

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП .....	6
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ .....	8
2 АНАЛІЗ АНАЛОГІВ .....	9
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ.....	15
3.1 Розробка структурної схеми. ....	15
3.2 Розробка електричної схеми та вибір елементної бази.....	18
3.2.1 Вибір мікроконтролера .....	18
3.2.2 Вибір транзистора для каскадів комутації .....	27
3.2.3 Вибір мікросхеми для драйверів індикації .....	29
3.2.4 Вибір мікросхеми для стабілізації +5 В .....	33
3.2.5 Вибір резисторів .....	34
3.2.6 Вибір конденсаторів .....	36
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ.....	39
4.1 Опис конструкції виробу.....	39
4.2 Конструкторський розрахунок вузла.....	40
4.3 Вибір технології виготовлення, розмірів та матеріалу плати.....	40
4.4 Розрахунок параметрів друкованих провідників.....	43
4.4.1 Номінальне значення діаметра монтажного отвору.....	43
4.4.2 Мінімальний діаметр контактної площадки навколо отвору...44	
4.4.3 Номінальне значення ширини провідника t: .....	45
4.5 Розрахунок паразитних параметрів.....	46

					<b>РА41с.468332.001ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				
Розроб.		Медушівський			<div>Блок керування</div> <div>гідравлічною станцією</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
Перев.		Бондаренко					
Н. конт.							
Затв.					<div>Літ.</div> <div>Аркуш</div> <div>Аркушів</div> <div>1</div> <div>99</div> <div>НТУУ "КПІ", РТФ</div>		

5	РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИРОБУ.....	48
5.1	Розрахунок надійності виробу.....	48
5.2	Розрахунок теплообміну виробу. ....	54
6	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	57
6.1	Обґрунтування виходу на ринок нової розробки. ....	57
6.1.1	Аналіз ринку.....	57
6.1.2	Оцінка рівня якості .....	58
6.2	Розрахунок собівартості виробу.....	65
6.3	Визначення ціни виробу.....	74
6.3.1	Нижня межа ціни .....	74
6.3.2	Верхня межа ціни.....	75
6.3.3	Договірна ціна .....	75
6.3.4	Визначення мінімального обсягу виробництва .....	76
7	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	77
7.1.	Визначення основних потенційних шкідливих та небезпечних факторів при розробці блока керування використовуючи ВДТ ПЕОМ.....	77
7.2	Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.....	79
7.2.1	Організація робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ.....	79
7.2.2	Освітлення робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ .....	81
7.2.3	Виробничий шум.....	83
7.2.4	Мікроклімат робочої зони.....	83
7.2.5	Електробезпека.....	84
7.2.6	Розрахунок захисного відключення електромережі при аварійному режимі роботи електрообладнання.....	87
7.2.7	Заходи щодо поліпшення умов праці в лабораторії.....	88

7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	90
7.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації .....	90
7.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації .....	92
7.3.3 Пожежна безпека .....	93
ВИСНОВКИ .....	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98
ДОДАТКИ.....	99

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БК – блок керування;  
УНЗ – умовно нагріта зона;  
AVR – Advanced Virtual RISC – родина восьмибітових мікроконтролерів фірми Atmel;  
EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – постійний запам'ятовувальний пристрій, вид енергонезалежної пам'яті;  
RAM – Random Access Memory – оперативна пам'ять;  
ЦПП – центральний процесорний пристрій;  
АЛП – арифметико-логічний пристрій;  
РЗП – регістр загального призначення;  
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;  
SRAM – внутрішня оперативна статична пам'ять;  
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;  
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;  
ШИМ – широтно-імпульсна модуляція;  
АС – Analog Comparator – аналоговий компаратор;  
USART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter – універсальний асинхронний приймач/передавач;  
SPI – Serial Peripheral Interface – послідовний периферійний трьохпровідний інтерфейс;  
TWI – Two-wire Serial Interface – дводотовий послідовний інтерфейс;  
I2C – дводотова двонаправлена шина даних;  
SCL – лінії тактового сигналу;  
SDA – лінії даних;  
JTAG – Joint Test Action Group – інтерфейс;  
RTC – Real-Time Clock – годинник реального часу;  
BOD – Brown-Out Detection – скидання при зниженні напруги живлення;

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SMD – Surface Mounted Device - технологія поверхневого монтажу;  
PEA – радіоелектронна апаратура.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

Будь-який сучасний технічний пристрій, що містить рухомі робочі органи, має у своєму складі блок керування (БК). Безпосередніми рушіями (виконавчими механізмами) цих органів є приводи, що представляють собою пристрої різної природи: електричні, електромагнітні, гідравлічні, пневматичні і т. д. Завданням згаданого блоку є цілеспрямований вплив на них з метою зміни характеристик руху робочих органів: їх швидкості, кута повороту, положення тощо.

Функціональним призначенням блока керування гідравлічною станцією є керування виконавчим пристроєм — болардом (бар'єрний загороджувальний механізм).

Болард призначений для використання на проїзній частині дороги, в'їздів, виїздів, парковок та інших місцях автомобільного та пішохідного руху з метою організації керованого пропуску транспортних засобів. Також певні види болардів можуть використовуватись в антитерористичних цілях.

Виконавчий бар'єрний загороджувальний механізм складається з:

- Корпусу (нерухома частина);
- Загороджувальної труби (рухома частина);
- Гідроциліндра;
- Герметичної клемної коробки боларда для електричних з'єднань;
- Датчика крайнього верхнього і нижнього положення рухомої частини (геркона).
- Світової індикації;
- Мінігідростанції;
- Підігріву (опційно);

Блок керування керує роботою мінігідростанції, яка має в своєму складі бак з маслом, електричний двигун і гідронасос.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

При накачуванні мінігідростанцією масла в порожнину піднімання гідроциліндра – болард піднімається. При накачуванні мінігідростанцією масла в порожнину опускання гідроциліндра – болард опускається.

Метою виконання ДКР є розробка та виготовлення блока керування гідравлічною станцією боларда. Розробка комплекту конструкторської документації для його подальшого серійного виробництва. Докладніше проводитиметься розробка друкованої плати даного блока керування.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Згідно технічного завдання необхідно розробити «Блок керування гідравлічною станцією», який дозволить керувати роботою виконавчими пристроями – двома болардами.

Живлення приладу відбувається від мережі живлення змінного струму 220 В, частота 50 Гц і струм не більш ніж 6,2 А.

Пристрій міститиме потенційні входи керування, сумісні з виходами типу «сухий контакт» або «відкритий колектор» для:

- команд «Підйом», «Опускання», «Зупинка»;
- датчиків верхнього і нижнього положення і датчиків присутності – інфрачервоного бар'єру або індукційних петель.

Пристрій міститиме потенційні виходи типу «відкритий колектор» для:

- індикації 12В 1А (для можливості використання світлодіодних модулів або стрічки для індикації верхнього габариту боларда)
- стабілізатор струму 0,7А (для можливості підключення 3Вт світлодіодів безпосередньо до контролера для індикації верхнього габариту боларда)
- виходи 12В 0,1А, які відображають стан пристрою – піднятий вверх, опущений вниз чи в напівпіднятому стані.
- можлива реалізація додаткових гальванічних входів і виходів для забезпечення розширення функціональності в майбутньому.

На контролері блока керування потрібно забезпечити органи вибору режимів і налаштування параметрів під час експлуатації (тактові кнопки, перемикачі, потенціометри, призначені для встановлення значення режимів роботи і параметрів пристрою)

БК повинен мати інтерфейс RS485 – для забезпечення можливості підключеного дротового пульта керування, віддаленого на відстань до 700 метрів.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Реалізацію елементу керування потужністю гідроелектричних імпульсно фазовим способом з використання симистора для можливості реалізації зміни швидкостей руху боларда.

Реалізацію елементу заміру споживаного гідроелектричним струму для забезпечення вияву перешкоди на шляху руху боларда.

Метою проекту є повна реалізація технічного завдання і виготовлення готового зразка пристрою.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ АНАЛОГІВ

Світовими лідерами з виробництва систем дистанційного керування доступом, пристроїв блокування, антитаранних пристроїв, болардів та пристроїв керування є італійські компанії: «FAAC», «Fadini», «O&O», «Pilomat».

У якості аналогу візьмемо блок керування компанії  
«Fadini» ELPRO S40 [1] рисунки 2.1-2.2.

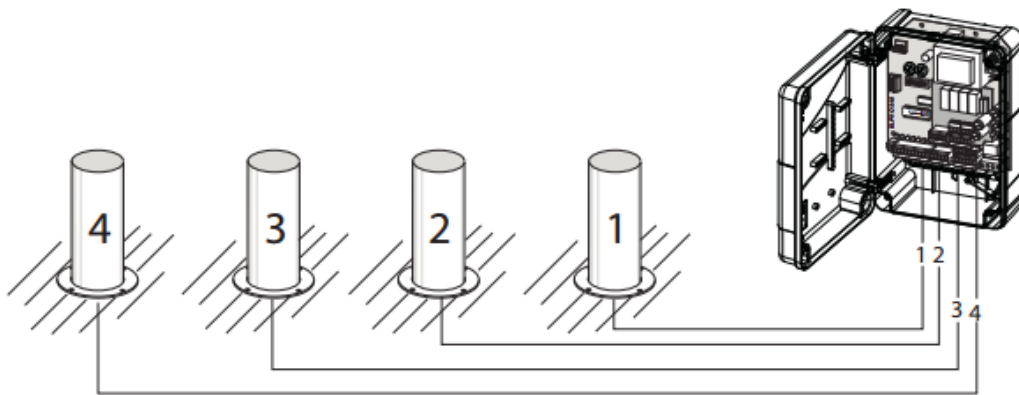


Рис.2.1 Підключення ELPRO S40 до чотирьох болардів

ELPRO S40 являє собою блок керування, який складається з мікропроцесорного контролера, спеціально розробленого для керування гідравлічними болардами. Його головною особливістю є можливість контролювати до чотирьох болардів однієї спільної групи одночасно. Тобто, при використанні з одним блоком керування від одного до чотирьох болардів, вони можуть підніматись або опускатись тільки разом і одночасно. Серед основних особливостей є наступні режими роботи: автоматичне або напіваавтоматичне закриття, реверсивне і нереверсивне керування в режимі очікування, дистанційне керування без кабелю, режим із зупинкою між верхній і нижнім положенням, керування індикацією.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок керування оснащений окремими клемми для виходів живлення гідравлічної станції чи двигуна, а також клемми для підключення конденсаторів, якщо в них є необхідність.

До ELPRO S40 можливе підключення модуля дистанційного керування. Контролер взаємодіє з світлофором, подаючи сигнали на три лампи (червону, жовту і зелену).

Elpro S40 включає в себе окремі клема для під'єднання електроклапана, дозволяючи боларду опуститися, у випадку вимкнення електроенергії.

Наявні також індикатори у вигляді світлодіодів, які інформують про коректне чи некоректне під'єднання пристроїв до БК.

Знімні клемні колодки дозволяють легко виконувати операції з'єднання. Запобіжники забезпечують захист основних компонентів (рис.2.2).

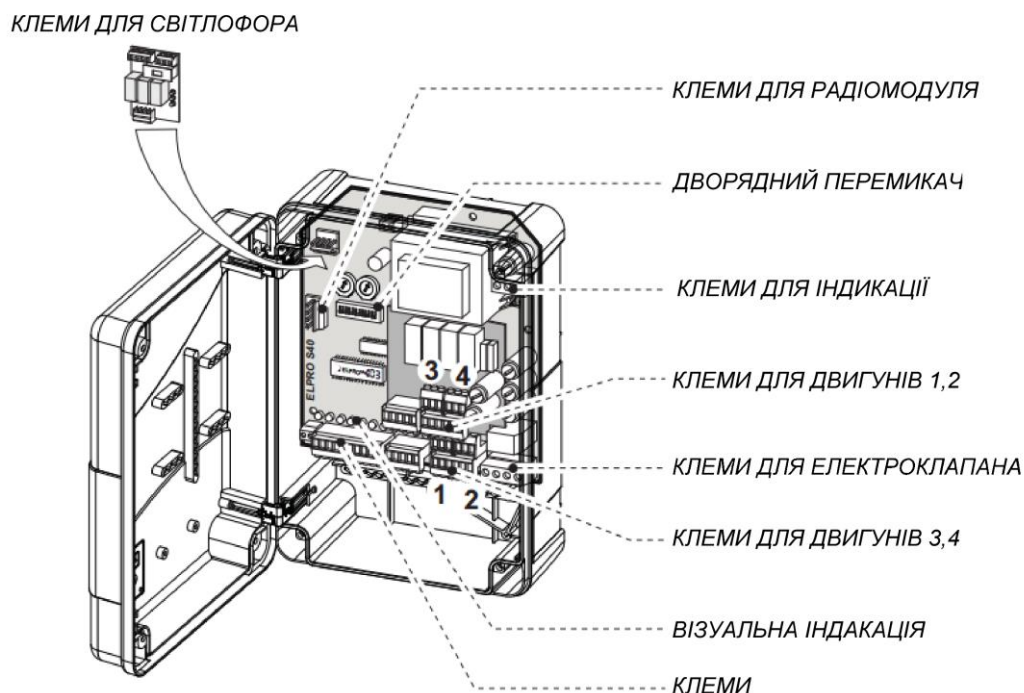


Рис.2.2 Elpro S40

Технічні характеристики:

Напруга живлення 230 В. Частота 50 Гц

Максимальна напруга споживання пристрою 230В.

Вихідна напруга 24 В.

Вихідна потужність 10 Вт.

Максимальна потужність двигуна 330 Вт.

Максимальний загальний струм споживання пристрою від мережі живлення змінного струму 230В, 630 мА.

Стандарт захисту IP 64.

Розміри боксу 295x210x110 мм.

Матеріал боксу полікарбонат.

Колір боксу сірий.

Вага 2,2 кг

Трансформатор:

Потужність 5 Вт.

Напруга живлення 0 - 230 В.

Вихідна напруга 0 - 24 В.

Робоча частота 50 Гц.

Ще одним прикладом якісної функціональної реалізації є блок керування PL152011 компанії «Pilomat» [2] Рис.2.3. Про його можливості і функції можна дізнатися з наступної таблиці 2.1.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 З'єднувальна клемна панель

Клеми	Функція
1-2-3	Забезпечення під'єднання до клем 33-32-31 із запобіжником
4-5-6-7-8	Під'єднання до силового гідравлічного блоку
9-10	Під'єднання пристрою автоматичного опускання у разі відключення електроживлення 230В
11-12	Під'єднання до запобіжного пневмоперемикачу
13	Загальний контакт для кінцевого перемикача - зумера - миготливої лампочки
14	Під'єднання до кінцевого перемикача нижньої межі пристрою FAAC CITY
15	Під'єднання до переривчастого зумера
16	Під'єднання до індикації блока керування
17	Загальний контакт для кінцевого перемикача - зумера
18-19	Під'єднання до індикації боларда
20-21-22-23	Під'єднання до детектора індуктивних петель.
24-25	Вхід для команди опускання.
26-37-28-29-30	Під'єднання пристрою подачі команди опускання.
31-32-33	Забезпечення під'єднання до клем 3-2-1 із захисним запобіжником.
34-35-36-37-38-39	Під'єднання до робочого трансформатору
40-41-42	Під'єднання 230В до «вогнів трафіку» 1
43-44-45	Під'єднання 230В до «вогнів трафіку» 2
46-47-48	Дистанційне повторення «вогнів трафіку» (вільний контакт).
49-50	Під'єднання для кнопки аварійного опускання
51-52	Під'єднання 230В до електричної схеми
53	Не використовується
54	Під'єднання заземлення
55-56-57-58-59	Під'єднання додаткові

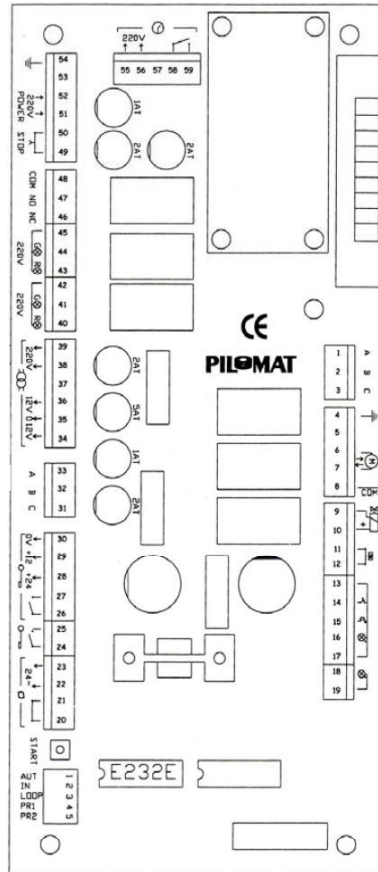


Рис.2.3 Блок керування PL152011 компанії «Pilomat»

Блок керування PL152011 використовується для керування одного боларда. Його особливістю є можливість підключення контролера індуктивних петель та окремих попереджувальних світлофорів .

Блок керування компанії «Pilomat», як і «Fadini», оснащений окремими клемми для виходів живлення гідравлічної станції чи двигуна, а також клемми для підключення конденсаторів, якщо в них є необхідність.

