

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА НА ТЕМУ:

«Універсальна система зарядки акумуляторних батарей»

Завідуючий кафедрою

Опанасюк А. С.

Керівник

кваліфікаційної роботи

Новгородцев А. І.

Консультант

з економічної частини

Маценко О. М.

Виконав студент

гр. ЕСмз –91С

Хоменко А. К.

Суми 2020 р.

Сумський державний університет
Кафедра «Електроніки і комп'ютерної техніки»
Спеціальність 171 «Електроніка»
Освітня програма „Електронні системи та компоненти”

Затверджую:
Зав. кафедрою ЕКТ
Опанасюк А. С.
„_____” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Хоменко Артему Костянтиновичу

Тема роботи : «Універсальна система зарядки акумуляторних батарей»

Затверджена наказом по університету від „_____” _____ 2020 р. № _____

Термін виконання роботи: 15 .12. 2020 р.

Початкові дані до роботи:

- напруга живлення пристрою - 12 В;
- максимальна постійна напруга зарядки АКБ - 16 В;
- максимальний струм зарядки АКБ -250 А;
- наявність блоку установки режимів роботи;
- автоматичний вибір джерела живлення;
- обмін МК та автомобіля через UART-CAN конвертор;
- контроль напруги та струму зарядки;
- керування ключами силового блоку сигналами ШІМ.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- огляд існуючих пристроїв за даним напрямком проектування;
- розробка алгоритму функціонування системи;
- розробка структурної схеми системи;
- розробка та розрахунок принципової схеми системи.

Перелік графічного матеріалу:

- креслення схеми алгоритму;
- креслення схеми електричної структурної;
- креслення схеми електричної принципової.

Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко- економічна частина	Маценко О. М.		

Дата видачі завдання 20.09. 2020 р.

Керівник роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Перелік етапів виконання роботи:

Термін виконання:

- | | |
|--|----------------|
| 1.Огляд літератури та постановка задачі проектування | 10.10. 2020 р. |
| 2. Науково-дослідницька частина | 20.10. 2020 р. |
| 3. Розробка алгоритму функціонування | 25.10. 2020 р. |
| 4. Розробка та обґрунтування структурної схеми | 30.10. 2020 р. |
| 5. Розробка та розрахунок принципової схеми | 15.11. 2020 р. |
| 6.Техніко-економічна частина | 25.11. 2020 р. |
| 7. Оформлення пояснювальної записки | 30.11.2020 р. |
| 8. Оформлення креслення та слайдів | 10.12. 2020 р. |
| 9. Представлення роботи на рецензування | 12.12. 2020р. |

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 80 сторінок, 29 малюнків, 17 таблиць, вступ і 5 розділів тексту.

Графічна частина роботи містить алгоритм, структурну і принципову схеми.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел по обраному напрямку проектування.

Другий розділ містить науково-дослідницьку частину роботи.

Третій розділ містить розробку алгоритму функціонування і структурної схеми пристрою.

Четвертий розділ присвячений розробці та розрахунку принципової схеми пристрою.

П'ятий розділ містить розрахунок собівартості виготовлення пристрою.

По результатам проектування, зроблені висновки.

Наведено 15 літературних джерел.

У додатку наведена програма для мікроконтролера та перелік елементів принципової схеми.

Ключові словосполучення: зарядні станції; перетворювач напруги; акумулятор; електромобіль.

Key phrases: charging stations; voltage converter; the battery; electric car.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Огляд існуючих пристроїв зарядки акумуляторних батарей електромобілів	6
1.1 Структура електромобіля	6
1.2 Зарядний пристрій CHAdeMO	7
1.3 Класифікація зарядних пристроїв (стандарти Європи) та методи зарядки	8
1.4 Класифікація і основні технічні параметри зарядних станцій	12
2 Науково-дослідницька частина	29
2.1 Аналіз акумуляторних батарей для електромобілів	29
2.2 Літій-іонні батареї для електромобілів	38
3 Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою	48
3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою	48
3.2 Розробка структурної схеми пристрою	50
4 Розробка та розрахунок принципової електричної схеми	53
4.1 Вибір елементної бази	53
4.2 Розрахунок основних вузлів і блоків принципової схеми	70
5 Техніко-економічна частина	74
5.1 Розрахунок повної собівартості пристрою	74
5.2 Розрахунок ціни пристрою	78
Висновки	79
Література	80
Додатки	

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата				
Разраб.		Хоменко			Універсальна система зарядки акумуляторних батарей. Пояснювальна записка.	Лист	Лист	Листов
Проверил		Новгородцев				3	80	
Реценз.						СумДУ, гр. ЕСмз-91С		
Н. Контр.		Гапич						
Утверд.		Опанасюк						

ВСТУП

Електромобілі неминуче проникають в наше життя. Все більше автовласників у всьому світі віддають перевагу «електричкам» замість традиційних транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання. Згодом відсоток «чистих» EV - HE гібридів - тільки виросте. Хоча б тому, що цього вимагають все більш посилюючі екологічні норми. І тоді питання зарядних станцій постане ще гостріше.

В останні роки будь-який автолюбитель, що стежить за технічними новинками, повинен був помітити зростання популярності і поширеності електромобілів і гібридів. Цьому сприяють збільшення пробігів між зарядками і зниження вартості «електричних» засобів пересування. Поки автомобільні виробники не встигли домовитися, вони зробили досить велику кількість типів роз'ємів і зарядних станцій. В даному випадку пропонуємо розібратися в різноманітті зарядних станцій для електромобілів, типах роз'ємів і стандартів зарядки.

Електромобілі живляться від постійної напруги, однак, заряджаються від джерел з постійним і змінним струмом. Джерела з постійним струмом здатні заряджати електромобіль швидко, є надпотужними і встановлюються, як правило, на заправних станціях. У таких зарядках застосовуються роз'єми CHAdeMO і (або) CCS Combo.

При зарядці електромобілів від мережі змінного струму (такі мережі доступні для населення), в машині встановлені перетворювачі, змінного струму в постійний, що істотно обмежує потужність зарядки (максимум 7.4 кВт при підключенні до мережі 220В і 22кВт при підключенні до 380В), саме такі зарядні станції і продаються для приватного використання. У них, як правило, застосовуються роз'єми Type 1 і Type 2.

Необхідність спеціалізованих зарядних станцій на дорогах цілком очевидна з огляду на різке зростання кількості електричних машин. Більш того,

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

відчувається гостра нестача і необхідність таких установок і за межами міста, так як саме на замських трасах найскладніше знайти місце для підзарядки.

Запас ходу у середнього сучасного електромобіля складає близько 200 км, чого для міських поїздок більш ніж достатньо. А заряджати АКБ можна в гаражі, залишивши автомобіль на зарядці на всю ніч.

Однак в міжміських поїздках такого запасу ходу, як правило, не вистачає. І навіть якщо знайти десь звичайну розетку, то мало у кого є можливість чекати кілька годин для підзарядки батареї.

Тому зарядні станції для електромобілів на замських трасах вкрай важливі. Адже вони дозволяють зарядити автомобіль максимально швидко, а їх достатня кількість зможе практично повністю усунути недолік запасу ходу електромобілів і допоможе їх більш швидкому розвитку.

Технологічно розвинені країни активно розвивають мережі електрозаправочних станцій, а за останні півроку кількість автомобілів з електричними силовими установками зросла вдвічі і складає вже два мільйони одиниць.

Дивлячись на те, як активно весь цивілізований світ переходить на електричні транспортні засоби, хочеться вірити, що Росія, Україна та інші країни колишнього СРСР також послідуєть цьому прикладу. Адже електромобілі - це не тільки економічно вигідний, а й екологічно чистий вид транспортних засобів. Майбутнє за електрикою, і це вже очевидно. І чим швидше ми перебудуємося, тим краще для всіх нас.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Суть будь-якого зарядного пристрою - в перетворенні одного виду електрики в інший - той, який підходить електромобілю.

По-іншому йде справа з так званими «швидкими» зарядками. Вони якраз дозволяють відмовитися від проміжної ланки і заряджати електрокар відразу постійним струмом. Правда, не всі електромобілі, на жаль, підтримують формат Fast Charge.

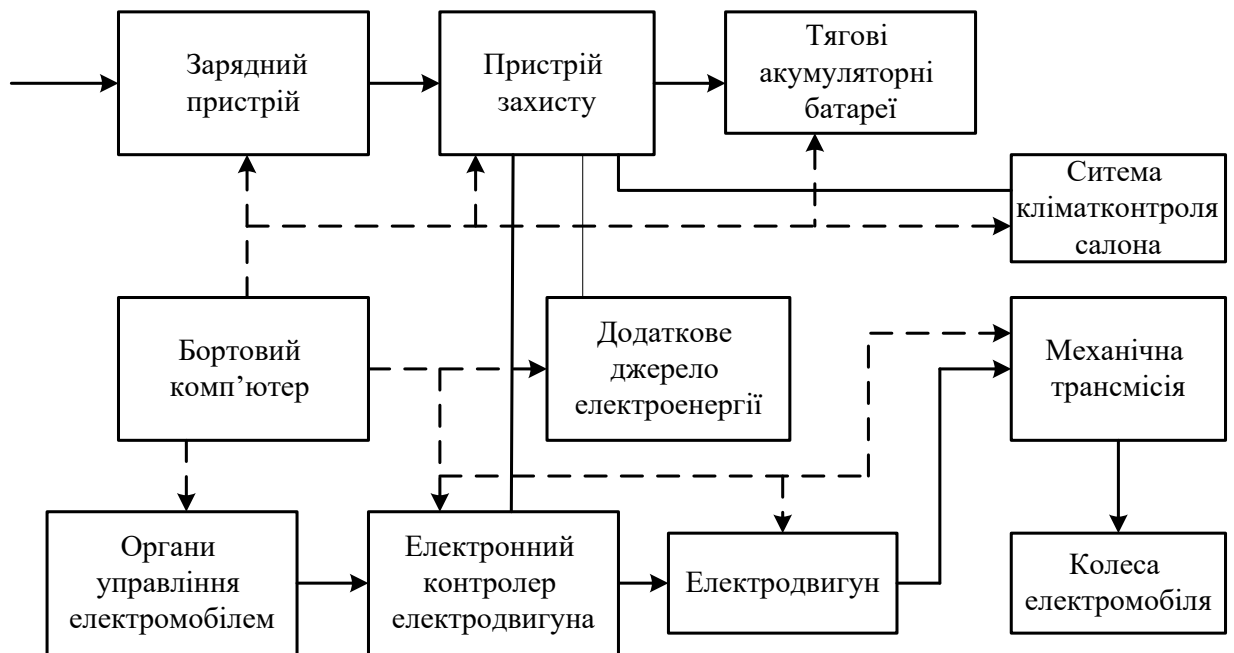


Рисунок 1 – Структурна схема електромобіля

1.2 Зарядний пристрій CHAdeMO

Зарядний пристрій CHAdeMO перетворює величину струму до певної величини або певної напруги. Типові головні компоненти зарядного пристрою CHAdeMO: випрямляч, ізоляційний трансформатор, фільтруючі компоненти (змінного і постійного струму), компоненти коефіцієнта потужності, перетворювач постійного струму, контролери. Структурна схема зарядного пристрою CHAdeMO, наведена на рис. 2.

Використанням ізолюючого трансформатора, підвищує безпеку зарядного пристрою, запобігаючи у системі батарей, пробією високої напруги з боку змінного струму. Фільтрація змінної напруги, знижує гармонійні складові зарядного пристрою.

- Mode 2. Змінний струм - до 32 А, напруга - 220-240 В, потужність - до 7-8 кВт·ч

- Mode 3. Постійний струм - до 63 А, напруга - 220-230 В, потужність - до 43 кВт·ч

- Mode 4. Постійний струм - до 400 А, напруга - до 600 В, потужність - до 250 кВт·ч

Методи зарядки.

Від звичайної розетки 220 В. Найпростіший і доступний абсолютно для всіх способів - зарядка від побутової «домашньої» розетки з напругою 220 В. В даному випадку потрібен лише відповідний кабель, який зазвичай додається до будь-якого автомобіля і перетворює змінний струм мережі в постійний, необхідний для батареї.

На одному його кінці - стандартна вилка, а на іншому - роз'єм, який підходить для даного електрокара. Крім цього кабель обладнується так званим захисним блоком, який відстежує температуру проводів і напругу, що захищає електромобіль і будинок від таких неприємностей, як перегрів (і можливого спалаху) або коротке замикання.



Рисунок 3 - Зарядка від звичайної розетки 220 В

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Зворотний бік цього найпростішого способу - низька швидкість зарядки і, відповідно, великі витрати часу. Для того, щоб зарядити до кінця, наприклад, акумулятор на 60 кВт·ч (а така ємність нині доступна майже для всіх електромобілів), швидше за все, будуть потрібні цілу добу. У той же час настільки повільний спосіб є самим щадящим для батареї що підвищує термін її служби.

Швидкість зарядки акумуляторів.

Навіть школяреві відомо, що швидкість зарядки будь-якого акумулятора залежить в основному від сили струму. Електромобілі - не виняток. Але якщо для поповнення заряду «домашніх» девайсів вам досить, як правило, 1-3 ампера, то для того, щоб швидко зарядити електрокар, такого «Ампераж» недостатньо.

Для кожної акумуляторної батареї позначена максимальна сила зарядного струму. Якщо перевищити її, то це може позначитися не тільки на втрати ємності батареї, але і навіть привести до повного виходу її з ладу.

Саме тому чим вище сила струму, тим швидше йде процес зарядки. Так, наприклад, деякі станції зарядки постійним струмом видають до 250 А. Необхідно також враховувати і той факт, що ємність акумуляторів електромобілів набагато вище, ніж у будь-якого іншого пристрою домашнього користування.

Відповідно, чим більше ємність, тим більше часу потрібно для її заповнення електрикою. Ще одним способом прискорення процесу зарядки є збільшення напруги. Таким чином, трифазна 380-вольта мережу завжди дасть вам значну перевагу.

Чим більше сила струму і швидкість зарядки, тим за меншу кількість циклів ви «вб'єте» акумулятор свого електромобіля.

Зарядка від електромережі з напругою 380 В.

