

Мокрійчук Сергій Юрійович

Розробка та дослідження автоматизованої системи управління
контактором для мереж постійного та змінного струму

Керівник: канд. техн. наук, доц. Чихіра І.В.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить 11 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 103 друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – - друкованих сторінок формату А4.

Дипломна робота складається з восьми розділів, в яких нараховується 31 рисуноків та 14 таблиць з даними.

В роботі використано 21 літературних джерел.

Мета магістерської роботи полягала у створенні системи автоматичного керування контактором для мереж постійного та змінного струму.

Для вирішення даної задачі була прийнята схема широтно-імпульсного регулювання з мікропроцесорним управлінням. Така схема має наступні переваги:

- забезпечення широкого діапазону безступінчатого регулювання в режимі скидання потужності;
- робота, як при постійній, так і змінній вхідній напрузі;
- можливість програмної адаптації під застосування в нових розробках контакторів;
- підтримання заданого струму в котушках з високою точністю.

Ключові слова: КОНТАКТОР, ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ, КОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Аналітична частина.....	8
1.1.Характеристики електромагнітних контакторів.....	8
1.2.Опис способів управління контактором	12
2. Технологічна частина.....	15
2.1.Технічне завдання	15
2.2.Функціональна схема блоку управління контактором.....	18
2.3.Електрична схема блоку управління контактором.....	19
2.4.Вибір варистора.....	20
2.5.Вибір діодного мосту	21
2.6.Вибір фільтрових конденсаторів.....	21
2.7.Розрахунок параметрів силового транзистора.....	22
2.8.Вибір і розрахунок елементів блоку драйвера.....	23
3. Конструкторська частина	26
3.1.Розрахунок теплової завантаження силового транзистора.....	26
3.2.Розрахунок параметрів силового діода і розрахунок теплової завантаження	29
3.3.Джерело живлення системи управління	31
3.4.Розрахунок елементів перетворювача.....	38
3.5.Вибір лінійного стабілізатора.....	47
4. Спеціальна частина	49
4.1.Розробка системи управління.....	49
4.2.Розрахунок елементів системи управління.....	53
4.3.Розробка програмного забезпечення.....	55
5. Науково – дослідна частина.....	63
5.1.Моделювання роботи перетворювача напруги	63
5.2.Дослідження перетворювача напруги.....	65
5.3.Дослідження силової частини блоку.....	67

6. Обґрунтування економічної ефективності	69
6.1. Техніко-економічне обґрунтування проєктованого варіанту	69
6.2. Розрахунок капітальних вкладень на реалізацію проєкту автоматизації	69
6.3. Розрахунок витрат на оплату праці за проєктом автоматизації	71
6.4. Розрахунок виробничої собівартості за проєктом автоматизації	76
6.5. Розрахунок основних техніко – економічних показників проєкту автоматизації	79
7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	82
7.1. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на покращення умов і безпеки праці.....	82
7.2. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на захист навколишнього середовища від забруднення	87
7.3. Розрахунок заземлюючого пристрою з використанням природного заземлення.....	88
7.4. Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях	91
8. Екологія	93
8.1. Загальні відомості про екологію та захист навколишнього середовища	93
8.2. Основні пріоритети охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів	95
8.3. Засоби захисту, що використовуються в електроустановках	97
Висновки.....	101
Перелік посилань.....	103

ВСТУП

Метою даної роботи є розробка блоку управління контактором призначеного для роботи в мережах як постійного, так і змінного струму.

Для роботи вакуумних контакторів необхідно електричний пристрій, що дозволяє включати (замикати) електромагнітну систему контактора при подачі напруги живлення. Для розширення номенклатури контакторів було прийнято рішення про розробку універсального блоку управління контактором, який працює як від мережі постійного струму, так і від мережі змінного струму.

Даний блок управління контактором повинен забезпечувати режими роботи електромагнітного приводу необхідні для роботи вакуумних контакторів, такі як, режим форсування від моменту включення до моменту повного замикання магнітної системи і режим скидання потужності.

Режим скидання потужності дозволяє знизити енергоспоживання контактора в режимі утримання по відношенню до пускового режиму і тим самим полегшити тепловий режим роботи котушок.

В якості основи схемотехнічного рішення було прийнято схема широтно-імпульсного регулювання з мікропроцесорним управлінням. Така схема має наступні переваги:

- забезпечення широкого діапазону безступінчастого регулювання в режимі скидання потужності;
 - робота, як при постійному, так і змінному вхідному напрузі;
 - можливість програмної адаптації під застосування в нових розробках контакторів;
- підтримання заданого струму в котушках з високою точністю

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристики електромагнітних контакторів

Контактори це апарати дистанційної дії, призначені для частих включень і відключень силових електричних ланцюгів при нормальних режимах роботи.

Електромагнітний контактор являє собою електричний апарат, призначений для комутації силових електричних ланцюгів. Замикання або розмикання контактів контактора здійснюється найчастіше за допомогою електромагнітного приводу.

Загальнопромислові контактори класифікуються по:

- роду струму головного ланцюга й ланцюги керування (включаючої котушки)
- постійний, змінний, постійний і змінний токи;
- числу головних полюсів - від 1 до 5;
- номінальному струму головного ланцюга - від 1,5 до 4800 А;
- номінальній напрузі головного ланцюга: від 27 до 2000 У постійного струму; від 110 до 1600 У змінного струму частотою 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10 000 Гц;
- номінальній напрузі котушки, що включає: від 12 до 440 У постійного струму, від 12 до 660 У змінного струму частотою 50 Гц, від 24 до 660 У змінного струму частотою 60 Гц;
- наявності допоміжних контактів - з контактами, без контактів.

Нормальна робота контакторів допускається:

- при напрузі на затисках головного ланцюга до 1,1 і ланцюга керування від 0,85 до 1,1 номінальної напруги відповідних ланцюгів;
- при зниженні напруги змінного струму до 0,7 від номінального котушка, що включає, повинна втримувати якір електромагніта контактора в повністю притягнутому положенні й при знятті напруги не втримувати його.

Контактори повинні вибиратися по:

- призначенню й області застосування;
- категорії застосування;
- величині механічної й комутаційної зносостійкості;

- числу й виконанню головних і допоміжних контактів;
- роду струму й величинам номінальної напруги й струму головного ланцюга;
- номінальній напрузі й споживаній потужності котушок, що включають;
- режиму роботи;
- кліматичному виконанню й категорії розміщення.

Параметри контактора

Важливими параметрами контактора є номінальні робітники струм і напруги. Номінальний струм контактора — це струм, що визначається умовами нагрівання головного ланцюга. Контактір здатний витримати цей струм при замкнутих головних контактах протягом 8 ч, а перевищення температури різних його частин не повинне бути більше припустимої величини. При повторно-короткочасному режимі роботи апарата часто користуються поняттям припустимого еквівалентного струму тривалого режиму.

Напруга головного ланцюга контактора — найбільша номінальна напруга, для роботи при якому призначений контактір. Якщо номінальні струм і напруги контактора визначають для нього максимально-допустимые умови застосування в тривалому режимі роботи, то номінальні робочий струм і робоча напруга визначаються умовами експлуатації.

Будова контакторів.

Контактір (рис 1.1 складається з: головних контактів, зменшувач дуги й електромагнітної систем, допоміжних контактів.

Головні контакти здійснюють замикання й розмикання силового ланцюга. Вони повинні бути розраховані на тривале проведення номінального струму й на велику кількість включень і відключень при високій їхній частоті. Головні контакти можуть виконуватися важільного й мостикового типу. Важільні контакти припускають поворотну рухливу систему, мостикові - прямо ходову.

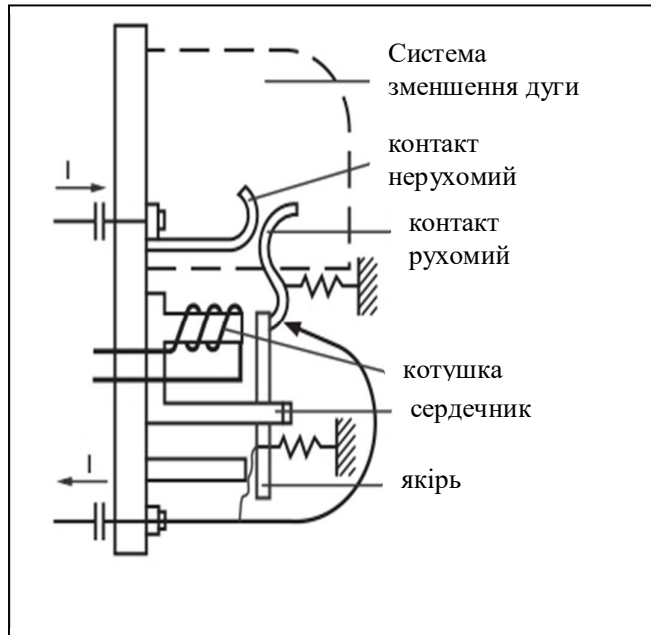


Рис. 1.1 Будова однополюсного електромагнітного контактора

Камери зменшення дуги контакторів постійного струму побудовані на принципі гасіння електричної дуги поперечним магнітним полем у камерах з поздовжніми щілинами. Магнітне поле в більшості конструкцій збуджується послідовно включеної з контактами зменшення дуги котушкою. Зменшення дуги система забезпечує гасіння електричної дуги, що виникає при розмиканні головних контактів. Способи гасіння дуги й конструкції дугогасительных систем визначаються родом струму головного ланцюга й режимом роботи контактора. Електромагнітна система контактора забезпечує дистанційне керування контактором, тобто включення й відключення. Конструкція системи визначається родом струму й ланцюга управління контактора і його кінематичною схемою. Електромагнітна система складається із сердечника, якоря, котушки й кріпильних деталей.

Електромагнітна система контактора може розраховуватися на включення якоря й утримання його в замкнутому положенні або тільки на включення якоря. Утримання його в замкнутому положенні в цьому випадку здійснюється засувкою.

Відключення контактора відбувається після знеструмлення котушки під дією пружини, що відключає, або власної ваги рухливої системи, але частіше пружини.

Допоміжні контакти. Проводять перемикання в ланцюгах управління контактора, а також у ланцюгах блокування й сигналізації. Вони розраховані на тривале проведення струму не більше 20 А, і відключення струму не більше 5 А. Контакти виконуються як замикаючі, так і розмикальні, у переважній більшості випадків мостикового типу.

Контактори постійного струму.

Контактори постійного струму призначені для комутації ланцюгів постійного струму й, як правило, приводяться в дію електромагнітом постійного струму. Контактори змінного струму призначені для комутації ланцюгів змінного струму. Електромагніти цих ланцюгів можуть бути як змінного, так і постійного струму.

Контактори постійного струму випускають в основному на напругу 22 й 440 У, струми до 630 А, однополюсні й двополюсні.

Контактори серії КПД 100Е призначені для комутування головних ланцюгів і ланцюгів керування електроприводом постійного струму напругою до 220 У.

Контактори випускають на номінальні струми від 25 до 250 А.

Контактори серії КПВ 600 призначені для комутації головних ланцюгів електроприводів постійного струму. Контактори цієї серії мають два виконання: з одним замикаючим головним контактом (КПВ 600) і з одним розмикальним головним контактом (КПВ 620).

Керування контакторами здійснюється від мережі постійного струму.

Контактори випускаються на номінальні струми від 100 до 630 А.

Контактор на струм 100 А має масу 5,5 кг, на струм 630 А - 30 кг.

Контактори змінного струму

Контактори змінного струму будуються, як правило, триполюсними із замикаючими головними контактами. Електромагнітні системи виконуються

шихтованими, тобто набраними з окремих ізольованих друг від друга сталевих пластин товщиною до 1 мм. Котушки низького опору з малим числом витків. Основну частину опору котушки становить її індуктивне опур, що залежить від величини зазору. Тому струм у котушці контактора змінного струму при розімкнутій системі в 5-10 разів перевищує струм при замкнутій магнітній системі. Електромагнітна система контакторів змінного струму має короткозамкнений виток на сердечнику для усунення гудіння й вібрації.

У відмінності від контакторів постійного струму режим включення контакторів змінного струму більше важкий, чим режим відключення із за пускового струму асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором. Наявність вібрації контактів при включенні приводить до великого зношування контактів. Тому боротьба із вібрацією при включенні контакторів здобуває першорядне значення.

1.2 Опис способів управління контактором

Для роботи вакуумних контакторів необхідно забезпечити два режими роботи електромагнітного приводу: режим форсування від моменту включення до моменту повного замикання магнітної системи і режим скидання потужності. Раніше функцію скидання потужності в електромагнітних системах контактора реалізовували за допомогою включення баластного резистора, перемиканням на знижену напругу харчування, перемиканням котушок з паралельного включення в послідовне і однонапівперіодним випрямленням струму утримання, далі використовували фазовий регулювання. На рис.1.2. показана схема скидання потужності на котушках контактора за допомогою баластного резистора. Така схема має дуже низький ККД, велика частина потужності розсіюється у вигляді тепла на баластному резисторі. Відсутня регулювання скидання потужності в залежності від вхідної напруги.

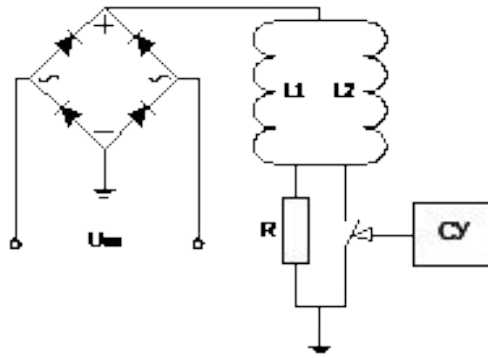


Рис. 1.2 Схема з підключенням баластного резистора. СУ - система управління; L1 і L2 - котушки контактора; R - баластний резистор.

Перемикання котушок з послідовного в паралельний.

Перемикання котушок контактора з паралельного з'єднання в послідовне дає тільки чотириразовий скидання потужності в режимі утримання, що недостатньо для забезпечення теплового режиму котушок контактора. Потрібні два силових ключа. Схема наведена на рис. 1.3.

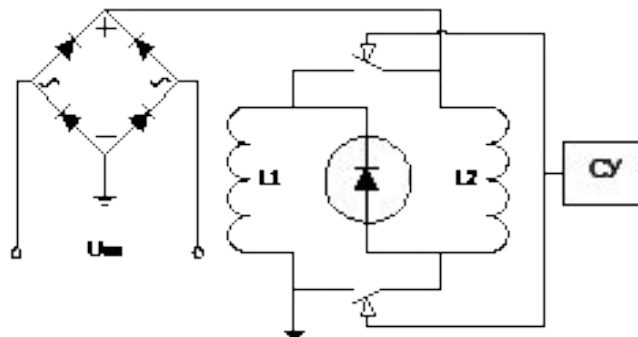


Рис.1.3 Схема з перемиканням котушок паралельно-послідовно

При додаванні в цю схему баластного резистора, для забезпечення необхідного коефіцієнта скидання потужності, ККД такої схеми не перевищує 50%. Управління за принципом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Суть ШІМ управління полягає в зміні тривалості імпульсів при незмінній частоті або зміні частоти при незмінній тривалості імпульсу. Ключем необхідно управляти таким чином, щоб на виході перетворювача, тобто на вході електромагнітної системи контактора, підтримувати необхідну величину струму. Недоліки ШІМ

полягають в тому, що такий перетворювач створює високочастотні перешкоди в мережі живлення. Перетворювач побудований на такому принципі управління може підтримувати необхідний струм в котушках контактора в широкому діапазоні вхідних напруг, практично не залежить від форми вхідної напруги, що дає високу перешкодозахищеність, забезпечує низький рівень акустичного шуму контактора, тому що частота ШІМ перебувати за межами чутного діапазону (рис.1.4.).

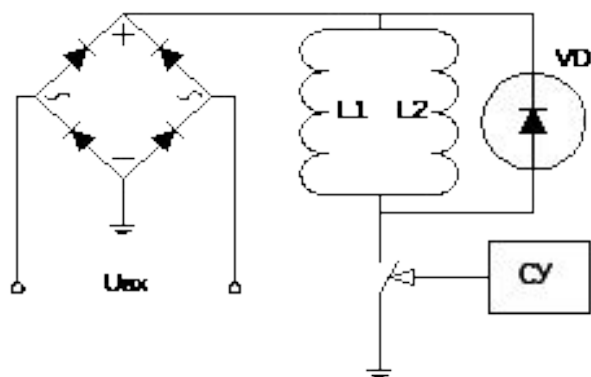


Рис.1.4 Схема управління з ШІМ.

У даній розробці вирішено використовувати схему управління з ШІМ

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Технічне завдання

Мета роботи: є необхідність створення пристрою управління котушками магнітної системи розроблених контакторів для змінної і постійної напруги управління 24В і 48В.

До складу блоку управління контактором (БУК) повинні входити такі функціональні блоки:

- випрямляч. Перетворює змінний струм на вході в постійний струм на виході.
- регулятор. Перетворює надходить напруга з випрямляча в напругу з необхідними параметрами для управління магнітною системою контактора.
- схема управління. Виконує функції управління БУК у всіх режимах роботи.

БУК повинен забезпечити такі режими роботи магнітної системи контактора:

- режим форсажу, на котушки електромагнітів подається випрямлена, що не регульоване напруга в електромережі. Час форсажу $200\text{мс} \pm 25\text{мс}$. Токи протікають в обмотках магнітної системи представлені в табл.1. Включення контактора (перехід в режим форсажу) може відбуватися не частіше ніж один раз на 3сек.

- режим утримання, на котушки подається напруга утримання (струм утримання) відповідно до табл.2.1.

- режим обмеження мінімальної напруги, при вхідній напрузі менше мінімально необхідної (напруга обмеження табл.1) з котушок магнітної системи знімається напруга утримання (відключення контактора). Подальше включення контактора (режим форсажу) можливо тільки в разі зниження вхідної напруги менше 2В протягом часу необхідного для скидання внутрішніх схем БУК, але не більше 1 сек.

Електричні параметри: Частота змінної напруги - 50Гц.

Інші параметри в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Параметри БУК

Тип магнітної системи	Напруження, В.	Струм в форсажі, А	Струм в форсажі тах при - 50 ° С, А	Напруги -ня обмеження, В	Напруження, В	Струм утримано -ня, А	Індуктивність магнітної системи, Гн
ЛКВ1.160.000	48 ± 30%	8.4 ± 5%	12.8	14.4-15% + 5%	8.7	1.8 ± 5%	0.8 ± 10%
	24 ± 30%	15.8 ± 5%	24.3	7.2-15% + 5%	4.35	3.6 ± 5%	0.8 ± 10%
ЛКВ1.250.000	48 ± 30%	9.2 ± 5%	14.1	14.4-15% + 5%	8.7	2.0 ± 5%	0.8 ± 10%
	24 ± 30%	17.4 ± 5%	26.6	7.2-15% + 5%	4.35	4.0 ± 5%	0.8 ± 10%
ЛКВ1.400.000	48 ± 30%	10.9 ± 5%	16.6	14.4-15% + 5%	8.7	2.3 ± 5%	0.8 ± 10%
	24 ± 30%	20.4 ± 5%	31.3	7.2-15% + 5%	4.35	4.7 ± 5%	0.8 ± 10%
ЛКВ1.400.000	48 ± 30%	11.1 ± 5%	16.9	14.4-15% + 5%	8.7	2.4 ± 5%	0.8 ± 10%
ЛКВ1.630.000	48 ± 30%	19.4 ± 5%	29.6	14.4-15% + 5%	8.7	4.2 ± 5%	0.8 ± 10%

Режими роботи БУК і переходи з режиму в режим представлені на рис.2.1

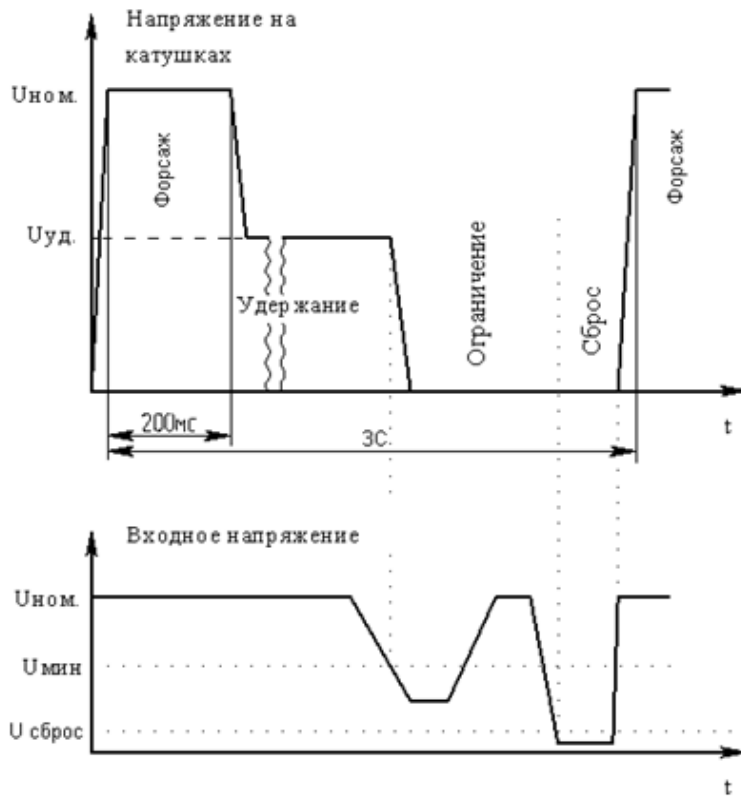


Рис 2.1 Режимы работы БУК

Режимы работы БУК і переходи з режиму в режим.

Уном. - Номінальна напруга живлення;

Ууд. - Напруга утримання магнітної системи;

Умін - Напруга обмеження.

Умови експлуатації:

Температура навколишнього середовища $-50^{\circ}\text{C} + 55^{\circ}\text{C}$

Вимоги до конструкції:

Масогабаритні показники - мінімальні.

Елементна база - планарні компоненти, для слаботочної частини

2.2 Функціональна схема блоку управління контактором

На підставі ТЗ необхідно розробити функціональну схему пристрою, яка повинна включати випрямляч, регулятор на силовому транзисторі. Для управління регулятором прийнято використовувати контролер, який розраховує

необхідну тривалість ШІМ імпульсів, а також виконує ряд функцій, з відстеження напруги обмеження, і відліку часу форсажу. Для харчування і контролера і драйвера силового транзистора необхідний імпульсний джерело живлення, що працює в широкому діапазоні вхідних напруг. Для відстеження величини вхідної напруги необхідний датчик напруги, що передає інформацію на АЦП контролера. На підставі цих вимог розроблена функціональна схема представлена на рис.2.2.