PL152011 також має окремі клеми для під'єднання електроклапана, дозволяючи боларду опуститися, у випадку вимкнення електроенергії.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

### 3.1 Розробка структурної схеми

Виходячи з огляду аналогів та поставленої задачі та цілей використання БК, схему розроблюваної конструкції можна представити(рис. 3.1) у вигляді наступних блоків:

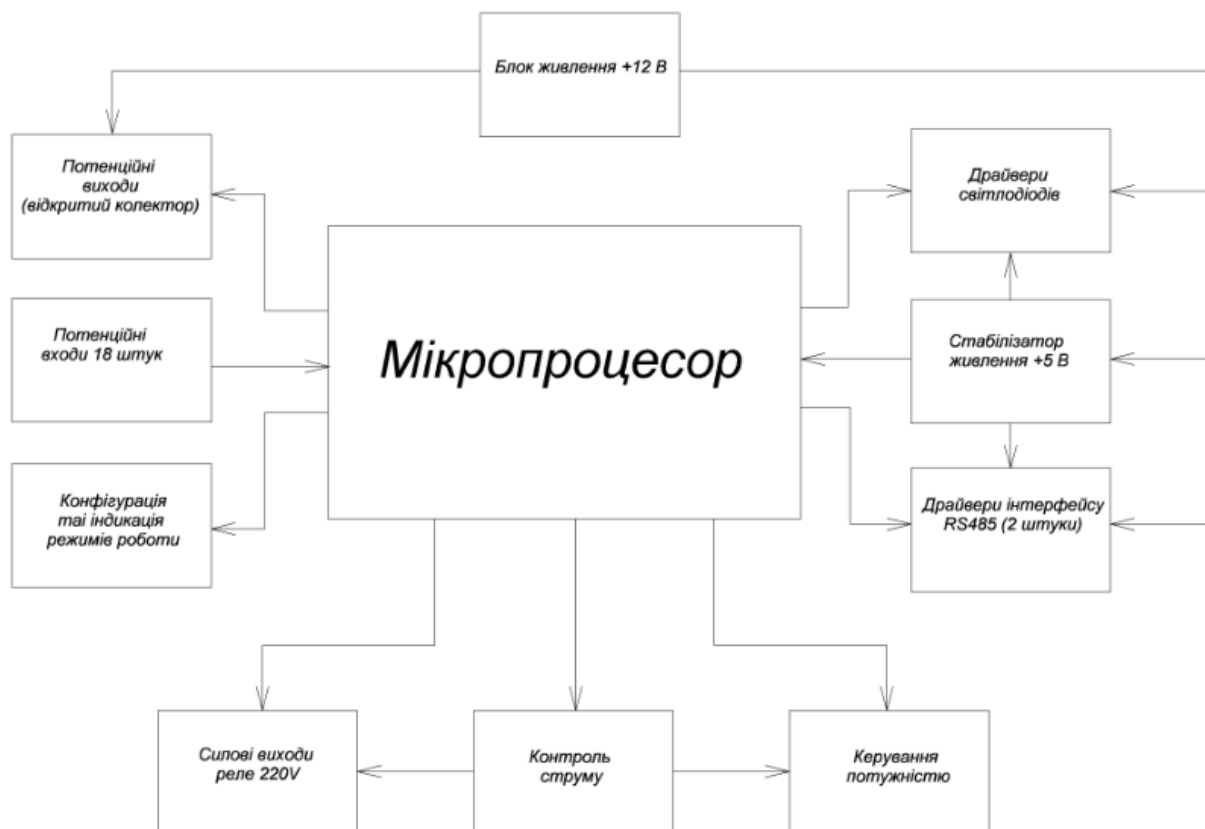


Рис. 3.1 Структурна схема

Блок керування гідравлічною станцією доцільно реалізувати з використанням мікропроцесора. Це дозволить спроектувати більш гнучку систему керування болардом. Такий БК в подальшому використанні можна застосовувати для керування іншими виконавчими пристроями: антитаранами, спідбампами, вбивцями шин та інші. Мікропроцесор

буде реалізовувати процеси обробки інформації і координувати роботу периферійних пристроїв.

Головною функцією процесора є керування силовими виходами реле на 220 В, до яких буде під'єднана гідравлічна станція. Процесор подає сигнали на реле, замикаючи і розмикаючи групи контактів, на виході відбувається комутація електричного кола.

Ланка контролю струму дозволяє контролювати споживання струму гідростанцією для оцінки коректності її роботи та виявлення розімкненого ланцюгу або перевантаження в колі гідростанції. Контроль струму також дозволяє виявити перешкоду, наприклад авто, при підніманні боларда і дозволяє уникнути перевантаження або блокування.

Блок керування потужністю дає змогу змінювати швидкість піднімання і опускання боларда.

Драйвери світлодіодів є джерелом постійного стабілізованого струму. Драйвер призначений для управління і живлення як модульних світлодіодних світильників з напругою живлення 12В, так і окремих потужних світлодіодів, розрахованих на струм 0,6А. Драйвер світлодіоду забезпечує високу енергоефективність і високу точність стабілізації робочого струму в досить широкому діапазоні температур.

Пристрій має бути універсальним і мати стандартні інтерфейсу обміну даними.

Інтерфейс RS-485 найбільш часто використовується при створенні сучасних локальних мереж різного призначення, тому виникає необхідність у проектуванні драйверів RS-485. Вони потрібні для під'єднання пультів керування або підключення контролерів до ПК. RS-485 це інтерфейс передачі даних двопровідним напівдуплексним багатоточковим послідовним каналом зв'язку. У стандарті RS-485 для передачі і прийому даних часто використовується одна і та ж вита пара дротів. Передача даних здійснюється за допомогою диференціальних сигналів. Різниця напруги однієї полярності

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



між провідниками означає логічну одиницю, різниця іншої полярності — нуль.

Живлення мікропроцесора та драйверів здійснюється від окремого зовнішнього блоку живлення +12 В, додатково встановлено лінійний стабілізатор живлення +5 В.

Стабілізатор живлення необхідний для живлення мікропроцесора, периферії плати та драйвер інтерфейсу RS-485.

Конфігурація потрібна для встановлення режимів роботи і параметрів контролера, а індикація режимів роботи необхідна для візуального відображення режимів роботи, параметрів і поточного статусу пристрою.

Потенційні входи керування, сумісні з виходами типу «сухий контакт» або «відкритий колектор» необхідні для:

- команд «Підйом», «Опускання», «Зупинка»
- датчиків верхнього і нижнього положення і датчиків присутності – інфрачервоного бар'єру або індукційних петель.

Потенційні виходи типу «відкритий колектор» для:

- індикації 12В 1А (для можливості використання світлодіодних модулів або стрічки для індикації верхнього габариту боларда)
- драйвер струму 0,7А (для можливості підключення 3W світлодіодів безпосередньо до контролера для індикації верхнього габариту боларда)
- виходи 12В 0,1А, які відображають стан пристрою – піднятий вгору, опущений вниз чи в напівпіднятому стані.
- можлива реалізація додаткових потенційних входів і виходів для забезпечення розширення функціональності в майбутньому.

На підставі аналізу обраних аналогів, та для спрощення і зменшення розмірів розроблюваного блока керування, розмістимо усі блоки на одній друкованій платі, окрім блоку живлення. Це дасть змогу суттєво спростити, покращити масогабаритні параметри та пришвидшити виробництво даного

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

апарату. А винесення блоку живлення окремо забезпечить зменшення наводок від трансформатору.

Отже, усі радіoeлектронні компоненти блока керування розмістимо на одній друкованій платі. Для зменшення прохідних втрат виконаємо додатково металізацію отворів. Щоб забезпечити усі ці конструктивні особливості плата має бути двостороння та виготовлена комбінованим методом.

### 3.2 Розробка електричної схеми та вибір елементної бази

#### 3.2.1 Вибір мікроконтролера

Класичними представниками восьми розрядних мікроконтролерів є вироби компанії Intel, Motorola, Hitachi, Microchip, Atmel, Philips, Texas Instruments, Infineon Technologies (колишня Siemens Semiconductor Group). З усіх вище перерахованих компаній розглянемо продукцію компанії Atmel, а саме мікроконтролери на ядрі AVR [3].

Архітектура мікроконтролера AVR.

Мікроконтролер AVR містить: швидкий RISC-процесор, два типи енергонезалежної пам'яті (Flash-пам'ять програм і пам'ять даних EEPROM), оперативну пам'ять RAM, порти вводу / виводу та різні периферійні інтерфейсні схеми.

Мікропроцесор.

Серцем мікроконтролерів AVR є 8-бітове мікропроцесорне ядро або центральний процесорний пристрій (ЦПП), побудований на принципах RISC-архітектури. Основою цього блоку служить арифметико-логічний пристрій (АЛП). За системного тактового сигналу з пам'яті програм відповідно до вмістом лічильника команд (Program Counter - PC) вибирається чергова команда і виконується АЛП. Під час вибору команди з пам'яті

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

програм відбувається виконання попередньої обраної команди, що і дозволяє досягти швидкодії 1 MIPS на 1 МГц.

АЛП підключено до регістрів загального призначення РЗП (General Purpose Registers - GPR). Регістрів загального призначення всього 32, вони мають байтовий формат, тобто кожен з них складається з восьми біт. РОН знаходяться на початку адресного простору оперативної пам'яті, але фізично не є її частиною. Тому до них можна звертатися двома способами (як до регістрів і як до пам'яті). Таке рішення є особливістю AVR і підвищує ефективність роботи і продуктивність мікроконтролера.

Відмінність між регістрами і оперативною пам'яттю полягає в тому, що з регістрами можна робити будь-які операції (арифметичні, логічні, бітові), а в оперативну пам'ять можна лише записувати дані з регістрів.

Пам'ять.

У мікроконтролерах AVR реалізована Гарвардська архітектура, відповідно до якої розділені не тільки адресні простори пам'яті програм і пам'яті даних, а й шини доступу до них. Кожна з областей пам'яті даних (оперативна пам'ять і EEPROM) також розташована в своєму адресному просторі.

Пам'ять програм (Flash ROM або Flash ПЗУ).

Пам'ять програм призначена для зберігання послідовності команд, які керують функціонуванням мікроконтролера, і має 16-ти бітну організацію. Всі AVR мають Flash-пам'ять програм, яка може бути різного розміру - від 1 до 256 КБайт. Її головна перевага в тому, що вона побудована на принципі електричної перепрограмованості, тобто допускає багатократне стирання і запис інформації. Програма заноситься в Flash-пам'ять AVR як за допомогою паралельного програматора, так і за допомогою SPI-інтерфейсу, у тому числі безпосередньо на зібраній платі. Можливістю внутрішньосхемного програмування (функція ISP) через комунікаційний інтерфейс SPI володіють всі мікроконтролери AVR, крім Tiny11 і Tiny28.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі мікроконтролери сімейства Mega мають можливість самопрограмування, тобто самостійної зміни вмісту своїй пам'яті програм. Ця особливість дозволяє створювати на їх основі дуже гнучкі системи, алгоритм роботи яких буде змінюватися самим мікроконтролером в залежності від будь-яких внутрішніх умов або зовнішніх подій.

Гарантоване число циклів перезапису Flash-пам'яті у мікроконтролерів AVR другого покоління становить не менше 10 тис. циклів при типовому значенні 100 тис. циклів. (В офіційній технічній документації Atmel Corp. Вказується значення 10 тис. циклів.)

Пам'ять даних.

Пам'ять даних розділена на три частини: реєстрова пам'ять, оперативна пам'ять (ОЗП - оперативний запам'ятовуючий пристрій або RAM), енергонезалежна пам'ять (ЕСППЗУ або EEPROM).

Реєстрова пам'ять (РОН і РВВ).

Реєстрова пам'ять включає 32 реєстри загального призначення (РОН або GPR), об'єднаних у файл, і службові реєстри введення / виводу (РВВ). І ті й інші розташовані в адресному просторі ОЗП, але не є його частиною.

В області реєстрів вводу / виводу розташовані різні службові реєстри (реєстри управління мікроконтролером, реєстри стану і т. п.), а також реєстри управління периферійними пристроями, що входять до складу мікроконтролера. По суті, управління мікроконтролером полягає в управлінні цими реєстрами.

Енергонезалежна пам'ять даних (EEPROM).

Для довготривалого зберігання різної інформації, яка може змінюватися в процесі функціонування мікроконтролерної системи, використовується EEPROM-пам'ять. Всі AVR мають блок енергонезалежної пам'яті даних EEPROM від 64 Байт до 4 КБ. Цей тип пам'яті, доступний програмі мікроконтролера безпосередньо в ході її виконання, зручний для зберігання проміжних даних, різних констант, коефіцієнтів, серійних

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

номерів, ключів і т.п. EEPROM може бути завантажена ззовні як через SPI інтерфейс, так і за допомогою звичайного програматора. Число циклів стирання / запис - не менше 100 тис.

Оперативна пам'ять (ОЗП або RAM).

Внутрішня оперативна статична пам'ять Static RAM (SRAM) має байтовий формат і використовується для оперативного зберігання даних.

Розмір оперативної пам'яті може варіюватися у різних чіпів від 64 Байт до 4 КБ. Число циклів читання і запису в RAM не обмежена, але при відключенні напруги живлення вся інформація втрачається.

Для деяких мікроконтролерів можлива організація підключення зовнішнього статичного ОЗП обсягом до 64К.

Периферія.

Периферія мікроконтролерів AVR включає: порти (від 3 до 48 ліній введення і виведення), підтримку зовнішніх переривань, таймери-лічильники, сторожовий таймер, аналогові компаратори, 10-розрядний 8-канальний АЦП, інтерфейси UART, JTAG і SPI, пристрій скидання по зниженню живлення, широтно-імпульсні модулятори ШІМ.

Порти введення / виводу (I / O).

Порти введення / виводу AVR мають число незалежних ліній "вхід / вихід" від 3 до 53. Кожна лінія порту може бути запрограмована на вхід або на вихід. Потужні вихідні драйвери забезпечують струмову навантажувальну здатність 20 мА на лінію порту (струми що втікають) при максимальному значенні 40 мА, що дозволяє, наприклад, безпосередньо підключати до мікроконтролера світлодіоди і біполярні транзистори. Загальна струмова навантаження на всі лінії одного порту не повинна перевищувати 80 мА (всі значення наведено для напруги живлення 5 В).

Архітектурна особливість побудови портів входу/виходу в AVR полягає в тому, що для кожної фізичної виводу (піна) існує 3 біта контролю / управління, а не 2, як у поширених 8-розрядних мікроконтролерів (Intel,

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Microchip, Motorola і т.д. ). Це дозволяє уникнути необхідності мати копію вмісту порту в пам'яті для безпеки і підвищує швидкість роботи мікроконтролера при роботі із зовнішніми пристроями, особливо в умовах зовнішніх електричних перешкод.

#### Переривання (INTERRUPTS).

Система переривань - одна з найважливіших частин мікроконтролера. Всі мікроконтролери AVR мають багаторівневу систему переривань. Переривання припиняє нормальний хід програми для виконання пріоритетного завдання, визначається внутрішнім або зовнішнім подією.

Для кожного такого події розробляється окрема програма, яку називають підпрограмою обробки запиту на переривання (для стислості - підпрограмою переривання), і розміщується в пам'яті програм.

При виникненні події, що викликає переривання, мікроконтролер зберігає вміст лічильника команд, перериває виконання центральним процесором поточної програми і переходить до виконання підпрограми обробки переривання.

Після виконання підпрограми переривання здійснюється відновлення попередньо збереженого лічильника команд і процесор повертається до виконання перерваної програми.

Для кожної події може бути встановлений пріоритет. Поняття пріоритет означає, що виконувана підпрограма переривання може бути перервана іншою подією тільки за умови, що воно має більш високий пріоритет, ніж поточний. В іншому разі центральний процесор перейде до обробки нової події тільки після закінчення обробки попереднього.

#### Таймери / лічильники (TIMER / COUNTERS).

Мікроконтролери AVR мають у своєму складі від 1 до 4 таймерів/лічильників з розрядністю 8 або 16 біт, які можуть працювати і як таймери від внутрішнього джерела тактової частоти, і як лічильники зовнішніх подій.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Їх можна використовувати для точного формування часових інтервалів, підрахунку імпульсів на виходах мікроконтролера, формування послідовності імпульсів, тактування прийомопередавача послідовного каналу зв'язку. У режимі ШІМ (PWM) таймер / лічильник може представляти собою широтно-імпульсний модулятор і використовується для генерування сигналу з програмованими частотою і шпаруватістю. Таймери/лічильники здатні виробляти запити переривань, перемикаючи процесор на їх обслуговування по подіях і звільняючи його від необхідності періодичного опитування стану таймерів. Оскільки основне застосування мікроконтролери знаходять в системах реального часу, таймери/лічильники є одним з найбільш важливих елементів.

#### Сторожовий таймер (WDT).

Сторожовий таймер (WatchDog Timer) призначений для запобігання катастрофічних наслідків від випадкових збоїв програми. Він має свій власний RC-генератор, що працює на частоті 1 МГц. Як і для основного внутрішнього RC-генератора, значення 1 МГц є наближеним і залежить насамперед від величини напруги живлення мікроконтролера і від температури.

Ідея використання сторожового таймера гранично проста і полягає в регулярному його скиданні під керуванням програм або зовнішнього впливу до того, як закінчиться його часова затримка і не відбудеться скидання процесора. Якщо програма працює нормально, то команда обнуління сторожового таймера повинна регулярно виконуватися, запобігаючи перезавантаженню процесора. Якщо ж мікропроцесор випадково вийшов за межі програми (наприклад, від сильної завади по ланцюгу живлення) або зациквився на якій-небудь ділянці програм, команда скидання сторожового таймера скоріш за все не буде виконана протягом достатнього часу і відбудеться повне перезавантаження процесора, який ініціалізує всі регістри і повертає систему в робочій стан.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Аналоговий компаратор (АС).

Аналоговий компаратор (Analog Comparator) порівнює напруги на двох висновках (пінах) мікроконтролера. Результатом порівняння буде логічне значення, яке може бути прочитане з програми.

Вихід аналогового компаратора можна включити на переривання від аналогового компаратора. Користувач може встановити спрацьовування переривання по наростаючому чи спадаючому фронту або по переключенню.

Присутній у всіх сучасних AVR, крім Mega8515.

Аналого-цифровий перетворювач (A / D CONVERTER).

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) служить для отримання числового значення напруги, поданого на його вхід. Цей результат зберігається в регістрі даних АЦП. Який з входів (пінів) мікроконтролера буде поданий на АЦП, перетворюється в число, занесеним до відповідного регістру.

Універсальний послідовний прийомопередавач (UART або USART).

Універсальний асинхронний або універсальний синхронно / асинхронний приймач (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter - UART або USART) - зручний і простий послідовний інтерфейс для організації інформаційного каналу обміну мікроконтролера із зовнішнім світом. Здатний працювати в дуплексному режимі (одночасна передача і прийом даних). Він підтримує протокол стандарту RS-232, що забезпечує можливість організації зв'язку з персональним комп'ютером. (Для стикування МК і комп'ютера обов'язково знадобиться схема поєднання рівнів сигналів. Для цього існують спеціальні мікросхеми, наприклад MAX232.)

Послідовний периферійний інтерфейс SPI.

Послідовний периферійний трьохпровідний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) призначений для організації обміну даними між двома пристроями. З його допомогою може здійснюватися обмін даними між мікроконтролером і різними пристроями, такими, як цифрові потенціометри,

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



ЦАП / АЦП, FLASH-ПЗУ та ін. За допомогою цього інтерфейсу зручно проводити обмін даними між декількома мікроконтролера AVR.

Крім того, через інтерфейс SPI може здійснюватися програмування мікроконтролера.

