

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потєбні

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка авторульового пристрою для керування човном

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1530-с
спеціальності 153 Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми 153 Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації 153 Мікро- та наносистемна техніка

(код і назва спеціалізації)

Гречнев Д.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент,
к.т.н., Небеснюк О.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.В.Критська

« » травня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гречнев Дмитро Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка авторульового пристрою для керування човном

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17 січня 2023 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: авторульова система на основі магніто-модуляційного зонду та пристрою керування; живлення 12 В з можливістю керування чутливості

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Автоматичні рульові пристрої. Етапи створення та класифікація
2 Розробка магніто -модуляційного пристрою для утримання човна на курсі. 3
Охорона праці та техногенна безпека

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Л1- Структурна схема пристрою. Л2- Схема електрична принципова авторульового пристрою. Л3 Складальне креслення та результати моделювання

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|--------|---|------------------|
| | | завдання прийняв |
| I | <i>Небеснюк О.Ю.</i> | 01.02.2023 |
| II | <i>Небеснюк О.Ю.</i> | 02.04.2023 |
| III | <i>Небеснюк О.Ю.</i> | 28.04.2023 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

7. Дата видачі завдання 24.10.2022р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | <i>Підбір та аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи</i> | <i>24.10.22-01.02.23</i> | |
| 2 | <i>Аналіз та класифікація автоматичних рульових пристроїв</i> | <i>02.02-28.03</i> | |
| 3 | <i>Розробка структурної схеми пристрою</i> | <i>01.03-17.03</i> | |
| 4 | <i>Розрахунок елементів, вибір елементної бази</i> | <i>20.02-12.03</i> | |
| 5 | <i>Розробка схеми електричної принципової, та моделювання основних блоків</i> | <i>12.03-28.03</i> | |
| 6 | <i>Виконання складального креслення</i> | <i>28.03-02.04</i> | |
| 7 | <i>Розділ охорони праці та техногенної безпеки</i> | <i>02.04-12.04</i> | |
| 8 | <i>Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень</i> | <i>13.04-28.04</i> | |
| | | | |

Студент _____ *Гречнев Д.О.*
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи (проекту) _____ *Небеснюк О.Ю.*
(підпис) (прізвище та ініціали)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л. Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 75 стор., 11 рис., 1 табл., 1 додаток, 14 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – автоматичні рульові пристрої

Ціль роботи - розробка авторульового пристрою керування човном з можливістю налаштування чутливості

Задачі роботи - розробити структурну схему пристрою для утримання човна на курсі; провести розрахунок, моделювання елементів схеми та вибір елементної бази; розробити схему електричну принципову пристрою автоматичного керування човном; виконати складальне креслення пристрою.

Методика дослідження - проектування в програмному середовищі Splan, Every Circuit.

Короткий виклад результатів досліджень –розроблено авторульову систему для утримання на курсі катера або яхти, що складається з двох основних блоків: магніто-модуляційний зонд, який реагує на величину і напрям магнітного поля Землі та пристрій керування, який отримує сигнал від магніто-модуляційного зонду та, орієнтуючись у навколишньому середовищі, контролює подальший курс човна. У разі відхилення від курсу передбачено акустичну та оптичну сигналізацію.

Прогнозні пропозиції – пристрій автоматичного керування човном може застосовуватися яхтсменами, власниками катерів, службою захисту навколишнього середовища, тощо.

**АВТОКЕРМО, МАГНІТО-МОДУЛЯЦІЙНИЙ ЗОНД, СЕРВОПРИВІД,
МІКРОСХЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ**

Кваліфікаційна робота виконана в Інженерному навчально-науковому інституті ім. Ю. М. Потебні, ЗНУ на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.09.2022 по 26.05.2023.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АВТОМАТИЧНІ РУЛЬОВІ ПРИСТРОЇ. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ..... | 9 |
| ТА КЛАСИФІКАЦІЯ | 9 |
| 1.1 Автоматичне керування | 9 |
| 1.2 Види автоматичного керування | 10 |
| 1.3 Система керування човном..... | 13 |
| 1.4 Авторульовий пристрій..... | 20 |
| 2 РОЗРОБКА МАГНІТО-МОДУЛЯЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ | |
| УТРИМАННЯ ЧОВНА НА КУРСІ | 22 |
| 2.1 Розробка структурної схеми пристрою | 22 |
| 2.2 Розрахунок основних елементів схеми електричної принципової | 27 |
| 2.2.1 Розрахунок та вибір транзисторів | 28 |
| 2.2.2 Розрахунок параметрів дільника | 29 |
| 2.2.3 Розрахунок імпульсного трансформатора | 30 |
| 2.2.4 Вибір та розрахунок магнітопроводу | 31 |
| 2.2.5 Перевірка транзистора на тепловий режим | 35 |
| 2.2.6 Розрахунок трансформатора..... | 35 |
| 2.3 Вибір елементної бази..... | 48 |
| 2.4 Розробка схеми електричної принципової | 50 |
| 2.5 Розробка складального креслення | 54 |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ | |
| ПРИСТРОЮ | 57 |
| 3.1 Аналіз потенційних небезпек | 57 |
| 3.2 Заходи безпеки при виготовленні приладу | 58 |
| 3.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці..... | 61 |
| 3.4 Розрахунок оптимального рівня освітленості..... | 62 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3.5 | Заходи з пожежної безпеки..... | 67 |
| 3.6 | Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях..... | 69 |
| | ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ | 73 |
| | СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | 73 |