Володарям 380-вольтової домашньої мережі пощастило більше, бо вони зможуть значно скоротити час зарядки акумулятора. Однак стандартним кабелем, що перетворює змінний струм в постійний, тут вже не обійтися. Для поповнення запасу батареї від 380 В, необхідно мати стаціонарний зарядний пристрій, який

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ



Рисунок 5 - Зарядні станції з постійним струмом

Ні для кого не секрет, що компанія Tesla зараз попереду планети всієї по виробництву електромобілів, так само як і по найшвидшим зарядним станціям Tesla Supercharger. Але, на жаль, навіть в Москві така «заправка» існує тільки в єдиному екземплярі - в Сколково. До речі, на ній передбачено два типи роз'ємів - американський і європейський.

1.4 Класифікація і основні технічні параметри зарядних станцій

Mode 1. Повільні зарядки або якщо простіше, звичайна розетка 220В. Даний тип зарядки дуже повільний, зарядка здатна заряджати електромобіль зі швидкістю 2 кВт / год, тобто якщо у вас автомобіль з акумуляторною батареєю 20 кВт, то до 80% заряду вам буде потрібно 10 години, до 100% 12 годин (останні 20% машина заряджається особливо довго, це зроблено для збереження батареї). Але є одна умова - в розетці повинно бути підключено заземлення, або «занулення».

Mode 2. Стандартна зарядна станція змінного струму, яку застосовують і в биті, і на електрозаправках. Підходить для електромобілів практично будь-

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

якого типу, з традиційним роз'ємом і системою захисту всередині кабелю. Час зарядки стандартного електрокара - до 8 год.

Mode 3. Найпотужніший тип зарядних станцій, при зарядці змінним струмом. Це найкращий тип зарядок для приватного використання. Зарядки комплектуються кабелем або роз'ємом Type 1 - для однофазної мережі (потужність до 7.4 кВт) або Type 2 - для трифазної мережі (потужністю до 22 кВт).

Mode 4. Це найпотужніші зарядні станції з потужністю від 50 до 250 кВт, здатні зарядити будь-який автомобіль за 15-30 хвилин. Вони встановлені на заправочних станціях.[2]

Для домашнього (побутового) використання доступні зарядні станції Mode 1, Mode 2 і Mode 3. Великий вибір зарядок для електромобілів представлений в каталозі.

Бездротові зарядки для електромобілів

Розробки бездротових зарядок для електромобілів ведуться досить активно. І вже сьогодні деякі виробники випускають бездротові зарядки потужністю в 20 кВт. А в майбутньому планується досягти 50 кВт, що практично не поступається провідним аналогам. Однак це всього лише теорія. На практиці ж все трохи інакше.

По-перше, для бездротової зарядки сам електромобіль повинен бути оснащений системою, яка зможе приймати заряд. По-друге, такі цифри доступні при ідеальних умовах. Але чим далі автомобіль від джерела випромінювання, чим більше між пристроями прийому і випромінювання електромагнітних хвиль перешкод, тим слабкіше буде зарядка. Однак якщо мова йде про приватний будинок з великим гаражем, в якому можна обладнати майданчик для бездротової зарядки, це досить зручно.

Але якщо говорити про придорожніх зарядних станціях, то час в цьому випадку головний фактор, адже вам потрібно якомога швидше зарядити свій транспортний засіб і їхати далі. А якщо мова йде про звичайні гаражах, то в

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

першу чергу варто подумати про рентабельність покупки і наявності вільного простору.

Перевагами бездротових установок є універсальність - вам не доведеться підбирати потрібний тип конектора (розетки) під вашу модель автомобіля, - а також безпеку. Оскільки ви не маєте справу з роз'ємами і розетками, то ризик отримати удар струмом, зводиться до нуля. При цьому немає зносу проводів і конекторів.

Чи варто встановлювати бездротову зарядку - це вже рішення суто особиста. Якщо говорити про інфраструктуру АЗС для електричних видів транспорту, то навряд чи незабаром ми побачимо бездротові станції на дорогах (про причини було сказано вище). Та й з економічної точки зору бездротова установка для зарядки нерентабельна.

Основні технічні параметри.

Всі типи зарядних установок мають загальні технічні параметри. До них відносяться:

- швидкість зарядки;
- види розеток - тільки для дротових станцій;
- силова установка - потужність, сила струму і так далі;
- наявність додаткових функцій.

При виборі обладнання для установки зарядної станції всі вони враховуються у першу чергу. Тому давайте розглянемо їх докладніше.

Час для повної зарядки.

Швидкість зарядки акумуляторної батареї залежить від декількох параметрів:

- потужності зарядки;
- ємності батареї;
- максимальної потужності контролера заряду в автомобілі.

З цих трьох параметрів складається час, необхідний для повного заряду вашого автомобіля.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Ще одна незаперечна перевага - відсутність витрат на заправку паливом. Заряджати акумулятор можна від електромережі, а якщо робити це вночі, можна значно скоротити цей пункт витрат. І, звичайно, не потрібно забувати про зручність і маневреність електрокарів (рис.6).



Рисунок 6 – Одна із типів зарядних станцій

Існують американські і європейські стандарти заправочних станцій. Розглянемо їх окремо.

У США заправочні станції (ЗС) розділені на три основних типи - рівні 1, 2, 3.

1. Перший. Сюди відносяться звичайні пристрої. За годину вони заряджають автомобіль на електробатарейі приблизно на 40 км їзди. Для повної підзарядки акумуляторів знадобиться близько 8 годин.

2. Другий. Ці станції працюють від звичайної електромережі. Їх продуктивність вдвічі більше, ніж у попередніх. Підзарядка триває до 6 годин.

3. Третій. Найшвидші ЗС. Напруга - 480 В, потужність - до 135 кВт. Такі пристрої рідко зустрічаються в європейських країнах, ще рідше - в Україні. Головне призначення - обслуговування машин Tesla. За півгодини можна зарядити електромобіль на 80%.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

зарядити акумулятор на 50%, ще півгодини, і він буде заряджений на 80%. Для решти 20% потрібно ще близько 40 хвилин.

Принцип роботи швидкісних зарядних станцій. Особливість, якою відрізняється цей тип зарядки, в тому, що вона використовує не змінний, а постійний струм, у якого потужність набагато більше. Потрібні спеціальні роз'єми, найбільш поширений – CHAdeMO (рис. 7).

Швидкість підзарядки в цьому випадку зростає в рази - всього за півгодини можна сміливо продовжувати шлях. Правда за цей час акумулятор встигне зарядитися всього на 80%. Щоб досягти позначки в 100%, доведеться чекати ще. Причина криється в технологічних процесах заряду / розряду.



Рисунок 7 – Швидкісна зарядна станція

Потужність зарядних станцій вказується в кіловатах (кВт). Кожен тип зарядних станцій має свій тип роз'ємів, які, в свою чергу, діляться по робочій потужності і типу робочого струму (змінний чи постійний).

Ультрешвидкі зарядні станції. До групи ультрешвидких станцій (рис.8) входять як зарядні станції постійного, так і змінного струму. Є три умовних великі групи:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

типи роз'ємів заряджають електромобіль до 80% за півгодини в залежності від ємності акумулятора і початкового рівня заряду.



Рисунок 9 – Типи зарядних роз'ємів

Крім роз'ємів для ультрашвидких зарядних станцій постійного струму існує ще один роз'єм для трифазного змінного струму - Type 2, здатний забезпечувати потужність заряду 43 кВт. Ультрашвидкі зарядні станції змінного струму заряджають електромобілі за той же час, що і аналогічні станції постійного струму в залежності від ємності батареї і початкового рівня заряду акумулятора.

Окремо в класі ультрашвидких зарядних станцій використовують роз'єм Tesla Type 2 на станціях Tesla Supercharger. Ці станції здатні видавати до 120 кВт. На жаль, скористатися такою потужністю можуть тільки власники автомобілів Tesla.

Клас ультрашвидких зарядних станцій (рис.10) стрімко розвивається і в найближчі 3-5 років заплановано збільшення потужності станцій спочатку до 150 кВт, а потім до 350 кВт, що значно скоротить загальний час зарядки.



Рисунок 10 - Швидкі зарядні станції

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Повільні зарядні станції з успіхом використовують і на громадських парковках або біля офісів, де електромобіль знаходиться тривалий час. Через більш тривалого часу, потрібного для заряду акумулятора, повільні зарядні станції в якості громадських точок заряду зустрічаються набагато рідше швидких.

Хоча повільне зарядний пристрій може бути включено в звичайну розетку, через більш високих постійних навантажень і тривалого часу використання, настійно рекомендується встановлювати для таких станцій окрему силову розетку (рис. 13) з окремим автоматичним вимикачем.



Рисунок 13 – Роз’єми меншої потужності

На ультрашвидких зарядних станціях, в основному, використовуються роз’єми CHAdeMO, CCS або Type 2. У швидких і повільних зарядних станціях зазвичай використовуються розетки Type 2, Type 1 або Commando (рис. 11).

На електромобілях європейських моделей (Audi, BMW, Renault, Mercedes, VW і Volvo), як правило, встановлюються розетки Type 2 або сумісні з ними CCS-2, в той час як азіатські виробники (Nissan і Mitsubishi) вважають за краще встановлювати на своїх моделях розетки Type 1 і CHAdeMO як окремо, так і обидві розетки одночасно. Виняток з цього списку складають тільки Hyundai Ioniq Electric і Toyota Prius Plug-In. [3]

Багато електромобілі поставляються як із зарядним кабелем, так і з повільною переносною зарядною станцією. Зазвичай, кабель має один роз’єм ідентичний типу роз’єму на електромобілі, а інший або Type 1 або Type 2 в залежності від регіону для якого призначається електромобіль. Переносна зарядна станція має з одного боку роз’єм ідентичний типу розетки на

електромобілі, а з іншого боку звичайний побутовий роз'єм SHUKO, що дозволяє заряджати електромобіль практично у будь-якому місці, де доступна електромережу.

1.5 Бездротові заправочні станції

Зарядний пристрій Protterra. Існує ще кілька цікавих видів зарядок. Однією з таких є Protterra (рис. 14). Якщо брати до уваги первинну задумку розробників, то вона повинна була представляти із себе пристрій з простим з'єднанням і відкритими контактами, але для підвищення заходів безпеки довелося доопрацювати систему. Ця зарядка може підвищити рівень заряду акумулятора з 0 до 95% за десять хвилин, маючи при цьому ККД 92% і потужність 500 кВт.



Рисунок 14 - Зарядний пристрій Protterra

У зарядках Protterra контактні площадки приховані, але мають властивість висуватися тоді, коли під'їжджає автобус. У Швейцарії компанія АВВ займається створенням альтернативної системи. Відмінність в тому, що швейцарці

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

збираються встановити зарядні пристрої на всіх пунктах зупинки, а не на кінцевій, з можливістю 15 + секундними заряджаннями тоді, коли пасажирі будуть заходити і виходити з салону. Однак, дана розробка навряд чи зайде далі тестування, так як її експлуатація не вигідна через великі витрати.

Використання бездротових зарядних пристроїв. В Америці компанія Evatram випустила безконтактну зарядку другого рівня, яка призначена для легкових машин з потужністю 3.3 кВт (рис. 15).

Для її роботи необхідна наявність мережі на 240 Вольт, хоча це зарядний пристрій має потужність удвічі менше, ніж Level 2. Значення ККД прирівнюється до 3.6 кВт потужності при вхідних даних і 3.3 кВт на приймачі. Мінус у тому, що машини не мають в комплектації приймача, який підтримував би цю зарядку. Тому Evatram продає на додаток до зарядного пристрою і модуль для установки в авто.



Рисунок 15 - Бездротовий зарядний пристрій

Для проведення швидкої зарядки акумулятора дуже добре підходить бездротовий зарядний пристрій. Він не перевищує дозволений рівень радіації, має менше навантаження для вулиці і має можливість бути прихованим. Однак, в

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

даний момент ще не випущені моделі машин, які можуть підтримувати подібну зарядку з заводу. Хоча, деякі виробники (Porsche) поділилися своїми планами про впровадження такої функції у майбутньому.

Бездротові зарядки потроху впроваджуються у транспортну систему різних країн. Наприклад, в Англії в експлуатацію пустили вісім автобусів, що заряджаються за допомогою безконтактних зарядок. На території Південної Кореї перевіряють ефективність такої зарядки, яка має потужність 100 кВт. Однак, такий пристрій не вигідно використовувати через високу ціну, так як при встановленні цієї зарядки необхідно її наявність на протязі всього маршруту пересування. [4]

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 НАКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз акумуляторних батарей для електромобілів

Види акумуляторних батарей електромобілів

У більшості сучасних електричних машинах використовуються 4 типи акумуляторних батарей. Найпоширеніші - літій-іонні, алюміній-іонні і літій-сірчані. Іноді застосовують ще й метал-повітряні, де в якості металу виступають цинк, літій, натрій, магній або алюміній. Для рівномірного розподілу центру маси автомобіля, акумулятори розміщують у днищі автомобіля по всій його довжині (рис. 1).

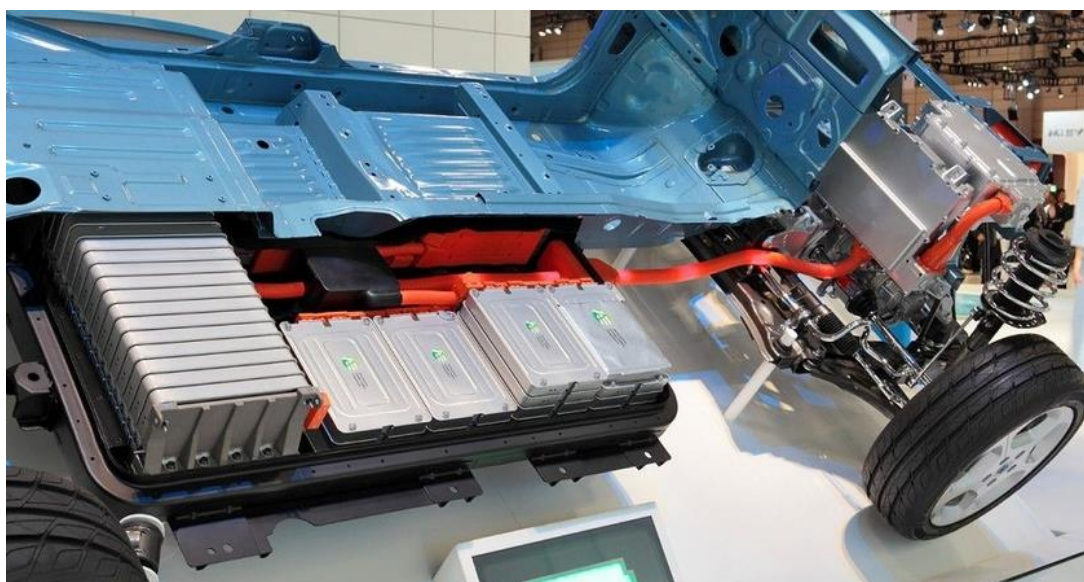


Рисунок 1 – Розміщення АКБ в електромобілі

Літій-іонні батареї. Літій-іонні АКБ - найпоширеніший варіант для установки на електричних автомобілях (рис. 2). Перевагами таких джерел живлення вважають:

- високу щільність накопичуваної енергії;
- більш висока в порівнянні з іншими видами АКБ напруга;
- невеликий саморозряд - до 6% в місяць, до 20% у рік;
- практично повна відсутність «ефекту пам'яті», через якого нові батареї потрібно «тренувати», використовуючи кілька циклів заряду / розряду;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Літій-сірчані батареї. Акумулятори, принцип дії яких заснований на реакції між літієм і сіркою, виробляються багатошаровими (рис. 3). Їх ємність приблизно вдвічі вище у порівнянні з аналогічними за розміром літій-іонними батареями. Вартість виготовлення таких акумуляторів нижча, а робочий діапазон температур вищий, ніж у більшості інших джерел живлення електромобілів.