Дводотовий послідовний інтерфейс TWI.

Дводотовий послідовний інтерфейс TWI (Two-wire Serial Interface) є повним аналогом базової версії інтерфейсу I2C (Дводотова двонаправлена шина) фірми Philips. Цей інтерфейс дозволяє об'єднати разом до 128 різних пристроїв з допомогою двонаправленої шини, що складається з лінії тактового сигналу (SCL) і лінії даних (SDA).

Інтерфейс JTAG.

Інтерфейс JTAG був розроблений групою провідних фахівців з проблем тестування електронних компонентів (Joint Test Action Group) і був зареєстрований як промислового стандарту IEEE Std 1149.1-1990. Чотирьох інтерфейс JTAG використовується для тестування друкованих плат, внутрішньосхемного налагодження, програмування мікроконтролерів.

Багато мікроконтролерів сімейства Mega мають сумісний з IEEE Std 1149.1 інтерфейс JTAG або debugWIRE для вбудованого налагодження. Крім того, всі мікроконтролери Mega з флеш-пам'яттю ємністю 16 кбайт і більше можуть програмуватися через інтерфейс JTAG.

Тактовий генератор.

Тактовий генератор генерує імпульси для синхронізації роботи всіх вузлів мікроконтролера. Внутрішній тактовий генератор AVR може запускатися від декількох джерел опорної частоти (зовнішній генератор, зовнішній кварцовий резонатор, внутрішня чи зовнішня RC-ланцюжок). Мінімальна допустима частота нічим не обмежена (аж до покрокового режиму). Максимальна робоча частота визначається конкретним типом мікроконтролера і вказується Atmel в його характеристиках, хоча практично будь-AVR-мікроконтроллер із заявленою робочою частотою, наприклад, в 10

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

МГц при кімнатній температурі легко може бути "розігнаний" до 12 МГц і вище.

Система реального часу (RTC).

RTC реалізована у всіх мікроконтролерах Mega та у двох кристалах "classic" - AT90 (L) S8535. Таймер / лічильник RTC має окремий попередній дільник, який може бути програмним способом підключений або до джерела основної тактової частоти, або до додаткового асинхронного джерела опорної частоти (кварцовий резонатор або зовнішній синхросигнал). Для цієї мети зарезервовані два виходи мікросхеми. Внутрішній осцилятор оптимізований для роботи з зовнішнім "вартовим" кварцовим резонатором 32,768 кГц.

Живлення.

AVR функціонують при напругах живлення від 1,8 до 6,0 Вольт. Струм споживання в активному режимі залежить від величини напруги живлення і частоти, на якій працює мікроконтролер, і становить менше 1 мА для 500 кГц, 5 ... 6 мА для 5 МГц і 8 ... 9 мА для частоти 12 МГц.

AVR можуть бути переведені програмним шляхом в один з трьох режимів зниженого енергоспоживання.

Режим холостого ходу (IDLE). Припиняє роботу тільки процесор і фіксується вміст пам'яті даних, а внутрішній генератор синхросигналов, таймери, система переривань і сторожовий таймер продовжують функціонувати. Струм споживання не перевищує 2,5 мА на частоті 12 МГц.

Стоповий режим (POWER DOWN). Зберігається вміст реєстрового файлу, але зупиняється внутрішній генератор синхросигналов, і, отже, зупиняються всі функції, поки не надійде сигнал зовнішнього переривання або апаратного скидання. При включеному сторожовому таймері струм споживання в цьому режимі складає близько 80 мкА, а при вимкненому - менше 1 мкА. (Всі наведені значення справедливі для напруги живлення 5 В).

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Економічний режим (POWER SAVE). Продовжує працювати тільки генератор таймера, що забезпечує збереження тимчасової бази. Всі інші функції відключені.

Скидання при зниженні напруги живлення (BOD).

Схема BOD (Brown-Out Detection) відстежує напругу джерела живлення. Якщо схема включена, то при зниженні живлення нижче деякого значення вона переводить мікроконтролер в стан скидання. Коли напруга живлення знов збільшиться до порогового значення, запускається таймер затримки скидання. Після формування затримки внутрішній сигнал скидання знімається і відбувається запуск мікроконтролера.

Даний перелік функцій мікроконтролера на ядрі AVR повністю задовольняє вимоги технічного завдання, тому обираємо для блока керування мікроконтролер ATmega64A.

### 3.2.2 Вибір транзисторів для каскадів комутації

Для подачі напруги на комутаційні роз'єми ми використаємо польовий транзистор 2N7002 у якості ключа [4]. Польовий транзистор 2N7002 має низький опір каналу 2,8 Ом. Тому він буде менше грітися. Транзистор здатний розсіяти достатню потужність 0,83 Вт.

Напруга, яку комутує транзистор в цьому контролері становить 12В. Напруга керування транзистора 5 В, що рівна нарузі на виході керування мікроконтролера ATmega64A-AU, до якого під'єднаний каскад. У звичайному режимі транзистор буде закритим. Але у випадку коли з мікроконтролера на затвір цього транзистора подається напруга +5В, яка відкриває транзистор і він замкне вихідний сигнал, таким чином на каскад комутації буде подана напруга 5 В.

Приведемо схему ключа та розрахуємо необхідні елементи.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

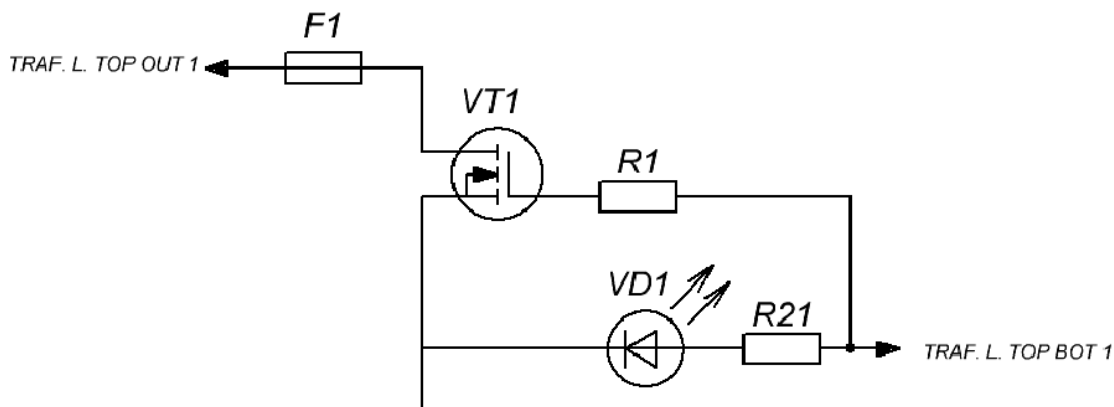


Рис. 3.1

Для візуального відображення стану входів, в паралельно ключу поставлено червоний світлодіод BL-LS0805SRC Super Red, падіння напруги на якому 1,8 В. Розрахуємо опір резистора R2, на якому буде спадати напруга.

$$R2 = \frac{U_{ж} - U_{д}}{I_{д}} = \frac{5 - 1,8}{10 \cdot 10^{-3}} = 320 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

При резисторі опором 320 Ом, світлодіод буде дуже яскраво світитися, тому для забезпечення візуального відображення стану роботи даного каскаду, потрібно зменшити яскравість світлодіода шляхом збільшення опору резистора. Було обрано резистор R2 опором 470 Ом.

Наступним кроком буде вибір опору резистора R1 для забезпечення часу відкриття транзистора. Вхідна ємність транзистора  $C_{ex} = 50 \text{ нФ}$ .

Час відкриття транзистора вираховується за формулою:

$$\tau = R1 \cdot C_{ex} \quad (3.2)$$

Вибираємо резистор опором 100 кОм і підставляємо значення у формулу (3.2).

$$\tau = R1 \cdot C_{ex} = 100 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-12} = 5 \text{ мксек}$$

Час спрацювання транзистора 5 мксекунд задовольняє наші вимоги.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На вході ставимо самовідновлюваний запобіжник з робочою напругою 30 В і струмом пропускання 0,35А.

### 3.2.3 Вибір мікросхеми для драйверів індикації

Для реалізації індикації на основі світлодіода потужністю 3 Вт необхідно драйвер стабілізації струму. Для цих цілей обрали мікросхему PT4115.

PT4115 це безперебійний дросельний понижувальний перетворювач, призначений для ввімкнення LED світлодіодів від джерела живлення з напругою вищою ніж споживають LED світлодіоди.

Мікросхема працює від джерела вхідної напруги 6-30 В і забезпечує вихідний струм до 1,2А.

Для включення мікросхеми використаємо схему включення запропоновану виробником рис. 3.2. Скористаємось datasheet на мікросхему PT4115 [5].

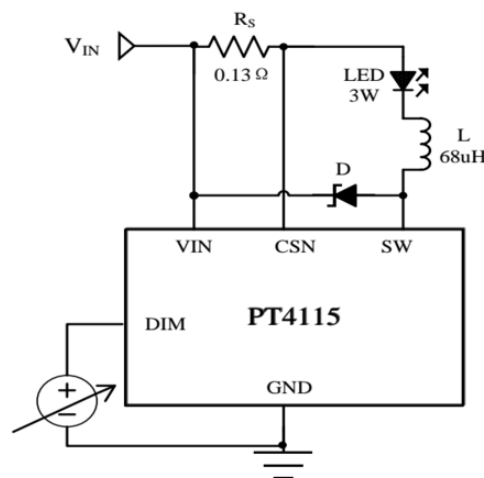


Рис. 3.2

Номінальний середній вихідний струм в LED задається величиною резистора  $R_S$  :

$$I_{OUT} = \frac{0,1}{R_S} \quad (R_S \geq 0,082 \, \Omega) \quad (3.3)$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Середнє значення вихідного струму визначається за формулою:

$$I_{OUT} = \frac{0,1 \cdot V_{DIM}}{2,5 \cdot R_S} \quad (0,5V \leq V_{DIM} \leq 2,5V) \quad , \quad (3.4)$$

$$(2,5V \leq V_{DIM} \leq 5V)$$

Значення  $V_{DIM}$  регулюється через мікроконтролер, так ми можемо забезпечити потрібну яскравість світлодіода.

Номінальна середня величина встановлюється за допомогою резистора  $R_S$ .

У запропонованій схемі значення  $R_S = 0,13 \text{ Ом}$ .

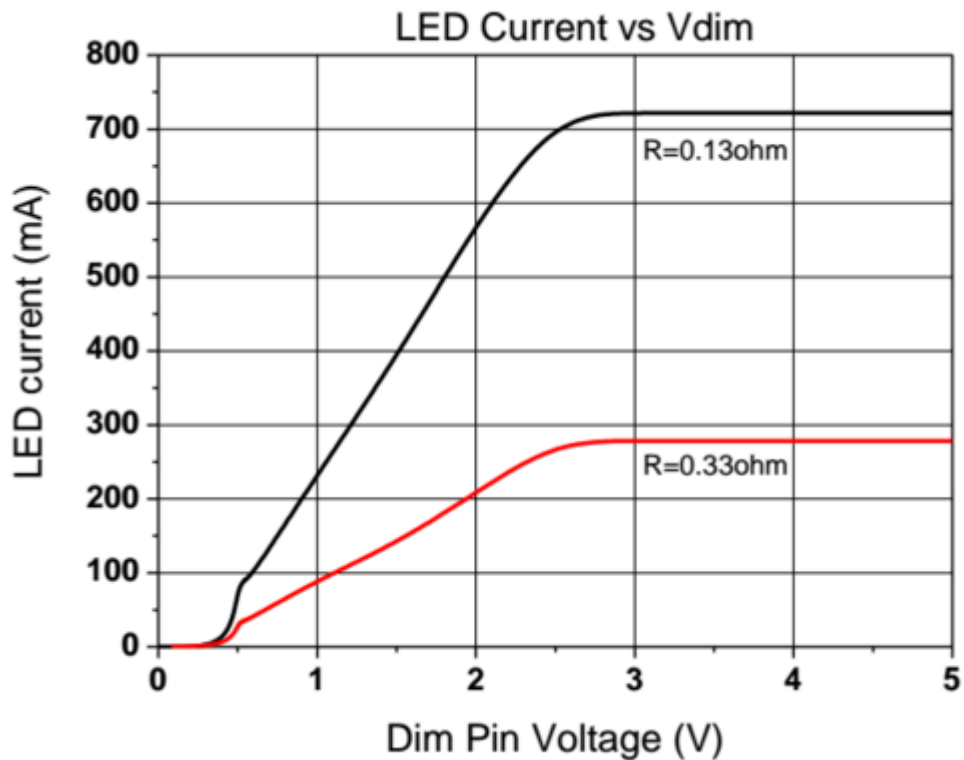


Рис. 3.3

Вибір індуктивності.

Рекомендовані значення індуктивності для РТ4115 в діапазоні від 27 мкГн до 100 мкГн. Більш високі значення індуктивності рекомендуються при нижчому вхідному струмі щоб мінімізувати помилки внаслідок комутаційних

затримок, які призводять до збільшення пульсацій і низької ефективності. Вищі значення індуктивності також призведуть до зміни вихідного струму, це добре видно на рисунку 3.4.

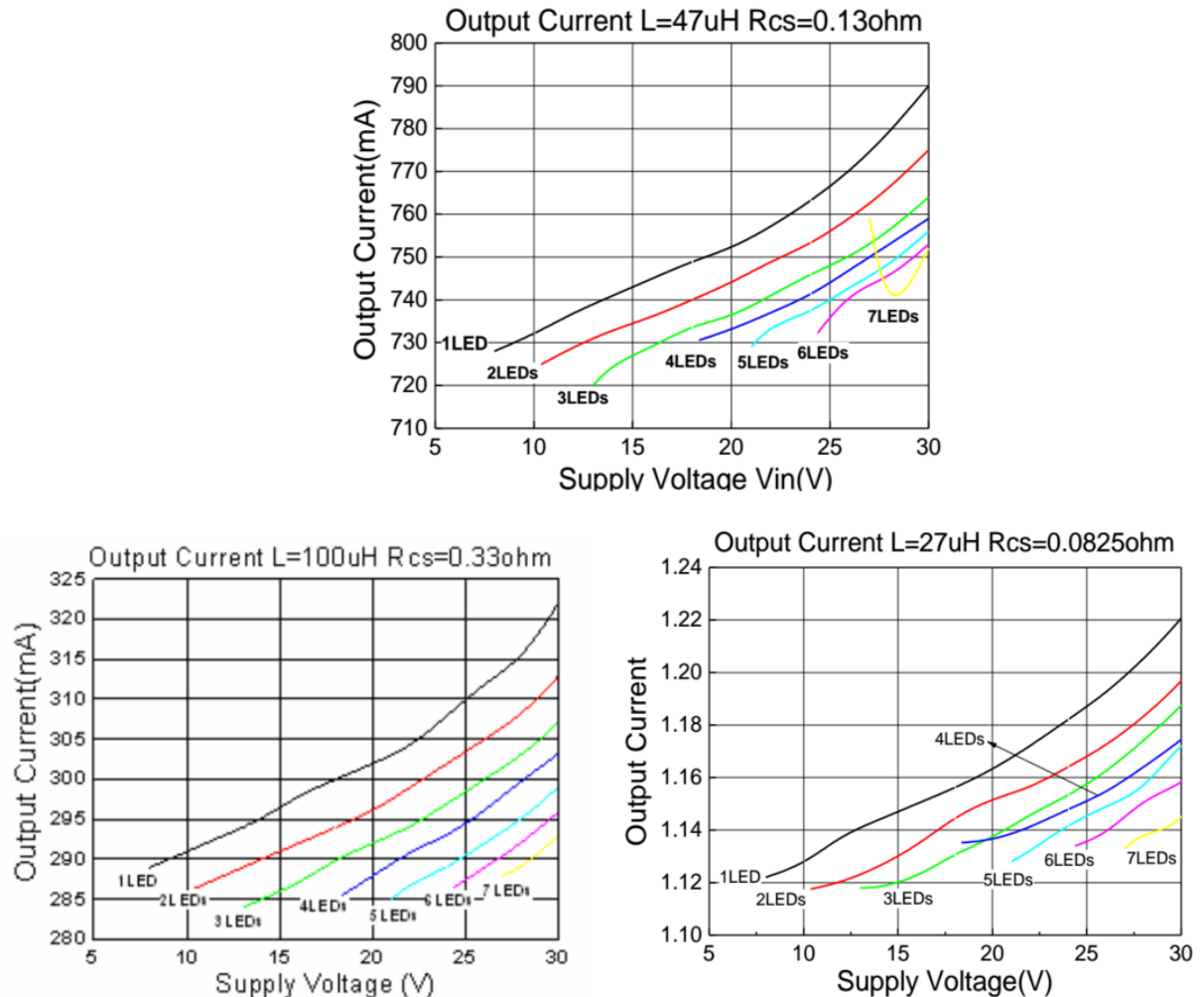


Рис. 3.4

Індуктивність повинна бути встановлена якомога ближче до пристрою, наскільки це можливо з низьким з'єднання опором до контактів SW і VIN.

Індуктивність повинна мати струм насичення вище ніж пік вихідного струму і постійного струму.

Наступна таблиця дає допомогає зробити вибір індуктивності:

Таблиця 3.1

Load current	Inductor	Saturation current
$I_{out} > 1A$	27-47uH	1.3-1.5 times of load current
$0.8A < I_{out} \leq 1A$	33-82uH	
$0.4A < I_{out} \leq 0.8A$	47-100uH	
$I_{out} \leq 0.4A$	68-220uH	

Вибір діода.

Для досягнення максимальної ефективності та продуктивності, діод повинен бути із низьким значенням падіння прямої напруги, та дуже швидким перемиканням. З такими характеристиками є діоди Шоткі. Вони забезпечують кращу ефективність, ніж кремнієві діоди, через поєднання низької прямої напруги і скорочення часу для відновлення. Важливо, щоб вибирати діоди з максимальним номінальним струмом вище пікового струму котушки і постійного струму.

Адаптуємо запропоновану схему для нашого блока керування.