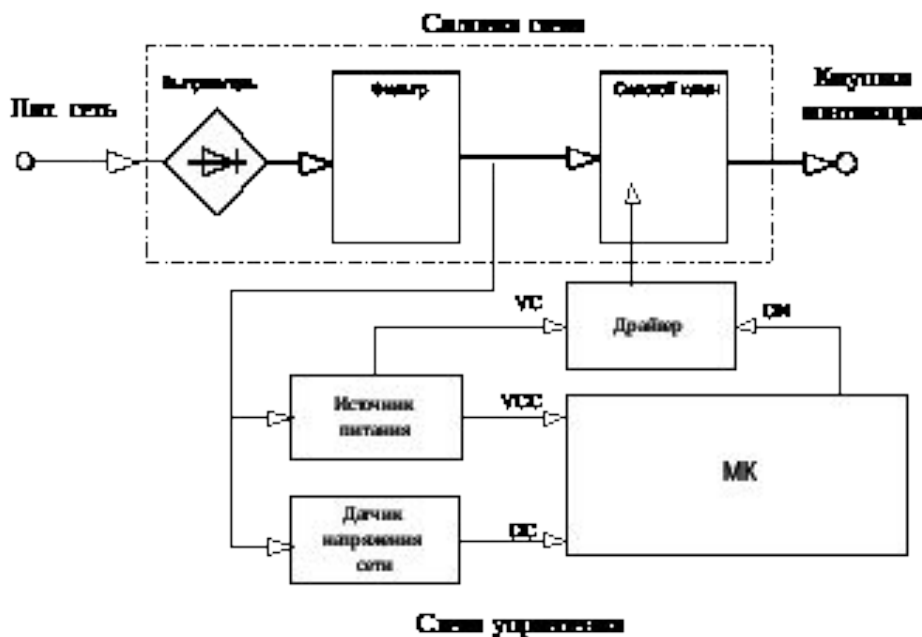


Рис.2.2 Функціональна схема БУК.

2.3 Електрична схема блоку управління контактором

На підставі блок схеми була розроблена принципова електрична схема блоку управління контактором рис.2.3.

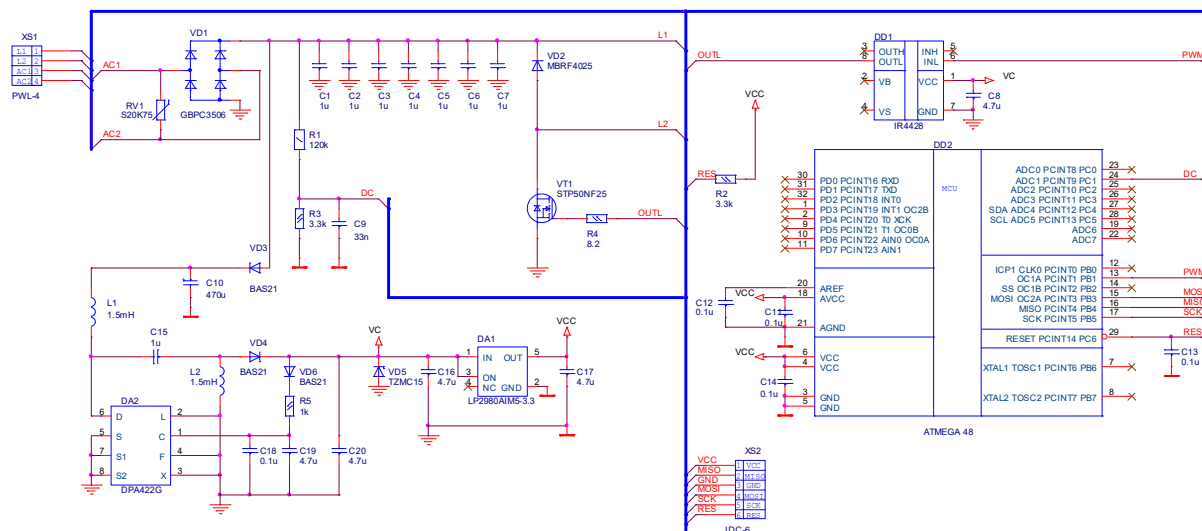


Рис.2.3. Схема принципова блоку управління контактором.

Силова схема.

Силовая схема складається з випрямного діодного моста VD1, польового транзистора з ізольованим затвором VT1 і діода VD2, службовця для протікання струму котушок контактора в момент закриття транзистора VT1. Також діод забезпечує відсутність високовольтних викидів при закритті ключа, тому що ток в котушках не переривається. Для зниження високочастотних пульсацій споживаного струму після випрямляча стоять конденсатори C1-C7. На вході силової схеми варто варистор RV1, що захищає силову схему і схему управління від перенапруг в мережі.

Драйвер.

Драйвер служить для управління затвором транзистора VT1. Він реалізований на мікросхемі DD1.

Джерело живлення.

Джерело живлення будується на імпульсному DC-DC перетворювачі типу SEPIC (single ended primary inductance converter), т.к цей перетворювач дозволяє працювати з вхідними напругами і вище і нижче вихідного. Реалізовано на ІС перетворювача напруги DA2. Для живлення контролера DD2 використовується лінійний стабілізатор DA1.

Датчик напруги мережі.

Датчик являє собою резистивний дільник (резистори R1-R3, конденсатор C9), напруга з якого надходить на АЦП мікроконтролера DD2. Конденсатор C9 здійснює фільтрацію сигналу DC від високочастотних перешкод.

Мікроконтролер.

Мікроконтролер управляє транзисторним ключем силової схеми. Здійснює розрахунок скважності імпульсів управління транзистором на основі обчисленого середнього значення напруги з датчика напруги мережі. Тривалість часу форсажу, напруга відключення також визначаються мікро контролером.

2.4 Вибір варистора

Існує необхідність захисту БУК від короточасних сплесків напруги живильних, ланцюгів. Для цих цілей в блоці встановлений варистор, що вдає із себе нелінійний резистор, опір якого різко змінюється під дією прикладеної напруги. При досягненні на варисторі імпульсу певної напруги, він знижує свій опір, при цьому гасить виникло перенапруження.

Варистор вибираємо, по класифікаційному напрузі, яке повинно бути більше амплітудного напруги живлення:

$$U_{DV_{max}} = 48(1 + 0.3) \cdot \sqrt{2} = 87V$$

Максимальний струм варистора і абсорбіруємих енергія, вибирається найбільшою для даного конструктивна варистора. Був обраний варистор S20K75 Фірми EPCOS з наступними параметрами:

Класифікаційне напруга: 120В.

Напруга захисту: 200В

Абсорбіруємих енергія 40Дж. (2 мс)

Максимальний імпульсний струм 6500А (за час 8 / 20мкс).

Максимальна середня розсіює потужність: 1Вт.

2.5 Вибір діодного мосту

Діодний міст вибирається як дискретний компонент, за основними його параметрами - максимальному зворотному напрузі та середньому випрямлення струму.

Середній струм діодного моста визначається максимальним струмом в режимі форсажу.

$$I_{FORCE_{max}} = 31.3 A$$

Максимальна зворотна напруга діодного моста визначається напругою захисту варістора, рівним 200В.

Як діодного моста був обраний міст GBPC3506 з наступними параметрами:

Середній випрямлений струм: 35А

Максимальна зворотна напруга: 600В.

2.6 Вибір фільтрових конденсаторів

Фільтрові конденсатори С1-С7 призначені для забезпечення імпульсними струмами силової частини блоку. Внаслідок того, що живить мережу має наведену індуктивність, і омичний опір в мережі живлення при проходженні великих імпульсних струмів, виникнуть перешкоди. Для забезпечення імпульсними струмами необхідно вибрати керамічні або плівкові конденсатори, які мають низький імпеданс на даній частоті.

В даному блоці внаслідок обмеженості габаритів використовуються конденсатори для планарного монтажу, з номінальною напругою, що перевищує захисне напруження варістора.

Виберемо керамічні конденсатори фірми MURATA [14] GRM55DR72E105KW01L типорозміру 2220 з наступними характеристиками:

$$C_N = 1.0 \mu F$$

$$U_N = 250 V$$

2.7 Розрахунок параметрів силового транзистора

В якості силового ключа обираємо МДП-транзистор, тому що він має оптимальну вартість і швидкодія.

Транзистор вибирається по максимальному напрузі, яке може обмежити варістор. З параметрів варістора:

$$U_{ds\ max} = U_{VAR} = 200V$$

Струм проходить через силовий ключ в режимі форсажу буде визначати струмові характеристики транзистора.

$$I_{drain} = I_{force\ max} = 31.3A$$

Потужність втрат транзистора залежить від опору каналу і від часу

Наростання фронту напруги затвора, частоти перемикання, тому з усіх можливих транзисторів шукаємо транзистор з мінімальним опором каналу, і часом наростання фронту.

Вибираємо транзистор STP50NF25 з наступними характеристиками:

$$U_{dss} = 250\ V$$

$$R_{ds\ (on)} = 0.069\ \Omega$$

$$I_{ds} = 45\ A$$

$$U_{gs} = \pm 20V$$

$$t_r = 20ns\ (U_{ds} = 125V, I = 22A, R = 4.7\ \Omega, U_{gs} = 10V)$$

$$Q_g = 68nКл$$

$$R_{thjc} = 0.78\ ^\circ C / W$$

$$R_{thja} = 62.5\ ^\circ C / W$$

де, U_{dss} -максимальне напруження втік-витік

$R_{ds\ (on)}$ -опір каналу транзистора

I_{ds} -максимальний струм стоку транзистора

U_{gs} -максимальне напруження стік затвор

t_r -час наростання фронту на затворі (при конкретних умовах)

R_{thjc} -тепловий опір переходу кристал-корпус

R_{thja} -тепловий опір переходу кристал-навколишнє середовище

Інші параметри можна подивитися в додатку * X.

2.8 Вибір і розрахунок елементів блоку драйвера

Драйвер - це пристрій, який стоїть між контролером управління і силовим приладом. Це проміжний пристрій тому воно розглядається як самостійна ланка.

Основні функції драйвера в нашій схемі:

а) сформувати по потужності сигнал управління силовим приладом;

б) сформувати задану швидкість наростання струму в керуючому

електроді силового приладу $\frac{di_y}{dt}$, Вона повинна бути великою або заданою;

Виберемо необхідний драйвер для управління силовим ключем:

Драйвер повинен забезпечувати необхідний імпульсний струм в ланцюзі затвора для швидкого заряду вхідної ємності і напруги достатнього для виведення транзистора в режим насичення.

Знаходимо амплітудний струм затвора виходячи з максимального часу заряду затвора і заряду затвора для включення і виключення транзистора.

Скористаємося формулою викладеної в [2]:

$$I_{G(on)} = \frac{Q_G}{t_{D(on)}} = \frac{68.2 \cdot 10^{-9}}{45 \cdot 10^{-9}} = 1.51$$
$$I_{G(off)} = \frac{Q_G}{t_{D(off)}} = \frac{68.2 \cdot 10^{-9}}{63 \cdot 10^{-9}} = 1.08 \quad (3.2)$$

Знайдемо необхідну середню потужність, що розсіюється драйвером [2]:

$$P_{DRV} = Q_G \cdot U_G \cdot F = 68.2 \cdot 10^{-9} \cdot 12 \cdot 20 \cdot 10^3 = 0.016 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

Так як драйвер приймає сигнали від контролера, необхідно вибрати драйвер, який сумісний з логічними рівнями (сигналами) контролера.

Вибираємо драйвер фірми International Rectifier IR4428.

З наступними характеристиками:

Амплітудний ток затвора: 1.5 А

Напруга живлення: 6-20В

Максимальний час наростання фронту імпульсу: 35нС

Потужність, що розсіюється: 625мВт

Інші характеристики можна подивитися в додатку * X.

Розрахуємо параметри резистора R4:

Розраховуємо необхідний імпеданс драйвера, при напрузі живлення драйвера 12В:

$$R_G = \frac{U_{GS}}{I_{G(on)}} = \frac{12}{1.51} ; 8 \text{ Ом (3.4)}$$

Виберемо чіп резистор з номіналом 8.2 Ом, з ряду E12.

Розрахуємо потужність резистора R4:

Знайдемо шпаруватість проходження струму через резистор:

$$D = \frac{tf}{T_{PWM}} = \frac{26 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-5}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (3.5)}$$

Потужність розсіюється на резисторі R4:

$$P = D \cdot I^2 \cdot R = 4 \cdot 10^{-4} \cdot (1.5)^2 \cdot 8.2 = 7.2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт (3.6)}$$

Виберемо чіп резистор с розсіюється потужністю: 0.125Вт

Типорозміру 0805.

Вибір конденсатора C8.

Внаслідок того, що у провідників на платі присутній паразитна індуктивність, фронт сигналу може завалюватися і драйвер може не видати достатній імпульс струму. Для цих цілей встановлений конденсатор C8, який забезпечує імпульсними струмами драйвер DD1.

Виберемо керамічний конденсатор MURATA GRM31CR71C475K з типорозміром 1206, його характеристики:

$$V_H = 16\text{В}$$

$$C = 4.7 \mu\text{F}.$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок теплової завантаження силового транзистора

Для розрахунку радіатора необхідно задатися температурою переходу силового транзистора, температурою навколишнього середовища, теплові опори вказані в параметрах транзистора.

$$T_j = 120^\circ C$$

$$T_A = 55^\circ C$$

Тоді опір каналу необхідно перерахувати для даної температури:

$$R_{ds(on)}_{120} = R_{ds(on)} \cdot k \quad (3.7)$$

Де коефіцієнт k визначається за графіком $R_{ds\ norm} (T_j)$ (рис.3.1)

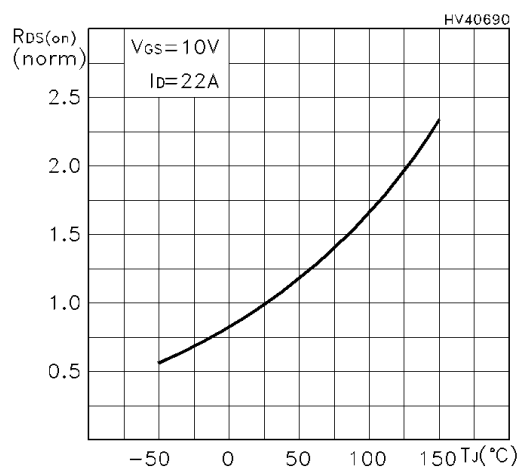


Рис.3.1 Залежність R_{ds} (T_j).

$$R_{ds(on)}_{120} = R_{ds(on)} \cdot k = 0.069 \cdot 1.7 = 0.117 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Знайдемо необхідну потужність розсіювання транзистора, з урахуванням того, що контактор безперервно вмикається і вимикається з мінімальним часом, визначеним у ТЗ.

Графік розсіювання потужності в часі на силовому ключі наведено на рис.3.2.

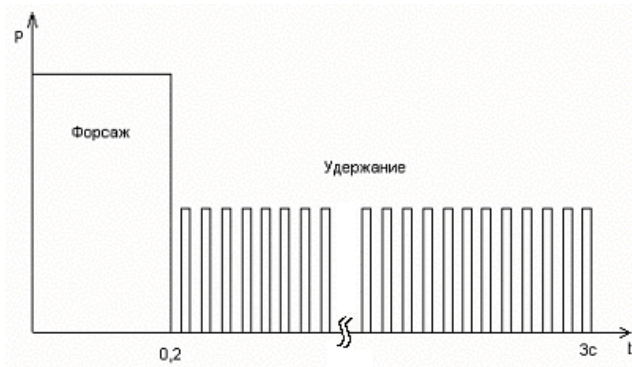


Рис 3.2 Тимчасові характеристики потужності, що виділяються в транзисторі.

Знайдемо середню потужність в режимі форсажу. Для цього знайдемо шпаруватість його роботи на періоді мінімального перемикання.

$$D_F = \frac{t_f}{T} = \frac{0.2}{3} = 0.06 \quad (3.9)$$

Потужність в режимі форсажу визначається:

$$P_F = I_{DS \max}^2 \cdot R_{ds} = 31.3^2 \cdot 0.117 = 115 \text{ Вт} \quad (3.10)$$

Середня потужність на періоді перемикання:

$$P_{F \text{ ave}} = D_F \cdot I_{DS \max}^2 \cdot R_{ds} = 0.06 \cdot 31.3 \cdot 0.117 = 7.6 \text{ Вт} \quad (3.11)$$

Знайдемо середню потужність, що виділяється в транзисторі в режимі утримання. Для цього знайдемо шпаруватість його роботи на періоді мінімального перемикання.

$$D_U = \frac{t_f}{T} = \frac{2.8}{3} = 0.933 \quad (3.12)$$

Знайдемо динамічні втрати по формулі

$$P_D = \frac{U_{DS} \cdot I_{UD} \cdot tr \cdot F}{2} = \frac{100 \cdot 4.8 \cdot 26 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^3}{2} = 0.096 \text{ Вт} \quad (3.13)$$

Для розрахунку статичних втрат скористаємося скважністю Шиман. Оскільки середня напруга на котушках при струмі в 4.8А, буде 4.3В, розрахуємо шпаруватість:

$$D_{UU} = \frac{U_{KAT}}{U_{DS}} = \frac{4.3}{100} = 0.043 \quad (3.14)$$

$$P_{STave} = I_{UD}^2 \cdot R_{DS} \cdot D_{UU} = 4.8^2 \cdot 0.117 \cdot 0.043 = 0.116 \text{ Вт} \quad (3.15)$$

Знайдемо середні втрати в режимі утримання, які складаються з статичних і динамічних втрат:

$$P_{UDave} = (P_D + P_{ST}) \cdot D_U = (0.096 + 0.116) \cdot 0.933 = 0.198 \text{ Вт} \quad (3.16)$$

Знайдемо суму втрат на періоді перемикання, складемо втрати при форсажі і утримуванні.

$$P = P_{Fave} + P_{UDave} = 7.66 + 0.198 = 7.8 \text{ Вт} \quad (3.17)$$

Розрахуємо температуру переходу транзистора при такій виділяється потужності

$$T_J = T_A + R_{OJA} \cdot P = 55 + 62.5 \cdot 7.8 = 546 \text{ }^\circ\text{C} \quad (3.18)$$

Температура перевищує гранично допустиме значення для кремнію, тому необхідно використовувати радіатор.

Розрахуємо необхідну величину теплового опору R_{OSA} радіатора.

Висловимо з основної формули для розрахунку температури кристала, тепловий опір поверхню радіатора - навколишнє середовище.

Тепловий опір переходу корпус-охолоджувач $R_{OCS} = 0.5$ при наявності теплопроводящей мастила. [1]

$$T_J = T_A + (R_{OJC} + R_{OCS} + R_{OSA})P$$

$$R_{OSA} = \frac{T_J - T_A}{P} - R_{OJC} - R_{OCS} = \frac{120 - 55}{7.8 \text{ Вт}} - 0.78 - 0.05 = 7.2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3.19)$$

Виберемо радіатор SK42-25S с тепловим опором $R_{OSA} = 6.5^\circ\text{C} / \text{Вт}$, Призначений для вертикального монтажу на плату, сумісний корпусом транзистора T0-220.

3.2 Розрахунок параметрів силового діода і розрахунок теплової навантаження

Діод VD2 служить для замикання через себе струму котушки під час вимикання силового ключа.

Напруга пробою цього діода повинно бути більше напруги захисту варістора.

$$U_{BV} \geq U_{VD2,MAX} = U_{VAR} = 200 \text{ В} \quad (3.20)$$

Струм, що протікає через діод під час вимкненого силового ключа буде визначальним для знаходження середнього струму цього діода.

$$I_{Fvd2} = I_{L,max} = 31.3 \text{ А} \quad (3.21)$$

У нашому випадку необхідний швидкодіючий діод з малим падінням напруги в відкритому стані і мінімальним часом зворотного відновлення. Під ці умови підходить діод Шотки.

Виберемо діод MBR4025, з наступними характеристиками:

$$U_{BV} = 250 \text{ В}$$

$$I_F = 40 \text{ А}$$

$$U_f = 0.86 \text{ В}$$

$$trr = 35 \text{ нс}$$

$$R_{OJA} = 50 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_{OCS} = 0.5 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_{OJC} = 2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$T_{J,max} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

де I_F -Максимальний прямий струм діода

U_{BR} напруга пробою діода

U_f -падіння напруги на діоді

trr -час зворотного відновлення

$R_{ojs}, R_{ocs}, R_{oja}$ - відповідність теплові опори

Розрахуємо потужність розсіюється на діоді VD2, для цього скористаємося графіком $P_{F(AV)} = F(I_{AVE})$, Викладеним в документації на прилад (рис.3.3.).

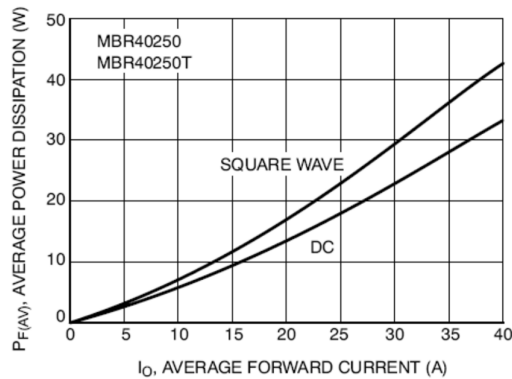


Рис. 3.3 Залежність Pf (If ave)

Середній струм діода будемо розраховувати як середній струм котушок в режимі утримання:

$$I_{VD2} = I_{UD} = 4.8A$$

При такому струмі (див. Рис.3.3) середня потужність розсіювання становитиме:

$$P_{AVE} = 3.3 \text{ Вт}$$

Знайдемо температуру кристала діода:

$$T_J = T_A + R_{oJA} \cdot P = 55 + 50 \cdot 3.3 = 220 \text{ }^\circ\text{C} \quad (3.22)$$

Порахована температура кристала, неприпустима для кремнієвого діода, необхідно встановити його на радіатор і розрахувати тепловий опір радіатора.

$$R_{oSA} = \frac{T_J - T_A}{P} - R_{oJC} - R_{oCS} = \frac{120 - 55}{3.3} - 2 - 0.05 = 17 \frac{^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3.23)$$

Виберемо радіатор SK104-25 с тепловим опором $R_{OSM} = 14^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$, Призначений для вертикального монтажу на плату, сумісний корпусом транзистора T0-220.

3.3 Джерело живлення системи управління

3.3.1 Вибір перетворювача напруги

За технічними умовами, БУК повинен працювати в широкому діапазоні вхідних напруг, внаслідок і джерело живлення повинен працювати в широкому діапазоні вхідних напруг, яке в ланцюзі постійного струму становитиме $5 \div 100\text{В}$. Для живлення системи управління необхідне джерело стабілізованої напруги харчується від напруги широкого діапазону. Для цих цілей доцільно використовувати імпульсні DC-DC перетворювачі типу fly back або SEPIC (single ended primary inductance converter), тому що цей перетворювач дозволяє працювати з вхідними напругами і вище і нижче вихідного.

Виходячи з допустимої напруги лінійного стабілізатора контролера і необхідного напруги відкривання силового ключа, а також допустимого напруги драйвера, задамося наступними параметрами:

Вихідна напруга перетворювача: $12 \pm 15\% \text{ В}$.