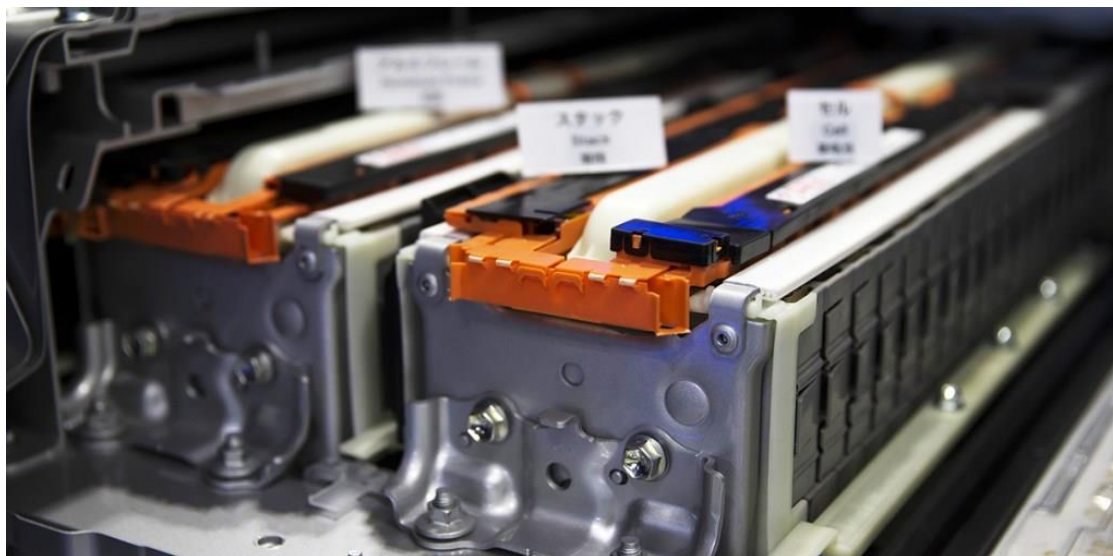


Рисунок 3 - Літій-сірчані батареї

Недоліком літій-сірчанних АКБ є невелика кількість перезаряджень (до 60). Це робить батареї непридатними для установки у серійних автомобілях. Однак над усуненням недоліків вже працюють фахівці кількох компаній, включаючи OXIS Energy. Передбачається, що до 2022 року вартість поїздки на акумуляторах Li-S буде нижче, ніж у сучасних літій-іонних версій.

Метал-повітряні АКБ. Перевагами таких акумуляторів (рис. 4) є:

- невелика вага, завдяки якій знижується і маса автомобіля;
- великий пробіг електромобілів, які комплектуються такою батареєю;
- порівняно доступна вартість;
- простіша утилізація у порівнянні з літійовими АКБ.

Мінусами пристрою є зниження продуктивності батареї при низькій температурі. Крім того, такий батареї потрібна система фільтрації, яка споживає майже третину загальної потужності. Ще один серйозний мінус - раптовий вихід з ладу метал-повітряних акумуляторів через утворення на їх поверхні плівки з

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

пероксиду літію. І, нарешті, останній мінус, через якого такі батареї не мають великого попиту - невелике число циклів заряду / розряду - до 50-60.

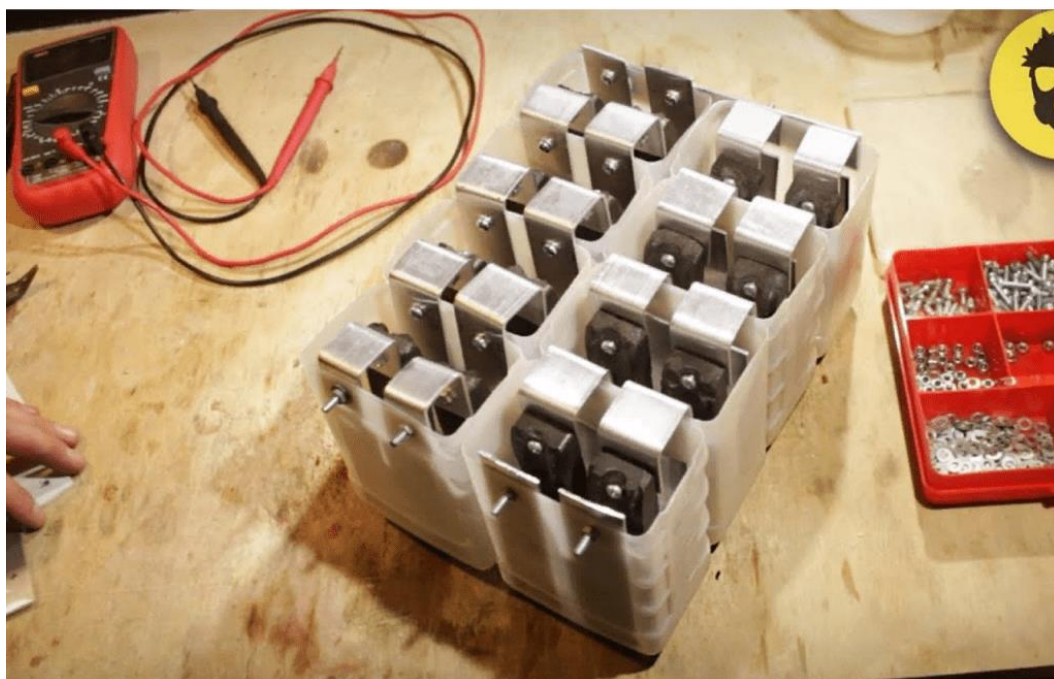


Рисунок 4 - Метал-повітряні АКБ

Інші варіанти. Крім основних технологій виробництва акумуляторів електромобілів, існує кілька видів, які тільки перебувають у розробці. Передбачається, що такі акумуляторні батареї для електромобіля отримають більшу ємність і термін служби у порівнянні з існуючими версіями. Однією з таких розробок є акумулятор на основі кремнію і графіту, здатний накопичувати в 5 разів більше енергії без помітного зносу.

Південнокорейськими розробниками створена технологія, яка взагалі не вимагає зарядки. Замість підключення до електромережі після розрядки АКБ у електромобіля замінюється одна алюмінієва пластина, якої вистачає на 700 км пробігу. Алюміній йде на переробку і використовується повторно.

Ємність батареї електромобіля. Практично кожен електричний автомобіль використовує свій тип батареї. Акумулятори відрізняються ємністю і забезпечують різний запас ходу. І хоча максимальна відстань, яку може проїхати електромобіль, залежить ще й від його конструкції і ваги, цю цифру можна використовувати для порівняння батарей.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Порівняльні характеристики акумуляторів електромобілів

Дані наведені для автомобіля вагою 1200 кг, при вазі батареї 250 кг та об'ємі кожної батареї 200л.

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики акумуляторів електромобілів

Типи акумуляторів	Свинцево-кислотні	Нікель-кадмієві	Нікель-метало-гідридні	Літій-іонні
Питома енергія	33 Вт·ч/кг	45 Вт·ч/кг	70 Вт·ч/кг	120 Вт·ч/кг
Бортова енергія	6,4 кВт·ч	8,8 кВт·ч	13 кВт·ч	23,4 кВт·ч
Пробіг при 120 Вт·ч/км	53 км	73 км	114 км	195 км
Питома потужність	75 Вт/кг	120 Вт/кг	170 Вт/кг	370 Вт/кг
Питома енергія в одиниці об'єму	75 Вт·ч/л	80 Вт·ч/л	160 Вт·ч/л	190 Вт·ч/л

Ресурс акумулятора. Ще одне важливе питання, що виникає у покупців і власників електричного транспорту, стосується терміну служби акумулятора. Вартість цього джерела живлення досить висока, і, чим рідше його доведеться міняти, тим краще. Відповісти на питання можна спробувати, використовуючи вже відому інформацію про батареї електромобілів:

- середній термін експлуатації акумулятора складає близько 8-10 років, хоча ці цифри поки не підтверджені через відсутність досить кількості старого електротранспорту;

- виробники дають гарантію на акумулятор у межах 5-8 років, що дозволяє власнику електромобіля розраховувати на його заміну при виході з ладу;

- ємність більшості батарей поступово знижується, і через кілька років запас ходу електромобіля дорівнюватиме 70-80% від початкового значення.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

електромобілів практично не стикаються з необхідністю покупки нової батареї, покупцям перших електричних авто вже доводиться замислюватися про це. При заміні акумулятора слід враховувати такі особливості:

- акумулятори автомобілів однієї моделі не завжди підходять один одному - підбрати АКБ доведеться практично індивідуально;
- після установки нової батареї потрібно перепрограмування електронних систем - «прописка» за допомогою спеціальних програматорів;
- якщо акумулятор не повністю вийшов з ладу, а тільки пошкоджений, можна виконати його ремонт - модульна конструкція батарей дозволяє замінити всього кілька блоків.



Рисунок 5 – Заміна акумуляторних батарей

Купувати акумуляторні батареї можна у офіційних дилерів або у приватних осіб. У першому випадку менше ризик купити підробку або неякісний товар, але збільшується ціна. Якщо потрібно заощадити, батарею купують за оголошенням, проте якість і надійність такого акумулятора залишаються під питанням.

Утилізація відпрацьованих АКБ. Старі батареї містять велику кількість небезпечних для навколишнього середовища елементів, тому викидати їх як звичайні відходи не рекомендується. Зазвичай виробники беруть старі акумулятори у покупців своїх електромобілів і займаються утилізацією

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

самостійно. Одним з найбільш вигідних способів утилізувати старих АКБ вважається створення з їх допомогою систем автономного електроживлення для приватного житла.

Батареї використовують для накопичення електроенергії, отриманої від встановлених на даху сонячних батарей. Заряд витрачається на роботу побутової техніки - телевізорів, холодильників, насосів системи опалення та водопостачання. Такі варіанти «другого життя» для відпрацьованих акумуляторів вже розроблені компаніями Tesla і BMW.

Зарядка батареї. Розібравшись з видами, характеристиками і ресурсами акумуляторів, варто перейти до питання їх зарядки. Більшість виробників рекомендує використовувати зарядні станції, які працюють вже по всій Європі та інших країнах, де офіційно продаються електромобілі. З іншого боку, власнику електрокара доводиться розраховувати, чи вистачить ресурсу акумулятора для поїздки.

У домашніх умовах більшість електромобілів можна заряджати від вбудованих зарядних пристроїв, що перетворюють змінний струм мережі 220В в постійний. Для використання звичайної електричної розетки слід використовувати «зарядки» потужністю від 3,6 кВт.



Рисунок 6 – Зарядка АКБ електромобіля

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Для захисту від перегріву і короткого замикання зарядний пристрій комплектується спеціальним блоком, який контролює напругу і температуру.

Термін зарядки.

Головним недоліком зарядки акумуляторної батареї від звичайної електромережі є збільшення часу зарядки. Так, електромобілі Tesla Model S з ємністю АКБ 70 кВт-год, заряджаються на 80-100% на протязі 15-18 годин. На зарядку батареї Nissan Leaf йде до 7-8 годин.

При використанні офіційних зарядних станцій власник Tesla витратить більше 5 годин, а, якщо автомобіль використовується не менше 2-3 років, достатньо всього 3 годин. Для нового Nissan Leaf середній час складе близько 2,5 годин, для вживаного - до 1,5-2 ч. При використанні режиму швидкої зарядки батарея «Ніссан Ліф» заряджається на 80% всього за півгодини, «Тесли» - протягом 40 хвилин .

Витрати на зарядку акумулятора.

Вартість обслуговування електромобіля, в основному, пов'язана з витратами на електрику. Для сучасних моделей Nissan Leaf на зарядку одного акумулятора потрібно не менше 24 кВт-год. З урахуванням запасу ходу батареї близько 160 км, виходить, що на 100 км пробігу йде близько 15 кВт-год або сума, порівнянна з ціною 1 літра бензину (рис. 7).

Витрати на використання інших автомобілів можуть помітно відрізнятись. Тим більше що заряд зменшується швидше, якщо їхати на великій швидкості (приблизно вдвічі, якщо порівнювати показники для 70 км / год і 140 км / ч). Однак в середньому витрати на зарядку акумуляторів виходять в кілька разів нижче в порівнянні з заправкою паливного бака звичайного автомобіля.