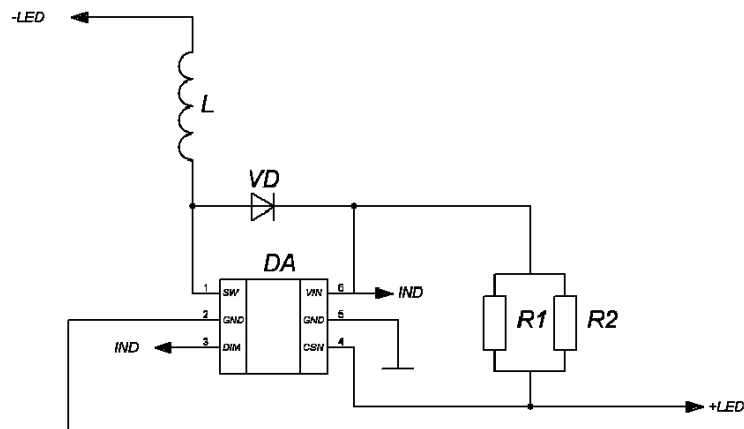


Рис. 3.5

Для можливості гнучкої зміни струму і забезпечення розсіяння потужності замінимо резистор  $R_s$  на два резистори з'єднані паралельно  $R1=0,26 \text{ Ом}$  і



$R2=0,26$ . Індуктивність обираємо в межах від 33 до 82 мкГн. Обираємо діод Шоткі SS14 [6].

Таблиця 3.2 Технічні характеристики

Матеріал	Кремній
Максимальна постійна зворотна напруга	40 В
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм	1 А
Максимально допустимий прямий імпульсний струм	30 А
Максимальний зворотний струм	500мкА
Максимальна пряму напругу	0,5 В
Робоча температура	-55...125°C
Спосіб монтажу	smd
Корпус	sma

### 3.2.4 Вибір мікросхеми для стабілізації +5 В

Для живлення мікроконтролера, мікросхем захисту, драйверів індикації і драйверів інтерфейсу RS485 потрібна стабілізована напруга постійного струму +5 В.

Існують два типи стабілізаторів: лінійні і імпульсні. Імпульсні стабілізатори використовують для отримання на виході високої потужності і малих втрат потужності. В нашому випадку струм споживання всієї плати менше 300 мА, тому використаємо лінійний стабілізатор на базі мікросхеми L78M05 [6] з вихідними параметрами : вихідний струм 500 мА і вихідна напруга +5 В.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

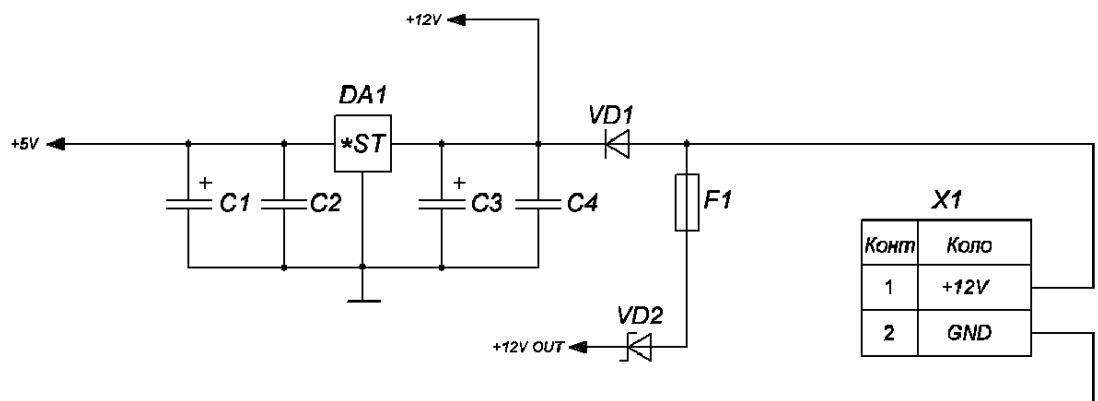


Рис. 3.6

До клемника X1 підключено блок живлення з постійною напругою +12 В. Через самовідновлювальний запобіжник F1 на 3 А і 16 В і діод Шоткі VD2 виводимо напругу +12 В для живлення електричних кіл плати.

### 3.2.5 Вибір резисторів

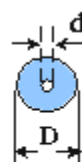
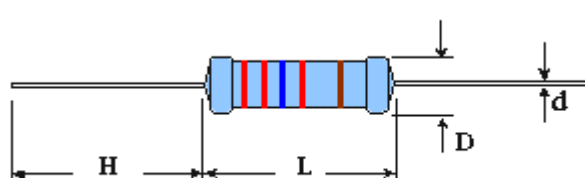
При виборі резисторів враховуємо наступні характеристики:

- вага;
- електричні характеристики;
- надійність;
- займаний об'єм;
- стабільність параметрів;
- температурні показники;
- вартість.

Виходячи з вимоги забезпечення наведених вище параметрів зупиняємо вибір на резисторах типів MF-25S, MF-25 та резисторах типу SMD1206 і SMD0805. Так як, жоден з типів не переважає над іншими за всіма показниками, то при виборі найоптимальнішого типу резистора будемо керуватись компромісним варіантом (<http://www.chipdip.ru>). Складемо порівняльну таблицю, і по вагових коефіцієнтах визначимо кращий варіант, при цьому вважаємо, що вібро- і ударостійкість всіх резисторів однакова.

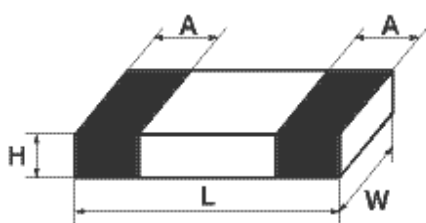
Табл. 3.3 Параметри резисторів.

Параметр	Тип резистора			
	MF-25S	MF-25	SMD0805	SMD1206
Вага, г	0,25	0,3	0,3	0,15
Технологічність установки	В отвір	В отвір	Поверхневий монтаж	Поверхневий монтаж
Напрацювання на відмову мін. год.	3000	30000	30000	30000
Габарити (L,D(W),H,d(A)), мм	3,2x1,5x28x0,45	6x2,3x28x0,5	2,1x2,3x0,4x0,5	3,2x1,6x0,5x0,5
Точність	±10%	±10%	±5%	±5%
Робоча температура max, °C	155	155	125	125



Резистори постійні металоплівкові. Призначені для роботи в ланцюгах постійного і змінного струму. Мають високу точність і високу температурну

стабільність опору. Ідеальні для використання в якості резисторів загального призначення, в високоточної та вимірювальної техніки. Повністю замінюють собою резистори МЛТ, С2-23, С2-33н, С2-29, маючи найкращі електричні й експлуатаційні характеристики.



Резистори постійні SMD. Призначені для роботи в ланцюгах постійного і змінного струму. Мають високу точність і високу температурну стабільність опору. Ідеальні для використання в

в якості резисторів загального призначення, в високоточної та вимірювальної техніки, та мають вигаш у розміщенні на платі через невеликі розміри . Повністю замінюють собою резистори R1-12 маючи найкращі електричні й експлуатаційні

Виходячи з даних порівняльних характеристик, виберемо резистори типу SMD1206 і SMD0805. Так як вони мають найменші масо-габаритні параметри за тих самих технічних характеристик і найкращу температурну стабільність опору.

### 3.2.6 Вибір конденсаторів

При виборі конденсаторів будемо керуватись наступними характеристиками:

- габаритні розміри;
- технологічність установки;
- вологостійкість;
- діапазон робочих температур;
- допустиме відхилення ємності від номінального значення;

#### Вибір типу неелектролітичних конденсаторів

Неелектролітичні конденсатори використовуються на високих частотах. У якості неелектролітичних конденсаторів зупиняємо вибір на конденсаторах фірми Murata типу SMD0805, SMD1206 або вітчизняні типу K10-17A, KM5 (<http://www.chipdip.ru>).

Складемо таблицю для порівняння конденсаторів між собою (табл. 3.4):

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Табл. 3.4. Параметри конденсаторів.

Параметр	Тип конденсаторів			
	SMD0805	SMD1206	K10-17A	KM5
Розміри(L×W×T), мм	2,0×1,25×1,3	3,2 × 1,6 × 1,6	6,8x5,6	7.1x5
Технологічність установки	Поверхневий монтаж	Поверхневий монтаж	В отвір	В отвір
Діапазон робочих температур, °C	-55...+125	-55...+125	-6...+125	- 60...+125
Ємність	0,3пф...100мкф	0,3пф...100мкф	6,8пф....2 мкф	6,8 пф..2 мкф
Допуск, %	$\pm 5...+20$	$\pm 5...+20$	$\pm 5...+20$	$\pm 5...+20$

Проаналізувавши порівняльні дані конденсаторів оберемо конденсатори з маркою SMD0805, так як вони мають менші габарити.

#### Вибір типу електролітичних конденсаторів

Електролітичні конденсатори мають більшу ємність і при цьому відносно невеликі розміри. Переглянувши деякі типи електролітичних конденсаторів, які можна застосувати для даної конструкції, проаналізуємо їх технічні характеристики і порівняємо між собою, вибір зупиняємо на конденсаторах марки K50-35 та K50-6. Складемо таблицю для порівняння основних характеристик конденсаторів (табл. 3.5) (<http://www.chipdip.ru>).

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Табл. 3.5. Параметри конденсаторів.

Параметр	Тип конденсаторів	
	K50-35	K50-29(аксіальний)
Розміри(L×D×F), мм	5...18 × 11..37x2...7	5...11 × 5...16x2...7
Технологічність установки	В отвір	В отвір
Діапазон робочих температур, °C	-40...+85	-40...+85
Ємність, мкФ	0.1...22000	0.47...10000
Допуск, %	± 20	± 5
Напрацювання мін. год.	2000	2000

Конденсатори з обох серій мають дуже схожі характеристиками. Але використаємо конденсатори типу K50-35, оскільки вони більш зручніші у монтажі, більш широко застосовуються та мають ширший діапазон ємностей.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## 4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ВИРОБУ

### 4.1 Опис конструкції виробу

Пристрої керування розміщуються в металевих чи пластмасових боксах. Корпус повинен мати оптимальні розміри, кріплення для монтажної пластини, кріплення самого корпусу та бути герметичним

Всі прилади і апарати встановлюють строго вертикально, за виключенням тих, які по умовам нормальної роботи повинні знаходитися в горизонтальному або нахиленому положенні.

Для зручної експлуатації блока керування гідравлічною станцією, друкована плата і блок живлення будуть кріпитися на металеву пластину, виготовлену з оцинкованого металу (ГОСТ 14918-80) чи нержавіючої сталі (AISI 304). Пластина разом з друкованою платою і блоком живлення монтується в пластмасовий корпус Z95. На пластині дозволяється робити необхідну кількість отворів для кріплення блока живлення, плати, контролерів індуктивних петель(якщо передбачено функціональним виконанням), а також кріплень для фіксування кабелю живлення і кабелю виконавчого зовнішнього пристрою. В корпусі необхідно зробити отвори під кабельний ввід для комутаційних з'єднань.

Блок живлення має елементи кріплення, що дозволяє закріпити його на металевій пластині, попередньо зробивши два отвори діаметром 3,5 мм.

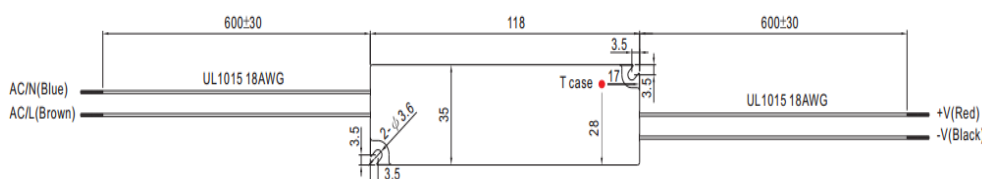


Рис. 4.1

По складальному креслені плати виконуються 4 отвори діаметром 5,5 мм в металевій пластині для її кріплення на пластикові стійки RC.

Якщо зовнішній виконавчий пристрій не має вбудованої гідростанції, то блок керування кріпиться в шафі разом із гідростанцією. Такий формат є

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зручним для під'єднання і регулювання електромагнітних клапанів гідростанції. У випадку, коли гідравлічна станція вбудована, блок керування монтується будь де у вертикальному положенні. Всі кабелі (живлення, живлення гідростанції, індикації, датчики положення, інтерфейс RS485) будуть прокладатися до блока керування і вводитимуться через отвори з кабельними вводами.

## 4.2 Конструкторський розрахунок вузла

У якості вузла виступає плата блока керування. Вихідними даними для розрахунку є: принципова електрична схема з переліком елементів, гранично допустимі розміри плати, умови експлуатації.

Метою розрахунку є вибір матеріалу, товщини, топології та методу виготовлення друкованої плати (ДП), ширини провідників, відстані між ними.

### 4.2.1 Вибір технології виготовлення, розмірів та матеріалу плати

На сьогоднішній день найбільше розповсюдження отримали хімічний, електрохімічний та комбінований методи виготовлення друкованих плат. Комбіновані методи об'єднують у собі всі прийоми виготовлення друкованих плат, необхідні для виготовлення друкованих провідників і металізованих отворів. В залежності від послідовності операцій формування друкованих провідників та металізованих отворів розрізняють комбінований позитивний метод (використовують фотошаблони – позитиви) і комбінований негативний метод (використовують фотошаблони – негативи). Розглянемо обидва методи і докладніше:

#### Комбінований негативний метод

В негативному методі спочатку витравлюються провідники, і потім металізуються отвори. Оскільки після травлення малюнку необхідно було не тільки свердлити отвори, а і металізувати їх, використовувались засоби для створення провідного підслою в отворах, але не на поверхні плати. Для цього

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



перед свердлінням плату покривають захисною «лаковою сорочкою», свердлять через неї отвори і хімічним способом металізують всю заготовку. Недоліками негативного методу є: при металізації отворів відкриті ділянки діелектричної основи насичуються хімічними сумішами і отримують підвищену провідність.

Надійність реалізації цим методом – низька; поява проблем з організацією електричного контакту стінок отворів з катодом гальванічної ванни; при відшаровуванні лакової сорочки можливе часткове порушення провідного підшару в отворах.

#### Комбінований позитивний метод.

В позитивному методі травлення малюнку відбувається після металізації отворів, а для з'єднання металізованих отворів с катодом використовується ще не витравлена фольга, яка спочатку присутня на поверхні плати. Схема методу полягає в свердлінні на платі із фольгованого діелектрика отворів, які потім металізуватимуться, потім активація поверхні під хімічну металізацію, тонка хімічна металізація, тонка хімічна металізація, «гальванічна затяжка», нанесення фоторезиста через фотошаблон «позитив», основна гальванічна металізація, нанесення і експонування фоторезисту через фотошаблон – позитив, основна гальванічна металізація, нанесення металорезисту, видалення фоторезисту, видалення не захищених ділянок фольги хімічним травленням, видалення металорезисту, нанесення контактних покриттів, обмивка плати, нанесення паяльної маски, нанесення фінішних покриттів під пайку. Переваги позитивного методу: можливість створення усіх типів друкованих елементів з високим ступенем роздільної здатності; добра надійність ізоляції, гарна міцність щеплення (адгезії) металевих елементів плати з діелектричною основою. Недоліками позитивного методу є: відносно велика глибина травлення; травлення малюнку по металорезисту обмежує вибір травлячих сумішей.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Виходячи з необхідних умов та необхідних характеристик друкованої плати, обираємо комбінований позитивний метод.

У якості матеріалу для виготовлення ДП використовують фольгований діелектрик, який складається з електроізоляційної основи (підложки), вкритої мідною фольгою з одної або з обох сторін.

Мідна фольга, що використовується для лакування діелектрика, виготовляється гальванічним способом і має чистоту не менше 99,9 %, а товщину 35 мкм.

Розрахуємо точність відтворення провідника і зазору.

При комбінованому позитивному методі використовують, як правило, сухий плівковий фоторезист товщиною порядку 40 мкм. При розрахунку глибини травлення необхідно врахувати товщину гальванічної розв'язки порядку 6 мкм.

Будемо вважати, що роздільна здатність фоторезисту (РФ) рівна  $\frac{4}{3}$  його товщини:

$$P\Phi = \frac{4}{3} \cdot F = \frac{4}{3} \cdot 40 \text{ мкм} = 53,3 \text{ мкм}$$

Припустимо, що величина витравлювального металу рівна Н, де Н це сума товщини фольги та товщини гальванічної розв'язки.

Отже:  $H = 35 \text{ мкм} + 6 \text{ мкм} = 41 \text{ мкм}$ .

Відомо, що величини підтравлювання (ВП) малюнку рівна  $\frac{2}{3}$  глибини травлення:

$$B\Pi = \frac{4}{3} \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 41 \text{ мкм} = 27,3 \text{ мкм}$$

Виходячи з цього, можна отримати формулу для оцінки відтворення ширини зазору(З):

$$З = P\Phi + 2 \cdot B\Pi = 53,3 \text{ мкм} + 2 \cdot 27,3 \text{ мкм} = 107,9 \text{ мкм} \approx 0,108 \text{ мм}$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А отже, мінімальна ширина провідників і зазорів між ними при цьому методі складає 0,1....0,2 мм.

Для виготовлення друкованої плати, використаємо склотекстоліт СФ2-1.5-35 ГОСТ 10316-78.

Розміри плати 124x124. Невеликі розміри плати покращують відведення тепла з її центру, простіше в настройці і ремонті.

#### 4.2.2 Розрахунок параметрів друкованих провідників

Клас точності виконання елементів конструкції друкованої плати візьмемо третій. Друковані плати такого класу точності вимагають застосування високоякісних матеріалів. Інструментів і устаткування, однак цей клас точності обумовлений необхідністю установки на друковану плату мікросхем із кроком виводів 0,8 мм.

Подальший розрахунок будемо вести відповідно до методики викладеної в [8].

##### 4.2.2.1 Номінальне значення діаметра монтажного отвору

$$d = d_{\text{э}} + r + |\Delta d_{\text{н.о}}| ,$$

де:  $d_{\text{э}}$  - максимальне значення діаметра виводу навісного елемента, що встановлений на плату, мм;

$r$  - різниця між мінімальним значенням діаметра отвору і максимальним значенням діаметра виводу встановлюваного елемента;

$\Delta d_{\text{н.о}}$  - нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору;

$$|\Delta d_{\text{н.о}}| = |\Delta d_{\text{н}}| + \frac{\delta d}{2}$$

$|\Delta d_{\text{н}}|$  - модуль нижнього відхилення діаметра отвору (він дорівнює

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0,05 мм);

$\delta d$  - допуск на розташування отворів (він дорівнює 0,08 мм);

$$|\Delta d_{H.O.}| = |0.05| + \frac{0.08}{2} = 0.09 \text{ мм.}$$

$$d = 0,8 + 0,1 + 0,09 = 0,99$$

Як відомо, припустимі діаметри монтажних отворів дозволяється вибирати з ряду {...; 0,9; 1,0; 1,1; ...}; отже, номінальне значення діаметра монтажного отвору буде дорівнює 1 мм.