Вихідний струм: 50mA

Частота комутацій: 400кГц

Діапазон вхідних напруг: $5\text{-}100\text{В}$.

Пульсації вихідної напруги: 500mV

3.3.2 ІС імпульсного перетворювача напруги

Для нашого випадку необхідна мікросхема з високовольтним силовим ключем і схемою запуску, для живлення власних схем управління. Як ІС імпульсного перетворювача використовується мікросхема DA2 DPA422G. Її структура зображена на рис.3.2.

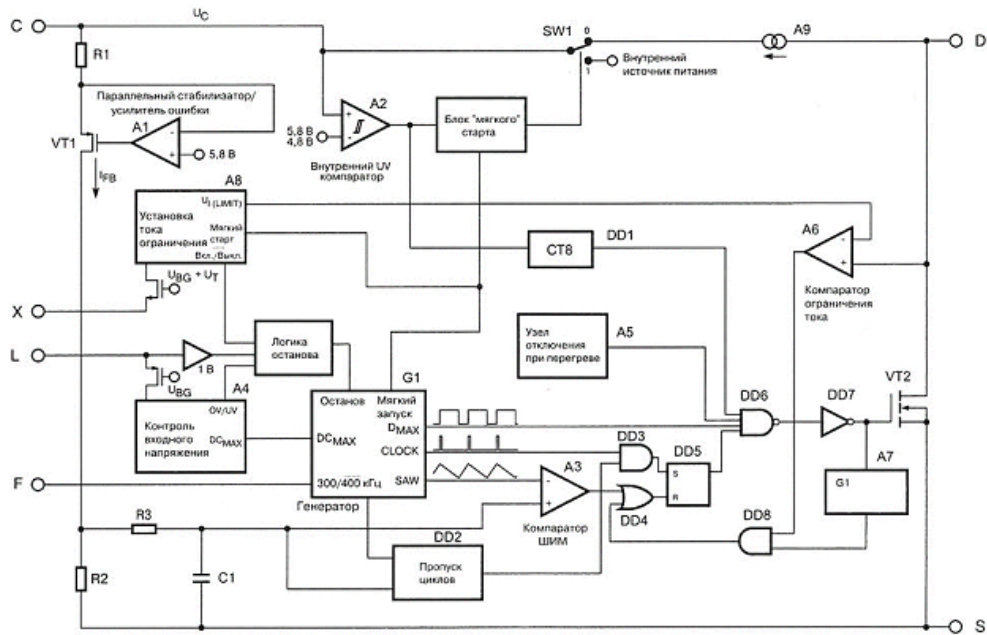


Рис.3.2. Структура DPA422G

Основні параметри мікросхеми:

Максимальна напруги стоку силового ключа: 220V

Максимальний струм стоку силового ключа: 1.31A

Частота комутацій 300/400 кГц

Струм споживання: 10mA

Опір каналу $R_{DS(on)} = 4 \text{ Ом}$

Потужність розсіювання: 1.5Вт

Особливості цієї мікросхеми:

"М'який" запуск і перезапуск, що зменшують перевантаження.

Зовнішня установка струму обмеження.

Зовнішня установка допустимого рівня вхідного напруги.

Можливість роботи на одній з частот 300/400 кГц.

Опис висновків мікросхеми:

D-Drain: високовольтний вивід - стік силового транзистора.

L-Line-sense: вхідний висновок для датчика перенапруги, зниженої напруги, з відключенням навантаження разі виявлення на цьому виході критичних напружень.

X- EXTERNAL CURRENT LIMIT: вхід для зовнішнього обмеження струму, або віддаленого включення, виключення контролера.

F -FREQUENCY: вхід завдання частоти комутацій. Якщо з'єднаний з землею-400кГц, якщо з'єднаний з висновком 3 -300кГц.

S -Source: сток силового транзистора з'єднується із загальною точкою перетворювача.

Z-Control: вхід зворотного зв'язку. Також використовується для живлення контролера і для заряду конденсатора живить контролер.

Принцип роботи мікросхеми:

Мікросхема включає в себе (рис.5.1.) Потужний високовольтний транзистор VT2 і всі необхідні ланцюги його управління. Це, перш за все, що задає генератор G1, з трьох виходів якого знімаються сигнали необхідної форми. Сигнал з виходу DMAX надходить на вхід елемента I-HE DD6, визначає максимально можливий коефіцієнт заповнення. Короткі імпульси з виходу CLOCK встановлюють тригер DD5 в одиничний стан, що включає (при відсутності на двох верхніх входах DD6 забороняє сигналів) транзистор VT2.

У нормальному режимі роботи скидання тригера відбувається по сигналу неузгодженості з виходу компаратора А3. На один з його входів надходить напруга трикутної форми з виходу SAW генератора G1, на інший - напруга, пропорційне перевищенню напруги на керуючому вході С мікросхеми рівня 5.8 В, що реалізує широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ). Операційний підсилювач А1. польовий транзистор VT1 і резистори R1 і R2 забезпечують стабільний нормований коефіцієнт передачі сигналу перевищення рівні 5.8 В на вхід компаратора, а ланцюжок R3C1 спільно з зовнішніми елементами ланцюга зворотного зв'язку - стійкість петлі авторегулювання.

Інші елементи мікросхеми вирішують допоміжні, але дуже важливі для надійної роботи пристрою завдання.

При підвищенні температури кристала мікросхеми понад допустиму, сигнал з виходу вузла теплового захисту А5 блокує проходження імпульсів генератора G1 через елемент DD6, що забороняє включення транзистора VT2.

Компаратор А6 порівнює падіння напруги на каналі втік-витік включеного транзистора VT2 з максимально допустимою величиною, яка визначається вузлом установки струму обмеження А8. В результаті, якщо струм через транзистор VT2 перевищить заданий рівень, вихідний сигнал компаратора А6 скине тригер DD5 і закрийє транзистор. При нормальній роботі перетворювача в момент включення транзистора VT2 виникає короткочасний імпульс струму стоку, викликаний відновленням зворотного опорі одного з діодів у вторинному ланцюзі перетворювача напруги. При цьому, хоча компаратор А6 спрацьовує, це не призводить до скидання тригера DD5 за рахунок короткочасного сигналу заборони, що надходить на вхід елемента DD8 з виходу вузла маскування переднього фронту імпульсу А7.

Генератор струму А9 забезпечує харчування мікросхеми в момент пуску.

При подачі живлення, напруга на конденсаторі підключеного до висновку 3 дорівнює нулю, і він відносно повільно заряджається через генератор струму А9 і замкнутий ключ SW1 (рис. 5.1.), Як це показано на діаграмі U_c (рис 5.2., Тимчасової ділянку 1). Коли напруга на конденсаторі досягає величини 5.8 В, компаратор А2 закриває ключ SW1, і конденсатор починає розряджатися на елементи мікросхеми. Імпульси з генератора G1 надходять на затвор транзистора VT2 і перетворювач починає працювати в режимі плавного запуску. При цьому коефіцієнт заповнення плавно збільшується від нуля до максимуму. Діаграма U_{DS} на (рис.5.2.) Демонструє спрощену форму напруги стік-витік U_{DS} ключового транзистора мікросхеми. Якщо напруга на конденсаторі відповідає номінальному, амплітуда імпульсів в ланцюзі зворотного зв'язку достатня для живлення мікросхеми по входу С, перетворювач виходить на робочий режим. Робота мікросхем відбувається аналогічно раніше описаного - при відсутності перевантаження замикається ланцюг зворотного зв'язку. Елементи мікросхеми, що утворюють широтно-імпульсний модулятор, підтримують коефіцієнт заповнення D на такому рівні, щоб напруга на вході С було близько до 5,8 В (велика частина ділянки 2).

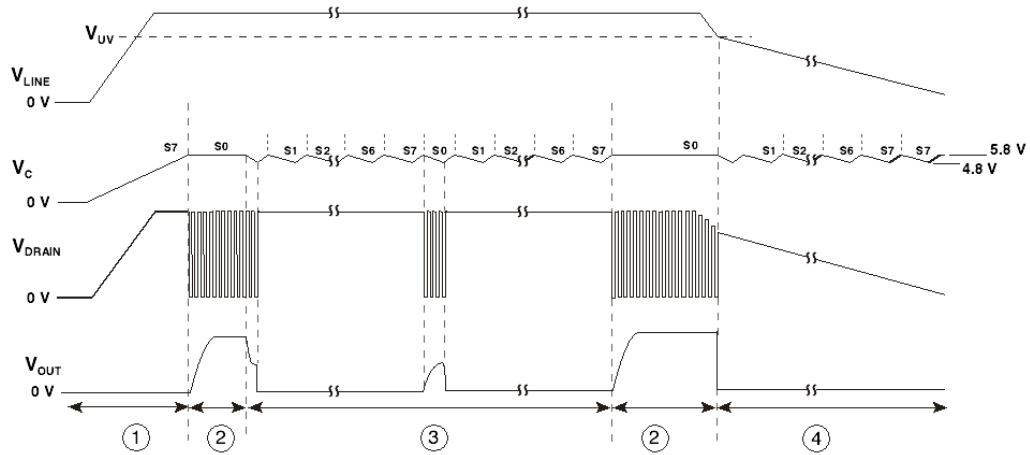


Рис.3.3. Тимчасові діаграми роботи ІС.

Якщо у вторинному ланцюзі є коротке замикання або перевантаження (кінець ділянки 2 і ділянку 3), напруга в ОС не досягне необхідної величини, і конденсатор С1, розрядившись до напруги 4.8 В (діаграма UC на рис.5.2.) Переключить компаратор А2. Компаратор, в свою чергу, замкне ключ SW1 і перемкне лічильник DD1 в новий стан, що заборонить проходження імпульсів тактового генератора G1 через елементи DD6 і DD7 на затвор VT2. Напруга на конденсаторі почне знову підвищуватися. Після семи циклів за ряду-розряду конденсатора лічильник DD1 знову дозволить проходження імпульсів через DD6, і станеться нова спроба запуску перетворювача. У такому режимі час роботи перетворювача в 20 разів менше періоду спроб запуску, що запобігає перегріванню його елементів і робить безпечними короткі замикання у вторинному ланцюзі.

На графіках (рис. 3.3.) Проілюстровані також процеси при зниженні вхідної напруги до неприпустимого рівня (ділянка 4).

Для мікросхеми DPA422 є деякі особливості при управлінні ними по входах F, X і L, можливо одночасне керування струмом обмеження ІЛІМІТ (висновок X) і контроль за виходом напруги харчування за допустимі межі (Висновок L).

Якщо висновки F, X і L з'єднати з висновком витoku S, реалізується найпростіший трехвыводной режим з роботою на частоті 400 кГц, якщо ж

висновок F з'єднати з керуючим входом мікросхеми C, частота роботи складе 300 кГц,

Особливості мікросхем більш повно реалізуються при відповідному підключенні висновків X і L, керуючих режимом их роботи.

3.3.3 Принцип роботи SEPIC перетворювача

SEPIC перетворювач будується на базі звичайного BOOST перетворювача напруги з додаванням розділового конденсатора C_p , що встановлюється між L1 і D1 (рис.5.3). Очевидно, що він блокує постійну складову напруги між входом і виходом. Однак анод D1 повинен бути підключений до певного потенціалу. Для цього служить друга індуктивність L2, через яку D1 з'єднується з землею.

Розглянемо перетворювач з фіксованою частотою, що працює в режимі безперервного струму для обох індуктивних елементів. Діаграми роботи перетворювача надані на рис.5.4. Щоб зрозуміти принцип роботи перетворювача, розглянемо спочатку сталий режим, при якому ключ розімкнуті. Через конденсатор CP постійний струм не тече. Напруга на конденсаторі CP одно V_{IN} , так як його ліва обкладка підключена до джерела живлення через L1, а права - до землі через L2.

В ході фази включення правий висновок L1 підключений до землі, і напруга на L1 одно V_{IN} . Ліва обкладка конденсатора CP підключається на землю, а оскільки він вже заряджений до напруги V_{IN} , то на його правому виведенні напруга дорівнює - V_{IN} . Так як нижній висновок елемента L2 заземлений, то L2 виявляється підключеним паралельно CP, і напруга на його верхньому полюсі також одно - V_{IN} . Діод D1 знаходиться в зворотному включенні і закритий.

У цій фазі L1 заряджається від джерела живлення, а L2 - від конденсатора НГ. Оскільки діод D1 закритий, енергія, запасена в індуктивності, не йде ні на зарядку вихідного конденсатора C_{out} , ні в навантаження. Таким чином, струми в обох елементах індуктивності лінійно зростають.

В ході фази відключення, оскільки струм через індуктивність $L1$ не може змінитися миттєво, через правий висновок $L1$ тече колишній струм. При цьому напруга на цьому висновку підвищується, перевищуючи вхідна напруга V_{IN} . Таким чином, потенціал лівої обкладки конденсатора Cp також стає вище V_{IN} , а діод $D1$ переходить у відкритий стан. Це означає, що напруга на правому виведення конденсатора Cp , що збігається з напругою на верхньому виведення $L2$, є і вихідним напругою V_{OUT} за вирахуванням незначного падіння напруги на діоді. Крім того, відзначимо, що напруга між обкладками конденсатора Cp одно V_{IN} , і таким чином напругу в точці між Cp і $L1$ становить $V_{IN} + V_{OUT}$.

Токи в елементах індуктивності $L1$ і $L2$ тепер заряджають вихідний конденсатор C_{out} і підтримують струм навантаження, лінійно убуваючи.

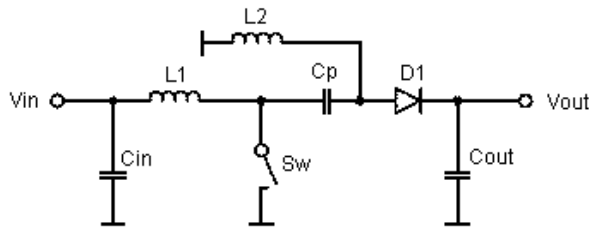


Рис. 3.4. Схема перетворювача SEPIC

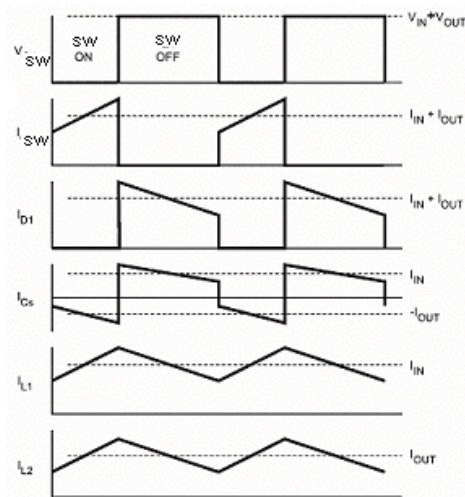


Рис.3.5. Діаграми роботи перетворювача.

3.4 Розрахунок елементів перетворювача

Припустимо, що значення пульсацій струмів і напруг набагато менше значення постійної складової. Для початку зауважимо, що в сталому режимі

падіння напруги на котушках L1 і L2 не мають постійної складової (якщо знехтувати падіннями напруги на їх паразитних опорах). Тому одна з обкладок розділового конденсатора C15 (рис.5.3.) Знаходиться під потенціалом V_{in} (через котушку L1), а інша - під потенціалом землі (через L2). Тоді вираз для середньої напруги на конденсаторі C15 буде мати вигляд:

$$V_{C15ave} = V_{in} \quad (5.1)$$

Нехай T - період одного циклу роботи перетворювача. Позначимо через α частину періоду T , під час якої ключ Sw замкнутий, а через $1-\alpha$ - решту періоду. Так як середнє значення напруги на котушці L1 в сталому режимі дорівнює нулю, напруга на L1 за час $\alpha \cdot T$ (T_{on}), протягом якого ключ замкнутий, повністю компенсується напругою за час $(1-\alpha) \cdot T$ (T_{off}), протягом якого ключ розімкнути:

$$\alpha T V_{in} = (1-\alpha) \cdot T \cdot (V_{out} + V_d + V_{cp} - V_{in}) = (1-\alpha) \cdot T \cdot (V_{out} + V_d) \quad (5.2)$$

де V_d - пряме падіння напруги на діоді VD4 для суми струмів через індуктивності L1 і L2, а V_{c15} одно V_{in} :

$$(V_{out} + V_d) / V_{in} = \alpha / (1-\alpha) = A_i \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} A_{i \min} &= \frac{V_{out} + V_d}{V_{in \max}} = \frac{15 + 0.5}{90} = 0.125 \\ A_{i \max} &= \frac{V_{out} + V_d}{V_{in \min}} = \frac{15 + 0.5}{7} = 2.5 \end{aligned} \quad (5.4)$$

A_i - коефіцієнт посилення (amplification factor), ідеальний випадок, коли паразитні опору дорівнюють нулю. Якщо знехтувати в першому наближенні падінням напруги на діоді V_d , ми побачимо, що ставлення V_{out} до V_{in} може бути як більше, так і менше 1, в залежності від величини α (І вони рівні, коли $\alpha = 0,5$). Це співвідношення показує відмінність топології SEPIC від класичної підвищує або понижуваної (step-down) топології.

Екстраполюємо відповідні значення α з (2):

$$\begin{aligned} \alpha_{\min} &= \frac{A_{i \min}}{1 + A_{i \min}} = \frac{0.125}{1 + 0.125} = 0.111 \\ \alpha_{\max} &= \frac{A_{i \max}}{1 + A_{i \max}} = \frac{2.5}{1 + 2.5} = 0.709 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Постійна складова струму через розділовий конденсатор C15 дорівнює нулю. Це означає, що вихідний струм тече тільки через L2:

$$I_{OUT} = I_{L2} = 0.05A \quad (5.6)$$

До розсіюється L2 не пред'являється жорстких вимог, так як середній струм через L2 завжди дорівнює вихідному струму і не залежить від змін вхідної напруги V_{in} . Щоб обчислити струм через L1 (I_{L1}), згадаємо, що через C15 не може протікати постійний струм. Таким чином, заряд, що протікає в той час (інтервал αT), коли ключ замкнутий, повністю врівноважується зарядом, який тече в той час, коли ключ розімкнута (інтервал $(1-\alpha) T$). Струм через C15 є струм через L2. Коли ключ розімкнений під час $(1-\alpha)T$, ток L2 тече через VD4, поки струм L1 тече через C15: $\alpha T I_{L2} = (1-\alpha)T \cdot I_{L1}$. Знаючи, що $I_{L2} = I_{out}$, запишемо:

$$I_{L1} = A_{imax} \cdot I_{out} = 2.5 \cdot 0.05 = 0.125A \quad (5.7)$$

Так як вхідна потужність дорівнює вихідної потужності, поділеної на к.к.д., I_{L1} залежить тільки від V_{in} . Для заданої вихідної потужності I_{L1} збільшується, якщо зменшується V_{in} . Знаючи, що I_{L2} (і, отже, I_{out}) тече через C15 під час αT , ми виберемо C_p так, щоб пульсації напруги на ньому ΔV_{Cp} були набагато менше $V_{Cp} \cdot \gamma$ ($\gamma = 5\%$). Найгірший випадок буде для мінімального V_{in} .

$$C_{15} = C_p \geq \frac{I_{out} \cdot \alpha \cdot \min T}{\gamma \cdot V_{in \min}} \geq \frac{0.05 \cdot 0.111 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6}}{0.005 \cdot 5} \geq 0.5 \mu F \quad (5.8)$$

Знайдемо допустимий середньоквадратичний ток:

$$I_{C15(RMS)} = I_{OUT} \cdot \sqrt{\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{in \min}}} = 0.05 \cdot \sqrt{\frac{12 + 0.5}{5}} = 0.079A \quad (5.9)$$

Виберемо в якості C15 керамічний конденсатор фірми MURATA GRM55DR72E105KW01L типорозміру 2220 з наступними характеристиками:

$$C_N = 1.0 \mu F$$

$$U_N = 250V$$

R_{sw} , що складається зазвичай з опору стік-витік ключа MOSFET, включеного послідовно з шунтом для обмеження максимального струму, вносить такі втрати:

$$P_{sw} = A_{imin} \cdot (1 + A_{imin}) \cdot R_{sw} \cdot I_{out}^2 = 0.125 \cdot (1 + 0.125) \cdot 4.6 \cdot 0.05^2 = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad (5.10)$$

L1 і L2 вибирається так, щоб частка (β) Пульсацій струму (ΔI_L) становила від 20% до 50% середнього струму I_L . нехай $\beta = 0,4$:

$$I_{L1} = I_{L2} = I_{in} \cdot 40\% = \frac{(I_{out} \cdot V_{out} \cdot 40\%)}{V_{inmin}} = \frac{(0,05 \cdot 12 \cdot 0,4)}{5} = 0,048 \text{ А} \quad (5.11)$$

$$L1 = L2 \geq \frac{V_{inmax} \cdot \alpha_{min}}{F_{sw} \cdot I_{out} \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{inmax}} + 1\right)} = \frac{100 \cdot 0,111}{4 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot \left(\frac{12}{100} + 1\right)} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \quad (5.12)$$

Виберемо котушку зі стандартним номіналом індуктивності, найближчим до розрахованим значенням, і переконаємося, що її струм насичення задовольняє наступній умові:

$$I_{L1SAT} \gg I_{amin} + I_{out} + \frac{0,5 \cdot T \cdot \alpha_{min} \cdot V_{inmin}}{L1} = 0,125 \cdot 0,05 + \frac{0,5 \cdot 0,111 \cdot 5}{4 \cdot 10^5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ А} \quad (5.13)$$

Розрахунки для L2 аналогічні розрахунками для L1:

$$I_{L2SAT} \gg I_{out} + \frac{0,5 T \alpha_{max} \cdot V_{inmax}}{L2} = 0,05 + \frac{0,5 \cdot 0,111 \cdot 100}{4 \cdot 10^5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 0,063 \text{ А} \quad (5.14)$$

Виберемо котушки індуктивності фірми EPCOS: типорозміру 2220 з наступними параметрами:

$$L = 1,5 \text{ мГн}$$

$$I_r (\text{Rated current IR}) = 70 \text{ мА}$$

$$R_{max} = 13 \text{ Ом}$$

Втрати P_{r1} і P_{r2} на внутрішніх опорах L1 і L2 розраховуються так:

$$P_{r1} = I_{amin}^2 \cdot R_{L1} = 0,125^2 \cdot 16 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad (5.15)$$

$$P_{r2} = I_{out}^2 \cdot R_{L2} = 0,05^2 \cdot 16 = 0,04 \text{ Вт} \quad (5.16)$$

Вихідний конденсатор C20 повинен згладжувати імпульси струму великої величини, що надходять через діод D1 під час T_{off} . Тому C20 повинен бути високоякісним компонентом. Мінімальна ємність C20 визначається з допустимого значення пульсацій вихідної напруги $\Delta V_{out} = 500 \text{ мВ}$:

$$C_{20} \geq \frac{I_{out} \cdot \alpha_{min} \cdot T}{V_{out} \cdot 0,5} = \frac{0,05 \cdot 0,111 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{0,8 \cdot 0,5} = 1 \mu\text{F} \quad (5.17)$$

Необхідно підібрати конденсатор з низьким послідовним еквівалентним опором (ESR). Найдём необхідне ESR:

$$ESR_{C_{20}} \leq \frac{V_{out}}{I_{L1} + I_{L2}} = \frac{0,03}{0,048 + 0,048} = 0,31 \text{ Ом} \quad (5.18)$$

Для вибору вихідного конденсатора необхідно розрахувати його середньоквадратичний ток:

$$I_{C20(RMS)} = I_{OUT} \cdot \sqrt{\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{inmin}}} = 0.05 \cdot \sqrt{\frac{12+0.5}{5}} = 0.079 \text{ А (5.19)}$$

Насправді може знадобитися вихідний конденсатор істотно більшої місткості, особливо, якщо струм навантаження сильно пульсує. Вхідний конденсатор може бути дуже невеликим завдяки фільтрує властивостями топології SEPIC.