Споживання електрики у хетчбека, практично незмінно в діапазоні від 20 до 40 км / год (превалірує опір котіння, який майже не залежить від швидкості), а потім починає позначатися аеродинаміка: на 70 км / год витрата енергії у півтора рази більше, а на 130 км / ч - втричі вища.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

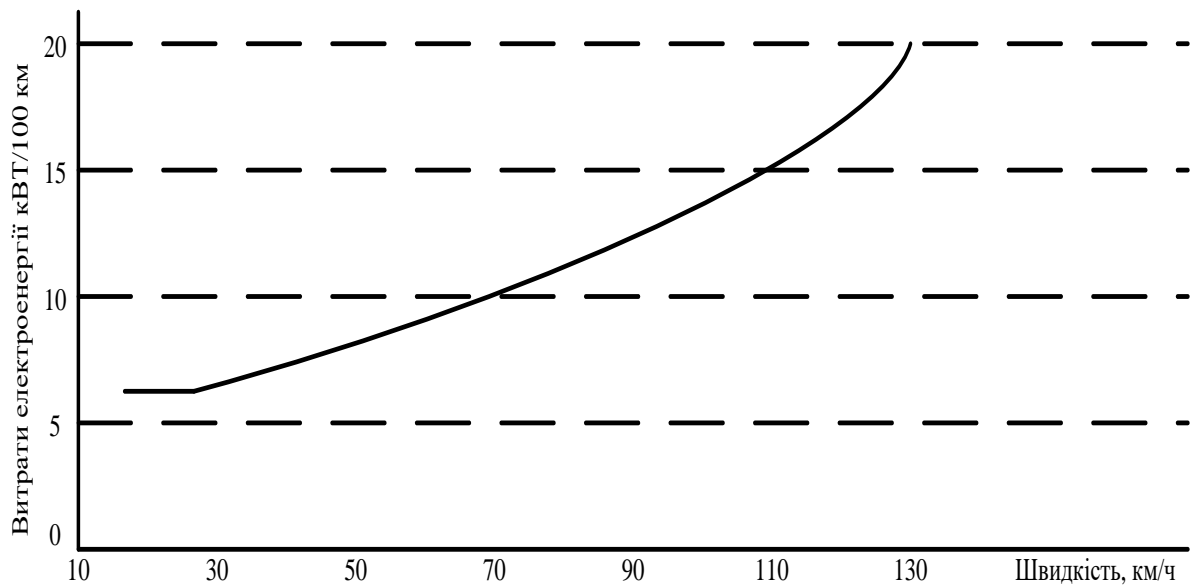


Рисунок 7 – Залежність розходу електроенергії АКБ від швидкості автомобіля

2.2 Літій-іонні батареї для електромобіля

Літій-іонний акумулятор був винайдений в 1980 році 96-річним американським професором Оксфордського університету Джоном Гуденафом.

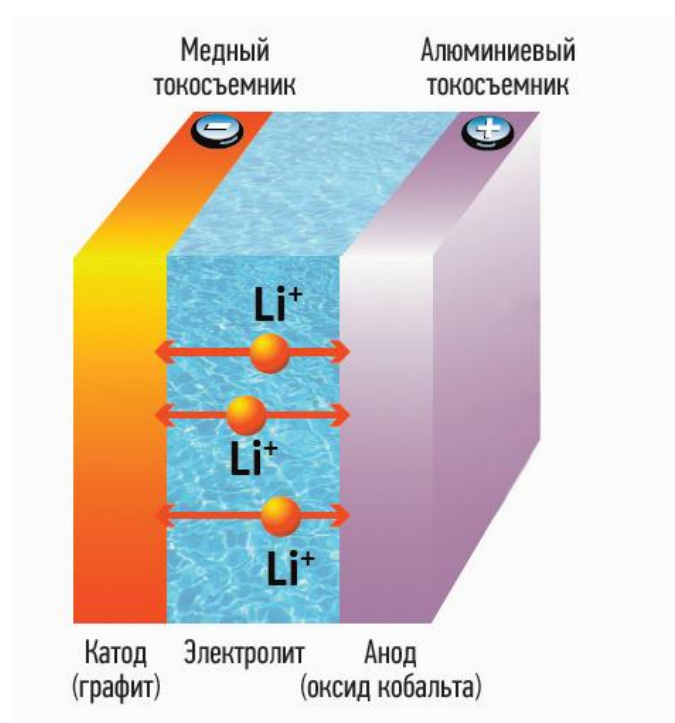


Рисунок 8 - Конструкція літій-іонного акумулятора

Конструкція сучасної акумуляторної батареї передбачає наявність чотирьох базових елементів: позитивного і негативного електрода, сепаратора між

електродами, і рідкого електроліту (рис. 8). Позитивний електрод (катод) покритий шаром оксидів літію, кобальту, нікелю та марганцю. Кобальт необхідний для запобігання перегріву батареї, а також забезпечує її можливість до багаторазової перезарядки.

Але кобальт - це і найдорожчий компонент батареї. За даними міжнародних бірж, зараз середня вартість кобальту становить близько \$ 12 за 1 кг в порівнянні з \$ 8 за 1 кг літію і \$ 5 за 1 кг нікелю. На ці три метали доводиться чверть вартості сучасної акумуляторної батареї.

Якщо ви збираєтеся купити електромобіль або гібридний автомобіль з тим, що підключається модулем (PHEV), то зустрінете термін «літій-іонний акумулятор» (рис. 9).



Рисунок 9 – Літій-іонні акумулятори

Він часто використовується в ноутбуках, телефонах і електронних пристроях, а технологія настільки популярна, що її винахідники отримали Нобелівську премію за внесок, який вони внесли в сучасне життя. Літій-іонні батареї також широко використовуються в електричних і гібридних автомобілях.

Вони мають ряд переваг у порівнянні зі звичайними свинцево-кислотними, так як вони мають меншу вагу, більш енергоємні і мають більш тривалий термін служби.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Як влаштований літій-іонний акумулятор?

Літій-іонний акумулятор складається з декількох таких же елементів. Іони літію з цих осередків переміщуються від негативного електрода до позитивного під час розряду, а потім назад під час зарядки. Весь процес став можливим завдяки електроліту.

Вони мають ряд переваг перед звичайними свинцево-кислотними або іншими типами батарей. Їх вага менша, ніж більшість інших акумуляторних технологій, що робить їх ідеальними для електромобілів, яким потрібна велика кількість осередків.

Вони також дуже енергоємні. Для порівняння, типова літій-іонна батарея може зберігати 150 ват-годин електроенергії в батареї на один кілограм. Свинцево-кислотний акумулятор, для звичайних бензинових і дизельних автомобілів, в яких є генератор і стартер, може зберігати тільки 25 ват-годин на кілограм.

Літій-іонні батареї можуть пройти кілька циклів зарядки і розрядки з невеликим погіршенням характеристик. Це означає, що можна заряджати і використовувати свій електромобіль сотні разів, перш ніж знизиться продуктивність. Це буде помітно оскільки максимальний запас ходу повністю зарядженого автомобіля з часом зменшується. [5]

Це не пов'язано з падінням в холодну пору року, хоча температура батареї - особливо під час зарядки - впливає на її продуктивність в довгостроковій перспективі.

Важливо відзначити, що літій-іонний акумулятор в електромобілі не представляє собою єдине ціле, а скоріше складається з декількох осередків, зібраних разом.

Чим більше осередків, тим вище ємність батареї: вона вимірюється в кіловат-годинах (кВт · год).

Гібридні акумулятори часто мають потужність від 5 до 10 кВт / год, а для автомобілів з модулем - від 10 до 20 кВт / год. Електромобілі можуть поставлятися з агрегатами від 20 до 100 кВт / год.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Існує два джерела втрати ємності акумулятора: календарна і експлуатаційна.

Календарна втрата ємності - це втрата з часом, а експлуатаційна пов'язана з зарядкою і розрядкою акумулятора. **Експлуатаційні втрати** залежать від максимального рівня заряду і від глибини розряду, різниця між якими є відсоток від загального діапазону потужності, який використовується під час циклу.

Технічно термін служби батареї складається з чотирьох змінних:

- середня температура;
- стандартне відхилення температури;
- середній стан заряду;
- стандартне відхилення заряду.

Згідно з цими критеріями, крива втрати ємності акумуляторних батарей з впливом часу, має вигляд (рис. 9).

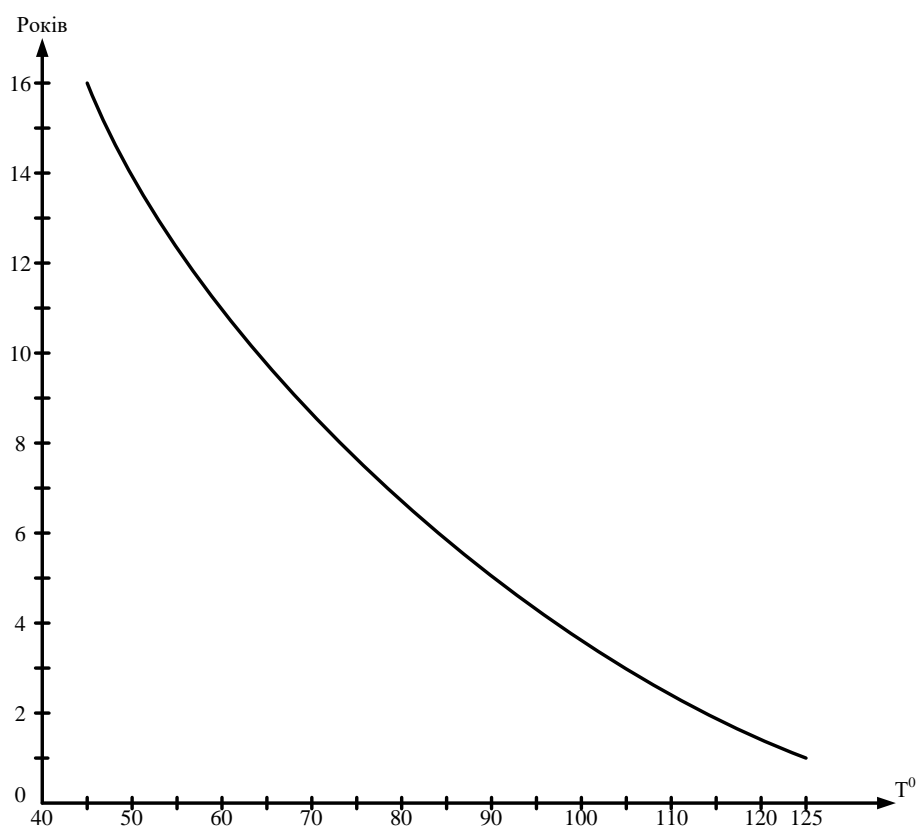


Рисунок 9 - Втрати ємності акумуляторних батарей з впливом часу

Якщо пояснювати більш доступною мовою на конкретному прикладі, то найбільш оптимальним режимом зарядки батареї Nissan Leaf, відповідно

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

зазначених змінних буде: перші 150 циклів - 6 кВт, наступні цикли 10-12 кВт. Це кращий з варіантів, який мінімізує насамперед експлуатаційні втрати потужності.

Особливості експлуатації, зарядки, розряду.

Li-ion акумулятори мають низьку стійкість до перезаряду. На негативному електроді на поверхні вуглецевої матриці при значному перезаряді можливо осадження металевого літію (у вигляді дрібно роздробленого моховитого осаду), що має велику реакційну здатність до електроліту, а на позитивних пластинах починається активне виділення кисню.

При цьому можливе інтенсивне виділення тепла, підвищення тиску і розгерметизація акумулятора. Заряд Li-ion акумулятора здійснюється в комбінованому режимі. Спочатку при постійному струмі, а далі при постійній напрузі (рис. 10).

Перша стадія заряду триває близько 40хв, друга стадія довше. Момент завершення заряду настає коли величина струму заряду знизиться до значення 3% від начального. Швидший заряд може бути досягнутий при імпульсному режимі. Втрата ємності за рахунок саморозряду становить 5-10% на рік.

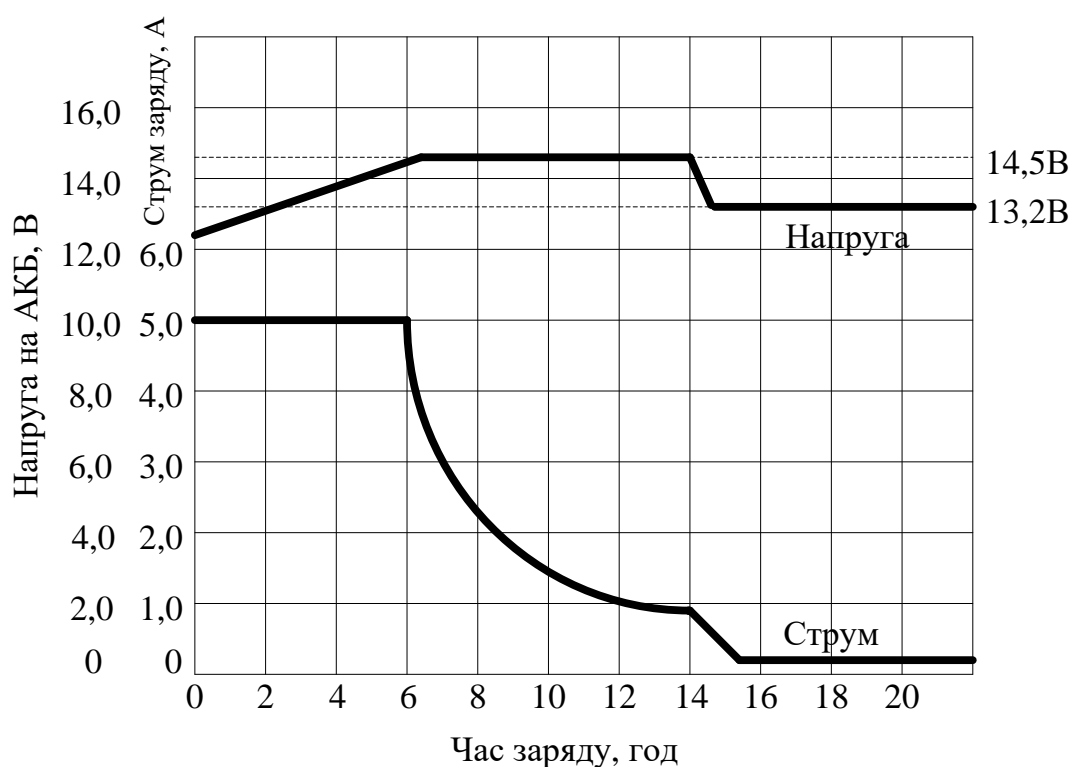


Рисунок 10 - Графік зарядки АКБ ємністю 60Ач

Вчені, зайняті розробкою нового акумулятора для Tesla, оприлюднили останні результати своїх досліджень. Вони створили літій-іонну батарею, яка здатна витримувати 15000 циклів розрядки-зарядки, що еквівалентно 3,5 млн кілометрів пробігу електромобіля. Тобто її ресурсу вистачить приблизно на 40 років і вона прослужить довше, ніж сам електромобіль. Ці результати настільки вразили розробників, що вони запитують, чи потрібні взагалі настільки хороші батареї?

Схоже, нові літій-іонні батареї відмінно поведуться після 15000 циклів. Більш того, як показали численні тести, якщо нова батарея працює в режимі розрядки в межах 25-50%, а потім знову заряджається, то вона практично не деградує.