#### 4.2.2.2 Мінімальний діаметр контактної площадки навколо отвору

Мінімальний діаметр контактної площадки навколо отвору розраховуємо по формулі:

$$D = d + \Delta d_{B.O.} + 2 \cdot b_H + \Delta t_{B.O.} + 2 \cdot \Delta d_{TP.} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{H.O.}^2}$$

де:

$\Delta d_{B.O.}$  - верхнє граничне відхилення діаметра отвору = 0,05 мм .

$\Delta t_{B.O.}, \Delta t_{H.O.}$  - верхнє і нижнє граничне відхилення ширини провідника

$\Delta t_{B.O.} = 0,1$  мм,

$\Delta t_{H.O.} = 0.08$  мм.

$\Delta d_{TP.}$  - допуск на підтравлювання діелектрика багатошарової друкованої плати (у нашому випадку він дорівнює = 0,02);

$\delta d$  - допуск на розташування отворів ( він дорівнює = 0,08 мм.);

$\delta p$  - допуск на розташування контактних площадок ( він дорівнює = 0,2 мм.);

$b_H$  - гарантійний пасок на зовнішньому шарі ( він дорівнює = 0,1 мм.);

$$D = 0.99 + 0.05 + 2 \cdot 0.1 + 0.1 + (0.08^2 + 0.22 + 0.082)^{1/2} = 1.7 \text{ мм.}$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.2.2.3 Номінальне значення ширини провідника t:

$$t = t_{M.Д.} + |\Delta t_{H.O.}|$$

де:  $t_{M.Д.}$  - мінімально припустима ширина провідника,

- обумовлена класом точності друкованої плати і токовим навантаженням
- ( для нас вона дорівнює = 0,25 мм.);

$$t = 0.25 + 0.08 = 0.33 \text{ (мм)}.$$

Проведемо перевірку ланцюгів живлення по постійному струму:  $S_{\min}$

Відповідно до методики описаної в [8] можна записати вираз для мінімальної площі перетину необхідної по токовому навантаженню для забезпечення безвідмовної роботи провідного шару друкованої плати:

$$S_{\min} \geq \rho \cdot \frac{l_{\Pi}}{0,02 \cdot E_K} \cdot I_{\Pi} = 1,374 \cdot 10^{-8}$$

$\rho$  - питомий електричний опір провідника.

$\rho_{Cu} = 1,718 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м}$  - питомий електричний опір міді;

$l_{\Pi}$  - максимальна довжина провідника ланцюга живлення = 0,2 м;

$E_K$  - напруга живлення в даному ланцюзі живлення = 220 ( В );

$I_{\Pi}$  - максимальний струм у провіднику = 3 ( А ).

З іншої сторони

$$S = h \cdot t$$

де: h – товщина провідника = 35 мкм;

t – ширина провідника = 1 мм.

$$S = 35 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3.5 \cdot 10^{-8} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Як бачимо, площа перетину провідника S при ширині доріжки 1 мм значно більше площі перетину  $S_{\min}$  яка є мінімально необхідною

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.2.2.4 Розрахунок паразитних параметрів.

Паразитні зв'язки на друкованих платах обумовлюються наявністю паразитної ємності  $C$  і паразитної взаємодукції  $M$  між друкованими провідниками.

Паразитна ємність між двома паралельними друкованими провідниками:

$$C = C_{\text{пог}} \cdot l_1,$$

де  $C_{\text{пог}}$  - погонна ємність між провідниками, пФ/см;

$l_1$  - довжина взаємного перекриття провідників, см.

$$C_{\text{пог}} = K_{\Pi} \cdot \varepsilon',$$

де:  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт пропорційності

$\varepsilon'$  - діелектрична проникність середовища, для провідників на поверхні плати.

$$\varepsilon' = 0,5 \cdot (\varepsilon_B + \varepsilon_{\Pi}) = 0,5 \cdot (1 + 8) = 4,5.$$

де  $\varepsilon_B$  - діелектрична проникність повітря ( $\varepsilon_B = 1$ );

$\varepsilon_{\Pi}$  - діелектрична проникність плати ( $\varepsilon_{\Pi} = 8$ ).

З креслення друкованої плати обираємо найнебезпечнішу ділянку:

$S_1 = 1$  мм – відстань між провідниками;

$t_1 = 0,25$  мм - ширина провідників.

По графіку 12.6 [8] знаходимо  $K_{\Pi} = 0,09$  пФ/см.

$$C_{\text{пог}} = K_{\Pi} \cdot \varepsilon' = 0,09 \cdot 4,5 = 0,405 \text{ нФ/см}.$$

Довжина ділянки  $l_1 = 1$  см. Паразитна ємність:

$$C = C_{\text{пог}} \cdot l_1 = 0,405 \cdot 1 = 0,405 \text{ нФ}.$$

Паразитна взаємодукція друкованих провідників визначається тільки геометрією провідникового малюнку для плати без екрануючої площини складає за [8]:

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left[ \ln \frac{2 \cdot l_2}{S_1 + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} \right] \text{ мГн},$$

де  $l_2$  - довжина паралельного розміщення двох провідників;

$t_1$  і  $t_2$  - ширина провідників.

Обираємо найнебезпечнішу ділянку:  $l_2 = 1$  см,  $S_1 = 1$  мм,  $t_1 = t_2 = 0,25$  мм.

Отримаємо взаємодію:

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left[ \ln \frac{2 \cdot l_2}{S_1 + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} \right] = 2 \cdot 0,01 \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot 0,01}{0,001 + 0,5 \cdot (0,00025 + 0,00025)} \right) = 55 \text{ мкГн},$$

Розрахунок показує, що в найбільш небезпечних ділянках величини паразитної ємності та паразитної взаємодіючої малі і не будуть надавати сильного впливу на роботу схеми.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## 5 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ РОБОТОЗДАТНІСТЬ ВИРОБУ

### 5.1 Розрахунок надійності виробу

При розрахунку надійності виробу визначаються наступні характеристики надійності:

$\lambda_c$  - інтенсивність відмов системи;

$T_{o.c.}$  - середній час роботи системи (напрацювання на відмову);

$p_c(t)$  – імовірність безвідмовної роботи за час експлуатації  $t$ .

До раптових експлуатаційних відмов відносять відмови апаратури на робочій ділянці її експлуатації. Раптові експлуатаційні відмови – наслідок внутрішніх дефектів матеріалів, непередбачених концентрацій зовнішніх навантажень і внутрішніх напруг, помилок оператора.

Метод розрахунку.

Розрахунок проводять, припускаючи послідовне по надійності включення елементів та взаємної незалежності їх відмов. При цьому:

$$p_c(t) = \exp(-\lambda_c \cdot t),$$

де  $t = 1000$  год;

$\lambda_c$  - інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_c = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3} \cdot \sum \lambda_{0i} \alpha_i N_i,$$

де  $K_{\lambda 1}$ ,  $K_{\lambda 2}$ ,  $K_{\lambda 3}$  - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив механічного навантаження, вологості та висоти відповідно;

$\lambda_{0i}$  - номінальна інтенсивність відмов елемента;

$\alpha_i$  - коефіцієнт режиму роботи елементів в  $i$ -й рівнонадійній групі;

$N_i$  - кількість елементів.

Коефіцієнт  $\alpha_i$  визначається в залежності від температури та коефіцієнта навантаження:

$$\alpha_i = \phi(t^0, K_H),$$

де  $K_H = \Pi_{РАБ} / \Pi_{НОМ}$  - коефіцієнт навантаження елемента;

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\Pi_{\text{раб}}$  - робоче значення визначаючого параметру навантаженого елемента;

$\Pi_{\text{ном}}$  - номінальне значення визначаючого параметра.

Середній час роботи системи визначають за формулою:

$$T_{\text{о.с.}} = \frac{1}{\lambda_{\text{с}}}$$

Розрахунок.

Зведемо розрахунок в Таблицю 5.1:

Таблиця 5.1.

№	Тип елемента	$\lambda_{0i},$ $10^{-6}$ ,1/ч	$N_i$	$K_H$	$\alpha_i$	$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot \alpha_i,$ $10^{-6}$ ,1/ч	$\lambda_i \cdot N_i, 10^{-6},$ 1/ч
1	Мікросхема АТmega64А-AU	0,023	1	0,6	0,61	0,014	0,014
2	Мікросхема ST485BDR	0,023	2	0,6	0,61	0,014	0,028
3	Мікросхема PT4115	0,023	2	0,6	0,61	0,014	0,028
4	Мікросхема МОС3051М	0,023	2	0,6	0,61	0,014	0,028
5	Мікросхема РС817	0,023	1	0,6	0,61	0,014	0,014
6	Мікросхема АТ24С16	0,023	1	0,6	0,61	0,014	0,014
7	Мікросхема CD4050	0,023	3	0,6	0,61	0,014	0,042
8	Мікросхема L78M05	0,023	1	0,6	0,61	0,014	0,014
9	Мікросхема ACS712	0,023	2	0,6	0,61	0,014	0,028
10	Транзистор 2N7002	0,065	11	0,65	0,5	0,032	0,352
11	Транзистор IRFR024NTRPBF	0,065	7	0,65	0,5	0,032	0,224
12	Симистор ВТА16	0,02	2	0,6	0,7	0,014	0,028
13	Діод LL4148	0,1	2	0,7	1,2	0,12	0,24
14	Діод SS14	0,1	4	0,7	1,2	0,12	0,48

Продовження табл. 5.1

15	Діод SS34	0,1	2	0,7	1,2	0,12	0,24
16	Діод S1M	0,1	1	0,7	1,2	0,12	0,12
17	Супресор SMAJ5.0A	0,1	4	0,7	1,2	0,12	0,48
18	Світлодіоди SMD0805 Зелені	0,1	18	0,7	1,2	0,12	2,16
19	Світлодіоди SMD0805 Червоні	0,1	24	0,7	1,2	0,12	2,88
20	Світлодіоди SMD0805 Сині	0,1	2	0,7	1,2	0,12	0,24
21	Світлодіоди SMD0805 Жовті	0,1	2	0,7	1,2	0,12	0,24
22	Конденсатор електролітичний 1000 мкФ 25 В	0,75	2	0,47	0,5	0,375	0,75
23	Конденсатор електролітичний 220 мкФ 10 В	0,75	2	0,47	0,5	0,375	0,75
24	Конденсатор SMD0805 100 нФ	0,01	11	0,3	0,4	0,004	0,044
25	Конденсатор SMD0805 22 пФ	0,01	2	0,3	0,4	0,004	0,008
26	Конденсатор SMD0805 1 нФ	0,01	18	0,3	0,4	0,004	0,072
27	Резистор SMD1206 5% 360 Ом	0,01	2	0,3	0,4	0,004	0,008
28	Резистор SMD1206 5% 330 Ом	0,01	2	0,3	0,4	0,004	0,008
29	Резистор SMD120 Ом	0,01	2	0,3	0,4	0,004	0,008

Продовження табл. 5.1

30	Резистор SMD1206 5% 20 кОм	0,01	3	0,3	0,4	0,004	0,012
31	Резистор SMD0805 5% 120 Ом	0,01	2	0,3	0,4	0,004	0,008
32	Резистор SMD0805 5% 470 Ом	0,01	30	0,3	0,4	0,004	0,12
33	Резистор SMD0805 5% 100 кОм	0,01	41	0,3	0,4	0,004	0,164
34	Резистор SMD0805 5% 10 кОм	0,01	10	0,3	0,4	0,004	0,04
35	Резистор SMD0805 5% 4,7 кОм	0,01	20	0,3	0,4	0,004	0,08
36	Резистор SMD0805 5% 2 кОм	0,01	10	0,3	0,4	0,004	0,04
37	Резистор SMD0805 5% 1 кОм	0,01	22	0,3	0,4	0,004	0,088
38	Резистор SMD0805 5% 0,26 Ом	0,01	5	0,3	0,4	0,004	0,02
39	Індуктивність SMD 0705 56-82 мкГн 0,7-1 А	0,01	2	0,54	0,25	0,002 5	0,005
40	Реле 30vdc LMR1H-12D	0,5	4	-	-	0,5	2
41	Потенціометр вивідний 6,4x7,5x6,35мм 4,7 кОм	0,1	2	-	-	0,1	0,2
42	Кварцовий резонатор КХ-3НТ 14.74560 MHz	0,03	1	-	-	0,03	0,03
43	Самовідновлювальний запобіжник FSMD020-1206	0,01	6	-	-	0,01	0,06

44	Самовідновлювальний запобіжник FSMD035-1206	0,01	6	-	-	0,01	0,06
45	Самовідновлювальний запобіжник FSMD160-16R	0,01	6	-	-	0,01	0,06
46	Самовідновлювальний запобіжник вивідний 16 В 3 А	0,01	1	-	-	0,01	0,01
47	Запобіжник плавкий	0,5	2	-	-	0,5	1
48	Кнопка тактова 2-х вивідна 3.5х6 DTS-3 (ТАСТ-35N-F)	0,1	2	-	-	0,1	0,2
49	Перемикач DIP Switch 8-ми контактний DS-08	0,1	1	-	-	0,8	0,8
50	Клемник 3 секц. 5 мм 2EDGV-5.0-03P-14-00A(H)	0,01	1	-	-	0,03	0,03
51	Клемник 5 секц 5 мм 2EDGV-5.0-05P-14-00A	0,01	2	-	-	0,05	0,1
52	Клемник 8 секц. 5 мм 2EDGV-5.0-08P-14-00A	0,01	1	-	-	0,08	0,08
53	Клемник 10 секц. 5 мм 2EDGV-5.0-10P-14-00A	0,01	1	-	-	0, 1	0,1
54	Клемник 12 секц. 5 мм 2EDGV-5.0-12P-14-00A	0,01	1	-	-	0,05	0,05
55	Клемник 2-х контактний 5 мм TB306-210	0,01	2	-	-	0,02	0,04

Продовження табл. 5.1

56	Тримач запобіжника PTF78 ZHL78	0,003	2	-	-	0,003	0,006
57	Роз'єм WF-12	0,01	1	-	-	0,12	0,12
58	Роз'єм WF-10	0,01	1	-	-	0,1	0,1
59	Розетка на плату однорядна 6 контактів, крок 2.54 мм PBS-6	0,01	2	-	-	0,06	0,12
60	Елементи кріплення	0,4	4	-	-	0,4	1,6
61	Плата друкована	0,1	1	-	-	0,1	0,1
62	Пайка	0,01		-	-	0,01	
63	Пластина	0,1	1	-	-	0,1	0,1
64	Корпус	0,9	1	-	-	0,9	0,9
65	Пайка	0,01	91 5	-	-	0,01	9,15
66	Блок живлення +12 В	7	1	0,7	1,5	10,5	10,5
	Сума						37,6

По довідковим таблицям із [8] знаходимо:  $K_{\lambda 1} = 1,46$ ;  $K_{\lambda 2} = 1$ ;  $K_{\lambda 3} = 1$ .

Знайдемо інтенсивність відмов системи з урахуванням умов експлуатації:

$$\lambda_c = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3} \cdot \sum \lambda_{0i} \alpha_i N_i = 1,46 \cdot 37,6 \cdot 10^{-6} = 54,9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Імовірність безвідмовної роботи системи протягом заданого часу  $t = 1000$  год:

$$p_c(t) = \exp(-\lambda_c \cdot t) = \exp(-54,9 \cdot 10^{-6} \cdot 1000) = 0,94.$$

Середній час роботи системи до відмови:

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$T_{o.c.} = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{54,9 \cdot 10^{-6}} = 18214 \text{ год.}$$

При порівнянні розрахованого та заданого середнього часу роботи системи до відмови видно:  $T_{o.c.} > T_{o.c.тз} \leftrightarrow 18214 \text{ год} > 1000 \text{ год}$ .

Таким чином, розроблюваний прилад задовольняє вимогам ТЗ по середньому часу роботи.

## 5.2 Розрахунок теплообміну виробу

Теплова модель приладу - герметична пустота з повітряним охолодженням. Це найпростіша модель, яка дає уявлення про процеси, які проходять в апаратурі. На рис. 5.1 зображена теплова модель блока керування.

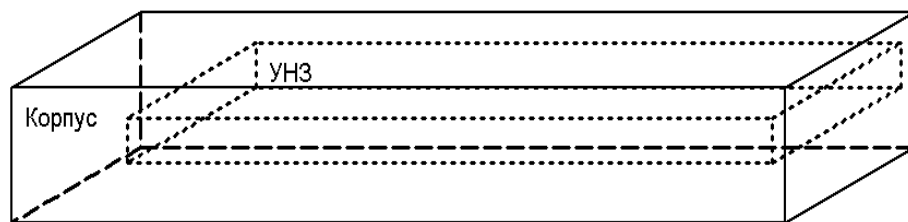


Рис. 5.1. Теплова модель блока керування

Теплонавантажені елементи конструкції - плата з радіoeлементами і блоком живлення на металевій пластині. Розміри умовно нагрітої зони (далі "УНЗ") – 144x124x20 мм. Нехай в УНЗ температура розподілена рівномірно по всьому її об'єму. Розміри корпусу – 280x190x95 мм.

Знайдемо площі стінок корпусу та УНЗ:

$$S_{к1} = 280 \cdot 190 = 53200 \text{ мм}^2;$$

$$S_{з1} = 144 \cdot 124 = 17856 \text{ мм}^2;$$

$$S_{к2} = 95 \cdot 190 = 18050 \text{ мм}^2;$$

$$S_{з2} = 20 \cdot 124 = 2480 \text{ мм}^2;$$

$$S_{к3} = 280 \cdot 295 = 26600 \text{ мм}^2;$$

$$S_{з3} = 144 \cdot 20 = 2880 \text{ мм}^2.$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення температури корпусу необхідно визначити, який режим теплообміну. Для цього використаємо критерій Грасгофа:

Задаємо температуру корпусу  $t=100^{\circ}\text{C}$ , а  $t_c=20^{\circ}\text{C}$

$$G_r = \frac{\beta \cdot g \cdot V \cdot \Delta T}{\nu^2} = \frac{3,41 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot 190 \cdot 95 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{(15,06 \cdot 10^{-6})^2} = 59,6 \cdot 10^6,$$

$$\text{де } \beta = \frac{1}{273 + t^{\circ}_C};$$

$g$  - прискорення вільного падіння;

$V$  - об'єм порожнечі корпусу приладу;

$\Delta T$  - максимальний допустимий градієнт температур;

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості холодоагенту.