Виберемо номінал ємності для конденсатора (C20). Конденсатор MURATA GRM31CR71C475K: 1206 -X7R 16-4.7мкФ з наступними параметрами:

$$C = 4.7 \mu F$$

$$ESR(400kHz) = 0.002 \Omega$$

$$I_{RMSmax} = 0.75 A$$

$$V_R = 16 V$$

де ESR – еквівалентний послідовний опір

I_{RMSmax} – максимальний середньоквадратичний струм

Розрахуємо максимальне напруження на діоді VD4:

$$V_{BRVD4} = 1.15(V_{out} + V_{in}) = 1.15(12 + 100) = 130 \text{ В (5.20)}$$

При розрахунку втрат на діоді D4 обчислимо P_d для суми струмів IL1 + IL2:

$$P_{VD4} = V_d \cdot I_{out} = 0.5 \cdot 0.05 = 0.025 \text{ Вт (5.21)}$$

Середній струм діода дорівнює середньому вихідному струму перетворювача:

$$I_{VD4ave} = I_{out} = 0.05 \text{ А}$$

Розрахуємо параметри діода VD6.

Напруга на діоді:

$$V_{VD6max} = U_{out} = 12 \text{ В}$$

Струм діода визначається струмом споживання ІС імпульсного перетворювача.

$$I_{VD6} = I_{CONTROL} = 10mA$$

Розрахуємо параметри діода VD3, що знаходиться в ланцюзі живлення перетворювача напруги, з урахуванням ККД перетворювача 0,85.

$$U_{VD3max} = U_{INmax} = 200V \quad (3.22)$$

$$I_{dc-dc} = I_{VD3max} = \frac{I_{out} \cdot U_{out}}{U_{in_{min}}} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{0.05 \cdot 12}{5} \cdot \frac{1}{0.85} = 0.14A$$

де I_{dc-dc} ток споживання перетворювачем напруги.

Для діодів VD3, VD4, VD6 виберемо один діод BAS21 з наступними характеристиками:

$$I_F = 200mA$$

$$V_{BR} = 250V$$

$$V_F = 1V$$

де I_F - Максимальний прямий струм діода

V_{BR} - напруга пробією діода

V_F - падіння напруги на діоді

Виберемо резистор зворотного зв'язку R5.

Вихідна напруга перетворювача встановлюється за допомогою резистивного діляника вихідної напруги, що подає необхідну напругу на вхід 3 мікросхеми.

Усередині мікросхеми вже є один з резисторів подільника зворотного зв'язку R2 (див рис.5.4.) Номінал резистора R5 знайдемо методом підбору.

Використовуємо резистор з номіналом 1 кОм, типорозміром 0805.

Вибір ємності C19. Ємність служить для живлення мікросхеми в момент запуску мікросхеми, величина цієї ємності вибирається з таких міркувань: Велика ємність цього конденсатора буде вносити великі затримки на включення мікросхеми, тому що в момент включення перетворювача, це конденсатор заряджається через внутрішній високовольтний джерело струму до напруги 5.8В, і тільки після цього починає роботу.

Виберемо цю ємність з допомогою підбору:

Конденсатор керамічний MURATA GRM31CR71C475K: 1206 -X7R 16-4.7mkF з наступними параметрами:

$$C = 4.7 \mu F$$

$$V_H = 16V$$

Конденсатор C10 розраховується, як джерело запасний енергії, який буде підтримувати напругу на перетворювачі протягом п'яти полуперіодов, при харчуванні від змінної напруги або 50мс при харчуванні від постійної напруги, у разі зникнення напруги. Необхідна ємність розраховується з перехідного процесу. Конденсатор розряджається в момент зникнення напруги з напруги усталеного режиму - напруги 24-30% В, до мінімального напруги роботи перетворювача 5В.

Перехідний процес описується за формулами:

$$U_{nop} = U_{nmin} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5.23)$$

де U_{nop} - мінімальне напруга роботи перетворювача.

U_{nmin} - мінімальне напруга живлення.

t - час перехідного процесу.

$$\tau = R \cdot C \quad (5.24)$$

$$U_{nmin} = 24(1 - 0,3) = 16.8V \quad (5.25)$$

$$R = \frac{U_{nmin}}{I_{dc-dc}} = \frac{16.8}{0.14} = 120 \Omega \quad (5.26)$$

де I_{dc-dc} - струм споживання перетворювачем.

R - вхідні опір перетворювача.

τ - постійна часу ланцюга

$$\tau = \frac{t}{n \left(\frac{U_{nmin}}{U_{nop}} \right)} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\ln \left(\frac{16.8}{5} \right)} = 0.04c \quad (5.27)$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{0.032}{120} = 340 \cdot 10^{-6} = 340 \mu F \quad (5.28)$$

Виберемо електролітичний конденсатор фірми "TREC" серії SR з наступними параметрами:

$$U_H = 200B$$

$$C = 470\mu F$$

$$I_{\max RMS} = 756mA(120Hz)$$

$$ESR = 0.42Ohm(120Hz)$$

Для знаходження максимального середньоквадратичного струму конденсатора, скористаємося методикою викладеної в [9]:

Вихідні дані для розрахунку:

$$U_{\min} = 16.8B - \text{амплітудне напруга конденсатора.}$$

$$f = 100 - \text{Гц частота пульсацій}$$

$U_{\min} = 14.2B$ - мінімальне пилкоподібна напруга на конденсаторі, цей параметр знаходимо за допомогою моделювання в програмі PSPICE.

$$I_{\text{нагр}} = I_{dc-dc} = 0.14A - \text{струм у навантаженні.}$$

Обчислимо час заряду конденсатора (протягом якого струм споживається від мережі). Діаграми напруг на конденсаторі зображені на рис.3.6

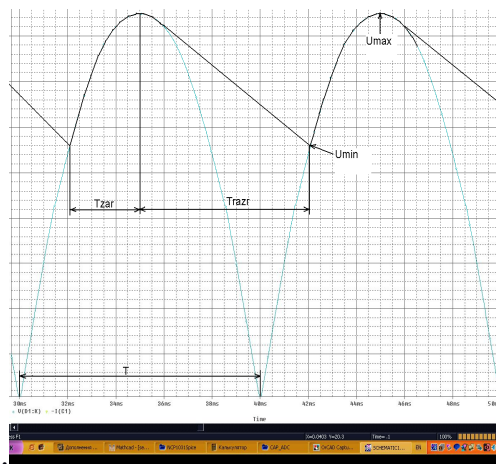


Рис. 3.6 Діаграма напруги

Так як напруга змінюється за синусоїдальним законом, використовуємо для розрахунку формулу:

$$t_{zar} = \frac{\arccos\left(\frac{u_{\min}}{u_{\max}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\arccos\left(\frac{u_{\min}}{u_{\max}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{\arccos\left(\frac{14.2}{16.8}\right)}{314} = 1.75 \cdot 10^{-3} \text{ C (5.29)}$$

1. Обчислюється час розряду конденсатора:

$$t_{raz} = T - t_{zar} = 0.01 - 2 \cdot 10^{-3} = 0.008 \text{ с} \quad (5.30)$$

2. Знаходимо піковий зарядний струм:

$$I_{pic} = C \cdot \frac{dU}{dt}, \quad (5.31)$$

де $dU = U_{max} - U_{min}$, а dt - це час заряду конденсатора, тобто t_{zar}

$$I_{pic} = C \cdot \frac{dU}{dt} = 470 \cdot 10^{-6} \frac{16.8 - 14.2}{2 \cdot 10^{-3}} = 0.493 \text{ А} \quad (5.32)$$

Знаходимо середньоквадратичне значення імпульсного струму через конденсатор за формулою:

$$I_{rms} = \sqrt{(I_{zar})^2 + I_{razr}^2} \quad (5.33)$$

де I_{zar} - середньоквадратичний струм через конденсатор на циклі заряду, а I_{razr} - середньоквадратичний струм через конденсатор на циклі розряду.

Вважаємо, що струм заряду конденсатора має трикутну форму, тоді

$$I_{zar} = I_{pic} \cdot \sqrt{\frac{t_{zar}}{T}} = 5.23 \cdot \sqrt{\frac{1.75 \cdot 10^{-3}}{0.01}} = 0.029 \text{ А} \quad (5.34)$$

На інтервалі розряду через конденсатор тече струм навантаження, тому

$$I_{raz} = \frac{I_{load} \cdot t_{raz}}{T} = \frac{0.14 \cdot 8.2 \cdot 10^{-3}}{0.01} = 0.115 \text{ А} \quad (3.35)$$

Отже, середньоквадратичний струм дорівнює:

$$I_{rms} = \sqrt{I_{raz}^2 + I_{zar}^2} = \sqrt{0.115^2 + 0.029^2} = 0.119 \text{ А} \quad (3.36)$$

Розрахований струм задовольняє максимально допустимому середньоквадратичного струму обраного конденсатора.

3.5 Вибір лінійного стабілізатора

Для живлення МК від перетворювача напруги необхідно використовувати компенсаційний стабілізатор в інтегральному виконанні. Оскільки струм навантаження не великий потужність розсіювання невелика.

Необхідні параметри стабілізатора:

Вихідна напруга: 3.3В.

Струм навантаження: 10 mA.

Вхідна напруга стабілізатора: 12В.

Під дані параметри підходить стабілізатор LP2980-3.3 в корпусі для планарного монтажу не вимагає додаткових зовнішніх компонентів, окрім вхідних, вихідних конденсаторів. Має наступні характеристики:

Максимальна вхідна напруга: 16В

Вихідна напруга: 3.3В.

Максимальний вихідний струм: 150mA

Номінальний вихідний струм: 50mA

Максимальне падіння напруга: 125mV

Струм споживання, при струмі навантаження 50mA:

Інші параметри вказані в додатку: X. *

Виберемо конденсатори C16-C17. Керуючись рекомендаціями з документації на стабілізатор DA1 необхідно встановити керамічні конденсатори не менше $1 \mu F$. Ми встановимо раніше використовувалися конденсатори фірми MURATA GRM31CR71C475K: 1206 -X7R 16-4.7мкФ

Виберемо захисний стабілітрон VD5 службовець для захисту лінійного стабілізатора і драйвера силового транзистора від підвищених напруг.

Необхідно вибрати стабілітрон з напругою стабілізації (U_{CT}) Менше ніж максимальна напруга лінійного стабілізатора ($U_{\max LINEAR}$), Але більше ніж вихідна напруга перетворювача напруги (U_{dc-dc}):

$$U_{dc-dc} \leq U_{CT} \leq U_{\max LINEAR} \quad (5.37)$$
$$12 \leq U_{CT} \leq 16$$

Виберемо стабілітрон TZMC15 фірми TEMIC з напругою стабілізації 15В, максимальної розсіюваною потужністю 500мВт, максимальним зворотним струмом $2 \mu A$.

Перевіримо стабілітрон на максимальну рассеиваемую потужність:

$$P_{CT} = I_R \cdot U_D = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 24 \mu W \quad (5.38)$$

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розробка системи управління

Вибір мікроконтролера

У сучасних умовах система управління будується на мікроконтролері. До мікроконтролеру не пред'являється жорстких вимог до швидкості виконання

операцій, а пред'являється вимоги щодо наявності вбудованої периферії. Обов'язковою є наявність вбудованого АЦП і ШІМ модуля, наявність SPI (serial programming interface) полегшить програмування програми у внутрішнє ПЗУ. Бажаним є планарне виконання корпусу контролера. Основний вибір контролера серед численних фірм і моделей контролера є ціна і доступність.

Цим цілям задовольняють МК фірми "Atmel" сімейства AVR [7].

Виберемо контролер ATmega48 сімейства AVR.

Характеристики представлені в додатку X *.

ATMEL Corp. - один зі світових лідерів у виробництві широкого спектра мікросхем енергонезалежної пам'яті, FLASH-мікроконтролерів і мікросхем програмувальної логіки, взяла старт по розробці RISC-мікроконтролерів у середині 90-х років, використовуючи всі свої технічні рішення, накопичені до цього часу.

Концепція нових швидкісних мікроконтролерів була розроблена групою розроблювачів дослідницького центра ATMEL у Норвегії, ініціали яких потім сформували марку AVR. Перші мікроконтролери AVR AT90S1200 з'явилися в середині 1997 р. і швидко здобули прихильність споживачів.

AVR-архітектура, на основі якої побудовані мікроконтролери сімейства AT90S, поєднує потужний гарвардський RISC-процесор з роздільним доступом до пам'яті програм і даних, 32 регістра загального призначення, кожний з яких може працювати як регістр- акумулятор, і розвинену систему команд фіксованої 16-бітний довжини. Більшість команд виконуються за один машинний такт із одночасним виконанням поточної й вибіркою наступної команди, що забезпечує продуктивність до 1 MIPS на кожен Мгц тактової частоти.

ATmega48 - малопотужний 8 бітний КМОП мікроконтролер з AVR RISC архітектурою. Виконуючи команди за один цикл, ATmega48 досягає продуктивності 1 MIPS при частоті генератора, що задає, 1 Мгц, що дозволяє розроблювачеві оптимізувати відношення споживання до продуктивності.

Прилад виготовлений по високощільній енергонезалежній технології виготовлення пам'яті компанії Atmel. Убудована ISP Flash дозволяє

перепрограмувати пам'ять програми в системі через послідовний SPI інтерфейс програмою-завантажником, виконуваної в AVR ядрі, або звичайним програматором енергонезалежної пам'яті. Програма-завантажник здатн завантажити дані по будь-якому інтерфейсі, наявного в мікроконтролера. Програма в завантажувальному секторі продовжує виконуватися навіть при завантаженні області пам'яті прикладної програми, забезпечуючи реальний режим "зчитування при записі". Об'єднавши 8- бітне RISK ядро й самопрограмується усередині системи Flash пам'яттю корпорація Atmel зробила прилади ATmega48/ATmega88/ATmega168 потужними мікроконтролерами, що забезпечують більшу гнучкість і цінову ефективність широкому колу керуючих пристроїв.

Основні характеристики ATmega48

- EEPROM 256 байт
- АЦП:
 - 6x10bit
 - 2x8bit
- Вхідна напруга (граничне) 5,5 Вольт
- Вхідна напруга (щорекомендує) 4,5-5 Вольт
- ОЗУ 512 байт
- Тактова частота 20 МГц
- Flash-пам'ять 4кБ

Розміщення контактів ATmega48 у корпусі DIP28 показана на рис. 4.1

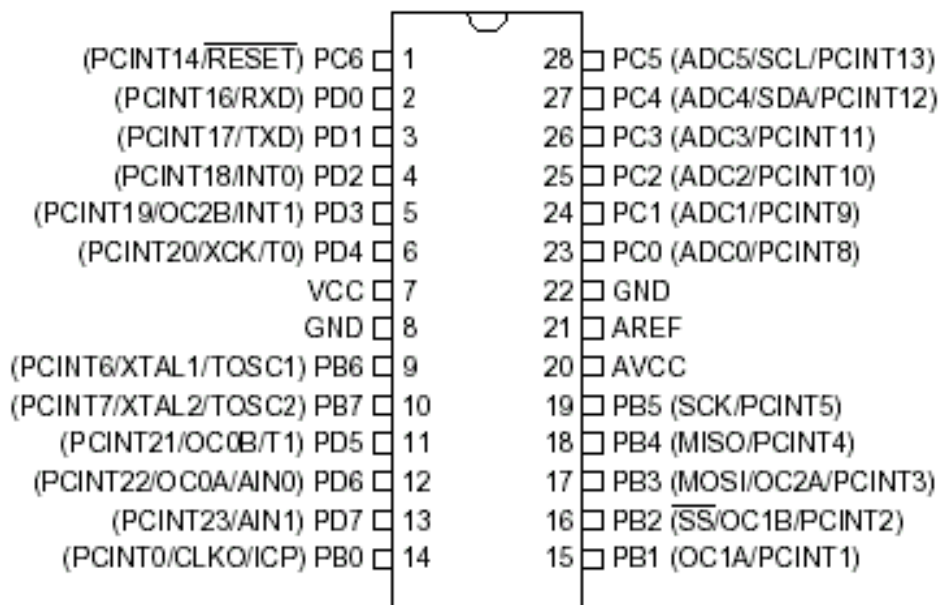


Рис. 4.1 Розміщення контактів АТМega48

Блок- схема АТМега48 показана на рис. 4.2

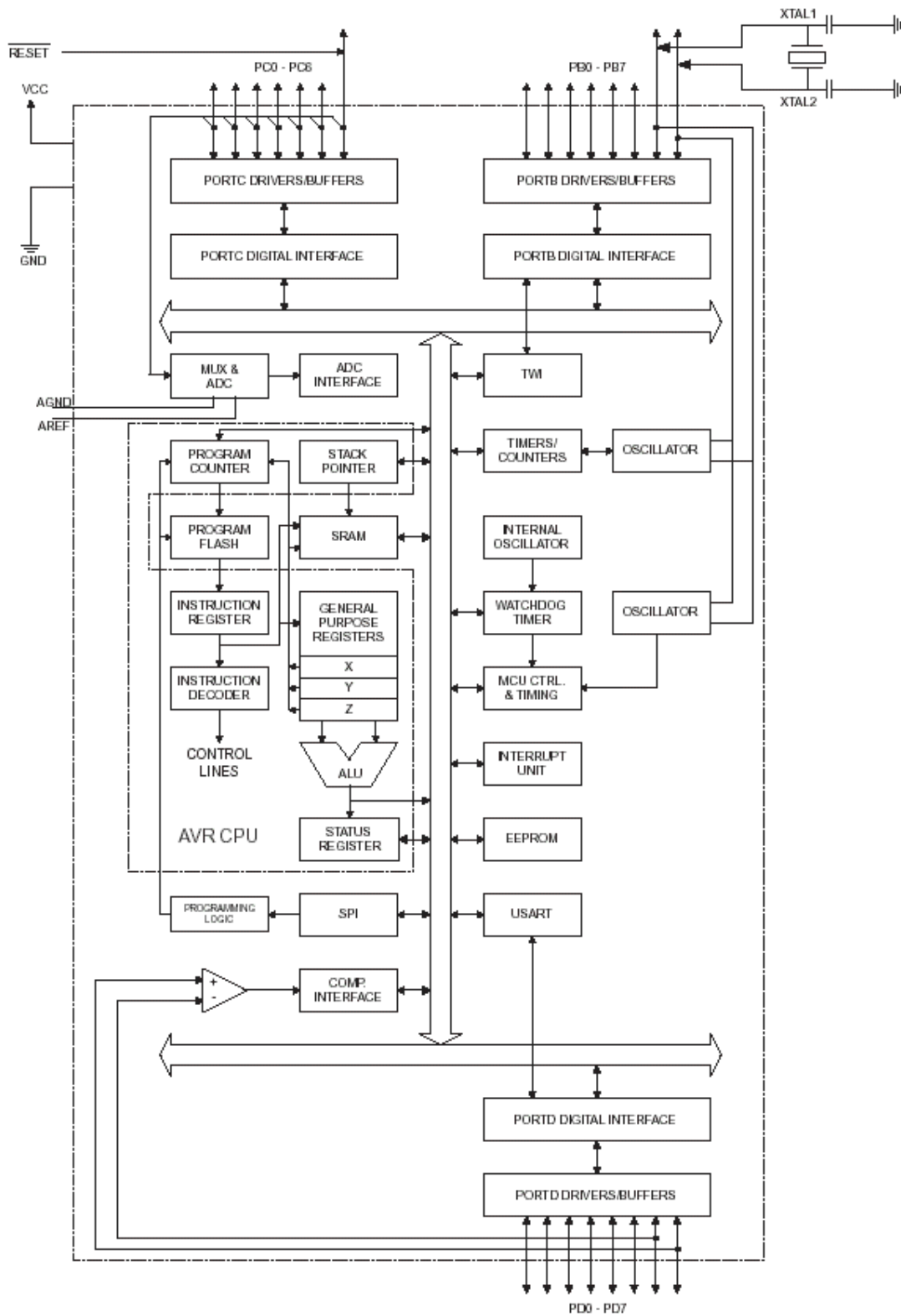


Рис. 4.2 Блок- схема АТМега48

4.2 Розрахунок елементів системи управління

У систему управління включений резистивний дільник R1, R3 і конденсатор C9 виконують функцію датчика напруги.

Розрахунок резистивного подільника виробляємо з міркувань максимальної напруги виходить при розподілі напруги у високовольтній ланцюга. Максимальна напруга для АЦП визначається опорним напругою, яке в нашій схемі рівно 3,3 В.

Задамося струмом через дільник: 1mA.

Задамося максимальним напруженням в ланцюзі постійного струму: 120 В.

Максимальна напруга, що подається на АЦП: 3.3 В.

Мінімальна вимірювана напруга для 10 бітного режиму:

$$U_{ADC_{min}} = U_{REF} / 2^{10} = 3.3 / 1024 = 3.22 \cdot 10^{-3} \text{ В (4.1)}$$

Знайдемо опір всього подільника:

$$R_{del} = \frac{U_{150}}{I_{del}} = \frac{120}{0.001} = 1.2 \cdot 10^5 \text{ Ом (4.2)}$$

На опорі R3 виділяється сигнал не перевищує 3.0В

$$R_3 = \frac{3}{I_{del}} = \frac{3}{0.001} = 3 \cdot 10^3 \text{ Ом (4.3)}$$

$$R_1 = R_{del} - R_2 = 1.2 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^3 = 1.17 \cdot 10^5 \text{ Ом (4.4)}$$

Виберемо резистори з номіналами:

$$R_3 = 3.3\text{kОм}$$

$$R_1 = 120\text{kОм}$$

$$R_{del} = R_1 + R_3 = 120 \cdot 10^3 + 3.3 \cdot 10^3 = 123.3 \cdot 10^3 \text{ Ом (4.5)}$$

Напруга на дільнику при вхідному його напрузі 5В:

$$U_5 = \left(\frac{5}{R_{del}}\right) \cdot R_2 = \left(\frac{5}{123.3 \cdot 10^3}\right) 3.3 \cdot 10^3 = 0.134 \text{ В (4.6)}$$

Потужність, що розсіюється на кожному резисторі при вхідній напрузі подільника 150 В:

$$P_1 = \left(\frac{U_{120}}{R_{del}}\right)^2 R_1 = \left(\frac{120}{123.3 \cdot 10^3}\right)^2 \cdot 1.2 \cdot 10^5 = 0.114 \text{ Вт} \quad (4.7)$$

$$P_3 = \left(\frac{U_{120}}{R_{del}}\right)^2 R_3 = \left(\frac{120}{123.3 \cdot 10^3}\right)^2 \cdot 3.3 \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad (4.8)$$

Виберемо чіп резистори с розсіюється потужністю: 0.125Вт

Типорозміру 1206, з допустимою напругою 200В.