Це означає, що якщо такий акумулятор з'явиться в автомобілі Tesla і матиме умовний запас ходу 480 км, проїжджаючи в день в середньому 50 км - а саме стільки проїжджають 90% американців, а потім буде знову заряджатися, то він не буде деградувати. Такий акумулятор прослужить довше, ніж сам електромобіль.

Що робити з використанням акумулятором?

Бачаться різні перспективи, одна з яких утилізація АКБ. Але тут виникає питання: утилізація - це фактичне знищення дорогого комплектуючого, яке вже не годиться для електромобіля, але ще цілком підлягає використанню в менш вибагливою сфері. Як же можна ще використовувати ресурс, що залишився батареї?

Провідні виробники електрокарів пропонують первісну альтернативу утилізації: використання старих АКБ в побутових системах накопичення енергії від альтернативних джерел. Тобто використовувати колишні батареї електромобілів в якості акумуляторів для накопичення енергії, що виробляється сонячними батареями і вітряними генераторами. До слова, ідея не нова, адже Tesla давно виробляє комплекси АКБ ніяк не зв'язані з електрокарами, а і ті що випускаються для альтернативної енергії сонячних панелей.

Твердотільна батарея Ionic. Відкриття Майка Циммермана лежить в площині заміни рідкого електроліту на твердий, тобто, цей вчений працює над створенням твердотільних акумуляторних батарей.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Відсутність кобальту робило батарею неймовірно вибухонебезпечною.

Ціммерманну вдалося зробити відкриття, що усуває ці проблеми.

Він створив полімерний вогнестійкий матеріал на основі поліфенілсульфіда, який на відміну від інших пластмас, може проводити електрони при кімнатній температурі. Цей матеріал міцний, добре піддається механічній обробці, здатний протистояти впливу багатьох хімічних речовин, на зразок концентрованих кислот, метанолу, луги, органічних розчинників і кип'яченої води.

Ще у цих акумуляторах замість кобальту використовуються дешеві і поширені цинк і марганець. Завдяки цьому твердотільна батарея Ionic виходить дешевою, легкою і не габаритною.

Дивно й те, що нова твердотільна батарея Ionic не боїться ушкоджень, розрізів, ударів і проколів.

Але, що найважливіше: новий твердий електроліт надає акумуляторної батареї Ionic більшу, ніж у літій-іонних ємність, і наділяє її властивістю витримувати сотні перезаряджень. При тестуванні ця батарея витримала більше 400 перезаряджень, але вчені вважають, що цей показник можна ще збільшити.

дарту зарядки.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Схема алгоритму функціонування пристрою, наведена на рис. 16.

Універсальність зарядного пристрою закладається у різноманітності режимів його роботи. Кожен із п'яти режимів поділяється ще на два: понижуючий та підвищуючий напругу на виході пристрою.

До основних режимів роботи пристрою, відносяться наступні:

- заряд електромобіля від внутрішньої акумуляторної батареї зарядного пристрою;
- заряд електромобіля від електричної мережі;
- заряд електромобіля від енергії сонячної батареї;
- заряд внутрішньої акумуляторної батареї зарядного пристрою від електромережі;
- заряд внутрішньої акумуляторної батареї зарядного пристрою від сонячної батареї. Після вмикання пристрою мікроконтролер (МК) по черзі приєднує усі доступні джерела напруги. Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) замірює значення струму на вході бустерного перетворювача. На блоці установки режимів, відображаються отримані данні.

Потім виконується перевірка наявності підключеного електромобіля. При підтвердженні підключення, пристрій починає обмін даними з електромобілем. За цими даними бортовий комп'ютер (БК) електромобіля розраховує час заряду і відправляє сигнал тестового запуску. За допомогою клавіатури та дисплея обирається один із трьох джерел напруги (електромережа, внутрішній АКБ або сонячна батарея). Наступним є порівняння напругу на вході і виході бустерної схеми, відповідно вибраного режиму роботи пристрою.

Відповідно якщо напруга входу більше ніж на виході обирається перший з них, і навпаки. Перетворювач видає задані значення струму та напруги.

На стадії заряду постійно виконується контроль показників напруги і данні

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

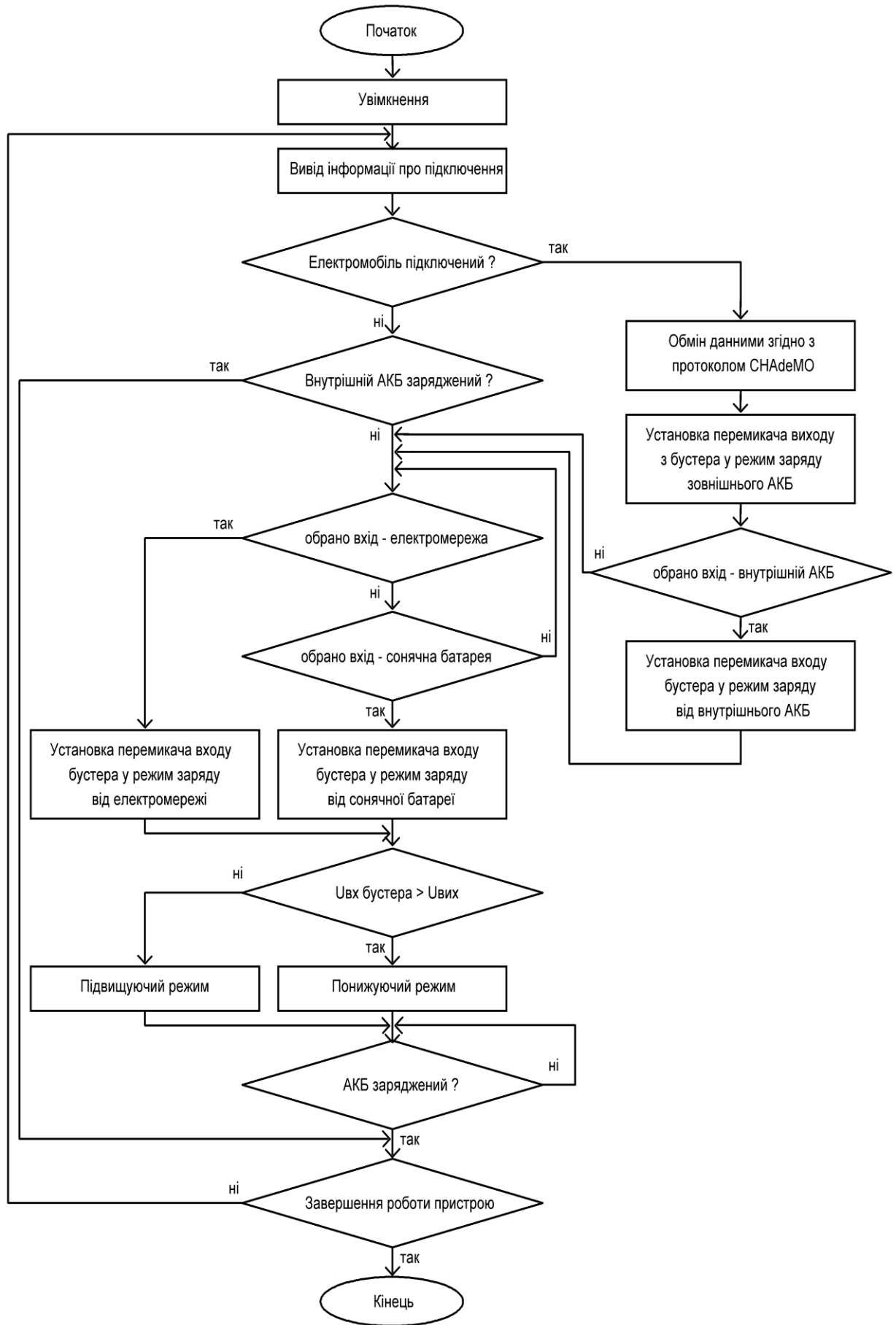


Рисунок 16 – Алгоритм функціонування пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

від електромобіля. За цими показниками програма МК вирішує коли слід продовжити зарядку батареї, та коли зарядку повністю завершити. При наявності неполадок, заряд може бути перервано у будь який момент часу.

На останньому етапі пристрій пропонує завершити роботу, та виводить інформацію на дисплей про стан виконаної операції.

Якщо електромобіль відключений від зарядного пристрою, то система перевіряє рівень заряду внутрішнього АКБ і при необхідності заряджає його. При цьому на дисплеї відображається джерело живлення (електромережа або сонячна батарея) від якого заряджається внутрішня АКБ.

3.2 Розробка структурної схеми пристрою

Структурна схема (рис. 17), розроблена на основі алгоритму функціонування пристрою. До складу структурної схеми входять наступні блоки:

- Мікроконтроллер, силовий блок та блок перемикавання.

Принцип роботи пристрою полягає у наступному. Після вмикання пристрою МК передає команди до БПІ на почергове приєднання джерел живлення до бустерної схеми. У свою чергу МК отримує значення напруги на вході бустера. Далі збирається інформація з електромобіля (стан АКБ, параметри заряду) , якщо інформації не надходить – отже підключення немає і пристрій переходить до режиму заряду внутрішньої АКБ.

Отримана інформація відображається оператору через блок установки режимів та UART-CAN конвертор причому тільки перший з них контролюється оператором.

Бустерна схема виконує головне завдання у роботі пристрою, а саме перетворення струму і напруги. МК виконує управління нею за допомогою драйвера. Зміну режимів роботи виконують блок перемикавання 1 та 2.

Блок перемикавання 1 має 4 стани :

- на вхід бустерної схеми підключена внутрішня АКБ;
- підключено мережу;
- підключено сонячну батарею;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

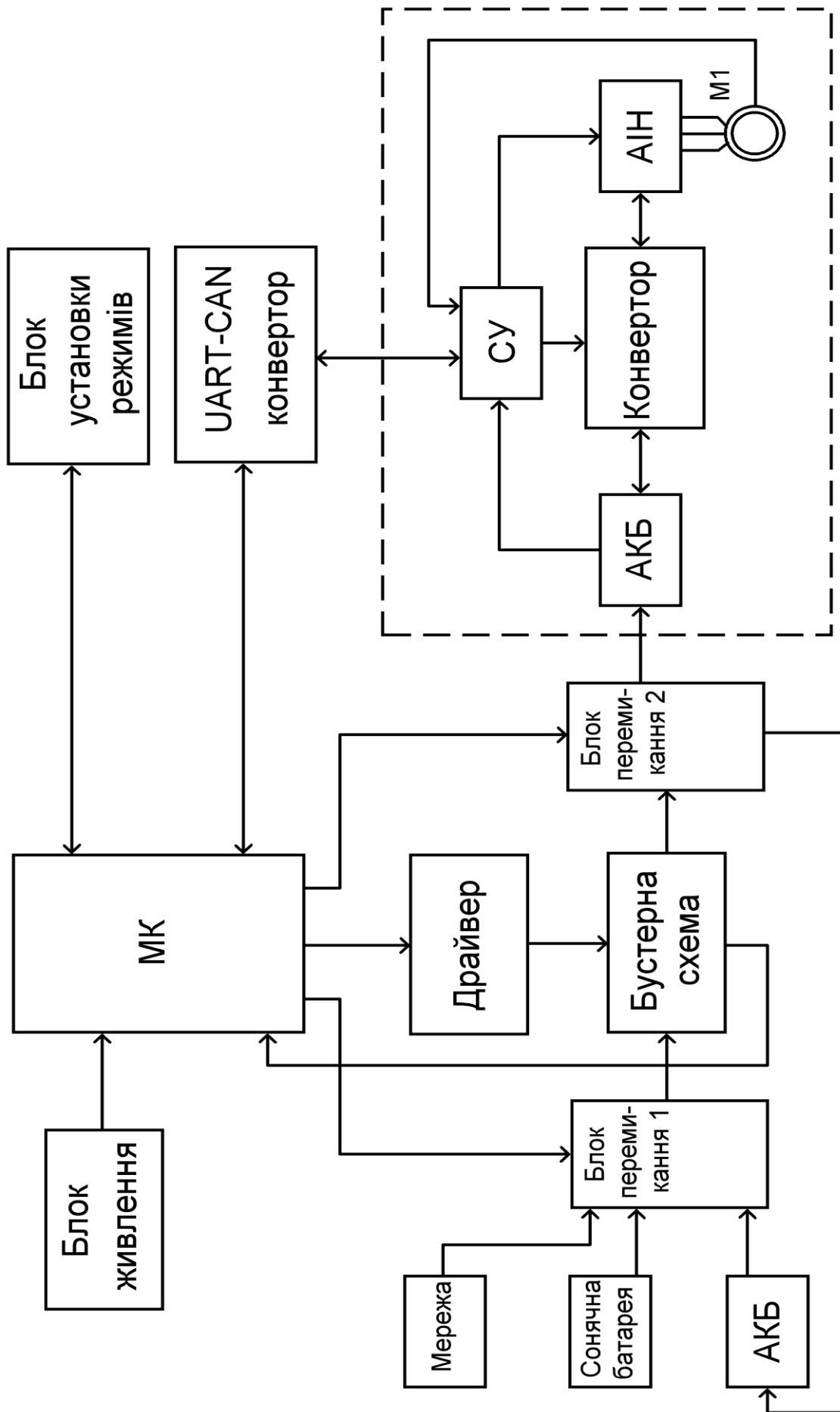


Рисунок 17 – Структурна схема зарядного пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

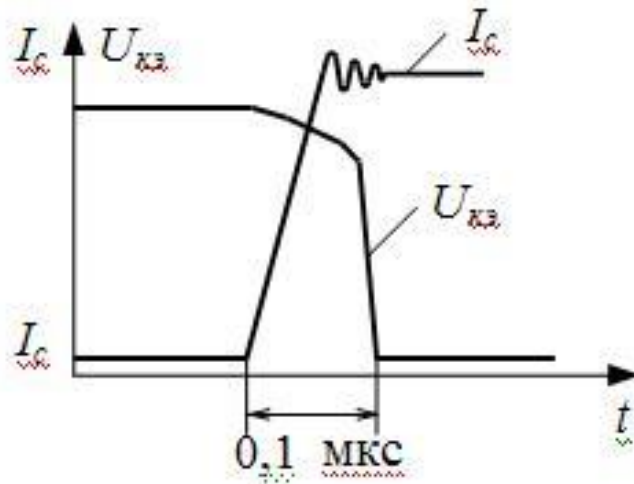


Рисунок 21 - Зміна падіння напруги $U_{ке}$ і струму I_c IGBT-транзистора

Таблиця 3 – Характеристики транзистора Infineon FZ400R12KE3B1

Категорія продукту:	Біполярні транзистори з ізовольованим затвором (IGBT)
Виробник:	Infineon
конфігурація:	Single
Напруга Колектор-емітер (VCEO), макс.:	1200 V
Напруга насичення колектор-емітер:	1.25 V
Максимальна напруга затвор-емітер:	$\pm 20V$
Безперервний колекторний струм при 25 ° C:	650 A
Струм витоку затвор-емітер:	400 nA
P_d - розсіювання потужності:	2250 W
Вид монтажу:	Panel Mount
Упаковка / блок:	62MM Module
Максимальна робоча температура:	+125 °C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Швидкість перемикання	1MHz
Серія:	FZ400R12KE3B1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для реалізації випрямляча струму, використані діоди Шотткі типу Semikron SKN 501/12. Основною "фішкою" діода Шотткі є те, що на відміну від звичайних діодів на основі р-п переходу, тут використовується перехід метал-напівпровідник, який ще називають бар'єром Шотткі. Цей бар'єр, так само, як і напівпровідниковий р-п перехід, має властивість односторонньої електропровідності і низкою відмінних властивостей.