Критерій Прандля:

$$P_r = 0,703$$

Оскільки  $G_r \cdot P_r = 59,6 \cdot 10^6 \cdot 0,703 = 41,9 \cdot 10^6 > 10^3$  - ламінарний режим.

$$\text{Тоді коефіцієнт теплопередачі: } \alpha_k = A_1 \cdot \left( \frac{\Delta T}{l^5} \right)^{\frac{1}{8}} = 0,295 \cdot \left( \frac{80}{(95 \cdot 10^{-3})^5} \right)^{\frac{1}{8}} = 2,22$$

де  $A_1$  - коефіцієнт, який залежить від типу холодоагенту;  $l$  - мінімальний розмір корпусу.

Температура корпусу:

$$T_k^o = \frac{Q_k}{S_k \cdot (\alpha_k + \alpha_n)} + t_{ny}^o = \frac{40}{2 \cdot (53200 + 18050 + 26600) \cdot 10^{-6} \cdot (2,22 + 5)} + 20 = 57,4^{\circ}\text{C}$$

де,  $Q_k$  - тепловий потік через поверхню корпусу;  $S_k$  - площа поверхні корпусу;

$\alpha_n$  - наведені коефіцієнти теплопередачі;  $t_{ny} = 20^{\circ}\text{C}$ .

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Розрахунок температури УНЗ. Критерій Грасгофа для УНЗ:

$$G_r = \frac{\beta \cdot g \cdot V \cdot \Delta T}{\nu^2} = \frac{3,41 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 230 \cdot 102 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{(15,06 \cdot 10^{-6})^2} = 4,2 \cdot 10^6$$

$$P_r = 0.703$$

$$G_r \cdot P_r = 4,2 \cdot 10^6 \cdot 0,703 = 2,95 \cdot 10^6 > 10^3$$

$$\alpha_\kappa = A_1 \cdot \left( \frac{\Delta T}{l^5} \right)^{\frac{1}{8}} = 0,295 \cdot \left( \frac{80}{(20 \cdot 10^{-3})^5} \right)^{\frac{1}{8}} = 5,88$$

Температура УНЗ:

$$T_3^o = \frac{Q_3}{S_3 \cdot (\alpha_\kappa + \alpha_n)} + T_\kappa^o = \frac{40}{2 \cdot (17856 + 2480 + 2880) \cdot 10^{-6} \cdot (5,88 + 5)} + 20 = 79,17^\circ C$$

Оскільки  $T_3^o = 79,17^\circ < 100^\circ$ , це задовольняє вимогам. Проведені розрахунки означають, що прилад працює в нормальному режимі та його конструкція не потребує змін.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 6.1 Обґрунтування виходу на ринок нової розробки

#### 6.1.1 Аналіз ринку

Функціональним призначенням блока керування гідравлічною станцією є керування виконавчим пристроєм — болардом (бар'єрний загороджувальний механізм).

Болард призначений для використання на проїзній частині дороги, в'їздів, виїздів, парковок та інших місцях автомобільного та пішохідного руху з метою організації керованого пропуску транспортних засобів. Також певні види болардів можуть використовуватись в антитерористичних цілях.

Один блок керування має забезпечити можливість повністю незалежного керування двома болардами.

Існують промислові аналоги блока керування зі схожим принципом роботи. Світовими лідерами з виробництва систем дистанційного керування доступом, пристроїв блокування, антитаранних пристроїв, болардів та пристроїв керування є італійські компанії: «FAAC», «Fadini», «O&O», «Pilomat».

За виконавчою функцією його можна порівняти з блоками керування іноземного виробництва: «O&O» CDS (282 €), PERSEO CBD (288 €), (данні взяті з сайту <http://parkan.ua> станом на 01.01.2016).

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 Порівняння блоків керування різних виробників

Параметр	CDS	PERSEO CBD	Блок керування
Напруга живлення, В	220	220	220
Максимальний струм, А	3	3	3,2
Напруга блока живлення DC, В	24	24	12
Кількість виконавчих пристроїв	4	4	2
Клас захисту, ІР	54	54	55
Температура навколишнього середовища, °С	-20...+60	-20...+60	-30...+50

### 6.1.2 Оцінка рівня якості

При кількісній характеристиці властивостей виробу середній показник якості виробу в порівнянні з базовим можна представити як:

$$K_{T.P.} = \sum_{i=1}^n \phi_i q_i, \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість параметрів виробу, які прийняті для оцінки;

$\phi_i$  – коефіцієнт, який враховує значення  $i$ -го показника;

$q_i$  – одиничний коефіцієнт якості по  $i$ -му показнику.

Для аналізу рівня якості приладу що проектується вибираємо наступні показники:

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

1. Час спрацювання
2. Діапазон робочих температур
3. Діапазон вимірювальних температур
4. Герметичність

В нашому випадку відносні показники якості по будь-якому з приведених параметрів  $q$  знаходяться в лінійній залежності від якості і будуть визначатись по формулам:

$$q_i = P_{Hi} / P_{zi} \quad \text{або} \quad q'_i = P_{zi} / P_{Hi}, \quad (6.2)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{zi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового та базового виробів.

В якості базового виробу обираємо «O&O» CDS (282 €).

Перша формула використовується при розрахунку відносних показників

якості, коли збільшення величини параметру веде до покращення якості виробу, а друга – коли зі збільшенням величини параметру якість виробу погіршується.

Значення відносного показника якості повинно бути більше одиниці, при покращенні  $i$ -го показника якості та менше одиниці – при його погіршенні.

Результати розрахунку приведені в табл. 6.2.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 6.2

Параметр	Варіанти		Відносний показник якості
	Базовий	Новий	
Напруга живлення, В	220	220	1
Максимальний струм, А	3	3,2	1,07
Напруга блока живлення DC, В	24	12	2
Кількість виконавчих пристроїв	4	2	0,5
Клас захисту, IP	54	55	1,02
Температура навколишнього середовища, °C	-20...+60	- 30...+50	1

Важливість кожного параметру в загальній кількості що розглядаються при оцінці параметрів визначається методом попарного порівняння. Після детального обговорення та аналізу кожен експерт оцінює ступінь важливості параметрів шляхом присвоєння їм рангів. Результати експертного ранжування зведені в таблицю 6.3.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Визначення можливості використання результатів ранжування параметрів для подальших розрахунків проводяться на основі розрахунку коефіцієнта конкордації (погодженості) експертних оцінок.

Таблиця 6.3 Результати ранжування параметрів

Назва параметру	Ранг параметру по оцінці експерта							Сума рангів $R_i$	Відхилення $\Delta_i$	$\Delta_i^2$
	1	2	3	4	5	6	7			
Напруга живлення, В	4	5	5	5	4	6	4	33	8,5	72,25
Максимальний струм, А	5	6	3	4	5	4	5	32	7,5	56,25
Напруга блока живлення DC, В	1	2	1	1	1	1	2	9	-15,5	240,25
Кількість виконавчих пристроїв	2	1	2	3	2	2	1	13	-11,5	132,25
Клас захисту, IP	3	3	4	2	3	3	3	21	-3,5	12,25
Температура навколишнього середовища, °C	6	4	6	6	6	5	6	39	14,5	210,25
Сума	21	21	21	21	21	21	21	147	0	723,5

Сума рангів  $R_j$  по кожному стовпцю дорівнює:

$$R_j = \frac{n(n+1)}{2} = \frac{6(6+1)}{2} = 21. \quad (6.3)$$

Визначаємо суму рангів кожного показника (по строкам)

$$R_i = \sum_{l=1}^N r_{il}, \quad (6.4)$$

де  $r_{il}$  – ранг  $i$ -го параметру, визначений  $l$ -м експертом;

$N$  – число експертів.

Проводять перевірку загальної суми рангів, яка рівна:

$$R_{ij} = \frac{N \cdot n(n+1)}{2} = \frac{7 \cdot 6(6+1)}{2} = 147. \quad (6.5)$$

Визначаємо середню суму рангів по формулі:

$$T = \frac{1}{n} R_{ij} = \frac{1}{6} \cdot 147 = 24,5. \quad (6.6)$$

Визначаємо відхилення суми рангів кожного параметру ( $R_i$ ) від середньої суми рангів ( $T$ ) за формулою  $\Delta_i = R_i - T$  та заносимо значення в таблицю.

Сума відхилень по всіх параметрам повинна бути рівна нулю.

Визначаємо квадрат відхилень по кожному параметру ( $\Delta_i^2$ ) та загальну суму квадратів відхилень:

$$S = \sum_{n=1}^n \Delta_i^2 = 72,25 + 56,25 + 240,25 + 132,25 + 12,25 + 210,25 = 723,5.$$

Визначаємо коефіцієнт погодженості (конкордації):

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 723,5}{7^2 \cdot (6^3 - 6)} = 0,84. \quad (6.7)$$

Коефіцієнт погодженості може мати значення в інтервалі від 0 до 1.

При повній погодженості точок зору експертів  $W = 1$ . Чим більше

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

відрізняються точки зору експертів, тим меншою буде величина  $W$ . Розрахована величина  $W$  порівнюється з нормативною  $W_H$ . Якщо  $W$  більше або рівне  $W_H$ , то певні дані заслуговують довіри та придатні до використання. Для електровимірювальних та радіотехнічних виробів  $W_H = 0,77$ .

Бачимо, що значення коефіцієнта  $W > W_H$  (для радіотехнічних виробів нормативне значення коефіцієнта  $W_H = 0,77$ ). Це означає, що отримані дані придатні для подальшого використання.

Визначений коефіцієнт погодженості більше нормативного. Коефіцієнт, який враховує важливість  $i$ -го показника виробу, розраховують методом розстановки пріоритетів, відповідно до якого пріоритет одного показника якості виробу перед іншим визначає експертна комісія, яка добре знає область

Для експертизи їм було запропоновано незалежно один від одного попарно порівняти всі показники між собою. При цьому необхідно було дати оцінку переваги одного показника перед іншим (більш важливий, менш важливий, рівноцінні). Знаку "більше", "менше" або "рівно" відповідає певний коефіцієнт переваги, на основі якого розраховують відносні оцінки – пріоритет.

На сьогодні найбільш широко використовуються такі значення коефіцієнтів переваги ( $a_{ij}$ ): "більше" – 1.5; "менше" – 0.5; "рівно" – 1.0.

У випадку з оцінкою показників параметрів блоків керування, рівнозначних параметрів немає, тому є тільки два варіанти оцінки: "більше" або "менше".

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

На основі числових даних  $X_{ij}$  складемо квадратну матрицю:

$$A = \|x_{ij}\| \quad (6.8)$$

Таблиця 6.4 Попарне порівняння параметрів

$X_i \ X_i \ X_i$	Параметри $X_j$ ,						Перша		Друга	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$b_i$	$\varphi_i$	$b'$	$\varphi'_i$
$X_1$	1.0	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	4.5	0.125	23.75	0.12
$X_2$	1.5	1.0	0.5	1.5	1.5	0.5	6.5	0.181	34.75	0.175
$X_3$	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	0.5	7.5	0.208	41.75	0.21
$X_4$	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	3.5	0.097	19.75	0.099
$X_5$	1.5	0.5	0.5	1.5	1.0	0.5	5.5	0.153	28.75	0.145
$X_6$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	8.5	0.236	49.75	0.251
Всього							36	1.0	198.5	1.0

Розрахунок вагомості (пріоритетності) кожного параметра  $\varphi_i$ :

$$b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} ; \quad \varphi_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (6.9)$$

$b_i$  — вагомість  $i$ -го параметра за результатами оцінок всіх експертів; визначається як сума значень коефіцієнтів переваги ( $x_{ij}$ ) даних усіма експертами по  $i$ -му параметру.

Відносні оцінки вагомості ( $\varphi_i$ ) розраховують поки наступне значення буде незначно відхилитися від попереднього (менше 5%). На другій і наступних ітераціях значення коефіцієнта вагомості ( $\varphi'_i$ ) розраховується так:



$$\varphi'_i = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^n b'_i}, \quad (6.10)$$

де  $b'_i$ , визначається

$$b'_i = a_{i1}b_{i1} + a_{i2}b_{i2} + \dots + a_{in}b_{in}.$$

Відносна оцінка, яка отримана на останній ітерації розрахунків, приймається за коефіцієнт вагомості ( $\varphi_i$ )  $i$ -го параметру. За абсолютним значенням ( $\varphi_i$ ) судять про вагомість (пріоритетність) певного параметра виробу. Обчислимо рівень якості:

$$K_{p.я.} = \sum_{i=1}^n \varphi_i q_i = 1.205 \quad (6.11)$$

#### Висновок

Отже, за обраними для порівняння параметрами блок керування, що розробляється, та двома заводськими закордонного виробництва, виходить що розроблений блок керування має вищий рівень якості в порівнянні з блоками керування закордонного виробництва.

#### 6.2 Розрахунок собівартості виробу

Розрахунок собівартості виконується у відповідності з погодженим переліком статей витрат. При цьому необхідно враховувати тип виробництва (дрібносерійне).

Витрати на придбання матеріалів розраховуються на основі норм їх використання та цін з урахуванням транспортно-заготівельних витрат.

$$C_M = K_{T.3.} \sum_{i=1}^n q_{BMi} C_{Mi} \quad (6.12)$$

де  $q_{BMi}$  – норма витрат  $i$ -го матеріалу на одиницю продукції, грн.;

$C_{Mi}$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу;

$K_{T.3.}$  – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

( $K_{Т.з.} \sim 1.05 - 1.1$ ).

Розрахунок зведено в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 Витрати на матеріали

Матеріал	Стандарт або марка	Одиниц я виміру	Норма витратвиро	Ціна одиниці	Сума, грн
1. Припой	LC60-0.25/0.1	кг	0.015	508	22,86
2. Флюс	L-NC-3200-LF	кг	0.1	72	7,2
3. Склотекстоліт	СФ2-35Г-1.0	м <sup>2</sup>	0,015	800	12
4. Фарба	КФП-2	л	0.1	50	5
5. Захисне	СИМ-02	л	0.02	487	9,75
Разом					56,81
Невраховані матеріали, 10%					5,68
Транспортно- заготівельні витрати, 10 %					5,68
Всього					68,17

Покупні комплектуючі вироби, напівфабрикати, роботи та послуги виробничого характеру інших підприємств та організацій.

Витрати по цій статті розраховуються аналогічно витратам на матеріали, виходячи з необхідної кількості покупних виробів, напівфабрикатів та їх цін.

Розрахунки зведені до таблиці 6.6.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Таблиця 6.6 Витрати на покупні вироби та напівфабрикати

№ п/п	Найменування виробу, компонента, напівфабриката	Корпус	Кількст., шт	Ціна, грн./шт	Сума, грн.
1	Мікросхема ATmega64A-AU	TQFP64	1	48,20	48,20
2	Мікросхема ST485BDR	SO8-150-1.27	2	5,8	11,6
3	Мікросхема PT4115	SOT89-5	2	6	12
4	Мікросхема MOC3051M	DIP6	2	2	4
5	Мікросхема PC817	DIP4	1	0,9	0,9
6	Мікросхема AT24C16	SO8-150-1.27	1	4	4
7	Мікросхема CD4050	SO16-150	3	2,3	7,1
8	Мікросхема L78M05	DPAK	1	3,18	3,18
9	Мікросхема ACS712	SO8-150-1.27	2	50,25	100,5
10	Транзистор IRFR024NTRPBF	DPAK	6	8,34	50,04
11	Транзистор 2N7002	SOT23	11	0,75	8,25
12	Симистор BTA16-800BRG	TO-220	2	17,75	35,50
13	Діод LL4148	SOD-80	4	0,5	2
14	Діод SS14	SMA	2	0,75	1,5
15	Діод SS34	SMC	1	2,17	2,17
16	Діод S1M	SMA	2	2	4
17	Супресор SMAJ5.0A	SMA	4	1,2	4,8
18	Індуктивність SMD 0705 56-82 uH 0,7-1 A	SMD 0705	2	10	20
19	Реле 1form-C coil=5vdc cont=16a 240vac / 16a 30vdc LMR1H-12D		4	26.62	106,4
20	Потенціометр вивідний регулювання зверху 4,7 кОм	6,4x7,5x6,35	2	1,75	3,5
21	Кнопка тактова 2-х виводна 3.5x6 DTS-3 (ТАСТ-35N-F)	3.5x6	2	1,25	2,5
22	Перемикач DIP Switch 8-ми контактний DS-08	DIP16	1	24	24
23	Кварцовий резонатор КХ-3НТ 14.74560 MHz	HC49/U3H	1		3,5
24	Конденсатор електролітичний	13x21mm	1		1,3

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Продовження табл. 6.6

	1000uF 25V 13x21mm				
25	Конденсатор електrolітичний 220uF 10V ECR 6x11mm	6x11mm	1		0,3
26	Клемник 3 секц. Під накладку 5 мм 2EDGV-5.0-03P-14-00A(H)		1	11	11
27	Накладка до клемника 3 секц. 5 мм 2EDGK-5.0-03P-14-00A(H)		1	11	11
28	Клемник 5 секц. Під накладку 5 мм 2EDGV-5.0-05P-14-00A(H)		2	17	34
29	Накладка до клемника 5 секц. 5 мм 2EDGK-5.0-05P-14-00A(H)		2	17	34
30	Клемник 8 секц. Під накладку 5 мм 2EDGV-5.0-08P-14-00A(H)		1	10	10
31	Накладка до клемника 8 секц. 5 мм 2EDGK-5.0-08P-14-00A(H)		1	10	10
32	Клемник 10 секц. Під накладку 5 мм 2EDGV-5.0-10P-14-00A(H) (Можливість набрати 5+5)		1	13	13
33	Накладка до клемника 10 секц. 5 мм 2EDGK-5.0-10P-14-00A(H) (Можливість набрати 5+5)		1	13	13
34	Клемник 12 секц. Під накладку 5 мм 2EDGV-5.0-12P-14-00A(H) (Можливість набрати 6+6)		1	16	16
35	Накладка до клемника 12 секц. 5 мм 2EDGK-5.0-12P-14-00A(H) (Можливість набрати 6+6)		1	16	16
36	Клемник на плату 2-х контактний 5 мм ТВ306-210		2	3	6
37	Тримач запобіжника з накладкою з відстанню між выводами 22,6мм PTF78 ZHL78		2	2	4
38	Самовідновлюючий запобіжник	SMD1206	6	2	4