Виберемо ємність С9, яку розраховуємо з необхідності знизити високочастотні перешкоди в сигнальній ланцюга.

Знайдемо номінал ємності за допомогою моделювання в програмі PSPICE.

Розглянемо R1, R3, С9 як фільтр низької частоти, і підберемо конденсатор таким чином, щоб амплітуда вихідної напруги на частоті 100 Гц відрізнялася від вхідних не більше ніж на 0,5%, для того щоб процесор отримував адекватні дані від сигнальній ланцюга.

В процесі моделювання була знайдена необхідна ємність конденсатора 33нФ. З таким номіналом ємності амплітуда вихідного сигналу зменшилася на 0,15% на частоті 100 Гц.

Використовуємо керамічний конденсатор фірми MURATA: GRM15 типорозміру 0805, з наступними параметрами:

$$C = 33000 \text{ pF}$$

$$V_H = 10 \text{ В}$$

Виберемо ємності С11-С14.

Дані ємності призначені для захисту від високочастотних перешкод і рекомендуються виробником.

Виберемо конденсатори фірми MURATA: B37931K9104K0 з параметрами:

$$C = 100 \text{ nF}$$

$$V_H = 10 \text{ В}$$

Виберемо номінал резистора R2. Цей резистор необхідний для подачі напруги логічної одиниці на вхід RESET процесора від джерела живлення. У середині контролера вже є паралельний йому резистор, але він має великий опір, в зв'язку з чим є велика ймовірність пропустити наведену перешкоду лінії RESET на процесор.

Для зменшення номенклатури номіналів резисторів виберемо резистор з опором 3.3кОм. Через низькі струми витoku, розсіює потужність буде незначна.

Виберемо чіп резистор R2 с розсіюється потужністю: 0.125Вт
З типорозміром 0805.

4.3 Розробка програмного забезпечення

Програма мікроконтролера забезпечує виконання таких функцій:

1. Включення контактора (режим форсажу).
2. Забезпечення режиму скидання потужності (режим утримання).
3. Відключення контактора, в разі невідповідності вхідного напруги покладеному.

4.3.1 Розрахунок параметрів програмного забезпечення

Тактова частота мікроконтролера 8 МГц, а таймер-лічильник працює без предделителя, при частоті ШІМ 20КГц, знайдемо необхідний період таймера лічильника (ICR1)

$$ICR1 = \frac{T_{pwm}}{T_{bus}} = \frac{F_{bus}}{F_{pwm}} = \frac{8 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^4} = 400 = \$190 \quad (7.1)$$

де T_{pwm} , F_{pwm} період і частота ШИМ.

T_{bus} , F_{bus} період і частота шини контролера.

Розрахунок часу форсажу ведеться відліком числа переривань $t \setminus z1$ по переповнення:

$$forsazh_time = \frac{t_{force}}{\frac{1}{F_{bus}} \cdot ICR1} = \frac{0.2}{\frac{400}{8 \cdot 10^6}} = 4000 = \$FA0 \quad (7.2)$$

де t_{force} час форсажу.

Напруга утримання в кодах АЦП:

$$\frac{U_{kam}}{U_{average_adc}} = D = \frac{t}{T_{pwm}} \quad (7.3)$$

де U_{kam} напруги на котушці контактора.

$U_{average_adc}$ усереднене напруга в кодах АЦП.

Звідси час імпульсу ШІМ вираховується так:

$$t = \frac{U_{kam} \cdot T_{pwm}}{U_{average_adc}} \quad (7.4)$$

Знайдемо уставку REF (для напруги утримання 4,35В) в кодах АЦП:

$$REF = U_{kam} \cdot T_{pwm} = \frac{(U_{kam}) \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot T_{pwm}}{\frac{U_{ref}}{2^{10}}} = \frac{(4.35) \cdot \frac{3.3 \cdot 10^3}{123.3 \cdot 10^3} \cdot T_{pwm}}{\frac{3.3}{2^{10}}} \cdot ICR1 = .400 \quad 15600 = \$3CF0 \quad (7.5)$$

Напруга отпада в кодах АЦП, розраховується при $0,3 \cdot U_H + U_{VD}$ В на вході датчика напруги:

$$U_{отпад} = U_H \cdot 0.3 + U_{VD} = 8.2B \quad (7.6)$$

Де U_{VD} -падіння напруги на випрямному мосту.

Напруга на вході АЦП:

$$U_{ADCотпад} = \left(\frac{U_{отпад}}{R_{del}} \right) \cdot R_2 = \left(\frac{8.2}{123.3 \cdot 10^3} \right) 3.3 \cdot 10^3 = 0.22 B \quad (7.7)$$

Змінна *OTPAD* обчислюється таким чином:

$$OTPAD = \frac{U_{отпад}}{\frac{U_{ref}}{2^{10}}} = \frac{0.22}{3.2 \cdot 10^{-3}} = 70 = \$46 \quad (7.8)$$

4.3.2 Опис роботи ПЗ

Програма мікроконтролера блоку управління контактором написана на мові програмування високого рівня Сі. Це дозволяє, на відміну від асемблера, з мінімальними тимчасовими витратами вносити зміни в програму і переносити її на інші мікроконтролери. Текст програми приведений в додатку *.

Проект реалізований в середовищі (системі) WinAVR. Використовується компілятор GNUCC. Програма налагоджена в середовищі AVRstudio. Контролер програмується по інтерфейсу ISP.

Відповідність імен функцій в тексті програм і малюнків блок-схем алгоритмів представлені в табл.2:

Таблиця 2. Імена функцій в програмі.

функція	Назва в тексті програми	Блок-схема алгоритму
головний функція	Main	рис.7.2
Функція розрахунку скважності ШІМ	CALC_PWM	рис.7.3
функція відключення	OTPAD	рис.7.4
Функція обробки переривання АЦП	SIGNAL (ADC_vect)	рис.7.5
Функція обробки переривання по переповненню t_{z1} в режимі ШІМ	SIGNAL (TIMER1_OVF_vect)	рис.7.6

Алгоритм роботи мікроконтролера представлений на блок-схемі. При подачі живлення на мікроконтролер, він проводить настройку периферії і відкриває силовий ключ, тобто задає шпаруватість ШІМ - 100%. Затримка між подачею напруги та відкриттям ключа становить близько 5 мс. Потім йде збір 127 оцифровок АЦП (за час близько 28мс, тобто приблизно по трьом напівперіоди мережі), їх усереднення і якщо напруга більше $0,3 * U_{ном}$, продовжаться режим форсажу. Далі збір оцифровок і розрахунок уставок ШІМ триває поки лічильник періодів ШІМ не дорахувалися до 15600, що відповідає приблизно 220мс. Після чого режим форсажу вважається закінченим, змінюються кількість оцифровок АЦП для розрахунку середньої напруги мережі. Кожен раз при розрахунку уставки ШІМ відбувається перевірка, на спад напруги нижче ніж треба. У програмі ініціалізований "watchdog" - незалежний таймер,

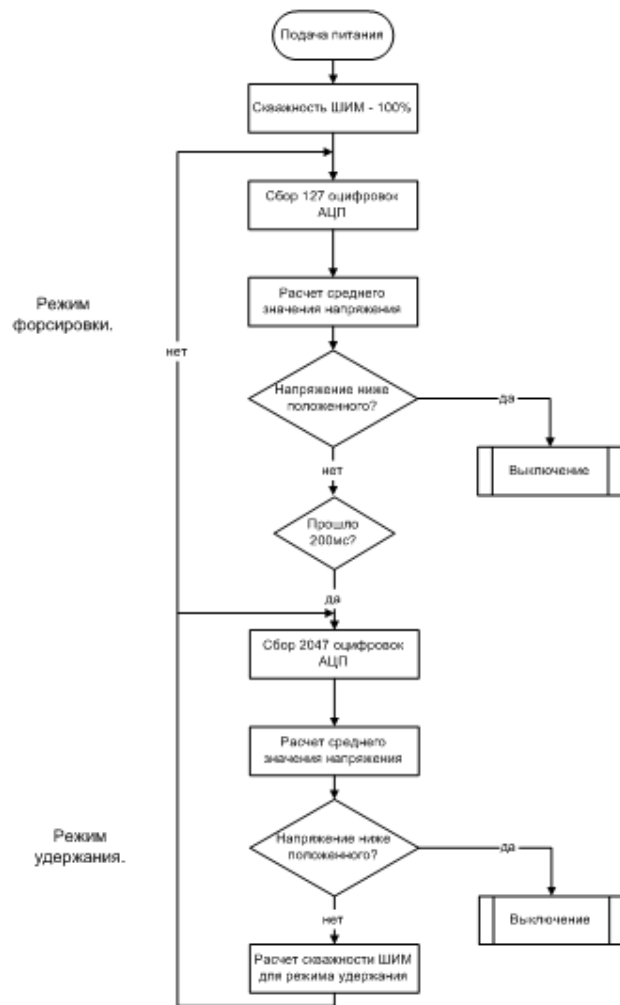


Рис. 4.3 Алгоритм роботи мікроконтролера.

4.3.3 Головна функція

Головний функція являє собою нескінченний цикл, в якому відбувається перевірка прапора розрахунку уставки ШИМ і запуск функції розрахунку сквужаности ШИМ з параметром уставки напруги утримання.

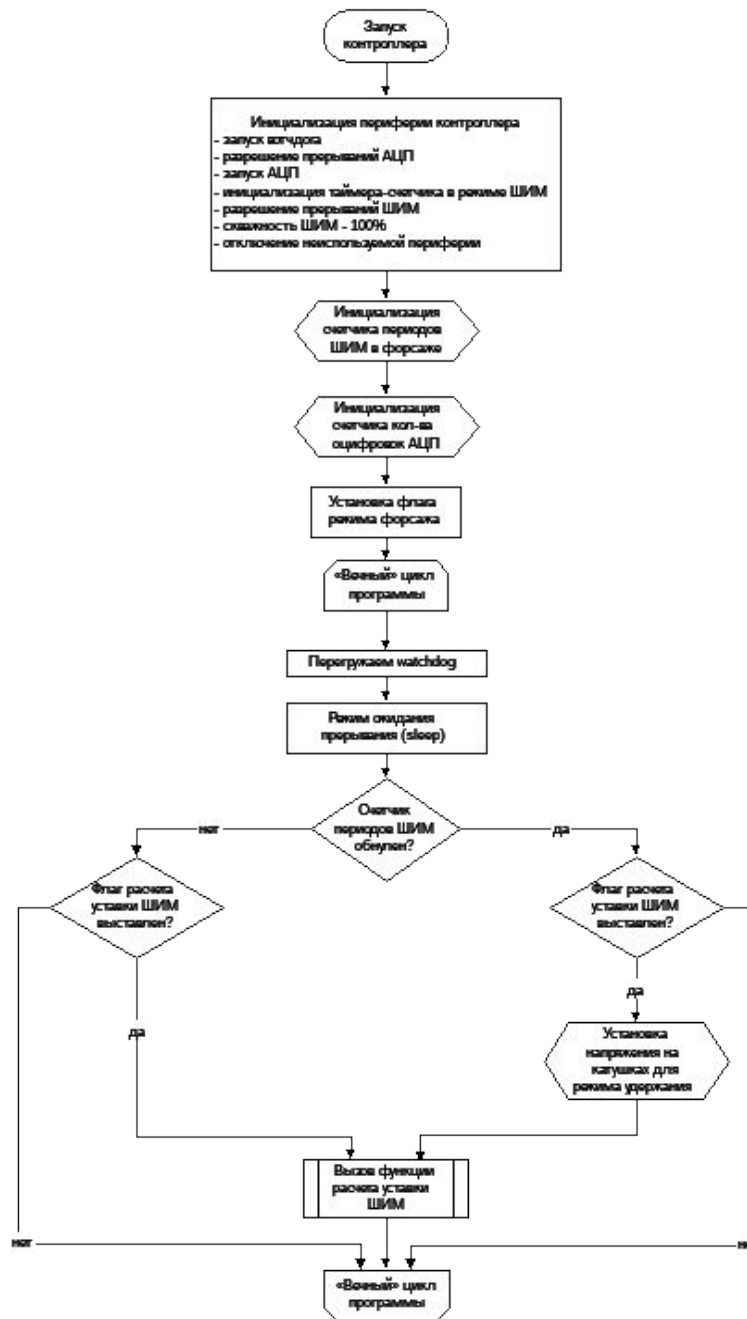


Рис. 4.4 Головна функція програми.

4.3.4 Функція розрахунку скважності ШИМ

Функція спочатку перевіряє відповідність вхідного напруги покладеному, в разі його невідповідності ($U_{входное} < 0.3 * U_{номінальное}$), відбувається виклик функції відключення.

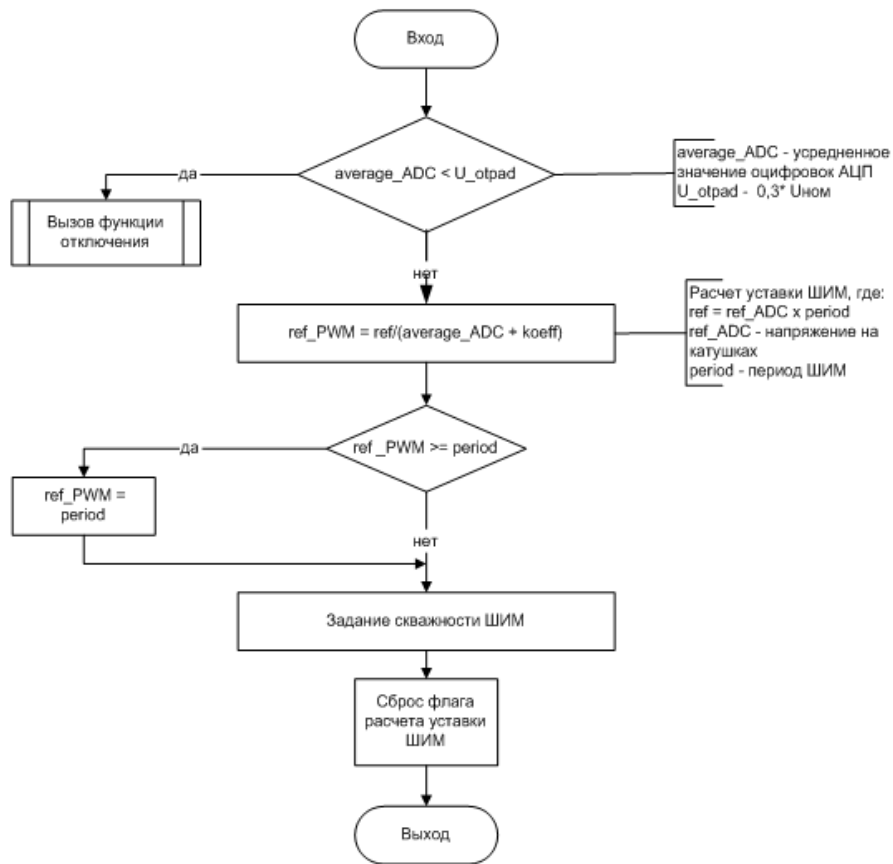


Рис. 4.5 Функція розрахунку уставки ШИМ.

4.3.5 Функція відключення

Функція відключає ШИМ і запускає нескінченний цикл з перевантаженням "watchdog".



Рис. 4.6 Функція відключення.

4.3.6 Функція обробки переривання ШІМ

Функція декрементується лічильник періодів ШІМ. При обнуленні лічильника вмикається переривання ШІМ і встановлюється прапор режиму утримання.

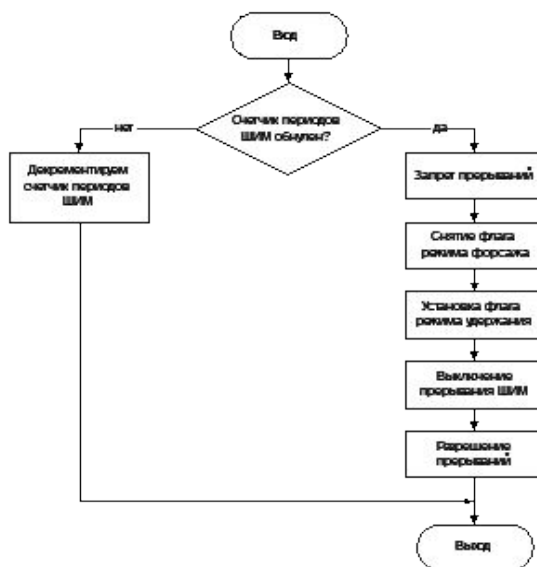


Рис. 4.7 Функція обробки переривання ШІМ.

4.3.7 Функція обробки переривання АЦП

Функція підсумовує оцифровки АЦП, декрементується лічильник кол-ва оцифровок і при його обнуленні розраховує середнє значення напруги.

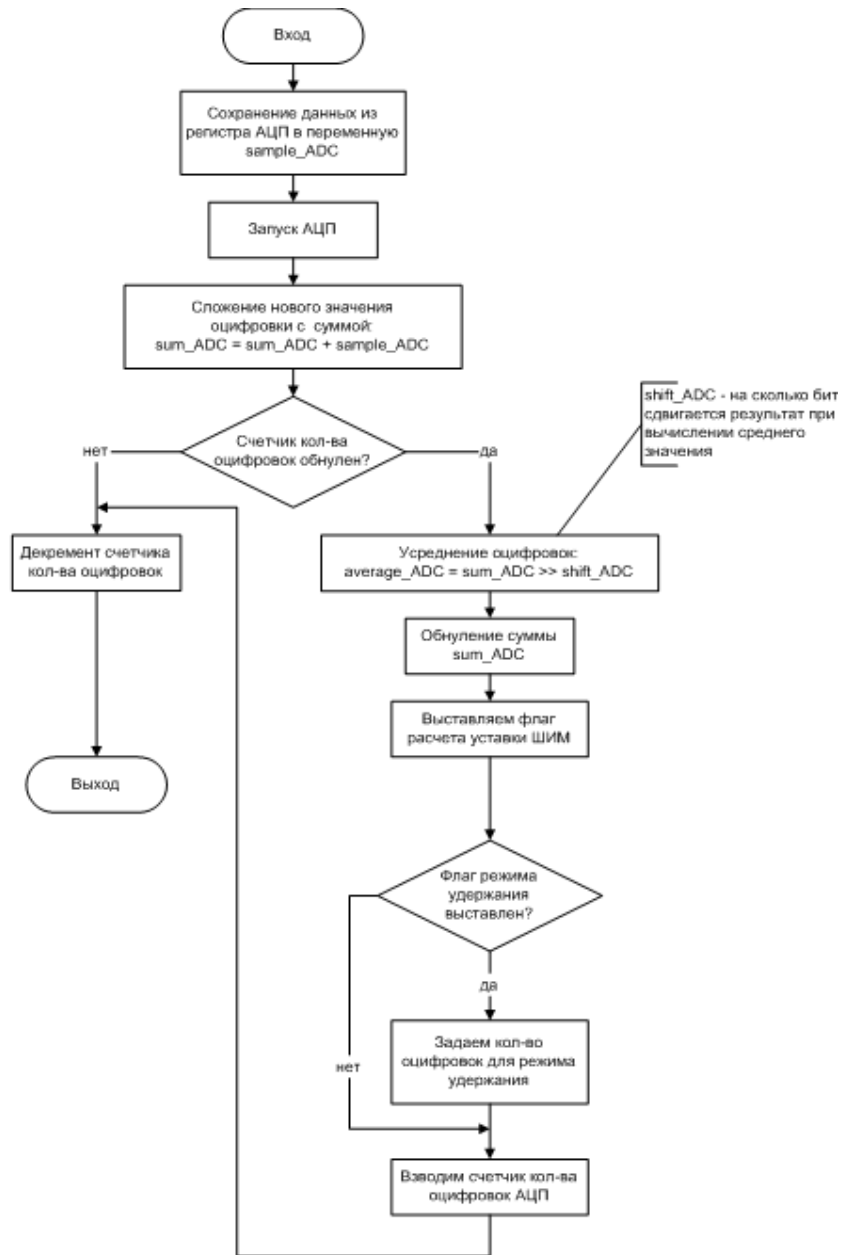


Рис. 4.8 Функція обробки переривання АЦП

5 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

5.1 Моделювання роботи перетворювача напруги

Для моделювання роботи перетворювача задамося тими ж параметрами, що і в ТЗ на перетворювач. Використовуємо при моделюванні перетворювача ІС імпульсного джерела - NCP1031 фірми "ON semiconductor", тому що він найбільш близький за параметрами до використовується в схемі перетворювача напруги контролера.

Схема перетворювача в програмі PSPICE зображена на рис.5.1.

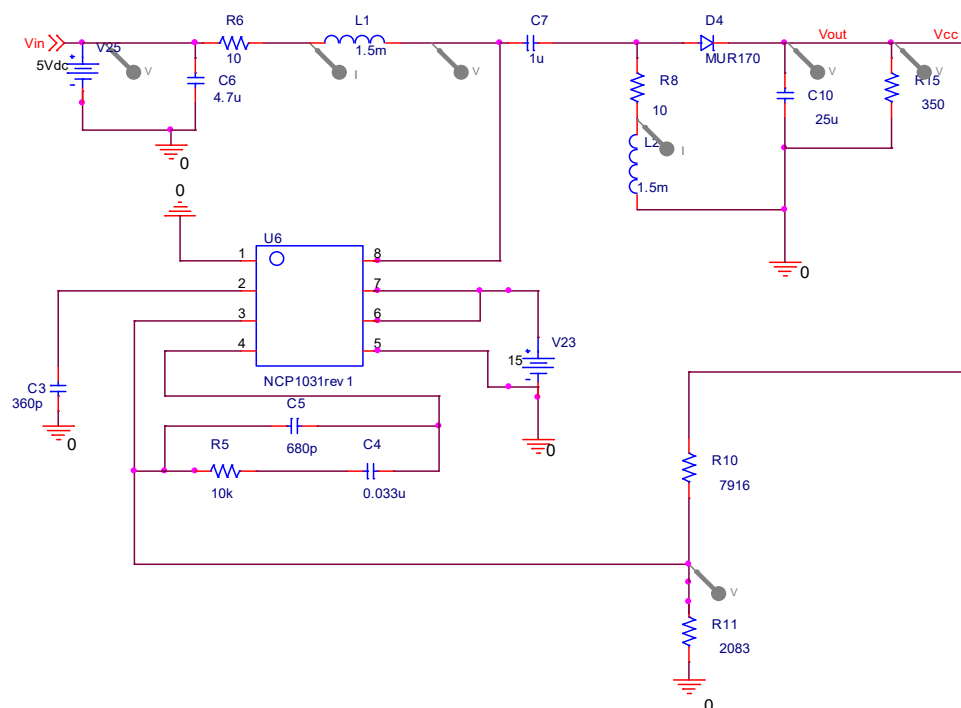


Рис.5.1.Схема моделювання в програмі PSPICE.