Як матеріал для виготовлення діодів з бар'єром Шотткі, переважно використовується кремній (Si) і арсенід галію (GaAs), а також такі метали як золото, срібло, платина, паладій і вольфрам.

На принципових схемах діод Шотткі позначаються (рис.22).

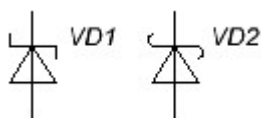


Рисунок 22 – Позначення діодів Шотткі

До позитивних якостей діодів Шотткі крім високої швидкодії, а, отже і короткого часу відновлення, можна віднести малу ємність переходу (бар'єру), що дозволяє підвищити робочу частоту. Це дозволяє використовувати їх в імпульсних випрямлячах на частотах у сотні кілогерц.

Дуже багато діодів Шотткі знаходять своє застосування в інтегральній мікроелектроніці. Виконані за нанотехнологією діоди Шотткі входять до складу інтегральних схем, де вони шунтують переходи транзисторів для підвищення швидкодії.

У діодів Шотткі є два позитивних якості: мале пряме падіння напруги (0,2-0,4 вольт) на переході і висока швидкодія.

На жаль, таке мале падіння напруги проявляється при напрузі не більше 50-60 вольт. При подальшому її підвищенні, діод Шотткі поводить як звичайний кремнієвий випрямний діод. Максимальна зворотна напруга для Шотткі, зазвичай не перевищує 250 вольт, хоча можна зустріти зразки, розраховані і на 1,2 кіловольта (VS-10ETS12-M3). Характеристики діода Semikron SKN 501/12, наведені у табл. 4.

						ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Таблиця 4 – Характеристики діода Semikron SKN 501/12

Категорія продукту:	Діод Шоттки
Виробник:	Semikron
Конфігурація:	Single
Максимальна зворотна напруга:	1200 V
Напруга насичення:	1.65 V
Максимальний Постійний прями́й струм	500 A
Пік імпульсного струму:	7000 A
Вид монтажу:	Screw Mount
Упаковка / блок:	E 18
Максимальна робоча температура:	+180 °C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Серія:	SKN 501/12

Конденсатор високовольтний.

Фільтри імпульсного перетворювача напруги, реалізовані на високовольтних конденсаторах K75-40Б -750В-100мкФ.

Ці конденсатори високовольтні комбіновані з металізованими обкладками, випускаються у прямокутних герметичних корпусах. Призначені для роботи в якості накопичувачів енергії в імпульсних пристроях. Виготовляються в усекліматичному виконанні (В) і у виконанні для помірного і холодного клімату (УХЛ). Характеризуються малим внутрішнім опором, що дозволяє заряджати їх від малопотужного джерела і розряджати в лічені частки секунди.

Конденсатори K75-40 використовуються в якості накопичувачів енергії і допускають з'єднання в батареї, можуть експлуатуватися на частотах до 50 Гц.

Застосовуються у лазерній техніці, електроінструменті, зварювальному обладнанні, електротранспорті та інших пристроях спеціального і промислового призначення.

Характеристики конденсатора K75-40Б -750В-100мкФ, наведені у таблиці 5.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 5– Характеристики конденсатора К75-40Б 750В 100мкФ

Категорія продукту:	Конденсатор
Виробник	Promelectrica
Максимальна напруга	7505000 В
Номінальна ємність	100 мкФ
Допустимі відхилення ємності	±10 %
Максимальна робоча температура	+70 °С
Мінімальна робоча температура	-60 °С
Серія	К75-40Б

Драйвер IGBT транзисторів L6385E.

Мікросхема L6385E добре підходить через те, що вона містить два незалежних драйвера верхнього (вихід HVG) і нижнього плеча (вихід LVG).

Потужні польові MOSFET-транзистори і біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT-транзистори) є базовими елементами сучасної силової електроніки і використовуються в якості елементів комутації великих струмів і напруг.

Однак для узгодження низьковольтних логічних керуючих сигналів з рівнями управління затвора MOSFET- і IGBT-транзисторів, потрібні проміжні пристрої узгодження - високовольтні драйвери (під «високовольтними драйверами» будемо розуміти «високовольтні драйвери MOSFET- і IGBT-транзисторів»). У більшості випадків використовується така класифікація високовольтних драйверів:

- незалежні драйвери верхнього і драйвери нижнього плеча напівмоста, інтегровані в одній мікросхемі (High and Low Side Driver);
- драйвери верхнього і драйвери нижнього плеча, включені за схемою напівмоста (Half-Bridge Driver).

Драйвери верхнього плеча (High Side Driver).

Драйвери нижнього плеча (Low Side Driver).

Структура і схема включення драйвера L6385E наведена на рис. 23.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

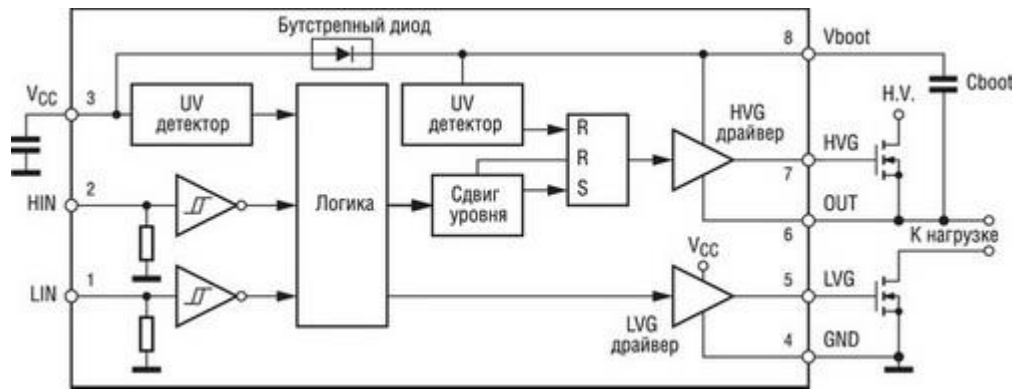


Рисунок 23 – Структура і схема включення L6385E

Усучасних драйверах бустерний діод розташований у корпусі інтегральної схеми. Тому відпадає необхідність у застосуванні зовнішнього діода.

Таблиця 6 – Характеристики драйвера STMicroelectronics L6385E

Категорія продукту:	Драйвери для управління затвором
Виробник:	STMicroelectronics
Вид монтажу:	Through Hole
Упаковка / блок:	DIP-8
Продукт:	Half-Bridge Drivers
Кількість драйверів:	2
Час наростання:	50 ns
Час спаду:	30 ns
Напруга живлення - макс.:	17 V
Напруга живлення - мін.:	- 0.3 V
Робочий струм джерела живлення:	250 uA
Мінімальна робоча температура:	- 45 C
Максимальна робоча температура:	+ 125 C
Тип:	High Voltage High and Low Side Driver

Продовження таблиці 6

серія:	L6385E
Тип логіки:	CMOS, TTL
Максимальний час затримки вимкнення:	105 ns
Максимальний час затримки включення:	110 ns
Кількість виходів:	2
Час відключення - макс.:	105 ns
Робоча напруга живлення:	15 V
Вихідна напруга:	600 V
Швидкість перемикання	400KHz
Pd - розсіювання потужності:	750 mW

Дросель TP4A-EE70/33/32.

Таблиця 7 – Ефективні параметри осердя TP4A-EE70/33/32

Категорія продукту:	Феритове осердя складне
Виробник:	Cosmoferrites
Основной фактор $\sum (l/A)$:	0,218 мм-1
Обсяг комплекту V_e :	102000 мм ³
Довжина магнітної силової лінії l_e :	149 мм
Ефективний переріз A_e :	683 мм ²
Мінімальний переріз A_{min} :	676 мм ²
Маса комплекту:	530 г
Температурний опір R_{th} :	5,5 °K/Вт
Серія:	TP4A-EE70/33/32
Ефективна проникність:	2400 НМ

Таблиця 8 – Характеристики конвертора MCP2551

Категорія продукту:	CAN-трансивер
Виробник:	Microchip
Максимальна напруга.:	24V
Напруга живлення:	12V
Максимальний струм:	75mA
Вид монтажу:	Through Hole
Упаковка / блок:	DIP-8
Максимальна робоча температура:	+85°C
Мінімальна робоча температура:	-40 °C
Діапазон даних	1Mbps
Серія:	MCP2551

Стабілізатор напруги.

Мікроконтроллер потребує живлення постійним струмом з мінімальною кількістю шумів і напругою 5В. Для забезпечення живлення елементів схеми напругою 5В, обираємо стабілізатор L7805CV. Інтегральний стабілізатор L7805 CV - додатної напруги на 5В. Випускається фірмою STMicroelectronics, виконаний у стандартному корпусі ТО – 220. У маркуванні серії 78xx останні дві цифри позначають номінал стабілізованої напруги, наприклад: 7805 - стабілізація на 5 В; 7812 - стабілізація на 12 В; 7815 - стабілізація на 15 В і т.д. Використовується для стабілізації напруги в різних низьковольтних схемах. Дуже зручно використовувати, коли необхідно забезпечити точність напруги, не потрібно городити складних схем стабілізації, а все це можна замінити однією мікросхемою і парочкою конденсаторів.

Схема вмикання стабілізатора L7805CV наведена на рис. 25.

Схема підключення L 7805 CV досить проста. Для роботи стабілізатора необхідно під'єднати конденсатори по входу 0,33 мкФ, і по виходу 0,1 мкФ.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Конденсатори бажано розташувати максимально близько до виводів мікросхеми. Це необхідно для забезпечення максимального рівня стабілізації і зменшення перешкод. За характеристиками стабілізатор L7805CV працездатний при подачі вхідної постійної напруги у межах від 7,5 до 25 В. На виході мікросхеми буде стабільна постійна напруга 5В. Аналог вітчизняний - КР142ЕН5А.

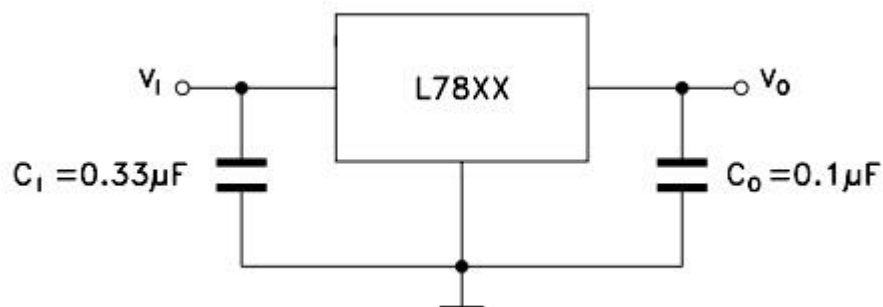


Рисунок 25 – Схема підключення стабілізатора L7805CV

Таблиця 9 – Характеристики стабілізатора STM- L7805CV

Виробник	STMicroelectronics
Номенклатурний номер виробника	L7805CV
Короткий опис	IC REGULATOR POS 5V TO-220
Категорія	Інтегральні схеми (IC)
Сімейство	PMIC — регулятори напруги
Напруга вихідна	5V
Напруга вхідна	До 36V
Кількість регуляторів	1
Вихідний струм	1.5A
Робоча температура	0°C ~ 125°C
Монтажний тип	Сквозное отверстие
Корпус	TO-220AB

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Фільтр кварцовий.

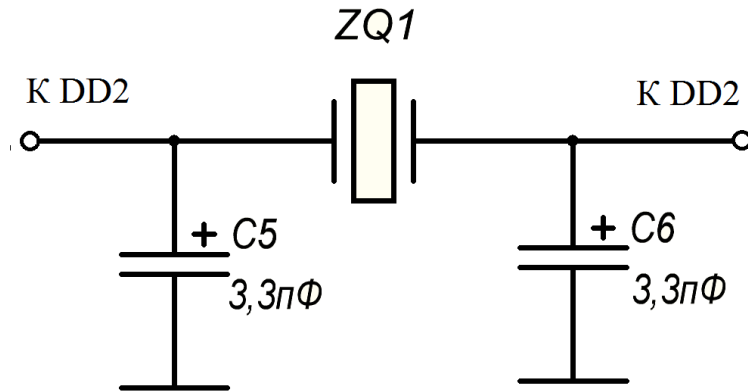


Рисунок 26 – Схема підключення кварцового фільтра

Таблиця 10 – Характеристики фільтра кварцового HC-49S-SMD 16.0 МГц

Категорія продукту:	Фільтр кварцевий
Виробник:	TKD
Розмір:	12x5x4,3 мм
Частота:	16.0 МГц
Допуск по частоті:	±10~±50ppm
Ємність навантаження:	12 пФ~∞
Стабільність частоти:	±30/±50ppm
Робоча температура:	-20 +70°C
Температура зберігання:	-40 +85°C
Шунтуюча ємність:	7 пФ макс.
Рівень управління:	100 мкВт макс.
Корпус:	HC-49S
Монтаж:	поверхневий
Старіння в рік (при 25 ° C)	±5ppm

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Лист

Живлення АЦП.

АЦП мікроконтролера потребує окремого живлення напругою 5В. Від стабільності значення цієї напруги залежить точність показань АЦП. Обрана мікросхема TL431A добре виконує таку задачу.

