, it is necessary that the voltage of the charger is greater than the electromotive force (EMF) of the battery.

The most common ways of charging are: at a constant charging current, a constant voltage and a combined method (in which the current and voltage change). Less commonly used charge intermittent current and pulsed asymmetric current.

Isolated and uninsulated converters

The isolated converter assumes that its output and input have no galvanic connection and are separated by an insulating barrier with this or that dielectric strength. This parameter indicates the resistance of the insulation barrier to the voltage applied between its input and output, and, in most cases, determines the possible scope of the device. Accordingly, the uninsulated converter does not provide a galvanic isolation between its input and output, and this fact is also decisive for its applications. All of the above are global differences that determine the circuit solutions, electrical characteristics and even the design of the converters.

Electrical insulation in isolated DC-DC converters is guaranteed by a high-frequency transformer. The disadvantage of this method is the increase in weight and size of the converter. But since there is no need for reverse energy conversion, the

converter circuit will be significantly simplified. Since the frequency is inversely proportional to the size of the transformer, this can be used and significantly reduce the weight of the transformer using a high frequency voltage.

Direct pulse converter

A direct converter is a single-key converter in which a transformer is used to transfer energy from the primary to the secondary circuit. Energy is transferred from the primary winding to the secondary when the switch is closed and current flows through it. A typical scheme of a direct converter is shown in fig. 1.1.

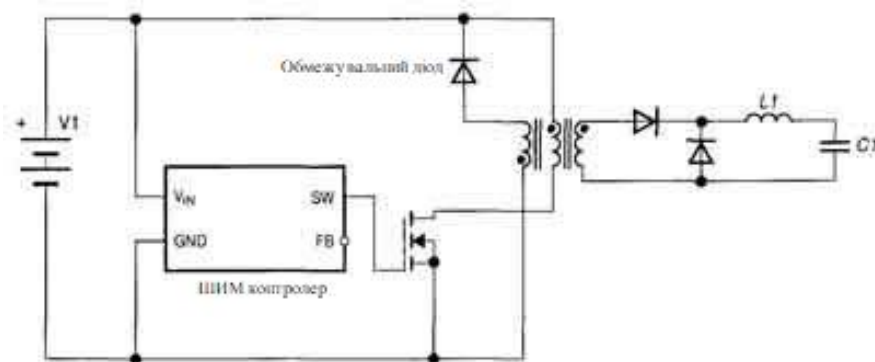


Fig. 1.1. Typical direct converter circuit.

In the circuit of the direct converter it is necessary to provide the voltage limiter as at opening of a key current flow through all windings of the transformer stops. The limiter provides a path for the current caused by the magnetizing inductance of the transformer and the scattering inductance. In the reverse circuit, when the key is opened, the current caused by the decrease of the magnetic flux in the core flows in the circuit of the secondary winding. Therefore, in the reverse circuit, the voltage limiter can be used only to reduce the impact on the key voltage pulses caused by the presence of inductive scattering.

Benefits:

- the presence of only one key transistor;
- the magnetic conductor of the pulse transformer has a smaller size than the magnetic conductor of the transformer of a single-stroke reverse-running converter under the same operating conditions;

- more efficient operation;

Disadvantages:

The main disadvantage of a single-stroke direct converter is the magnetization of the transformer core, caused by an asymmetric reversal cycle of the hysteresis loop. Because of this, the efficiency of such a converter is usually lower than that of two-stroke converters with symmetrical reversal of the pulse transformer.

Conclusion

1. Based on the presented types of batteries, we can confidently say that the lead-acid battery type GEL Valve Regulated Lead-Acid for the MicroGrid system will be the best option in terms of price-quality, as they are best optimized for backup and stand-alone systems. power supply using alternative (renewable) power sources.

2. DC charging is the fastest charging mode. Constant voltage is usually used to charge car batteries when you need to quickly restore the battery charge.

The combined charging method is the most optimal, it underlies the operation of most chargers of modern models. Intermittent charge involves pauses between current pulses that are designed to absorb the charge

3. The insulated converter assumes that its output and input have no galvanic connection and are separated by an insulating barrier with this or that dielectric strength.

The main advantages of the converter are:

- low cost;
- rare cases of equipment breakdowns;
- reliability and simplicity of design;
- ease of repair and maintenance.