Завдання моделювання виявити працездатність перетворювача тобто видавати заданий вихідна напруга при максимальному і мінімальному вхідному напрузі. Для цього необхідно провести два етапи моделювання з підвищеним і

зниженим напругою. На рис.5.2 епюри роботи перетворювача з вхідною напругою 5В, на рис.5.3. при напрузі живлення 100в.

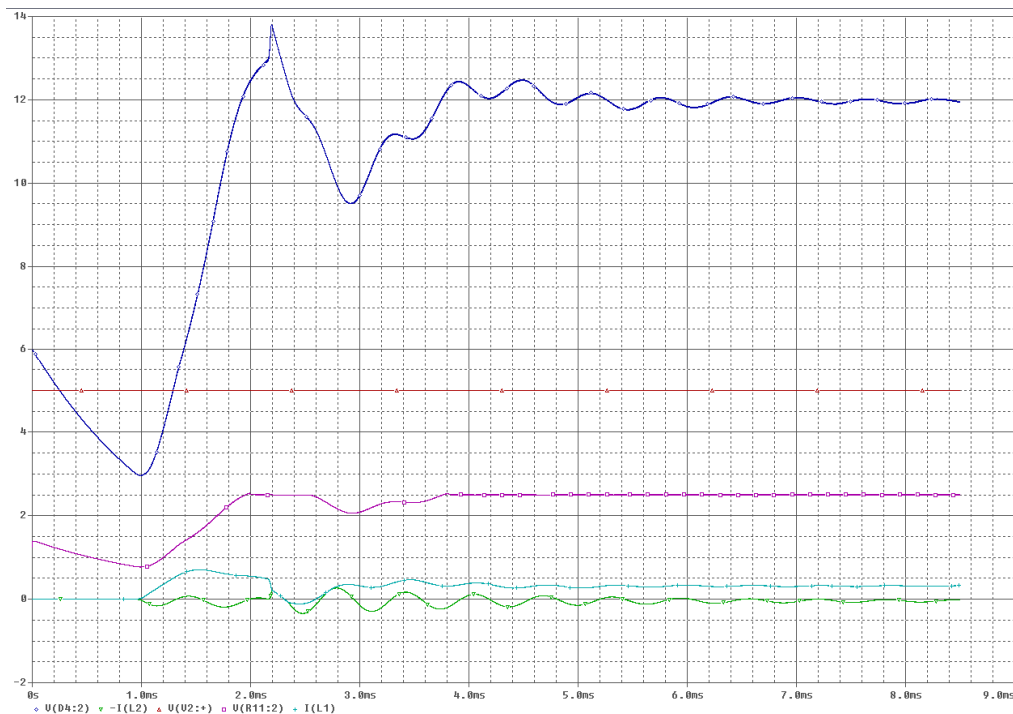


Рис.5.2.Епюри роботи перетворювача напруги (5В).

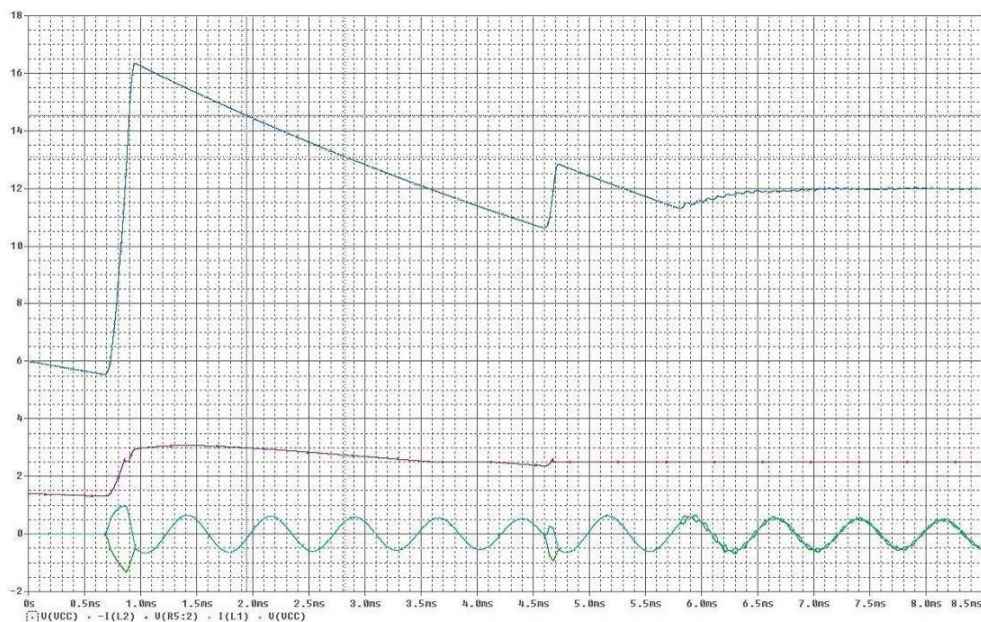


Рис.5.3. Епюри роботи перетворювача напруги (100В).

Як видно з епюр роботи перетворювача, вихідна напруга досягає заданого рівня.

Для проведення випробувань було виготовлено макетна плата блоку управління контактора, на цьому макеті були відзняті осцилограми напруг перетворювача напруги і силової частини БУК в різних умовах.

5.2 Дослідження перетворювача напруги

В цьому експерименті перевіримо працездатність перетворювача напруги на низькій напрузі, струм споживаний навантаженням 50мА.

Проілюструємо осцилограми вихідної напруги, напруга на силовому ключі і напруга на виводі 3 ІС імпульсного перетворювача напруги.

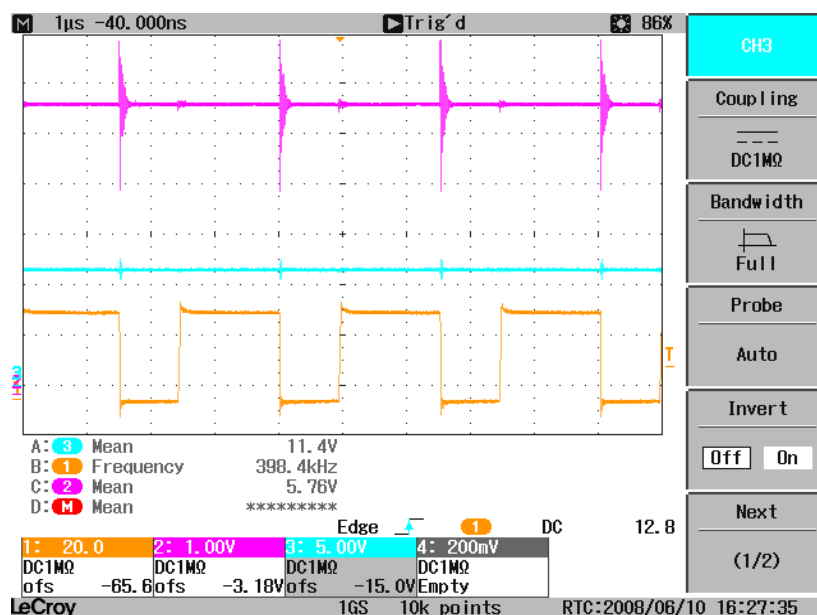


Рис.5.4. Осциллограмми перетворювача напруги.

На осцилограмах видно форма вихідної напруги, за допомогою востренним функцій осцилографа знайдено середнє напруга, що дорівнює 11,4В. Напруга на виводі 3 5,76В, що говорить про нормальну роботу перетворювача. Силовий транзистор за показаннями осцилографа комутується з частотою 400кГц.

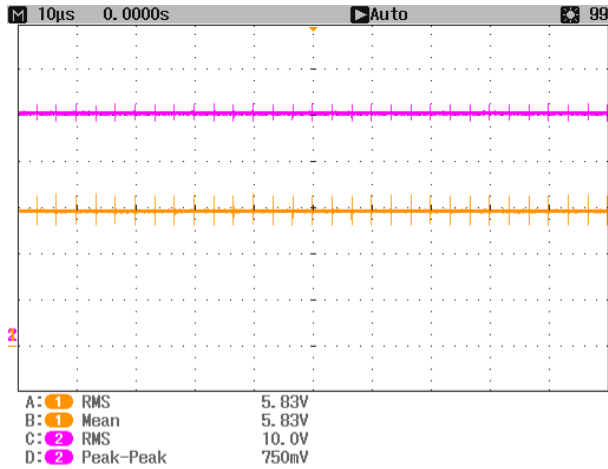


Рис.5.5. .Осциллограмми перетворювача напруги.

На осциллограмме зображеної, на рис.5.5. Показано вихідна напруга рівне 10В, при вхідній напрузі 5В. Напруга пульсацій вихідної напруги 750мВ. Вихідна напруга задовольняє ТЗ. З цих осцилограм видно, що перетворювач працює в режимі підвищення напруги.

Далі покажемо вихідна напруга при вхідній напрузі 100В.

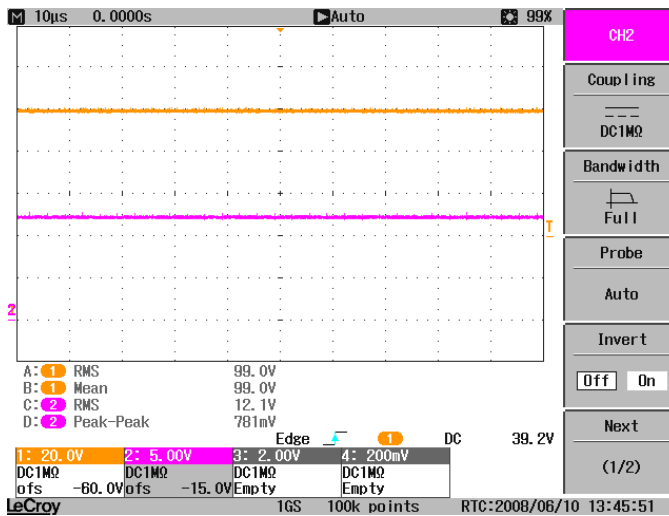


Рис.5.6. .Осциллограмми перетворювача напруги.

Вихідна напруга задовольняє ТЗ і одно 12В, з напругою пульсацій в 780мВ. В даному досвіді видно, що перетворювач працює в режимі зниження напруги.

5.3 Дослідження силової частини блоку

За основу візьмемо контактор на номінальне постійна напруга 24В, із середнім напругою в котушках в режимі утримання 4,35В.

Частота комутації силового транзистора БУК 20кГц.

Нижче представлені осцилограми напруги в котушках в режимі утримання (рис.5.7).

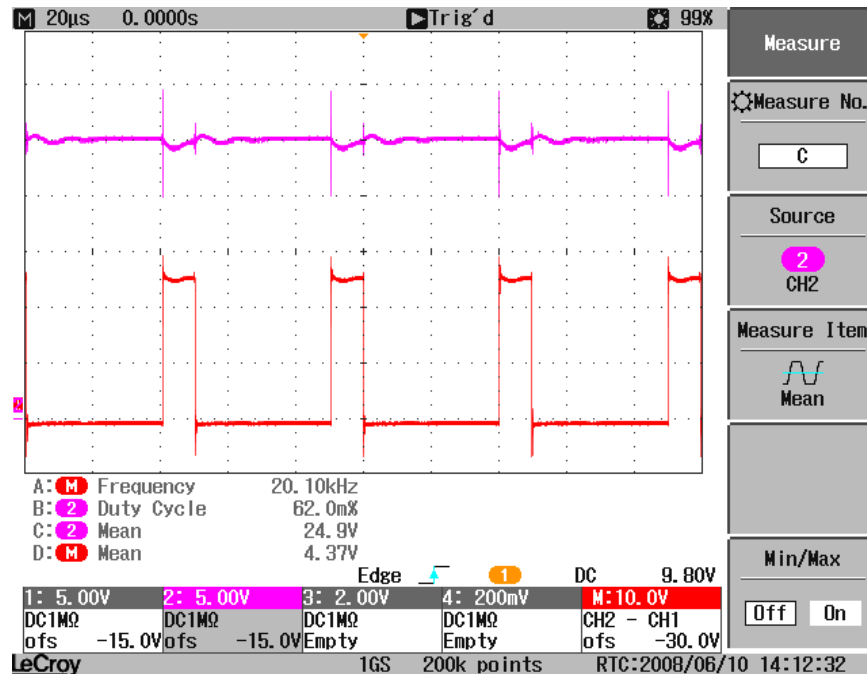


Рис.5.7. Осцилограми роботи силової частини.

На верхній осциллограмме відображено напруга на вході БУК.

На нижній осциллограмме зображена форма напруги в котушці, обчислене середнє напруга на котушках засобами осцилографа, так само 4,37В, що говорить про правильну роботу системи управління і силовий частини пристрою.

Проведемо експеримент дозволяє спостерігати перехід з режиму в режим БУК, для цього зафіксуємо осциллографом момент включення пристрою.

На осциллограмме (рис.5.8.) Показаний момент включення контактора, в якому видно режим утримання і режим форсажу, який триває 225mS.

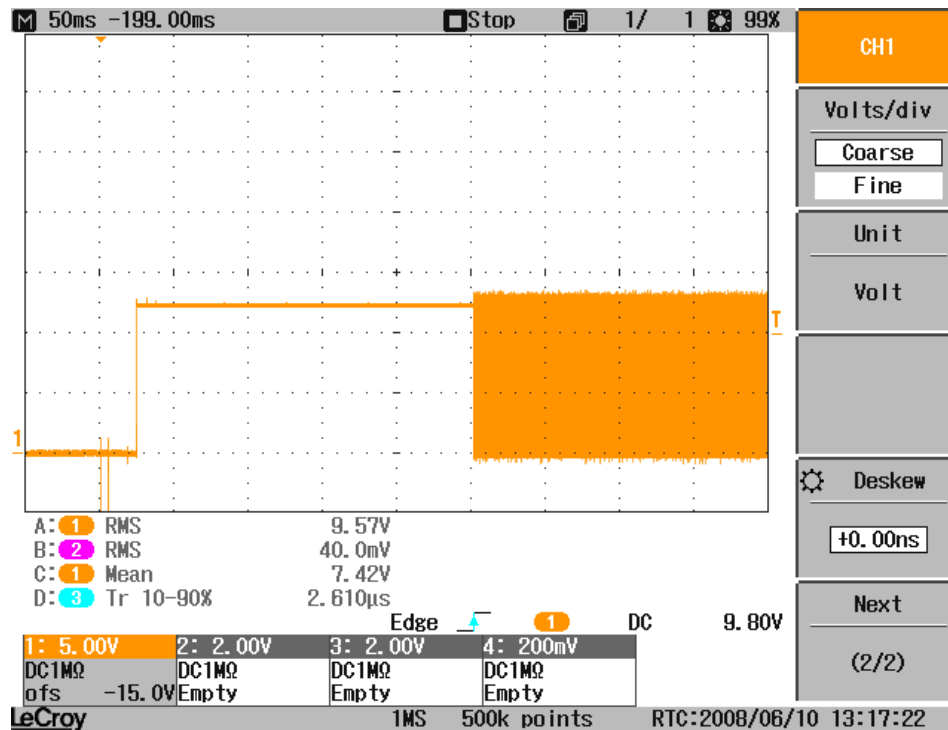


Рис. 5.8. Осцилограми роботи силової частини.

В результаті проведених випробувань, були отримані очікувані результати, що доводить правильність прийнятих інженерних рішень. На підставі вищевикладених осцилограмм можна зробити висновок, що пристрій відповідає вимогам ТЗ

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Техніко-економічне обґрунтування проектного варіанту

При розробці даного проекту була поставлена мета – підвищити економічну ефективність за рахунок автоматизованої системи управління контактором для мереж постійного та змінного струму, зменшення витрат, основних та допоміжних матеріалів, усіх видів енергії, збільшення продуктивності праці та техніки безпеки. Під час розробки цього розділу дипломного проектування було використано галузеві нормативні матеріали, а також матеріали переддипломної практики.

Важливим критерієм, який визначається доцільністю автоматизації, а також встановлює головні напрямки і черговість її здійснення, є економічна ефективність. Основними джерелами отримання економічного ефекту від запровадження проекту є:

- а) збільшення виробничої потужності та підвищення продуктивності обладнання;
- б) покращення точності регулювання;
- в) підтримання технологічних параметрів в необхідних межах.

6.2. Розрахунок капітальних вкладень на реалізацію проекту автоматизації

Капітальні витрати за проектом автоматизації включають в себе: вартість засобів автоматизації, вартість монтажу, наладки обладнання, а також транспортні витрати.

Вартість куплених апаратів та приладів визначаємо по діючих прайсах, заводських даних і зводимо в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунок вартості додаткових капіталовкладень для автоматизації

№ п/п	Назва приладу	Тип приладу	К-сть	Вартість одного приладу, грн	Загальна вартість, грн
1	Датчик температури	Ш4541	2	380	760
2	Датчик рівня	КOBOLDNUS	2	600	1200
3	Датчик тиску	DMP 331	6	450	2700
4	Прилад згасання факела	ФЭСП-2	1	1200	1200
5	ADAM	4017	2	1440	2880
6	ADAM	4050	1	720	720
7	ADAM	4520	1	700	700
8	Датчик витрати	Js 90-1,5NK	6	3100	18600
9	Датчик струму	E 59	1	280	125
10	Блок живлення	PWR-243	1	2840	684,54
Всього					31880

За даними таблиці вартості (таблиця 10.1.) $B_1 = 31880$ грн.

Транспортно – заготівельні витрати враховуються в розмірі 25 % (заводські дані) оптової ціни контрольно – вимірювальних і регулюючих приладів: $B_2 = 31880 \times 0,25 = 7970$ грн.

Витрати на монтаж (таблиця 6.2.) системи автоматизації визначають по діючих цінах, по нормах часу на монтаж КВП і А. Затрати на матеріали по монтажу приймаються в розмірі 50 % затрат на заробітну плату по монтажу.

Таблиця 6.2 Розрахунок вартості монтажних робіт

№ п/п	Тип приладу		Вартість монтажу одного приладу, грн.		Загальна вартість монтажу, грн.	
			Заробітна плата	Матеріали	Заробітна плата	Матеріали
1.	Датчик температури	2	150	15	90	30
2.	Датчик рівня	2	231,4	115,7	462,8	231,4
3.	Датчик тиску	6	15	7,5	90	45
4.	Прилад факела	1	176	88	176	88
5.	ADAM	2	235	120	470	120
6.	ADAM	1	90	45	90	45
7.	ADAM	1	60	30	60	30
8.	Датчик витрати	6	50	25	300	150
9.	Датчик струму	1	52,5	26,25	52,5	26,25
10.	Блок живлення	1	200	100	200	100
Всього					1991,35	865,65

Отже, за даними таблиці 6.2 вартість монтажних робіт становить:

$$B3 = 1991,35 + 865,65 = 2587 \text{ грн.}$$

Вартість налагодження апаратури приймаємо в розмірі 25 % (заводські дані) вартості КВП і А: $B4 = 31880 \times 0,25 = 7970$ грн. Капітальні затрати на автоматизацію виробничих процесів визначаємо, як суму вартості КВП і А, їх монтажу та налагодження із врахуванням транспортно – заготівельних та будівельних витрат: $K = B1+B2+B3+B4$, тобто: $K = 31880 + 7970 + 2587 + 7970 = 50407$ грн.

6.3. Розрахунок витрат на оплату праці за проектом автоматизації

Економію по заробітній платі виробничих робітників визначають у відповідності із зміною чисельності основних та допоміжних робітників та їх середньорічної заробітної плати. Число основних робітників і їх кваліфікацію визначають по кількості робочих місць, встановлених після впровадження

автоматизації, і кваліфікації роботи, яка виконується на кожному робочому місці.

Економія по заробітній платі визначаємо у відповідності зі зміною чисельності основних та допоміжних робітників та їх середньорічної заробітної плати. Чисельність основних робітників та їх кваліфікацію визначаємо по кількості робочих місць передбачених після впровадження автоматизації. Ефективний час роботи розраховуємо відніманням від номінального фонду робочого часу запланованих не виходів. Для цього розрахунку складемо баланс робочого часу одного спискового робітника в умовах перервного виробництва (табл. 6.3.).

Таблиця 6.3

Баланс робочого часу одного середньоспискового робітника

Показники	Неперервне виробництво, чотирьох бригадний графік
Календарний фонд часу, днів	365
Загальна кількість неробочих днів	106
Номінальний фонд робочого часу, днів	259
Невиходи на роботу, днів:	
чергова відпустка	24
Ефективний час роботи, днів	232
Середня тривалість робочого дня, годин	7,8
Середня тривалість одного року, годин	1809,6

Річний фонд заробітної плати визначають по групах робочих в залежності від кваліфікації, умов праці, діючої системи оплати праці. Тарифний фонд заробітної плати робітників визначають перемноженням кількості робітників кожної спеціальності на плановий річний фонд робочого ефективного часу одного робітника і на тарифну ставку відповідного розряду. Далі визначають погодинний, денний та місячний фонди заробітної плати, враховуючи доплати (премії в розмірі 14% від заробітної плати).

Розрахунок річного фонду заробітної плати, враховуючи доплати, заносимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4

Розрахунок річного фонду заробітної плати основних робітників за базовим варіантом

Професія	К-сть	Розр. середній	Тарифна ставка, грн	Ефект. фонд роб. часу, год	Річний фонд, грн
Оператор	2	4	11,89	1809,6	43032,29
Слюсар	2	3	10,72	1809,6	38797,82
Електрик	1	5	12,29	1809,6	22239,98
Пакувальник	3	3	10,72	1809,6	58196,74
Всього	8	–	–	–	162266,8

Річний фонд заробітної плати ІТР і службовців визначаємо по штатному розкладу та посадових окладах за місяць.

Таблиця 6.5

Річний фонд заробітної плати ІТР і службовців за базовим варіантом

Посада	К-сть	Місячний оклад, грн	Основний фонд, грн	Відрахування до фондів соціального страхування, грн.	Річний фонд, грн
Нач. цеху	1	2200	520	9636	36036
Інженер	1	2000	460	8760	32760
Майстер	4	1900	7600	33288	124488
Всього	6	-	-	51684	193284

Отже, річний фонд оплати праці за базовим варіантом складає:

$$\Phi_1 = 162266,8 + 193284 = 355550,8 \text{ грн.}$$

Скоротивши одного оператора – IV розряду і двох майстрів, знайдемо річний фонд заробітної плати основних робітників та службовців після автоматизації.