Мікросхеми TL431 и TL431A (рис. 27) - це змінні регулятори напруги із заданою напругою стабілізації. Добре підходять для автомобільного, комерційного і військового застосування. Вихідна напруга може бути задана у діапазоні 2,5...36 вольт. за допомогою двох зовнішніх резисторів. Схема активного виходу з дуже крутою характеристикою роблять ці чіпи чудовою заміною стабілітронам.

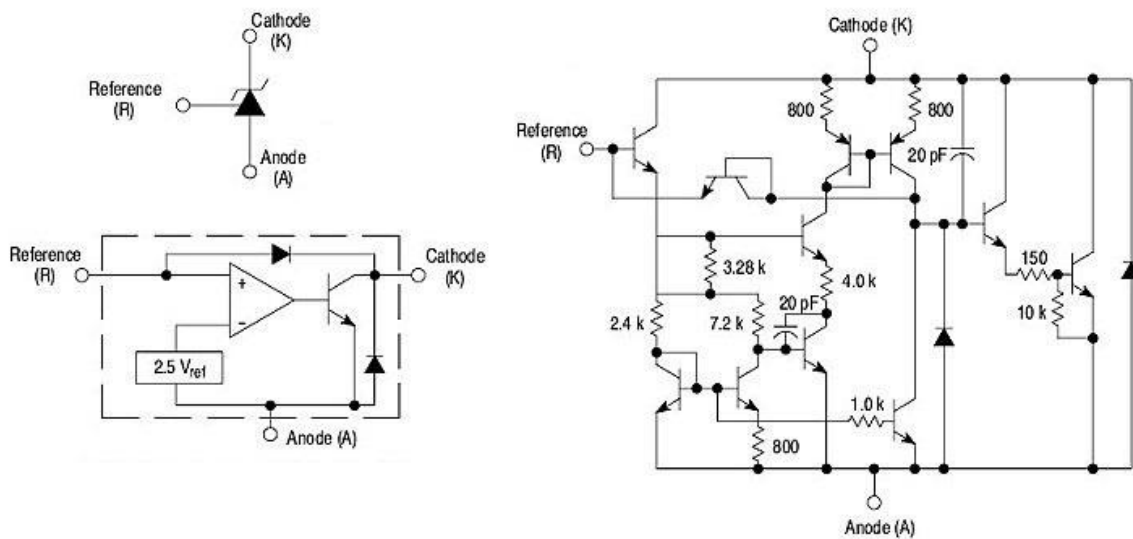


Рисунок 27 – Схема регулятора напруги TL431A

Таблиця 11 – Характеристики регулятора TL431A

Категорія продукту:	Регульований стабілізатор
Мінімальна напруга:	2,5В
Максимальна напруга:	36В
Максимальний струм:	100мА
Ємність навантаження:	12 пФ~∞
Робоча температура:	-40 +85°C
Температура зберігання:	-40 +85°C
Серія:	TL431A

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Дисплей.

У якості індикатора, і одночасно клавіатури, обрано модуль модуля Z - LCD I2C Keypad Shield

Алфавітно-цифрові ЖК-модулі забезпечують відображення великого обсягу інформації хорошої якості з низьким енергоспоживанням.

Можливість оснащення ЖК модулів заднім підсвічуванням дозволяє експлуатувати їх в умовах зі зниженою або нульовою освітленістю.

Контролер HD44780 потенційно може керувати 2-мя рядками по 40 символів у кожному (для модулів з 4-ма рядками по 40 символів, використовуються два однотипних контролера) при матриці символу 5 x 7 точок. Контролер підтримує символи з матрицею 5 x 10 точок, але в останні роки ЖК-модулі з такою матрицею майже не зустрічаються, тому можна вважати, що фактично бувають тільки символи 5 x 7 точок.

Для даної роботи був обраний модуль Z- LCD I2C Keypad Shield.

Таблиця 12 – Характеристики модуля Z- LCD I2C Keypad Shield

Дисплей:	Символьний 16x02 (HD44780)
Підсвічування:	Синій з білими символами
Контраст:	налаштування потенціометром
Кнопки:	6 шт (5 зчитувальних і 1 перезавантаження)
Напруга живлення:	5 В
Інтерфейс:	I2C
I2C адреса:	0x2
Струм:	100мА

Конвертор рівня.

Оскільки на виходи МК можна подати напругу не більше 5В для вмикання високовольтних ключів, котрі використовуються у БП1 та БП2, застосуємо

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- лічильник реального часу (RTC);
- чотири гнучкі таймер –лічильника з режимами порівняння і ШІМ;
- 2 УСАПП, двохпровідний послідовний інтерфейс орієнтований на передачу байт, 8-канальний 10-разр.

АЦП з диференціальним входом з програмованим коефіцієнтом підсилення, програмований сторожовий таймер з внутрішнім генератором, послідовний порт SPI, випробувальний інтерфейс налагодження і для програмування.

Режим холостого хід (Idle) зупиняє ЦП, але при цьому підтримуючи роботу статичного ОЗУ, таймери-лічильники, SPI-порту і системи переривань.

Режим виключення (Powerdown) дозволяє зберегти вміст регістрів, при зупиненому генераторі і виключенні вбудованих функцій до наступного переривання або апаратного скидання. В економічному режимі асинхронний таймер продовжує роботу, дозволяючи користувачеві зберегти функцію відліку часу.

Режим зниження шумів АЦП (ADC шумозаглушення) зупиняє ЦПУ і всі модулі введення-виведення, крім асинхронного таймера і АЦП. Даний режим характеризується малою споживаною потужністю. У розширеному режимі очікування (Extended Standby) генератор і асинхронний таймер продовжує працювати.

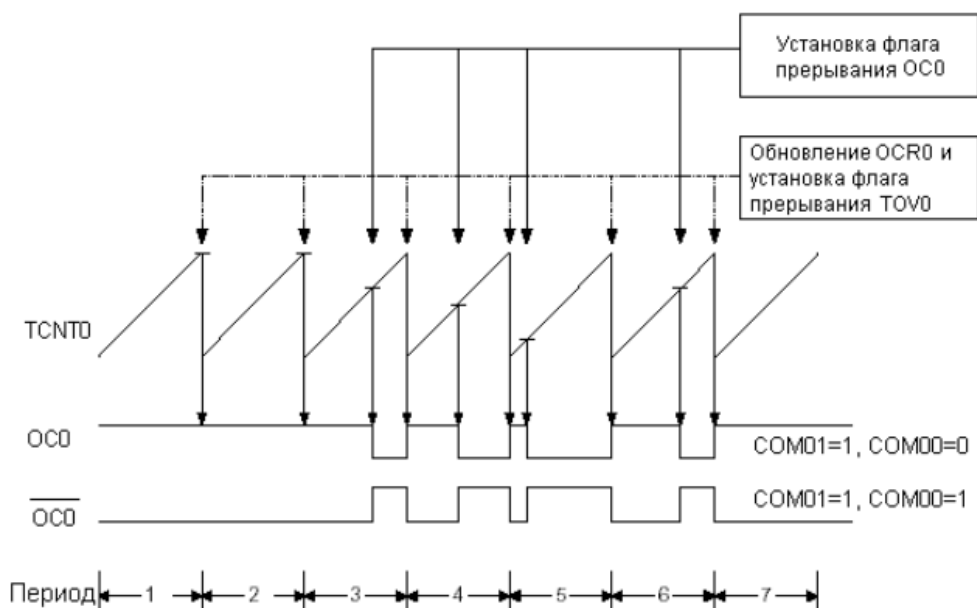


Рисунок 28 – Часова діаграма роботи ШІМ

Таблиця 14 – Опис виходів МК

№Виходу	Назва вих.	Функція
2	PE0	Шина UART ,RXD. До конвертра в CAN
3	PE1	Шина UART ,TXD. До конвертра в CAN
10-12	PB0-PB2	Команди до блоку перемикання 1
13	PB3	Команди до блоку перемикання 2
14-16	PB4-PB6	Обмін сигналами (командами) з електромобілем
21	VCC	Живлення мікроконтролера 5В
22,52,63	GND	Загальний
23,24	XTAL	Виходи тактового генератора
25	PD0	Шина I2C,SCL. Зв'язок з дисплеєм
26	PD1	I2C,SDA. Зв'язок з дисплеєм
50	PA1	Управління транзистором VT2
51	PA0	Управління транзистором VT1
54	PF0	Значення напруги на вході бустера
55	PF1	Значення напруги на виоді бустера
56	PF2	Значення струму на виході бустера
62	AREF	Живлення АЦП

4.2 Розрахунок основних вузлів і блоків принципової схеми

Розрахуємо індуктивність котушки (L), номінали вхідного і вихідного конденсаторів (C_{in}, C_{out}), а також підберемо ключовий транзистор і діод. Для цього необхідно визначити максимальний піковий струм через котушку (такий же піковий струм повинні витримувати ключ і діод), а також знайти амплітуду коливань заряду на конденсаторах.

Розрахунок дроселя конвертора.

Визначимо максимальний піковий струм через котушку

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$I_{\max} = I_{\text{out}} * (1 + LIR/2) * V_{\text{out}} / V_{\text{in}} .$$

де LIR – амплітуда пульсацій у котушці, V_{in} – вхідна напруга, V_{out} , вихідна напруга, I_{out} , вихідний струм.

$$I_{\max} = 125 * (1 + 1/2) * 500 / 300 = 312,5 \text{ A}.$$

Визначимо індуктивність котушки:

$$L = \frac{1}{f * LIR} * \frac{V_{\text{out}}}{I_{\text{out}}} * \left(\frac{V_{\text{in}}}{V_{\text{out}}} \right)^2 * \left(1 - \frac{V_{\text{in}}}{V_{\text{out}}} \right),$$

де f - частота.

$$L = \frac{1}{200 * 10^3 * 1} * \frac{500}{125} * \left(\frac{300}{500} \right)^2 * \left(1 - \frac{300}{500} \right) = 2,88 \text{ мкГн}.$$

Визначимо кількість витків дроселя (N) :

$$N = 1000 * L * I_{\max} / (S * B),$$

де S - ефективний переріз магнітопроводу (мм²), B – максимально допустима індукція (Тл).

$$N = 1000 * 2,88 * 10^{-3} * 315,5 / (683 * 0,08) \approx 16.$$

Максимальний перетин джугу дротів = 42 мм², а максимальна щільність струму = 7,5 А/мм².

Розрахунок вхідного та вихідного конденсаторів.

Знаходимо величину коливань заряду на вхідному конденсаторі:

$$\Delta Q_{\text{in}} = 0,125 * LIR * I_{\text{out}} * \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}} * f},$$

$$\Delta Q_{\text{in}} = 0,125 * 1 * 125 * \frac{500}{300 * 200 * 10^3} = 0,13 * 10^{-3}.$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Задавши певний рівень вхідних пульсацій (V_{p-p_in}) знаходимо ємність вхідного конденсатора:

$$C_{in} = \frac{\Delta Q_{in}}{V_{pp_{in}}} = \frac{0,13 * 10^{-3}}{0,6} \approx 200 \text{мкФ.}$$

Знаходимо величину коливань заряду на вихідному конденсаторі:

$$\Delta Q_{out} = I_{out} * \frac{2 - \frac{V_{in}}{V_{out}}}{f},$$

$$\Delta Q_{out} = 125 * \frac{2 - \frac{300}{500}}{200 * 10^3} = 0,875 * 10^{-3}.$$

Знаходимо ємність вихідного конденсатора:

$$C_{out} = \frac{\Delta Q_{out}}{V_{pp_{out}}} = \frac{0,875 * 10^{-3}}{4} \approx 200 \text{мкФ.}$$

Розрахунок живлення АЦП.

Для нормальної роботи стабілітрона знадобляться:

- гасящий резистор R1 (див. схема ел. принципова);
- дільник на резисторах R2, R3;
- конденсатор C2 для придушення високочастотних пульсацій;

Розрахуємо максимальне значення резистора R1:

$$R1 = \frac{V_{in} - V_{out}}{I_{KA}}.$$

Для розрахунку максимального значення резистора підставимо мінімальний прямий струм (I_{KA}) і мінімальну вхідну напругу в результаті отримуємо:

$$R1 = \frac{7.5 - 5}{1 \text{mA}} = 2.5 \text{кОм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Також необхідно врахувати опір резисторів R2, R3, тому зменшуємо значення R1 до 1кОм.

Значення R2 візьмемо рівним 10кОм (як рекомендовано виробником [9]). Далі розрахуємо значення R3:

$$R3 = \frac{2.5 * R2}{V_{out} - 2.5 + I_{ref} * R2} ,$$

де I_{ref} - опорний струм рівний 2мкА. Підставляємо значення в формулу

$$R3 = \frac{2.5 * 10 * 10^3}{5 - 2.5 + 2 * 10^{-6} * 10 * 10^3} = 9920 \text{ Ом.}$$

Беремо найближче значення в 10кОм.

Розрахунок вхідного та вихідного дільника.

$$\frac{V_{out}}{2.5} = \frac{R5}{R6} = \frac{R7}{R8} = 200.$$

Оберемо значення для R6 та R8 рівним 1кОм, тоді:

$$R5 = R7 = 200\text{кОм.}$$

Значення опору резистора заміру струму :

$$R9 = \frac{0.2}{I_{out}} = 0.00160\text{м,}$$

його потужність: $I_{out} * V = 125 * 0.2 = 25\text{Вт.}$

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продовження таблиці 15

Індикатори			
Z-LCD I2C Keypad Shield	170	1	170
Конденсатори			
K50-29 10мкФ 25В ±10%	5,5	4	22
K1-1 3,3пФ И±10%	2,5	2	5
K1-1 1мкФ И±10%	3	1	3
K75-40 750В 100мкФ±10%	130.5	4	522
Резистори			
МЛТ-0,125-1кОм ±5%	1,2	5	6
МЛТ-0,125-10кОм ±5%	1,2	2	2,4
МЛТ-1-200кОм ±5%	3,8	2	7,6
Діоди			
SKN 501/12 500А 1200V	99	2	198
LM-7805CV	15	1	15
Транзистори			
FZ400R12KE3B1	203	2	406
КП959А	6	6	36
Фільтр кварцевий			
НС-49S 16.0МГц	3,1	1	3,1
Індуктивність			
ТР4А-ЕЕ70/33/32 2,88мкГн	103,7	1	103,7
Всього, грн			1793,8

Таблиця 16 – Витрати на матеріали

Матеріал	Марка або стандарт	Один. виміру	Норма розходу	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Склотек-століт	СФ-2-35 ГОСТ 10816-88	кг	0,5	70	35
Припой	ПОС-61 ГОСТ 21931-86	кг	0,2	100	20
Каніфоль	ГОСТ 14256-69	кг	0,6	110	66
Лак	УР-231.023	кг	0,5	27	13,5

Лист

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продовження таблиці 16

Клей	ТУ-6-10-863-76	кг	0,1	51	5,1
Всього, грн					139,6

За даними таблиць 5.1, 5.2, визначимо загальну суму комплектуючих виробів:

$$\Sigma K = 1933,4 \text{ грн.}$$

Витрати на основну заробітну плату (Z_o).

$$Z_o = TC * Ч * n, \quad (1.1)$$

де TC – тарифна ставка робітника, який задіяний у виробництві пристрою грн./год;

$Ч$ – затрачений час робітником на виготовлення та наладку пристрою;

n – кількість робітників які задіяні у виробництві.

$$Z_o = TC * Ч * n = 15 * 130 * 2 = 3900 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата робітників поєднує тарифну заробітну плату, доплати і надбавки.