Продовження табл. 6.6

	1206 30V 0,2A FSMD020-1206				
39	Самовідновлюючий запобіжник 1206 30V 0,35A FSMD035-1206	SMD1206	6	2	4
40	Самовідновлюючий запобіжник 1812 16V 1,6A FSMD160-16R	SMD1812	6	2	4
41	Самовідновлюючий запобіжник вивідний 16V (і більше) 3A		1	2	4
42	Світлодіоди SMD0805 Зелені	SMD0805	18	0,48	8,64
43	Світлодіоди SMD0805 Червоні	SMD0805	24	0,48	11,52
44	Світлодіоди SMD0805 Сині	SMD0805	2		1,2
45	Світлодіоди SMD0805 Жовті	SMD0805	2		1,2
46	Роз'єм під пайку на плату WF-12		1	1	1
47	Роз'єм під обжимку на шлейф HU-12		1	1	1
48	Роз'єм під пайку на плату WF-10		1	1	1
49	Роз'єм під обжимку на шлейф HU-10		1	1	1
50	Розетка на плату однорядна 1x6, крок 2.54 мм PBS-6		2	1	2
51	Резистор SMD1206 5% 360 Ом	SMD1206	2		0,1
52	Резистор SMD1206 5% 330 Ом	SMD1206	2		0,1
53	Резистор SMD1206 5% 120 Ом	SMD1206	2		0,1
54	Резистор SMD1206 5% 20 кОм	SMD1206	3		0,1
55	Резистор SMD0805 5% 120 Ом	SMD0805	2		0,1
56	Резистор SMD0805 5% 470 Ом	SMD0805	30		0,4
57	Резистор SMD0805 5% 100 кОм	SMD0805	41		0,5
58	Резистор SMD0805 5% 10 кОм	SMD0805	10		0,15
59	Резистор SMD0805 5% 4,7 кОм	SMD0805	20		0,25
60	Резистор SMD0805 5% 2 кОм	SMD0805	10		0,15
61	Резистор SMD0805 5% 1 кОм	SMD0805	22		0,25
62	Резистор SMD0805 5% 0,26 Ом	SMD0805	5		0,2
63	Конденсатор SMD0805 100 нФ	SMD0805	11		0,5
64	Конденсатор SMD0805 22 пФ	SMD0805	2		0,1

Продовження табл. 6.6

65	Конденсатор SMD0805 1 нФ	SMD0805	18		1
66	Корпус Z95	Z95	1	250	250
67	Виробництво плати		1	80	80
68	Блок живлення		1	120	120
Разом					137,8
Транспортно-заготівельні витрати (5%)					6,89
Всього					194,6 9

### Основна заробітна плата

Витрати за цією статтею розраховуються по кожному виду робіт (операцій) залежно від норми часу (нормативної трудомісткості) та погодинної тарифної ставки робітників

$$C_{з.о.} = \sum_{i=1}^n C_{Ti} t_{ш_i}, \quad (6.13)$$

де  $C_{Ti}$  — погодинна тарифна ставка для і-го виду робіт (операцій), грн;

$t_{ш_i}$  - норма часу для і-го виду робіт (операцій), н. годин.

Погодинні тарифні ставки визначаються виходячи з часових тарифних ставок першого розряду  $C_T$  та тарифних коефіцієнтів  $K_T$ .

Погодинна тарифна ставка першого розряду регулюється тарифним співвідношенням:

$$C_T = Z_{\min} / F_m, \quad (6.14)$$

де  $Z_{\min}$  — мінімальна зарплата по Україні;

$F_m$  — місячний фонд робочого часу.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Визначимо трудомісткість складально-монтажних робіт за типовими нормами часу. Це необхідно для того щоб визначити трудомісткість всього виробу. Повна трудомісткість буде визначатися по формулі:

$$T_B = \frac{T_{C.M.}}{K_{C.M.}}. \quad (6.15)$$

Для цього складемо таблицю де будуть враховуватись всі операції складання пристрою.

Таблиця 6.7 Трудомісткість складально-монтажних робіт

№ п/п	Назва операції та її зміст	Норма часу, хв.	Кількість елементів	Сумарний час, хв.
1.	Підготовка до складання	1	3	9
2.	Встановлення плати в корпус	2	1	2
3.	Встановлення блока живлення в корпус	1	1	1
4.	Закручування гвинтів	1	6	6
5.	Перевірка функціональності	8	1	8
Сумарна трудомісткість врахованих витрат				26
Інші невраховані роботи				5
Всього				31

Визначимо трудомісткість складально-монтажних робіт в годинах:

$$T_{C.M.}(ч.год.) = \frac{T_{C.M.}(хв)}{60} = \frac{31}{60} = 0,52 \text{ (год)}, \quad (6.16)$$

де  $T_{C.M.}(хв) = 31$  – час складально-монтажних робіт у хвиликах.

Загальний час виготовлення виробу:

$$T_B = 0,5 \text{ години},$$

Розраховуємо основну заробітну плату за формулою:

$$X_3 = T \cdot C_{\text{час}} = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ (грн)},$$

де  $C_{\text{час}}$  – почасовая тарифная ставка,  $C_{\text{час}} = 60$  грн.;

$T$  – трудоємність годин .

Оскільки виріб збирає висококваліфікований робітник, то тарифна ставка у нього досить висока і рівна 60 грн./год.

Додаткова заробітна плата працівників

Додаткова заробітна плата працівників визначається у відсотках до основної зарплати (норматив 30 – 40 %, беремо 35%):

$$X_4 = X_3 \cdot 0,35 = 30 \cdot 0,35 = 10,5 \text{ (грн)}.$$

Єдиний соціальний внесок

За діючими на 10.02.2016 р. нормативами відрахування для приладобудівних підприємств на всі види соціального страхування складає 22% від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$\begin{aligned} X_5 &= (X_3 + X_4) \cdot 0,22 \\ &= (30 + 10,5) \cdot 0,22 = 8,91 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

Загальновиробничі витрати

Загально виробничі витрати визначаються у відсотках до основної зарплати (норматив 200 – 300%, беремо 250%):

$$X_6 = X_3 \cdot 2,5 = 30 \cdot 2,5 = 75 \text{ (грн)}.$$

Адміністративні витрати

Адміністративні витрати визначають у відсотках від основної зарплати (норматив 100 - 200%, беремо 150%):

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$X_7 = X_3 \cdot 1,5 = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ (грн)}.$$

Виробнича собівартість

Визначимо виробничу собівартість:

$$\begin{aligned} C_{II} &= X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 = \\ &= 68,17 + 1194,69 + 30 + 10,5 + 8,91 + 75 + 45 = 1432,27 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

де  $X_1 = 68,17$  грн. – витрати на придбання матеріалів;

$X_2 = 1194,69$  грн. – витрати на придбання виробів та напівфабрикатів.

Витрати на збут

Витрати на збут визначають у відсотках від виробничої собівартості (норматив 0,5 – 2 %, беремо 1,2%):

$$X_8 = C_{II} \cdot 0,012 = 1432,27 \cdot 0,012 = 17,19 \text{ (грн)}.$$

Повна собівартість

Визначимо повну собівартість виробу:

$$C = C_{II} + X_8 = 1438,55 + 17,27 = 1455,82 \text{ (грн)}.$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця 6.8 Підрахунок собівартості приладу

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн.	Питома вага, %
1	Сировина та матеріали	68,17	4,7
2	Покупні комплектуючі вироби, напівфабрикати, роботи та послуги виробничого характеру інших підприємств та організацій	1194,69	82,34
3	Основна зарплата	30	2
4	Додаткова зарплата	10,5	2,15
5	Єдиний соціальний внесок	8,91	0,6
6	Загальновиробничі витрати	75	5
7	Адміністративні витрати	45	3,1
Виробнича собівартість – ВСЬОГО		1432,27	98,82
8	Витрати на збут	17,19	1,18
Повна собівартість - ВСЬОГО		1449,46	100

### 6.3 Визначення ціни виробу

#### 6.3.1. Нижня межа ціни

Нижня границя ціни ( $C_{н.г.}$ ) захищає інтереси виробника продукції та передбачає що ціна повинна покривати витрати виробника, пов'язані з виробництвом та реалізацією продукції, та забезпечити рівень рентабельності не нижче того, який має підприємства при виробництві вже освоєної продукції.

$$C_{н.г.} = C_{опт.п.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{ндс}}{100}\right), \quad (6.17)$$

$$C_{\text{опт.п.}} = C_{\text{пол.}} \cdot \left(1 + \frac{P_H}{100}\right).$$

де  $C_{\text{опт.п.}}$  – оптова ціна підприємства, грн;

$C_{\text{пол.}}$  – повна собівартість виробу, грн;

$P_H$  – нормативний рівень рентабельності, (10 %);

$\alpha_{\text{НДС}}$  – податок на додану вартість, % (20 %).

$$C_{\text{опт.п.}} = C_{\text{пол.}} \cdot \left(1 + \frac{P_H}{100}\right) = 1449,46 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 1594,4 \text{ (грн)};$$

$$C_{\text{н.г.}} = C_{\text{опт.п.}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{\text{НДС}}}{100}\right) = 1594,4 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 1913,28 \text{ (грн)}.$$

### 6.3.2. Верхня межа ціни

Верхня границя ціни ( $C_{\text{в.г.}}$ ) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий заплатити за продукцію з кращими споживацькими якостями.

$$C_{\text{в.г.}} = C_B \cdot K_{\text{т.р.}}; \quad (6.18)$$

де  $C_B = 282$  € – ціна базового виробу, грн.;

Ціна базового виробу компанії «О&О» CDS (282 €). Станом на 11.02.2016 року курс НБУ 29,15 грн за 1 €.

$$C_B = 282 \cdot 29,15 = 8220,3 \text{ грн}$$

$K_{\text{т.р.}}$  – рівень якості нового виробу відносно базового,  $K_{\text{т.р.}} = 1,205$ .

$$C_{\text{в.г.}} = C_B \cdot K_{\text{т.р.}} = 8220,3 \cdot 1,205 = 9864,36 \text{ (грн)}.$$

### 6.3.3 Договірна ціна

Договірна ціна ( $C_{\text{дог}}$ ) може бути встановлена в інтервалі між нижньою та верхньою ціновими границями

$$C_{\text{нг}} < C_{\text{дог}} < C_{\text{вг}};$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1913,28 \text{ грн.} < C_{\text{дог}} < 9864,36 \text{ грн.}$$

Візьмемо  $C_{\text{дог}} = 4000 \text{ грн.}$

#### 6.3.4. Визначення мінімального обсягу виробництва.

Собівартість річного випуску продукції:

$$C_p = a \cdot C_{\text{пов}} \cdot Q + b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X; \quad (6.19)$$

де  $C_{\text{пов}}$  – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$a$  – умовно-змінні витрати,  $a = 0,75$ ;

$b$  – умовно-постійні витрати,  $b = 0,25$ ;

$X$  – виробнича потужність виробництва  $X = 1500 \text{ шт/рік}$ ;

$Q$  – річний об'єм випуску продукції  $Q = 1000 \text{ шт/рік}$ ;

$$\begin{aligned} C_p &= a \cdot C_{\text{пов}} \cdot Q + b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X = \\ &= 0,75 \cdot 1449,46 \cdot 1000 + 0,25 \cdot 1449,46 \cdot 1500 = \\ &= 1087095 + 543547 = 1630642 \text{ грн} \end{aligned}$$

Вартість річного випуску продукції:

$$Q_p = C_{\text{дог}} \cdot Q; \quad (6.20)$$

$$Q_p = C_{\text{дог}} \cdot Q = 4000 \cdot 1000 = 4000000 \text{ (грн.)}$$

Об'єм продукції, при якому прибуток дорівнює 0:

$$Q_1 = \frac{b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X}{C_{\text{дог}} - a \cdot C_{\text{пов}}};$$

$$Q_1 = \frac{b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X}{C_{\text{дог}} - a \cdot C_{\text{пов}}} = \frac{0,25 \cdot 1449,46 \cdot 1500}{4000 - 0,75 \cdot 1449,46} = \frac{543375}{2913} = 186 \text{ шт.}$$

Об'єм продукції, при якому буде досягнуто запланований рівень рентабельності:

$$Q_2 = \frac{b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X \cdot (1 + \frac{P_H}{100})}{C_{\text{дог}} - a \cdot C_{\text{пов}} \cdot (1 + \frac{P_H}{100})}; \quad (6.21)$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$Q_2 = \frac{b \cdot C_{\text{пов}} \cdot X \cdot (1 + \frac{P_H}{100})}{C_{\text{дог}} - a \cdot C_{\text{пов}} \cdot (1 + \frac{P_H}{100})} = \frac{0,25 \cdot 1449,46 \cdot 1500 \cdot (1 + \frac{10}{100})}{4000 - 0,75 \cdot 1449,46 \cdot (1 + \frac{10}{100})} =$$

$$= \frac{597\,902}{2804} = 213$$

Річний прибуток при досягненні запланованого рівня рентабельності складе:

$$\Pi = (C_{\text{дог}} - C_{\text{пов}}) \cdot Q_2; \quad (6.22)$$

$$\Pi = (C_{\text{дог}} - C_{\text{пов}}) \cdot Q_2 = (4000 - 1449,46) \cdot 213 = 543363 \text{ (грн).}$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Основна увага в цьому розділі приділена питанням визначення і оцінки дії шкідливих і небезпечних факторів при розробці, виготовленню та експлуатації спроектованого блока керування гідравлічною станцією. У даному розділі запропоновані відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.

Так як даний проект виконується з використанням засобів обчислювальної техніки, то в першу чергу, передбачається, з урахуванням вимог ДСанПіН 3.3.2.007 та ДНАОП 0.00-1.31-99, визначити основні потенційно небезпечні і шкідливі фактори, що виникають при проектуванні блока керування ВДТ ПЕОМ, вплив цих факторів на користувачів ВДТ, розглянути принципи їх нормування, а також передбачити можливі комплексні заходи щодо запобігання шкідливого впливу цих факторів на людину. Також цьому розділі необхідно розробити відповідні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС).

### 7.1 Визначення основних потенційних шкідливих та небезпечних факторів при розробці блока керування використовуючи ВДТ ПЕОМ

Проектування проводиться за допомогою персонального комп'ютера (ПК). При проведенні повного циклу робіт з проектування потенційно – небезпечними та шкідливими факторами можуть бути:

- можливість ураження електричним струмом;
- електромагнітне та рентгенівське випромінювання ВДТ, ПЕОМ;
- електростатичне поле;
- механічні шуми, які пов'язані з роботою принтера і вентиляційної системи комп'ютера;

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

- значна напруга зорових органів і пов'язане з цим перевтомлення користувача ПЕОМ;
- значне навантаження на пальці і кисті рук, що при відсутності профілактики і медичного контролю, може викликати професійні захворювання,
- електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону;
- тривале перебування в одному й тому ж самому положенні сидячи, що викликає застійні явища в організмі людини;
- наявність іонізуючого рентгенівське випромінювання (НРВ);
- випромінювання оптичного діапазону (ультрафіолетове, інфрачервоне і випромінювання видимого діапазону);
- відблиски на екрані монітора.

При роботі на ПК людина піддається впливу іонізуючого, інфрачервоного й ультрафіолетового випромінювань екрана монітора, рівні яких повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з ВДТ ПЕОМ».

7.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

#### 7.2.1 Організація робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ

ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" встановлює норми щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК. Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними матеріалами, зокрема

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань.

Для того щоб забезпечити точне та швидке зчитування інформації в зоні найкращого бачення, площина екрана монітора виставлена перпендикулярно нормальній лінії зору. При цьому передбачена можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах  $\pm 30^\circ$  (справа наліво) та нахилу вперед до  $85^\circ$  і назад до  $105^\circ$  з фіксацією в цьому положенні. Клавіатура розміщена на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю. Кут нахилу клавіатури до столу обрано в межах від  $5^\circ$  до  $15^\circ$  так, що зап'ястя на долонях рук розташовуються горизонтально до площини столу. Таке положення клавіатури зручне для праці обома руками.

Робочі місця з ПК розташовано відносно від стіни з вікнами на відстані не менше 1,5 м, від інших стін — на відстані 1 м, відстань між собою - не менше ніж 1,5 м. Причому так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК передбачені сонцезахисні жалюзі.

Штучне освітлення робочого місця, обладнаного ПК, здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць під час роботи з ПК:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення - найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;
- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80



- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);
- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;

Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ЕОМ становить 10 хвилин через кожну годину роботи .

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомленості зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98.

### 7.2.2 Освітлення робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ

Штучне освітлення, а саме відсутність у спектрі ламп денного світла й ламп накаливання біологічно активної ультрафіолетової складової при тривалому впливі може призвести до ультрафіолетової недостатності, при якій знижуються бактерицидні властивості шкіри та імунітет.

Істотне значення для збереження тривалої працездатності, підвищення продуктивності праці має забезпечення норм освітленості на робочому місці. Величина освітленості регламентується нормами ДБН В.2.5-28-2006. Робоче приміщення належить до І групи – приміщення, у яких розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню.

Нормування штучного освітлення також здійснюється згідно ДБН В.2.5-28-2006. Для загального освітлення використовують головним чином люмінесцентні лампи, що обумовлено їхніми перевагами. Для розрахунку штучного освітлення застосовують метод коефіцієнта використання потоку:

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot C}, \quad (7.1)$$

де  $\Phi$  – світловий потік;  $E$  – нормована мінімальна освітленість;  $K$  – коефіцієнт запасу;  $S$  – освітлювана площа;  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

освітлення;  $C$  – коефіцієнт використання випромінюваного світильниками світлового потоку на розрахунковій площі;  $N$  – число світильників.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 визначаємо норму освітленості:

$$E = 300 \text{ лк}; K = 1,5; S = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2; Z = 1,2.$$

Необхідна кількість люмінесцентних ламп визначається по формулі:

$$N = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\Phi \cdot C} \quad (7.2)$$

Найбільш прийнятними для приміщення є люмінесцентні лампи ЛД (денного світла) потужністю 40 Вт. Нормальний світловий потік лампи ЛД-40 дорівнює  $\Phi = 2340$  лм. Величиною  $i$ , індексом приміщення можна встановити залежність від площі приміщення й висоти підвісу:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (7.3)$$

де  $A = 5$  м – довжина приміщення;  $B = 4$  м – ширина приміщення;  $h$  – висота підвісу;

$$h = H - h_p - h_c \quad (7.4)$$

де  $H = 3,5$  м – висота приміщення;  $h_p = 0,8$  м – висота робочої поверхні;

$h_c = 0,4$  м – висота від стелі до нижньої частини лампи;

$$h = 3,5 - 0,8 - 0,4 = 2,3 \text{ м};$$

$$i = \frac{4 \cdot 5}{2,3 \cdot (4 + 5)} = 0,97$$

Коефіцієнт використання світлового потоку на розрахунковій площі

$C = 0,3$ . У підсумку число світильників вийде рівним:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 1,2}{2340 \cdot 0,3} = 1,5$$

Для штучного освітлення в робочому приміщенні достатньо використати 2 люмінесцентні лампи денного світла ЛД-40, зі світловим потоком

$$\Phi = 2340 \text{ лм кожна.}$$

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

### 7.2.3. Виробничий шум

Допустимі шумові характеристики на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.037-99.