Таблиця 6.7

Розрахунок річного фонду заробітної плати основних робітників за проектним варіантом

Професія	К-сть	Розр. середній	Тарифна ставка, грн	Ефект. фонд роб. часу, год	Річний фонд, грн
Оператор	1	4	11,89	1809,6	21516,144
Слюсар	2	3	10,72	1809,6	38797,824
Електрик	1	5	12,29	1809,6	22239,984
Пакувальник	3	3	10,72	1809,6	58196,736
Всього	7	–	–	–	140750,69

Таблиця 6.8

Річний фонд заробітної плати ІТР і службовців за проектним варіантом

Посада	К-сть	Місячний оклад, грн	Основний фонд, грн	Відрахування до фондів соціального страхування, грн.	Річний фонд, грн
Нач. цеху	1	2200	520	9636	36036
Інженер	1	2000	460	8760	32760
Майстер	2	1900	7600	16644	62244
Всього	4			35040	131040

Отже, річний фонд оплати праці за проектним варіантом складе:

$$\Phi_2 = 140750,69 + 131040 = 271790,69 \text{ грн.}$$

Економія по заробітній платі вираховується за наступною формулою:

$$E_3 = \frac{\Phi_1}{Q_1} \cdot Q_2 - \Phi_2,$$

де Φ_1, Φ_2 – річний фонд заробітної плати основних робітників, відповідно до і після автоматизації; Q_1, Q_2 – річний випуск продукції до і після автоматизації.

Оскільки внаслідок автоматизації не відбувається зміни виробітку, то економія складе різницю між фондом оплати праці до і після впровадження проекту: $E_3 = 355550,8 - 271790,69 = 83760,11$ грн.

6.4. Розрахунок виробничої собівартості за проектом автоматизації

Таблиця 6.9

Розрахунок амортизаційних відрахувань за базовим варіантом

№ п/п	Найменування основних фондів	Вартість основних фондів, грн.	Річна норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, грн.
1	2	3	4	5
1	Будівлі і споруди	25060	8	2004,8
2	Устаткування	8890	40	3556
3	Інструменти	1333,5	24	320,04
4	Інвентар	177,8	60	106,68
Всього		35464,3		5992,52

Таблиця 6.10

Розрахунок амортизаційних відрахувань за проектним варіантом

№ п/п	Найменування основних фондів	Вартість основних фондів, тис. грн..	Річна норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, грн.
-------	------------------------------	--------------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

1	2	3	4	5
1	Будівлі і споруди	25060	8	2004,8
2	Устаткування	15282,68	40	6113,07
3	Інструменти	2292,4	24	550,18
4	Інвентар	305,65	60	183,4
Всього		42943,73		8856,45

За заводськими даними та попередніми розрахунками складаємо кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання (таблиця 6.11.).

Таблиця 6.11

Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

№ п/п	Статті витрат	Сума, тис. грн..	
		Базовий варіант	Проектний варіант
1	Витрати на повне відновлення та капітальний ремонт виробничих фондів	3876,04	6663,25
2	Витрати на експлуатацію устаткування	46766,88	40804,9
3	Витрати на проведення поточного ремонту устаткування і транспортних засобів	302,3	519,6
4	Знос МШП (нецільового призначення)	509,6	479,9
5	Всього	51454,82	48467,65

До статті 1 амортизаційні відрахування від вартості устаткування, транспортних засобів, інструментів.

Стаття 2 включає:

- витрати на оплату праці чергових слюсарів, наладчиків, електриків;
- відрахувань на соцстрах;
- вартість мастильних та обтиральних матеріалів.

До статті 3 включаються витрати на проведення поточного ремонту, що приймається укрупнено для устаткування в розмірі 3 – 5% від початкової вартості, а для інструментів в розмірі 20 – 25% від початкової вартості.

До статті 4 відноситься інші витрати, приймаються в розмірі 1% від суми попередніх витрат (ст. 1-3).

Таблиця 6.12

Собівартість річного ремонту обладнання за плановою калькуляцією підприємства по статтях, що зазнали змін у процесі автоматизації

Статті витрат	Базовий	Проектний
	варіант	варіант
	на	на одиницю
	одиницю	продукції
1	2	3
1. Сировина	14,6	10,95
2. Основні матеріали	–	–
3. Допоміжні матеріали	–	–
4. Тара	–	–
5. Транспортні та заготівельні витрати	–	–
6. Паливо та електроенергія	110,5	91
7. Нарахування на заробітну плату у розмірі 14%	1,14	0,9
8. Утримання обладнання	5,6	5,36
9. Невиробничі витрати	17	15
10. Повна собівартість	148,84	123,21

Сума річної економії по експлуатаційних витратах розраховують за формулою:

$$E_{ep} = (C_1 - C_2) \cdot Q_2,$$

де C_1 , C_2 – собівартість одиниці продукції відповідно до і після впровадження автоматизації; Q_2 – річний випуск продукції після впровадження автоматизації.

За даними таблиці 10.11: $C_1 = 148,84$ грн, а $C_2 = 123,21$ грн. За попередніми розрахунками: $Q_2 = 9048$ шт .

$$\text{Тоді: } E_{ep} = (148,84 - 123,21) \cdot 9048 = 231900,24 \text{ грн.}$$

6.5. Розрахунок основних техніко – економічних показників проекту автоматизації

Економічний ефект від автоматизації даної установки обчислюємо наступним чином:

$$E_{\phi} = E_{заг} - E_n \times K ,$$

де $E_{заг}$ – річна економія за рахунок використання різноманітних джерел живлення;

E_n – коефіцієнт ефективності (приймається рівний 0,15);

K – капітальні затрати на автоматизацію.

$$E_{\phi} = 316244,17 - 50407 \times 0,15 = 308683,12 \text{ грн.}$$

Впровадження автоматизації передбачає додаткові капіталовкладення, які повинні окупитися за рахунок отриманої економії. Термін окупності капітальних інвестицій на проведення автоматизації проводимо наступним чином:

$$T = \frac{K}{E_{заг}}; T = \frac{50407}{316244,17} = 0,16 .$$

Отже, термін окупності проекту складає 0,16 року або 2 місяця.

Знайдемо значення коефіцієнта економічної ефективності проекту за формулою:

$$k_{ef} = \frac{E_{заг}}{K}; k_{ef} = \frac{316244,17}{50407} = 6,27 .$$

Отже, внаслідок впровадження проекту автоматизації підприємство отримуватиме 6,27 грн. доходу на одну гривню вкладених коштів, що свідчить про високу ефективність капіталовкладень.

Зростання продуктивності праці внаслідок автоматизації розрахуємо за наступною формулою:

$$РПП = \frac{r}{r - r_1} \times 100\% - 100 ,$$

де r – число основних робітників до впровадження автоматизованої системи; r_1 – число робітників, яких необхідно скоротити після проведення автоматизації.

$$РПП = \frac{14}{14-3} \times 100\% - 100 = 27,3\%$$

Усі одержані від проведених розрахунків дані зводимо в табл. 6.14

Таблиця 6.14 Зведена таблиця основних витрат

Назва витрат	Одиниці виміру	До проведення автоматизації	Після автоматизації
Капітальні витрати:	грн.	-	50407
Спискове число основних робітників	чол.	8	7
Річний фонд оплати праці основних робітників	грн.	162266,83	140750,69
Середньомісячна заробітна плата основних робітників	грн.	1690,28	1675,6
Річний економічний ефект	грн.	-	30683,12
Ефективність капітальних вкладень	-	-	6,27
Термін окупності	років	-	0,16
Ріст продуктивності праці	%	-	27,3

Отже, на основі проведених розрахунків можна стверджувати, що запровадження автоматизації процесу металізації дозволяє:

- підвищити якість і ефективність процесу виробництва;
- зменшити витрати на сировину;
- зменшити витрати на електроенергію;
- зменшити кількість основних робітників, що обслуговують установку, що призведе до зменшення витрат на заробітну плату.

Річний економічний ефект від впровадження автоматизації становить 30683,12 гривень. Проектована система автоматизації технологічно окупиться за 2 місяці, що дає підстави рекомендувати її до впровадження у виробничий процес.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на покращення умов і безпеки праці

При виконанні аналізу виробництва, для експлуатації в якому призначений об'єкт проектування, з точки зору безпеки праці та охорони навколишнього середовища повинні бути виявлені ті небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникатимуть при експлуатації обладнання.

При експлуатації турбокомпресорної установки можуть виникнути ситуації, які загрожують безпеці життєдіяльності людей і впливають на навколишнє середовище.

Основним джерелом небезпеки можна вважати перш за все високий тиск газу. Підвищення тиску більше від допустимого може призвести до розриву трубопроводів і апаратів, так як матеріали трубопроводів (сталь) розраховані на певне значення тиску, зокрема товщина стінок труб, збільшення товщини стінок труб приводить до збільшення матеріальних витрат, за рахунок ціни трубопроводів. Також підвищення тиску може привести до того, що даного тиску не витримають з'єднання, які зварюються та болти на з'єднаннях фланців і це призведе до витікання газу з трубопроводу, що створює накопичення вибухонебезпечних і пожежонебезпечних концентрацій газів в повітрі.

Трубопроводи з високою температурою природного газу створюють загрозу опіків шкіри працівників при дотику їх до трубопроводів.

Крім того, використовуються засоби автоматизації, які знаходяться під напругою, що створює загрозу ураження струмом.

При експлуатації турбокомпресорної установки можливий вплив на працівників також інших фізичних та хімічних виробничих факторів.

До основних факторів фізичної групи належать:

- підвищена загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може статися через тіло людини.

До основних факторів хімічної групи належать:

– загальнотоксичної дії – мають безпосередній вплив на центральну нервову систему, кров та кровотворні органи;

– подразнюючої дії – призводять до подразнення слизової оболонки очей, верхніх дихальних шляхів та легенів.

Безпека праці гарантується перш за все дотриманням вимог експлуатації та ремонту виробничого обладнання, у даному випадку системи автоматизації зокрема. Тому виконаємо її аналіз на предмет забезпечення належного рівня безпеки виробничого устаткування.

У випадку порушення цілісності трубопроводів або апаратів спрацює світлова та звукова сигналізація, яка знаходиться на щиті в операторному приміщенні і сигналізує при зниженні тиску.

Прилади на щиті розміщуються відповідно з документацією про щит. Щит використовується в якості системи управління турбокомпресорною установкою.

У верхній частині щита розміщене табло світлової сигналізації, яке оповіщає про високі і низькі параметри. Сигнал на це табло подається з реле тиску або температури та інших вимірюючих пристроїв.

Під таблом розташовані два мікропроцесорні обчислювачі витрати, один з яких у резерві.

Посередині щита знаходиться управління компресорами: сигналізуючі лампочки, перемикачі, кнопки, перемикачі для відкриття – закриття пневматичних клапанів, кнопки для перевірки лампочок тощо.

Для запобігання розриву трубопроводів і апаратів передбачені запобіжні клапани, які при високому тиску стравлюють газ до заданого тиску.

При проведенні робіт по монтажу засобів автоматизації потрібно дотримуватись правил СНП II – 4 – 80 "Техніка безпеки в будівництві".

Монтаж і демонтаж допускається проводити тільки після повного відключення агрегатів і трубопроводів.

Турбокомпресорна установка відноситься до об'єктів підвищеної вибухопожежонебезпеки і тому на ній використовуються пневматичні засоби.

Вимірювання витрати і кількості природного газу здійснюється на всмоктувальній ділянці двома витратомірами, один з яких в резерві.

Включення – виключення турбокомпресорної установки, закриття – відкриття вентилів, пневматичних клапанів, регулювання температури і рівня в сепараторах здійснюється мікропроцесорним контролером.

При ремонті в пожежонебезпечних виробництвах, приміщеннях дозволяється застосовувати акумуляторні світильники тільки в вибухозахищеному виконанні напругою 12 В.

Арматура, контрольно – вимірювальні прилади і запобіжні засоби, які працюють під тиском, після монтажу випробовуються на герметичність стиснутим повітрям або газом. Випробування проводяться згідно правил побудови і безпеки експлуатації посудин працюючих під тиском. Випробувальний тиск для таких приладів повинен бути не нижче 200 кПа.

Забороняється виконувати роботи, зв'язані з технічним обслуговуванням, ремонтом і вимірюванням переносними приладами в пожежовибухонебезпечних зонах без рішення виданого керівником підприємства у встановленому порядку.

Трубні проводки і арматура повинні постійно контролюватись про відсутність витікання газу і масла. Перевірку надійності з'єднання газопроводів, а також знаходження місць витікання газу в газопроводі, компресорі проводиться за допомогою мильної емульсії або спеціальних пристроїв.

Результати перевірки надійності газопроводів, компресорів і апаратів повинні заноситись в паспорти їх обліку.

Забороняється експлуатація засобів автоматизації при робочих навантаженнях, тисках і температурах, перевищуючи по паспорту.

Під час роботи обладнання забороняється:

- проводити ремонт і заміну вимірювальних пристроїв;
- вимкнення системи автоматики без дозволу диспетчера.

Регулювання датчиків, встановлених на рухомих механізмах, повинно здійснюватись після зупинки останніх і прийняття рішень, передбачаючи самовключення і рух їх.

Перевірка схем автоматизації може проводитись на виконавчих механізмах з дією або без дії на регулюючий орган обладнання. Перевірка дії схеми автоматизації з дією на виконавчий механізм (пуск і зупинка

турбокомпресорної установки, технологічного обладнання, закрити і відкрити клапани, заслінки) повинна проводитись разом з оперативним персоналом або диспетчером.

Під час роботи апаратів забороняється ослаблювати або підтягувати сальники регулюючих клапанів.

При всіх включеннях схем автоматизації необхідно в місцях можливого появи людей вивісити попереджувальні таблички: «Обережно», «Під напругою», «Під тиском».

Категорично забороняється проводити:

а) регулюючі і налагоджувальні роботи в пристроях при включеному електроживленні;

б) заміну елементів, блоків і т.д., з'єднання і роз'єднання роз'ємів при включеному електроживленні;

в) монтажні роботи при включеному електроживленні.

Перед установкою або заміною датчиків тиску, витрати необхідно закрити запірні вентилі і випустити залишений в датчику газ. При проведенні цих робіт на відповідний вентиль вивіщується табличка: «Не включати – працюють люди».

Комутаційне перемикання, включення і виключення; виключення перемикачів; пуск і зупинка пристроїв, регулювання режиму їх роботи проводиться тільки оперативним персоналом.

Кабелі прокладаються підземним і повітряним шляхом. Вони використовуються для живлення, вимірювання, контролю і передачі інформації на щит управління. Забороняється скидати різні важкі предмети, виливати кислоти, влаштовувати різні звалища (шлаку, снігу і т.д.), на якій розміщені кабелі і по 1 м. в обидві сторони від траси. Не допускається проведення земляних робіт і прокладка підземних комунікацій без згоди з організацією, яка експлуатує кабельну трасу.

Системи автоматики виконуються по затвердженому проекту у відповідності з ПУЕ – 2010. Засоби автоматизації які знаходяться під напругою і на них в любий час може податися напруга, рахується діючим

електрообладнанням і на це розповсюджуються Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

Електрообладнання входить до комплексу засобів автоматизації і повинно бути заземлене у відповідності з ПУЕ – 2010 і тимчасової інструкції по монтажу захисного заземлення електрообладнання систем автоматизації.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмопровідні частини електрообладнання, які внаслідок несправності можуть опинитись під напругою і до них можливий доступ людей. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпечністю, а також з зовнішніми пристроями, заземлення обов'язкове, при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В перемінного струму і 110 В постійного струму; при напрузі 500 В і вище перемінного і постійного струму – у всіх випадках; при всіх напругах перемінного і постійного струму – у вибухонебезпечних приміщеннях.

Перевірку електричних засобів у вибухозахищеному виконанні проводять тільки в лабораторних умовах, а не на діючих установках.

Заземлення на лініях 380 – 220В повинні встановлюватись на всі проводи, включаючи і нульовий. На приводах апаратів, яким проведено відключення лінії 380 – 220В повинні бути вивішені таблички «Не включати – працюють на лінії».

7.2. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на захист навколишнього середовища від забруднення

На трубопроводі передбачені клапани, які перекривають вхід газу на турбокомпресорну установку. Також є клапани, які стравлюють газ в атмосферу при виникненні аварійної ситуації.

Керування пневматичними клапанами здійснюється за допомогою мікропроцесорного контролера або перемикача. Ці клапани служать для запобігання аварій на станції.

Перед початком експлуатації турбокомпресорної установки після проведення ремонту або новозбудованої необхідно перевіряти трубопроводи і апарати на герметичність, оскільки негерметичність призводить до викиду природного газу.

За викидом шкідливих газів в атмосферу здійснюється найбільший контроль. Контроль за складом атмосфери в середині приміщення і в зовнішніх установках, які використовують природний газ для зберігання, стиску, охолодження, заправки, являється одним з найважливіших етапів, які дозволяють своєчасно виявити появу витікання газу, не допустити накопичення вибухонебезпечних і пожежонебезпечних концентрацій газів в повітрі, оперативно ліквідувати аварійну ситуацію.

Для визначення загазованості повітря застосовуються фазоіндикатори і газосигналізатори. Для періодичної перевірки використовують переносні малогабаритні прилади, для постійної перевірки – стаціонарні прилади.

Загазованість повітря під час експлуатації турбокомпресорної установки перевіряють за допомогою автоматичних газосигналізаторів, які розташовані в компресорному залі на стіні. В основу роботи цих пристроїв покладено зміну фізичних і хімічних властивостей повітря при появі сумішей виявлених газів.

Газосигналізатор автоматично оповіщає про утворення шкідливих концентрацій газу в повітрі, а також для автоматичного включення в цих випадках систем аварійного захисту.

7.3. Розрахунок заземлюючого пристрою з використанням природного заземлення

Вихідні дані:

1. Назва об'єкта – щит керування.
2. Захищений об'єкт – стаціонарний.
3. Напруга мережі $U = 380 \text{ В}$.

4. Виконання мережі – з глухозаземленою нейтраллю.
5. Вимірний опір розтіканню струму в природному заземлювачі $R_{п.з.} = 14 \text{ Ом}$.
6. Тип додаткового штучного заземлення – вертикальний з труб.
7. Розмір заземлювачів (довжина стержнів $l_B = 2 \text{ м}$, діаметр $d = 0,03 \text{ м}$).
9. Розташування заземлювачів – в один ряд.
10. З'єднувальна стрічка шириною $b_c = 0,04 \text{ м}$.
11. Ґрунт – суглинок.
12. Характеристика ґрунту: склад - однорідний; вологість - нормальна;
13. Агресивність – нормальна.
14. Кліматична зона – III.

Розрахунок

1. Визначаємо R_d – допустиме (нормальне) значення опору розтіканню струму в заземлювальній пристрої (природному та штучному) згідно з ПУЕ. За табличними даними [4] вибираємо $R_d = 4 \text{ Ом}$.

2. Визначаємо $R_{розр.ш.з.}$ розрахунковий опір розтіканню електроструму в штучному заземленні. При відомому (вимірному) природному опорі розтіканню струму в природному заземлювачі $R_{п.з.} = 14 \text{ Ом}$.

$$R_{розр.ш.з.} \leq \frac{R_d \cdot R_{п.з.}}{R_d - R_{п.з.}} = \frac{4 \cdot 14}{4 - 14} = 5,6 (\text{Ом}).$$

3. Визначаємо $\rho_{табл.}$ – наближене значення питомого опору ґрунту, рекомендоване для розрахунку. За табличними даними [4] приймаємо $\rho_{табл.} = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

4. Визначаємо значення $K_{с.в.}$ – коефіцієнта сезонності для вертикальних заземлювачів довжиною $l_B = 2 \text{ м}$ за згаданою кліматичною зоною III при нормальній вологості, за табличними даними [4] приймаємо $K_{с.в.} = 1,2$.

5. Визначаємо $\rho_{розр.в.}$ розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів:

$$\rho_{розр.в.} = \rho_{табл.} \cdot K_{с.в.} = 150 \cdot 1,2 = 180 (\text{Ом} \cdot \text{м})$$

6. Визначаємо t - відстань від поверхні землі до середини заземлювача

$$t = h_s + \frac{l_B}{2} = 0,8 + \frac{2}{2} = 1,8 \text{ (м)}$$

7. Визначаємо R_B – опір розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр.в.}}}{l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l_B}{4t - l_B} \right) = 0,366 \frac{195}{2} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,8 + 2}{4 \cdot 1,8 - 2} \right) \approx 80 \text{ (Ом)}.$$

8. Визначаємо $n_{\text{т.в.}}$ – теоретичне число вертикальних заземлювачів без врахування $\eta_{\text{в.в.}}$ – коефіцієнта використання, тобто $\eta_{\text{в.в.}}=1$:

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{R_B}{R_{\text{розр.ш.з.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{80}{5,6 \cdot 1} = 14.$$

9. Визначаємо $\eta_{\text{в.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні заземлювачів в один ряд, числі заземлювачів $n_{\text{т.в.}}=14$ та при відношенні $\frac{L_B}{l_B}=1$. За табличними даними приймаємо $\eta_{\text{в.в.}}=0,83$.

10. Визначаємо $n_{\text{н.в.}}$ необхідну кількість вертикальних однакових заземлювачів (стержнів) з врахуванням $\eta_{\text{в.в.}}$.

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{R_B}{R_{\text{розр.ш.з.}} \cdot \eta_{\text{в.з.}}} = \frac{80}{5,6 \cdot 0,83} = 17,2.$$

Приймаємо $n_{\text{н.в.}}$ рівним 17 стержням.

11. Визначаємо $R_{\text{розр.в.}}$ – розрахунковий опір, розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при $n_{\text{н.в.}}=17$ без врахування горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки).

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_B}{\eta_{\text{н.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{80}{17 \cdot 0,83} = 5,7.$$

12. Визначаємо L_B - відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $\frac{L_B}{l_B}=1$, звідси $L_B = 1 \cdot l_B = 2$ м.

13. Визначаємо $L_{\text{з.с.}}$ – довжину з'єднувальної стрічки – горизонтального заземлювача:

$$L_{3.C} = 1.05 \cdot L_B \cdot (n_{н.в.} - 1) = 1.05 \cdot 2(17-1) = 33.6 \text{ (м)}.$$

14. Визначаємо значення $K_{С.Г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі та природний заземлювач при довжині $L_{3.C} = 33.6$ м, при нормальній вологості ґрунту для кліматичної зони III. За табличними значеннями [4] приймаємо $K_{С.Г.} = 1.9$.

15. Визначаємо $\rho_{РОЗР.Г.}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_{РОЗР.Г.} = \rho_{ТАБЛ.} \cdot K_{С.Г.} = 150 \cdot 1.9 = 285 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}.$$

16. Визначаємо $R_{Г.}$ опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_{Г.} = 0,366 \frac{\rho_{РОЗР.В.}}{l_B} \lg \frac{2L_{3.C}^2}{h_s \cdot b_c} = 0,366 \frac{285}{33.6} \lg \frac{2 \cdot 33.6^2}{0,08 \cdot 0,04} = 18.17 \text{ (Ом)}.$$

17. Визначаємо – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними даними (в один ряд) при відношенні $\frac{L_B}{l_B} = 1$ і необхідній кількості заземлювачів $n_{н.в.} = 17$. За табличними даними приймаємо $\eta_{В.Г.} = 0,76$.