Додаткова заробітна плата робітників визначається у розмірі 10-30% від основної заробітної плати:

$$Z_d = 3900 * K_d / 100, \quad (1.2)$$

де K_d – процент додаткової заробітної плати.

$$Z_d = Z_o * K_d / 100 = 3900 * 0,3 = 1170 \text{ грн.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Нарахування на соціальні потреби, згідно діючого законодавства, складає 36,3% від суми основної і додаткової заробітної плати:

$$Всз = (З_о + З_д) * 36,3 / 100 = (3900 + 1170) * 36,3 / 100 = 1840,4 \text{ грн.} \quad (1.3)$$

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування складають 120-150% від основної заробітної плати:

$$P_{сзo} = З_о * 1,4 = 1840 * 1,4 = 2576 \text{ грн.} \quad (1.4)$$

Загально виробничі витрати визначаються із відомостей по аналізу повної собівартості виробу і в середньому можуть складати 130-250 % від основної заробітної плати.

$$ПР = З_о * 2,2 = 3900 * 1,8 = 7020 \text{ грн.} \quad (1.5)$$

Виробнича собівартість визначається як сума статей витрат:

$$ПС = 1933,4 + 3900 + 1170 + 1840,41 + 2576 + 7020 = 18439,81 \text{ грн.} \quad (1.6)$$

Адміністративні витрати визначаються із відомостей по аналізу повної собівартості виробу і в середньому можуть складати 140-200% від основної заробітної плати.

$$AP = З_о * 1,5 = 5376 * 1,4 = 5460 \text{ грн.} \quad (1.7)$$

Зовнішні виробничі витрати, які мають зв'язок зі збутом виробів, складають 5-10% від виробничої собівартості:

$$НР = ПС * 0,1 = 18439,81 * 0,1 = 1844 \text{ грн.} \quad (1.8)$$

Повна собівартість:

$$ПС = ПС + AP + НР = 18439,81 + 5460 + 1844 = 25743,81 \text{ грн.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВОК

У випускній кваліфікаційній роботі спроектований універсальний зарядний пристрій для електромобілів. Основою є Buck-Boost конвертор, що собою імпульсний блок живлення, який поєднує у собі принципи понижувального і підвищувального типу у одному контурі.

Для того щоб заряд був ефективним, електромобілі обладнані інтерфейсом за допомогою якого відбувається обмін даними з процесором зарядної станції. Через протокол CAN бортовий комп'ютер повідомляє про необхідність заряду, та потрібне значення струму у даний момент часу, а у аварійних випадках, видає команду «СТОП».

Дана система складається з понижуючо-підвищуючого (Buck-Boost) перетворювача, акумуляторної батареї та вузла комутації, що дозволяє заряджати її, або використовувати накопичену енергію.

За рахунок власної батареї можна користуватися нічним тарифом на електроенергію, накопичуючи енергію вночі, та використання цієї енергії вдень.

Також пристрій дозволяє ефективно використовувати “зелену” енергію за рахунок використання сонячних батарей, а також за рахунок електромережі, за її наявності.

Вибір джерела живлення здійснює оператор зарядної станції.

					ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Типи зарядок електромобілів [Електронний ресурс]. URL: <http://autogeek.com.ua/tipyi-zaryadok-elektromobiley-kakoy-vyibrat-chtobyi-zaryazhatsya-v-ukraine/> (Дата звернення: 18.02.2017).
2. CHAdeMO Interface [Електронний ресурс]. URL: <http://chademo.com/> (Дата звернення: 17.02.2017).
3. T. Anegawa, "Safety Design of CHAdeMO Quick Charging System, World Electric Vehicle Journal, vol. 4, 2010, pp. 855-859.
4. Buck-Boost Converters [Електронний ресурс]. URL: <http://www.learnabout-electronics.org/PSU/psu33.php> (Дата звернення: 18.02.2017).
5. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы [Електронний ресурс]. URL: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php> (Дата звернення: 20.02.2017).
6. D. Zhang a , B.S. Haran a , A. Durairajan a , Studies on capacity fade of lithium-ion batteries accepted ,17 February 2000 – 180p
7. Вальпа О. Сучасна середовище розробки мікроС для програмування мікроконтролерів на мові високого рівня Сі. Сучасна електроніка. 2010. № 6. с.64
8. Білоус О.І., Єфименко С.А., Турцевич А.С., Напівпровідникова силова електроніка, Москва: Техносфера, 2013. – 216 с
9. TL431A Прецизионные настраиваемы регуляторы шунта [Електронний ресурс]. URL: <http://www.naliwator.narod.ru/other/tl431rus.pdf/> (Дата звернення: 22.02.2017).
10. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам. – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.
11. Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г.Мельника Суми: ВТД “Університетська книга”, 2004. – 648с.
12. Мельник Л.Г., Ильяшенко С.Н., Касьяненко В.А. Экономика информации и информационные системы предприятия : Учебное пособие – Сумы ИТД «Университетская книга» , 2004. – 400 с.
13. <http://pcbfab.ru>
14. <http://www.petrocom.ru>
15. http://www.gaw.ru/html.cgi/components/adc/adc_7.htm

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ

Додаток А

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Замір значень АЦП.

```
#include <mega128.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x12 ;PORTD
#endasm
#include <lcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}
void main(void)
{
    char lcd_buffer[16];
    unsigned int u;
    // ADC initialization
    // ADC Clock frequency: 500,000 кГц
    // ADC Voltage Reference: AVCC pin
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
    ADCSRA=0x81;
    // LCD module initialization
    lcd_init(16);
    while (1)
    {
        /*так як АЦП у нас 10-бітний, то максимальне число, яке поверне функція,
        read_adc()
```

						ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

буде дорівнювати 1024, це число буде еквівалентом напруги на вході adc0.
Наприклад, якщо read_adc() повернув 512, то це означає, що на вхід adc0 ми подали половину опорної напруги

Щоб обчислити реальну напругу, нам потрібно скласти пропорцію
опорна напруга - 1024

шукана напруга - adc

У нас опорна напруга = 5

Шукана напруга = $5 * adc / 1024$, або Шукана напруга = $0,005 * adc$

для простоти переведемо вольти в милivolты, домножив на 1000

Шукана напруга = $0,005 * adc * 1000$

*/

u=read_adc(0) * 5;//викликаємо функцію для вимірювання напруги і
передаємо їй номер ніжки, на якій потрібно виміряти напругу

lcd_clear();//чистимо дисплей перед виведенням

lcd_gotoxy(0,0);//переведення курсора в положення x=0 y=0

sprintf(lcd_buffer,"U = %i mv",u);//формуємо рядок для виводу

lcd_puts(lcd_buffer);//виводимо рядок на дисплей

delay_us(500);//робимо затримку 500 мс

};

}

>

Отримання команд від клавіатури.

;Опитування першого стовпця

Klaviatura:

ldi temp, 0b11110111 ;код стовпця 1

out PortD, temp ;

sbis PinD,0 ;Перевіряємо клавішу 1

ldi sklav,1 ;Якщо натиснута зберігаємо код

;клавіші в регістрі стану клавіатури

sbis PinD,1 ;Перевіряємо клавішу 6

ldi sklav,6 ;Якщо натиснута зберігаємо код

;клавіші в регістрі стану клавіатури

sbis PinD,2 ;Перевіряємо клавішу 11

ldi sklav,11 ;Якщо натиснута зберігаємо код в

;клавіші в регістрі стану клавіатури

; Опитування другого стовпця

ldi temp, 0b11101111 ;код стовпця 2

out PortD, temp ;

sbis PinD,0 ;Перевіряємо клавішу 2

ldi sklav,2 ;Якщо натиснута зберігаємо код


```

sbis PinD,2           ;Перевіряємо клавiшу 15
ldi sklav,15         ;Якщо натиснута зберігаємо код в
;клавiші в реєстрі стану клавiатури
rcall drebezg        ;Виклик підпрограми захисту від тремтіння
;контактів
; Достатьо 4 NOP. Потрiбно для того, щоб перед перевiркою дати нiжцi час
на
; те, щоб зайняти потрiбний рiвень. Рiч у тому, що реальна схема має деяке
; значення C i L, яке робить неможливою миттєву змiну рiвня, невелика
затримка
; все ж є. А на швидкостi в 8МГц i вище процесор клацає команди з такою,
що
; швидкiстю напруга на виводi ще не спала, а ми вже перевiряємо стан
виводу.

```

Ініціалізація протоколу UART.

```

#include <mega128.h>
#include <stdio.h>
// USART Receiver interrupt service routine interrupt [ USART_RXC ] void

usart_rx_isr ( void )
{
char data ;
data = UDR ;

if ( data == '1 ' ) PORTC.0 = 1 ;
if ( data == '0 ' ) PORTC.0 = 0 ;
}

void main ( void )
{
// Port C initialization
PORTC = 0x00;
DDRC = 0x01;
// USART initialization
// Communication Parameters : 8 Data , 1 Stop , No Parity
// USART Receiver : On
// USART Transmitter : Off
// USART Mode : Asynchronous
// USART Baud Rate : 9600
UCSRA = 0x00;

```

						ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

```
UCSRB = 0x90 ;
UCSRC = 0x86 ;
UBRRH = 0x00;
UBRRL = 0x33 ;
// Global enable interrupts
```

```
# asm ( " sei " )
while ( 1 )
{
};
```

Широтно – імпульсна модуляція.

```
# include <mega128.h>

# include <delay.h>
void main ( void )
{
// Port B initialization
PORTB = 0x00;
DDRB = 0x02 ;

// Timer / Counter 1 initialization
TCCR1A = 0x40 ;
TCCR1B = 0x09 ;
TCNT1H = 0x00;
TCNT1L = 0x00;
ICR1H = 0x00;
ICR1L = 0x00;
OCR1AH = 0x00;
OCR1AL = 0x64 ;
OCR1BH = 0x00;
OCR1BL = 0x00;

while ( 1 )
{
OCR1AL ++ ; // Збільшуємо регістр порівняння на 1 , щоб змінилася
частота
delay_ms (100);
};
}
```

Вивід інформації на дисплей через шину I2C.

```
#include <avr/io.h>
#include <compat/twi.h>
```

						ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			


```

// Get TWI Status Register, mask the prescaler bits (TWPS1,TWPS0)
twi_status=TWSR & 0xF8;

switch(twi_status) {
  case TW_SR_SLA_ACK: // 0x60: SLA+W received, ACK returned
    i2c_state=0; // Start I2C State for Register Address required
    break;

  case TW_SR_DATA_ACK: // 0x80: data received, ACK returned
    if (i2c_state == 0) {
      regaddr = TWDR; // Save data to the register address
      i2c_state = 1;
    } else {
      regdata = TWDR; // Save to the register data
      i2c_state = 2;
    }
    break;

  case TW_SR_STOP: // 0xA0: stop or repeated start condition received
while selected
    if (i2c_state == 2) {
      i2c_slave_action(1); // Call Write I2C Action (rw_status = 1)
      i2c_state = 0; // Reset I2C State
    }
    break;

  case TW_ST_SLA_ACK: // 0xA8: SLA+R received, ACK returned
  case TW_ST_DATA_ACK: // 0xB8: data transmitted, ACK received
    if (i2c_state == 1) {
      i2c_slave_action(0); // Call Read I2C Action (rw_status = 0)
      TWDR = regdata; // Store data in TWDR register
      i2c_state = 0; // Reset I2C State
    }
    break;

  case TW_ST_DATA_NACK: // 0xC0: data transmitted, NACK received
  case TW_ST_LAST_DATA: // 0xC8: last data byte transmitted, ACK
received
  case TW_BUS_ERROR: // 0x00: illegal start or stop condition
  default:

    i2c_state = 0; // Back to the Begining State
}
// Clear TWINT Flag

```

						ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
Конденсатори			
C1-C4, C9	K50-29 10мкФ 25В И±10%	5	
C5, C6	K1-1 3,3нФ И±10%	2	
C12-C14	K1-1 0,47мкФ И±10%	3	
C7, C8,	K75-406 100мкФ 750В И±10%	2	
C10, C11	K75-406 100мкФ 750В И±10%	2	
Схеми інтегральні			
DA1	TL-431A	1	
DD1	L6385E	1	
DD2	AtMega 128	1	
DD3	MCP2551	1	
Індикатор символний			
HL1	Z- LCD I2C Keypad Shield	1	
Індуктивність			
L	TP4A-EE70/33/32 2,88мкГн	1	
Резистори			
R1, R4, R6	C2-23 -0,125-1кОм ±5% ГОСТ	3	
R8, R10	C2-23 -0,125-1кОм ±5% ГОСТ	2	
R2, R3	C2-23-0,125-10кОм ±5% ГОСТ	2	
R5, R7	C2-23-1-200кОм ±5% ГОСТ	2	
Діоди, стабілітрони			
VD1, VD2	SKN 501/12 500A 1200V	2	
VR1	LM-7805CV	1	
Транзистори			
VT1, VT2	FZ400R12KE3B1	2	
VT3-VT8	КП959А	6	
Фільтр кварцевий			
ZQ1	НС-49S 16.0МГц	1	

ЦЗДВН 8.171.00.10. 192 ПЕ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Хоменко			
Провер.	Новгородцев			
Реценз.				
Н. Контр.	Гапич			
Чтверд.	Опанасюк			
Універсальна система зарядки акумуляторних батарей. Перелік елементів.				
		Лит.		Лист
				Листов
		1		1
СумДУ ЕСмз - 91с				