Зовнішні джерела шуму відсутні. Джерелами шуму в приміщенні є персональні комп'ютери, телефон, принтер, кондиціонер, голоси людей і т.д.

Припустимі рівні звукового тиску, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях нормуються відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99 та ДСН 3.3.6.037-99. Загальний рівень звуку в лабораторії не перевищує 50 дБА .

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 та ДСН 3.3.6.037-99 захист від шуму в приміщенні, створеного на робочих місцях внутрішніми джерелами повинна здійснюватися наступними методами: зменшенням шуму в джерелі, раціональним плануванням і акустичною обробкою робочого приміщення звукоізоляційними матеріалами.

### 7.2.4 Мікроклімат робочої зони

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря й інтенсивністю теплового випромінювання на робочому місці, температурою поверхні.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99 встановлюють оптимальне й припустиме значення параметрів мікроклімату залежно від періоду року й категорії робіт. У таблиці наведені оптимальні й припустимі значення параметрів мікроклімату для категорій тяжкості робіт «Іа» ( роботи, виконувані сидячи й не потребуючі фізичної напруги при витраті енергії не більше 120 ккал/година).

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1. Оптимальні й допустимі параметри (для постійного робочого місця) мікроклімату в приміщенні.

Параметри	Холодний період		Теплий період	
	оптимальні	допустимі	оптимальні	допустимі
Температура °С	22-24	21-25	23-25	22- 28
Відносна вологість, %	40-60	80	40-60	75
Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1	0,1	0,1-0,2

У приміщенні використовується 6-ти секційна чавунна батарея центрального опалення для підтримки нормальної температури повітря в холодну пору року. Також є кондиціонер для підтримки постійної температури в приміщенні.

Для підтримки необхідних параметрів повітря в приміщенні використовується природна вентиляція. У приміщенні є вікно, яке можна відкривати, якщо буде потреба в теплий період і кватирка - відкривається в холодний період. Шкідливі речовини в приміщенні не зберігаються й не використовуються.

Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042-99.

#### 7.2.5 Електробезпека

Згідно ОНТП24-86 та ПУЕ лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику ураження персоналу електричним струмом. Електроустаткування належить до приладів до 1000 В. Устаткування, що використовується, відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 належить до устаткування класів 0І (вимірювальні апарати), І (систем блока ПЕОМ) та ІІ (ВДТ ПЕОМ та допоміжної апаратури) за електрозахистом.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

У процесі експлуатації електронно-обчислювального обладнання людина може доторкнутися до частин електроустаткування, які перебувають під напругою. Оцінка небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини, і порівняння його із допустимим значенням відповідно до ГОСТ 12.1.038-88. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення.

При виконанні розрахунків для дипломного проекту використовувався персональний комп'ютер - I і II клас за електрозахистом, що живиться напругою 220 В. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини.

Напруга доторкання - це напруга між двома точками електричного кола, до яких одночасно доторкається людина. Гранично допустимі значення напруги доторкання та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху «рука-рука» чи «рука-ноги» регламентуються ГОСТ 12.1.038-88 (табл.7.2 і 7.3).

Таблиця 7.2. Граничнодопустимі значення напруги доторкання  $U_{дон}$  та сили струму  $I_{л}$ , що проходить через тіло людини при нормальному режимі електроустановки

Вид струму	$U_{дон}$ , В(не більше)	$I_{л}$ , мА (не більше)
Змінний, 50 Гц	2	0,3
Змінний, 400 Гц	3	0,4
Постійний	8	1,0

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому при таких значеннях людина, доторкнувшись до струмопровідних частин установки, здатна самостійно звільнитися від дії електричного струму.

Таблиця 7.3 Гранично допустимі значення напруги доторкання  $U_{дон}$  та  $I_L$ , що проходить через тіло людини при аварійному режимі електроустановки

Вид струму	Нормовані значення	Тривалість дії струму $t$ , с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	1,0
Змінний, 50 Гц	$U_{дон}$ , В	500	250	100	70	50	60
	$I_L$ , мА	500	250	100	70	50	60
Постійний	$U_{дон}$ , В	500	400	250	300	500	600
	$I_L$ , мА	500	400	250	300	500	600

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ-87, ГОСТ 12.1.009-76) є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби індивідуального захисту. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 і занулення відповідно до ПУЕ (з'єднання елементів, що перебувають під напругою, із глухо заземленою нейтраллю). Крім того, для

заземлення переносних частин обладнання застосовують спеціальне з'єднання.

#### 7.2.6 Розрахунок захисного відключення електромережі при аварійному режимі роботи електрообладнання

Виконаємо розрахунок ланцюга захисного відключення фазного проводу при короткому замиканні (КЗ). Струм КЗ можна обчислити за формулою:

$$I_{KЗ} = \frac{U_{\phi}}{R_H + R_{\phi} + Z_{TP}}, \quad (7.5)$$

де  $U_{\phi} = 220 \text{ В}$  - напруга фазного проводу;

$R_H = 2,4 \text{ Ом}$  - опір нульового проводу;

$R_{\phi} = 3 \text{ Ом}$  - опір фазного проводу;

$Z_{TP} \cong 0,1 \text{ Ом}$  - еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{KЗ} = \frac{220}{2,4 + 3 + 0,1} = 40 \text{ А}$$

Струм спрацьовування автоматів захисту з електромагнітним розпилювачем повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання при струмі до 100 А.

$$I_{СПР} = \frac{40}{1,4} = 28,6 \text{ А}$$

Таким чином, струм спрацьовування автомата повинен бути менше 28,6 А. Розрахуємо напругу дотику до корпусів електрообладнання при короткому замиканні:

$$U_{ДОТ} = I_{KЗ} \cdot R_0 = 40 \cdot 2,4 = 96 \text{ В}$$

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-88, щоб ця напруга була безпечна для людини, необхідно використовувати автомати максимального струмового захисту у яких час спрацьовування менше 0,8с.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автомати максимального струмового захисту, встановлені у лабораторії задовольняють умовам ( $I_{\text{СПР}} < 28,6 \text{ А}$ ,  $T_{\text{СПР}} < 0,8 \text{ с.}$ ).

Із проведених розрахунків видно, що у лабораторії основним захистом від поразки електричним струмом є занулення та застосування пристроїв максимального струмового захисту.

#### 7.2.7 Заходи щодо поліпшення умов праці в лабораторії

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок про доцільність застосування повторного заземлення нульового проводу електромережі, що дозволяє зменшити напругу дотику, як при нормальному так і при аварійному режимах роботи електрообладнання.

Виконуємо розрахунок повторного заземлення нульового проводу

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) обмежують найбільші опори заземлення,  $R_{\text{Д}}$ : при сумарній потужності генераторів або трансформаторів в мережі живлення не більше 100 кВт або 100 кВА – 10 Ом; в інших випадках – 4 Ом;

При використанні штучного заземлення повинна виконуватись умова

$$R < R_{\text{Д}}.$$

Нехай тип заземлення – вертикальний електрод – стержень довжиною 4 м і діаметром  $d = 0.01 \text{ м}$ . Питомий опір ґрунту  $\rho - 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  (для суглинку). З урахуванням кліматичного коефіцієнта  $\Phi = 2$ , маємо:

$$\rho_{\text{РОЗРАХ}} = \rho \cdot \Phi = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначимо опір розтікання струму заземлювачів:

$$R_{1\phi} = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left[ \ln \left( \frac{2L}{d} \right) + 0.5 \cdot \ln \left( \frac{4t + L}{4t - L} \right) \right] \quad (7.6)$$

де  $\rho = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;  $L = 4 \text{ м}$ ;  $d = 0,01 \text{ м}$ ;  $t = 4 \text{ м}$ .

Підставивши числові значення, маємо:

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$R_{1в} = \frac{200}{2\pi \cdot 4} \cdot \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot 4}{0,01}\right) + 0,5 \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 4 + 4}{4 \cdot 4 - 4}\right) \right] = 55,2 \text{ Ом}$$

Таким чином, опір штучного заземлювача більше нормованого значення, тому необхідно паралельно з'єднати декілька однотипних заземлювачів:

$$R_{зв\Sigma} = \frac{R_1}{n \cdot \eta_E}, \quad (7.7)$$

де  $\eta_E \approx 0,5$  – коефіцієнт, що враховує взаємне екранування заземлювача;  $n = 20$ ;  $L/a = 1$  ( $a$  – відстань між заземлювачами), заземлювачі розташовані по контуру.

$$R_{зв} = 5,52 \text{ Ом}$$

Довжина сполучної смуги:

$$L_{\text{спол}} = a \cdot n = 4 \cdot 20 = 80 \text{ м}$$

Ширина смуги 0.02м, а відстань від смуги до поверхні землі 1м. Тоді опір розтікання струму сполучної смуги:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_{\text{спол}}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot L_{\text{спол}}^2}{B_{\text{спол}} \cdot H_{\text{спол}}}\right) = \frac{200}{2\pi \cdot 80} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 80^2}{0,01 \cdot 1}\right) = 5,32 \text{ Ом}$$

З урахуванням коефіцієнта використання смуг  $\eta_{\Pi} = 0,8$ :

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Pi}}{\eta_{\Pi}} = 6,65 \text{ Ом}$$

Еквівалентний опір заземлювача складається з паралельно включених  $R_{\Pi}$  і  $R_{зв}$ :

$$R_{\text{ЕКВ}} = \frac{R_{\Pi} \cdot R_{зв\Sigma}}{R_{\Pi} + R_{зв}} = \frac{5,52 \cdot 6,65}{5,52 + 6,65} = 3,1 \text{ Ом}$$

Отримане значення опору заземлювача отримали менше гранично допустимого  $R_{\text{Д}}$ .

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

### 7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

БНС регламентується ПЛАС (ДНАОП 0.00 – 4.33 – 99). Одними з основних складових ПЛАС є розробка технічних та організаційних рішень щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу лабораторії у надзвичайних ситуаціях, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.

7.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

- поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;
- трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";
- ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових показників напрямку евакуації;
- дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів;

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про НС. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну у разі виникнення будь-якої іншої НС.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення.

СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС.

Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам пунктів 1.6.13, 1.6.14, 1.6.15 ДБН В.2.5-13 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд".

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

- у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
- у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Допускається використовувати евакуаційні світлові покажчики, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення.

Вимоги до світлових покажчиків "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення".

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з ПУЕ від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо.

Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

### 7.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

У разі виникнення надзвичайної ситуації (НС) працівник, який її помітив, повинен:

- негайно повідомити про це засобами зв'язку органи МНС та Державну пожежну охорону, вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення НС, наявність людей, а також своє прізвище;

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- повідомити про НС керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства;
- організувати оповіщення людей про НС;
- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;
- вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів.

Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення НС, повинні :

- перевірити, чи викликані підрозділи МНС та підрозділи Державної пожежної охорони;
- вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та їх рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації наслідків НС;
- перевірити здійснення оповіщення людей про НС;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації наслідків НС;
- організувати зустріч підрозділів МНС та Державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації та ліквідації НС.

Після прибуття на пожежу підрозділів МНС та Державної пожежної охорони повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

### 7.3.3 Пожежна безпека

У лабораторії знаходиться значна кількість твердих горючих речовин і матеріалів (дерев'яні меблі, пластмасові вироби, гума, папір, що поглинає покриття на стінках). Згідно НАПБ Б.07.005-86 «Визначення категорій приміщень та споруд з вибухопожежної та пожежної безпеки», лабораторія

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відноситься до пожежонебезпечних приміщень категорії В (тверді горючі й важкогорючі речовини й матеріали, речовини й матеріали, які при взаємодії з водою, киснем, повітря або один з одним здатні тільки горіти).

Згідно з класифікацією робочих зон відповідно до ДНАОП 0.00-1.32-01 робочих зон лабораторії, які відноситься до зон класу П-Па - пожежонебезпечне, що містять тверді горючі речовини, нездатні переходити у зважений стан.

Джерелами загоряння можуть бути електричні іскри, коротке замикання, перевантаження електропроводки, несправність апаратури, паління в приміщенні. Тому для запобігання пожежі в приміщенні проводяться пожежно-профілактичні заходи: застосування запобіжників в електричних мережах, використання пилонепроникних сполучних і розподільних коробок, а також проводиться інструктаж з техніки пожежної безпеки.

Відповідно до ДСТУ 3675-98 12.4.009-75 та ISO 3941-77 у науково-дослідницькій лабораторії знаходяться два вогнегасника: вуглекислотний типу «ОУ-5» і порошковий «ОП-2». «ОУ-5» розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч із вихідними дверима.

У коридорі знаходяться коробки, у яких знаходиться пожежний кран і рукав, а також знаходиться вогнегасник типу «ОХП-2». В обох кінцях коридору знаходяться телефонні апарати, над якими знаходяться таблички з номерами телефонів для виклику внутрішньої, а також, якщо потрібно, міської пожежної охорони.

У лабораторії є план евакуації у випадку виникнення пожежі. Дотримано усі вимоги СНиП 2.09.02-85 по вогнестійкості будинку і ширині евакуаційних проходів і виходів із приміщень назовні. Значення основних параметрів шляхів евакуації приведені в таблиці 7.4.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Табл. 7.4. Характеристики і норми евакуаційних виходів

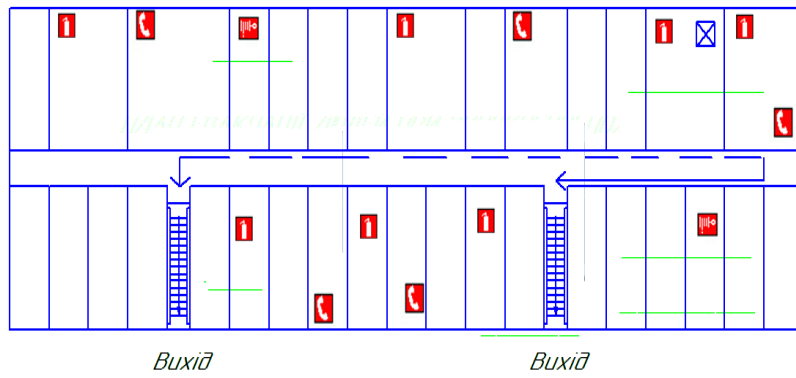
Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,0 м	Не менше 2 м
Ширина дверних прорізів	1,5 м	Не менше 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	Більше 1,5 м	Не менше 1 м
Ширина коридору	3 м	Не менше 2 м
Число виходів з коридору	2	Не менше 2
Ширина сходової клітки	1,5 м	Не менше 1 м
Висота поруччя сходів	1 м	Не менше 0,9 м

У робочому приміщенні виконані всі вимоги НАПБ А.01.001-2004 «Правил пожежної безпеки України».

Таким чином, у лабораторії забезпечуються технічні та організаційні рішення з пожежної безпеки.

ПЛАН ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПРИ ВИНИКНЕННІ ПОЖЕЖІ

4 ПОВЕРХ



					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96



## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті був розроблений блок керування гідравлічною станцією. Розроблений пристрій має змогу керувати двома виконавчими механізмами (болардами), що є великою перевагою для забезпечення мобільності виконання завдань.

На основі аналізу аналогів буда розроблена принципова схема блока керування та враховані всі їхні недоліки. Було максимально використано функціональні можливості мікроконтролера для забезпечення поставленої цілі.

Була проведена розробка конструкції приладу з обґрунтування прийнятих конструкторських рішень. Основним функціональним вузлом, розроблюваним у дипломному проекті, була друкована плата. Були проведені усі необхідні конструкторські розрахунки та проведений аналіз технологічних рішень по створенню друкованої плати. Наведено аналіз надійності і теплового режиму установки.

Результатом проведеної роботи є конструкторська документація, необхідна для виготовлення пристрою на практиці, а саме схема електрична принципова, складальне креслення виробу та окремо друкованої плати, а також трасування друкованої плати.

У «Організаційно-економічному розділі» був проведений аналіз доцільності виходу на ринок нової розробки, визначено мінімальний об'єм виробництва продукції, собівартість і мінімальну ціну блока керування гідравлічною станцією.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» була проведена оцінка дії шкідливих і небезпечних факторів при розробці, виготовленню та експлуатації спроектованого блока керування гідравлічною станцією. Запропоновані відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.

					РА41с.468332.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fadini – [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.fadini.net> – назва з екрана.
2. Pilomat – [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.pilomat.com> – назва з екрана.
3. Datasheet Atmel-8160E-ATmega64A.
4. Datasheet N-Channel MOS field-effect RF Power transistor 2N7002.
5. Datasheet 30V, 1.2A Step-down High Brightness LED Driver Dimming PT4115.
6. Datasheet Surface Mount Schottky Barrier RectifierSS14.
7. Datasheet Positive Voltage Regulators L78M05.
8. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА. Под ред. К. Б. Круковского- Синевича, Ю. Л. Мазора. – Вища шк., 1992. – 494 с.
9. А. Медведев. Печатные платы. Конструкции и материалы. Москва: Техносфера, 2005. – 304 с. ISBN 5-94836-026-1.
10. Никулин С. М. Надежность элементов радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1979. – 80 с., ил. – (Массовая радиобиблиотека
11. Мэнгин Ч.-Г., Макклелланд С. Технология поверхностного монтажа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 276 с., ил. ISBN 5-03-001485-3.
12. Головінська Н.С., Тисячна Л.М., Ямкова Л.В., Козьякова Т.В. – Методичні вказівки до виконання організаційно-економічного розділу дипломних проектів. КПІ. 2005 .
13. Каштанов С.Ф. – Охорона праці. Навчальний посібник. КПІ. 2012.

					<b>РА41с.468332.001ПЗ</b>	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		