18. Визначаємо опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі

$$R_{РОЗР.Г.} = \frac{R_{Г.}}{n_{Г.} \cdot \eta_{В.Г.}} = \frac{18.17}{1 \cdot 0.76} = 23.91 \text{ (Ом)}$$

$$R_{РОЗР.В.Г.} = \frac{R_{РОЗР.В.} \cdot R_{РОЗР.Г.}}{R_{РОЗР.В.} + R_{РОЗР.Г.}} = \frac{5.7 \cdot 23.91}{5.7 + 23.91} = 4.6 \text{ (Ом)}.$$

19. Визначаємо $R_{ЗАГ.Ш.}$ – загальний опір розтіканню струму в штучному та природному заземлювачах

$$R_{ЗАГ.Ш.} = \frac{R_{П.З.} \cdot R_{РОЗР.П.Г.}}{R_{П.З.} + R_{РОЗР.П.Г.}} = \frac{14 \cdot 4.6}{14 + 4.6} = 3.5 \text{ (Ом)}.$$

Отримане загальне розрахункове значення опору розтіканню струму в природному та штучному заземлювачах відповідає вимогам ПУЕ.

7.4. Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

Детальний аналіз виробництва показує, що однією із основних причин виникнення надзвичайної ситуації може бути пожежа. Тому стан пожежної безпеки на підприємстві повинен відповідати вимогам Правил пожежної безпеки в Україні. Наведемо окремі вимоги із цих Правил, які безпосередньо стосуються використовуваного технічного обладнання.

Системи вентиляції і кондиціонування повітря повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм. Залежно від умов виробництва на об'єктах повинні бути встановлені терміни проведення профілактичних оглядів та очищення повітроводів, фільтрів, вогнезатримуючих клапанів, іншого обладнання вентиляційних систем, а також визначений порядок відключення вентиляційних систем і дій обслуговуючого персоналу в разі виникнення пожежі або аварії.

Особа, призначена відповідальною за технічний стан та справність вентиляційних систем, зобов'язана забезпечити додержання вимог пожежної безпеки під час їх експлуатації.

Не допускається робота технологічного обладнання у вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях у разі несправних або відключених фільтрів, пиловідсмоктуючих, пиловловлюючих і інших пристроїв систем вентиляції.

Всередині повітроводів та на їх стінках не дозволяється розміщати газопроводи і трубопроводи з горючими речовинами, кабелі, електропроводку й каналізаційні трубопроводи; не дозволяється також перетинання повітроводів цими комунікаціями.

Вентиляційні камери, циклони, фільтри, повітроводи повинні регулярно очищатися від пилу та жирових відкладень пожежобезпечними засобами.

Перевірка й очищення вентиляційного обладнання повинні проводитися за затвердженим графіком. Результати огляду обов'язково заносяться до спеціального журналу.

Вогнезатримні пристрої, магнітні вловлювачі у вентиляційних повітроводах, пристрої блокування вентиляційних систем з пожежною сигналізацією та системами пожежогасіння, а також автоматичні пристрої відключення вентиляції в разі пожежі повинні перевірятися у встановлені адміністрацією підприємства терміни, але не рідше одного разу на півроку, та утримуватися у справному робочому стані.

Під час експлуатації вентиляційних систем забороняється:

- відключати або знімати вогнезатримні пристрої;
- випалювати накопичені в повітроводах, зонтах жирові відкладення та інші горючі речовини;
- закривати витяжні канали, отвори й решітки;
- залишати двері вентиляційних камер відчиненими, зберігати в камерах різні матеріали, устаткування тощо;
- використовувати припливно-витяжні повітроводи й канали для відведення газів від приладів опалення, газових колонок, кип'ятильників та інших нагрівальних приладів;
- складувати впритул (на відстані менше 0,5 м) до повітроводів і устаткування горючі матеріали або негорючі матеріали в горючій упаковці;
- видаляти за допомогою тієї самої системи відкачування різні гази, пар, пилю та інші речовини, котрі при змішуванні можуть викликати спалахи, горіння або вибух.

Під час експлуатації калориферів необхідно дотримуватися таких вимог:

- відстань між калориферами і конструкціями з горючих та важкогорючих матеріалів має бути не менше 1,5 м за наявності вогневого або електричного підігріву і не менше 0,1 м, коли теплоносієм є вода або пара;
- тримати постійно справними контрольно-вимірювальні прилади;
- систематично проводити пневматичним або гідравлічним способом очищення калориферів від забруднень.

Монтаж, підключення, прокладання мереж, влаштування електричного захисту на лініях, які живлять побутові кондиціонери, повинні проводитись відповідно до вимог “Інструкції з експлуатації кондиціонерів” та ПУЕ.

Лінії живлення до кожного кондиціонера необхідно забезпечувати автономним пристроєм електричного захисту незалежно від наявності захисту на загальній лінії, яка живить групу кондиціонерів.

Під час експлуатації кондиціонерів забороняється:

- при встановленні кондиціонера у віконному отворі використовувати як опорні конструкції горючі елементи конструкцій рам замість монтажних кріплень заводського виготовлення або інших металевих конструкцій;

- кустарно переробляти кондиціонери з метою зміни їх функціонального призначення;

- замінювати наявні триполюсні штепсельні роз'єднувачі на двополюсні;

- встановлювати кондиціонери у внутрішніх протипожежних перегородках та стінах.

Згідно правил пожежної безпеки виробних приміщень дане виробниче приміщення відноситься до категорії підвищеної небезпеки.

Використовуване електрообладнання належить до закритого типу.

Світильники застосовуємо в пиленепроникному виконанні.

Згідно вимог нормативних документів, кількість первинних засобів пожежогасіння становить:

а) вуглекислотні вогнегасники ручні ОУ – 5 – 2 шт.;

б) хімічні вогнегасники – 2 шт.;

в) ящик з піском вмістом 3 м³ і лопата – по 1 шт.;

г) войлок, азбестове полотно – по 1 шт. відповідно.

В якості системи пожежної сигналізації передбачаємо використання автоматичної установки пожежної сигналізації.

Основні елементи цієї установки:

- сповіщувачі (давачі), котрі призначені для повідомлення про виникнення пожежі;

- приймальний апарат (станція), котра забезпечує прийом сигналів від сповіщувачів;
- лінійні мережі та кабелі, що з'єднують сповіщувачі з приймальними апаратами;
- джерело електроживлення.

Відомо, що залежно від схеми з'єднання існують променеві (радіальні) та шлейфові (кільцеві) автоматичні установки пожежної сигналізації. При променевій схемі приймальна станція і кожен сповіщувач з'єднує окрема лінія (промінь складається із двох окремих проводів: прямого і зворотного). У кожний промінь може бути включено паралельно до 3–4 сповіщувачів. Променеву систему застосовують при невеликій протяжності ліній пожежної сигналізації.

Шлейфова (кільцева) система сигналізації відрізняється тим, що сповіщувачі ввімкнені послідовно у однопровідну лінію (шлейф), початок і кінець якої з'єднані з приймальною станцією. У один шлейф включають до 50 сповіщувачів.

Зважаючи на розміри виробничого приміщення, у даному випадку передбачаємо використання променевої автоматичної установки пожежної сигналізації.

Відомо, що пожежні сповіщувачі перетворюють неелектричні фізичні величини (випромінювання теплової і світлової енергії, рух частинок диму) в електричні, які у вигляді сигналів певної форми надходять по проводах на приймальну станцію. За способом перетворення пожежні сповіщувачі поділяються на параметричні, котрі перетворюють неелектричні величини у електричні за допомогою допоміжного джерела струму, і генераторні, в яких зміна неелектричної величини призводить до появи власної електрорушійної сили.

При цьому пожежні сповіщувачі можуть бути ручної дії, призначені для видачі дискретного сигналу при натискуванні відповідної пускової кнопки, і автоматичної дії для видачі дискретного сигналу при досягненні заданого значення фізичного параметра (температури, спектру світлового випромінювання тощо).

У даному випадку передбачаємо використання ручних сповіщувачів в якості резервного варіанту при неспрацюванні автоматичних пожежних сповіщувачів.

Автоматичні пожежні сповіщувачі залежно від виду чутливого елемента і фактора пожежної небезпеки, котрий призводить до їх спрацювання, поділяються на наступні групи:

- теплові, котрі реагують на підвищення температури повітря навколишнього середовища;
- димові, котрі реагують на появу диму;
- світлові, котрі реагують на появу і випромінювання ультрафіолетових променів у відкритому полум'ї;
- комбіновані, котрі реагують на теплові та димові фактори;
- ультразвукові.

В цілому основними характеристиками автоматичних пожежних сповіщувачів є:

- поріг спрацювання – найменше значення параметра, на який вони реагують;
- інерційність – час від початку дії чинника, який контролюється, до моменту спрацювання;
- захищена площа – площа підлоги, яку контролює один сповіщувач.

Виконавши детальний аналіз виробничих умов, в даному випадку передбачаємо використання теплових або термосповіщувачів ТД 10 – 75.

Принцип їх дії полягає у зміні електропровідності тіл та контактної різниці потенціалів.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Загальні відомості про екологію та захист навколишнього середовища

Кожен майбутній інженер, спеціаліст народного господарства, кожна свідомо людина повинна обов'язково мати загальне уявлення про особливості сучасного екологічного стану, а також про основні напрямки державної політики

у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки.

Екологізація економіки та свідомості суспільства не є абсолютно новою проблемою. Практичне відображення екологічності тісно пов'язано в першу чергу з державним регулюванням процесів природокористування. Новим в даній проблемі є еквівалентність обміну між державою, природою та людиною, яка базується на законодавчих, організаційно-технічних рішеннях.

Ця проблема на сучасному етапі є дуже гострою. Вона була сформована протягом двох століть і нині набула свого критичного значення.

Тому існує об'єктивна необхідність втручання держави в природно-екологічну сферу з метою досягнення збалансованого стану, держава також повинна закласти основи глобального еколого-економічного партнерства між суб'єктами підприємництва, між іноземними партнерами, на рівні планетарного співробітництва заради виживання і подальшого розвитку України, а також всієї цивілізації.

Україна повинна намагатися відповідним чином реагувати на суспільні проблеми і підтримувати прогресивні світові ініціативи та рішення: вступати у різні міжнародні союзи, товариства, підписувати угоди. Наприклад, такі як підписала в Ріо-де-Жанейро 1992 року "Порядок денний на ХХІ століття" і Конвенцію про охорону біологічного різноманіття.

Сьогодні, на межі третього тисячоліття, Україна намагається стати державою, надійним партнером щодо вирішення глобальних і регіональних проблем у європейському і світовому співтоваристві. Багатий природно-ресурсний потенціал, високоосвічене населення, розвинуті індустрія та інфраструктура створюють всі необхідні передумови для впровадження в Україні вимог даної Конвенції.

Охорона природи стала одним з основних пріоритетів молодої держави, оскільки збереження біологічного та ландшафтного різноманіття є основою, яка забезпечує можливість будь-якого природокористування та розвитку суспільства.

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості.

Економіці України притаманна висока питома вага ресурсомістких та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш "дешевим" способом – без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування та без врахування вимог охорони довкілля.

Ці та інші чинники, зокрема низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва.

Такі процеси тривали десятиріччями і призвели до різкого погіршення стану здоров'я людей, зменшення народжуваності та збільшення смертності, а це загрожує вимиранням і біологічно-генетичною деградацією народу України.

Винятковою особливістю екологічного стану України є те, що екологічно гострі локальні ситуації поглиблюються великими регіональними кризами. Чорнобильська катастрофа з її довготривалими медико-біологічними, економічними та соціальними наслідками спричинила в Україні ситуацію, яка наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи.

8.2 Основні пріорітети охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів

Витрати на реалізацію природоохоронних програм і заходів потребують значних коштів. Однак протягом найближчих 5-10 років країна буде дуже

обмежена в коштах, необхідних для поліпшення стану навколишнього природного середовища та забезпечення раціонального використання природних ресурсів.

Тому необхідно чітко визначити пріоритетні напрями та проблеми з метою відпрацювання реалістичних, ефективних та економічно вигідних рішень. З цією метою, виходячи з реального екологічного стану території України, необхідно враховувати такі основні критерії і чинники:

- погіршення здоров'я людей через значну забрудненість довкілля;
- втрати, що призводять до зниження продуктивності народного господарства, зумовлені збитками або руйнуванням фізичного капіталу і природних ресурсів;
- погіршення стану або загроза завдати непоправної шкоди біологічному та ландшафтному різноманіттю і, зокрема лукам, пасовищам, озерам, водоймам, річкам, землям, лісовим, прибережним і морським екосистемам, гірським районам;
- еколого-економічну ефективність природоохоронних заходів.

До основних пріоритетів охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів належать:

1. гарантування екологічної безпеки ядерних об'єктів і радіаційного захисту населення та довкілля, зведення до мінімуму шкідливого впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС;
2. поліпшення екологічного стану басейнів рік України та якості питної води;
3. стабілізація та поліпшення екологічного стану в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського регіону;
4. будівництво нових та реконструкція діючих потужностей комунальних очисних каналізаційних споруд;
5. запобігання забрудненню Чорного та Азовського морів і поліпшення їх екологічного стану;

6. формування збалансованої системи природокористування та адекватна структурна перебудова виробничого потенціалу економіки, екологізація технологій у промисловості, енергетиці, будівництві, сільському господарстві, на транспорті;

7. збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, заповідна справа.

Для досягнення цього передбачається вирішення таких завдань:

- зменшення до мінімуму рівня радіаційного забруднення;
- захист повітряного басейну від забруднення, насамперед у великих містах і промислових центрах;
- захист і збереження земельних ресурсів від забруднення, виснаження і нерационального використання;
- збереження і розширення територій з природним станом ландшафту, посилення природоохоронної діяльності на заповідних і рекреаційних територіях;
- підвищення стійкості та екологічних функцій лісів;
- знешкодження, утилізація та захоронення промислових та побутових відходів;
- запобігання забрудненню морських і внутрішніх вод, зменшення та припинення скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти, захист підземних вод від забруднення;
- збереження та відродження малих річок, здійснення управління водними ресурсами на основі басейнового принципу;
- завершення створення державної системи моніторингу навколишнього природного середовища;
- створення системи прогнозування, запобігання та оперативних дій у разі надзвичайних ситуацій природного і природно-техногенного походження;
- забезпечення екологічного супроводу процесу конверсії військово-промислового комплексу;
- здійснення заходів щодо екологічного контролю за діяльністю Збройних Сил України;

- розробка механізмів реалізації схем природокористування;
- впровадження дійових економічних складових впливу на систему природокористування;
- створення системи екологічної освіти, виховання та інформування.

Державна політика у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки реалізується через окремі міждержавні, державні, галузеві, регіональні та місцеві програми, які спрямовуються на втілення визначених пріоритетів.

8.3 Засоби захисту, що використовуються в електроустановках

Призначення і класифікація електрозахисних засобів

При роботі в електроустановках використовують:

- засоби захисту від ураження електричним струмом (електрозахисні засоби);
- колективні та індивідуальні засоби захисту від електричних полів підвищеної напруженості (в електроустановках напругою 330 кВ і вище);
- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): голови (каска захисні); очей і обличчя (захисні окуляри і щитки); органів дихання (протигази і респіратори); рук (рукавиці); від падіння з висоти (запобіжні пояси та страхувальні канати); спеціальний захисний одяг (комплекти для захисту від електричної дуги).

Електрозахисні щити призначені для захисту людей при обслуговуванні електроустановок. Відповідно до Інструкції щодо застосування та випробуванню засобів захисту, які використовуються в електроустановках, їх поділяють на:

- ізолюючі (основні і додаткові);
- огорожувальні;
- допоміжні.

Ізолюючі електрозахисні засоби служать для ізоляції людини від струмоведучих частин і землі. Їх підрозділяють на основні та додаткові.

Ізоляція основних ізолюючих щитів витримує повне робоча напруга електроустановок, і ними дозволено торкатися струмоведучих частин під

напругою. Додаткові щити не можуть самостійно забезпечити безпеку обслуговуючого персоналу і їх застосовують спільно з основними засобами для посилення захисної дії.

До основних ізолюючим електрозахисних засобів для електроустановок напругою понад 1000 В відносяться:

- ізолюючі штанги всіх видів;
- ізолюючі кліщі;
- покажчики напруги;
- пристрої і пристосування для забезпечення безпеки робіт при вимірах і випробуваннях в електроустановках (покажчики напруги для перевірки збігу фаз, кліщі електровимірвальні, пристрої для проколу кабелю тощо);
- спеціальні засоби захисту, пристрої та ізолюючі пристосування для робіт під напругою в електроустановках напругою 110 кВ і вище (крім штанг для перенесення і вирівнювання потенціалів).

До додаткових ізолюючим електрозахисних засобів для електроустановок напругою понад 1000 В відносяться:

- діелектричні рукавички та боти;
- діелектричні килими та ізолювальні підставки;
- ізолюючі ковпаки і накладки;
- штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу;
- сходи приставні, драбини ізолюючі склопластикові.

До основних ізолюючим електрозахисних засобів для електроустановок напругою до 1000 В відносяться:

- ізолюючі штанги всіх видів;
- ізолюючі кліщі;
- покажчики напруги;
- електровимірвальні кліщі;
- діелектричні рукавички;
- річний ізолюючий інструмент.

До додаткових ізолюючим електрозахисних засобів для електроустановок напругою до 1000 В відносяться:

- діелектричне взуття;
- діелектричні килими та ізолювальні підставки;
- ізолюючі ковпаки, покриття та накладки;
- сходи приставні, драбини ізолюючі склопластикові.

До засобів захисту від електричних полів підвищеної напруженості (в електроустановках напругою 330 кВ і вище) відносяться комплекти індивідуальні екранувальні для робіт на потенціалі проводу повітряної лінії електропередачі (ПЛ) і на потенціалі землі у відкритому розподільчому пристрої і на ПЛ, а також знімні і переносні екрануючі пристрої та плакати безпеки.

При використанні основних ізолюючих електроза- захисних засобів достатньо застосування одного додаткового, за винятком особливо обумовлених випадків.

При необхідності захистити працюючого від напруги кроку діелектричні боти або калоші можуть використовуватися без основних засобів захисту.

Огороджувальні засоби захисту (щити, огороження- клітини, ізолюючі накладки та ін.) Призначені для тимчасового огороження струмоведучих частин.

Допоміжні засоби захисту (запобіжні пояси, страхувальні канати, кігті, захисні окуляри, рукавиці, суконні костюми та ін.) Служать для захисту від випадкового падіння з висоти, а також від світових, теплових, механічних і хімічних впливів електричного струму.

Персонал, що проводить роботи в електроустановках, повинен бути забезпечений всіма необхідними засобами захисту відповідно до норм комплектації, навчений правилам їх застосування та зобов'язаний ними користуватися.

При роботах слід використовувати тільки засоби захисту, що мають маркування із зазначенням заводу-виготовлювача, найменування або типу виробу й року його випуску, а також штамп про їх випробування.

Ізолюючі електрозахисні засоби розраховані на застосування в закритих електроустановках, а у відкритих електроустановках - тільки в суху погоду. У мжичка і при опадах користуватися ними не допускається. На відкритому повітрі

в сиру погоду можуть застосовуватися тільки засоби захисту спеціальної конструкції, призначені для роботи в таких умовах.

Інвентарні засоби захисту розподіляють між об'єктами (електроустановками) і між виїзними бригадами відповідно до прийнятої на підприємстві системою, а так само з урахуванням норм комплектування, встановлених ІПСЗ. Такий розподіл фіксують у переліках, затверджених технічним керівником організації або працівником, відповідальним за електрогосподарство. У них також вказують місця зберігання виданих засобів захисту.

Працівники, які отримали засоби захисту в індивідуальне користування, відповідають за їх правильну експлуатацію і своєчасний контроль за їх станом.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі була розроблена структурна схема БУК. Розроблено принципову схему згідно ТЗ. Розведено друковану плату й зроблений монтаж елементів.

Розроблено й налагоджено ПО для МК і зроблений розрахунок основних його параметрів.

У пояснювальній записці розглянуті способи керування контактором. Наведено розрахунок необхідних параметрів елементів силової й низьковольтної

частини й зроблений їхній вибір. Наведено тепловий розрахунок силових елементів. Наведено результати моделювання перетворювача напруги. Представлено результати експериментів - осцилограми роботи перетворювача напруги, осцилограми напруг у котушках.

В економічній частині наведений розрахунок собівартості пристрою, у главі охорона праці розглядаються небезпечні й шкідливі виробничі фактори, що мають місце при конструюванні й зборці електронного блоку, а також організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку робіт.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. П.А.Воронин. Силовые полупроводниковые ключи. 2-е издание – М.:Издательский дом "Додека-XXI",2005.-384с.
2. Семенов Б. Ю.Силовая электроника от простого к сложному. –М.:СОЛОН-ПРЕСС,2005.-416с.
3. В. Морозов. Расчет повышающе-понижающего преобразователя. Журнал схемотехника 2007.
4. SEPIC Equations and Component Ratings. Application Note 1051. Материал с сайта фирмы Maxim-Dallas <http://www.maxim-ic.com/>.

5. Designing A SEPIC Converter. Application Note 1484. Матеріал з сайту фірми National semiconductor www.national.com
6. Программирование на языке С для AVR и PIC контроллеров. Сост. Ю.А. Шпак-К.: "МК-Пресс", 2006.-400с.
7. www.atmel.com
8. Применение микроконтроллеров AVR:схемы алгоритмы программы.- М.:Издательский дом "Додека-XXI",2004.-288с.
9. <http://www.trzrus.narod.ru/calc/caprect.htm>
10. Каталог Платан. Электронные компоненты (июнь 2004 г.)
11. www.IR.com
12. <http://www.freescale.com>
13. Г.С. Зиновев. Основы силовой электроники: учебник. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – ч.2, 197 с.
14. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 15.. Расчет экономической эффективности в 102ед.102вих102 и 102ед.102вих проектах/ Под общ. 102ед.. Н.Н. Фонталина. – Мн.: Высшая школа, 1984. – 126 с.
16. Безпека і охорона праці на підприємствах машинобудування / Вайнштейн В.Е., Київ: Техніка, 1967. – 304 с.
17. Основы охорони праці. – 4-е вид. Навчальний посібник / Житецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В., Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
18. Екологія основи теорії і практикум: Навчальний посібник / Потіш А.Ф., Медвідь В.Г., Гвоздецький В.Г., Львів: Новий світ, 2003. – 296 с.
19. Екологія та охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник – 2-ге вид., стереотип Джигирей В.С., К: Знання, 2002. – 203 с.
20. Егоров П.Т., Гражданская оборона, - М.: Высшая школа, 1977. – 303 с.
21. Заплатинський В.М., Безпека життєдіяльності людини, - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. – 188 с.