ВСТУП

Морський транспорт особливо ефективний під час перевезення великих обсягів. Кожен імпортер та експортер товарів хоче якісно та вчасно доставляти вантажі, для цього створюють інтелектуальний морський транспорт з автоматизованою системою управління та організації перевізного процесу.

На першому кроці почалася автоматизація окремих механізмів на судах, у результаті яких різні функції устаткування передаються технічним пристроям та приладам. Потім впроваджується розроблена система автоматизації, як сукупність елементів та пристроїв для створення конструктивного та функціонального цілого, призначеного для виконання певних функцій у галузі управління, контролю та захисту.

Використання на морських судах засобів автоматизації дозволяє підвищити експлуатаційну надійність та безпеку плавання, сприяє удосконаленню форм технічного обслуговування. Автоматизація вантажних операцій та систем на судні сприяє підвищенню продуктивності та поліпшення умов праці, скорочення часу навантаження та розвантаження, забезпечення безпеки вантажів.

За останнє десятиліття світовий морський торговельний флот поповнився великим числом суден, обладнаних засобами авторульового керування.

Рульовий пристрій відіграє важливу роль в безпеці плавання судна, тому велика увага приділяється питанням створення ефективних і надійних конструкцій рульового пристрою, правильності його монтажу і установки, грамотної технічної експлуатації та ефективного обслуговування. Таким чином достатньо актуальним є питання створення авторульового пристрою для керування човном.

1 АВТОМАТИЧНІ РУЛЬОВІ ПРИСТРОЇ. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

1.1 Автоматичне керування

Автоматичне керування (англ. *automatic control*) — виконання без безпосередньої участі людини певних впливів на об'єкт керування, необхідних і достатніх для одержання цілеспрямованого його функціонування із заданою точністю.

Сутність (функційна структура) автоматичного керування містить три групи дій (операцій):

- збирання інформації про мету керування, стан об'єкта керування та зовнішні впливи;
- формування керувальних впливів;
- реалізація керувальних впливів.

Автоматичне керування знайшло застосування в багатьох технічних і біотехнічних системах для:

- виконання операцій, що не можуть бути здійснені людиною у зв'язку з необхідністю переробки великої кількості інформації в обмежений час;
- підвищення продуктивності праці;
- забезпечення необхідної якості і точності регулювання;
- звільнення людини від керування системами, що експлуатуються в умовах відносної недоступності чи небезпечних для здоров'я.

Автоматичне керування знайшло застосування в найрізноманітніших галузях: у машинобудуванні, металургії, гірництві, хімічній, текстильній, харчових промисловостях, поліграфії [1].

Автоматичне керування роботою доменних і сталеплавильних печей, електростанцій, цехів, заводів з виготовлення деталей машин та інших виробів суттєво підвищує продуктивність устаткування, інтенсифікує виробничі процеси, знижує собівартість готової продукції, а також поліпшує умови праці робітників.

1.2 Види автоматичного керування

Види автоматичного керування в теорії керування класифікуються як за метою керування, так і за принципом формування керувальних впливів на об'єкт керування.

За метою керування розрізняють: стабілізаційне, слідкуюче, програмне, координуюче, оптимальне, екстремальне, термінальне, протиаварійне, відновлювальне автоматичне керування.

За принципом формування керувальних впливів на об'єкт керування: системи автоматичного керування (САК) за збуренням (рис.1.1) та за відхиленням (рис.1.2).

САК з керуванням за збуренням. Керування у цій системі здійснюється з урахуванням значення збурювальної величини. Величина збурення вимірюється і сигнал про її значення подається на вхід керуючого пристрою. Керуючий пристрій аналізує значення сигналу збурення і виробляє керувальну дію на об'єкт керування.

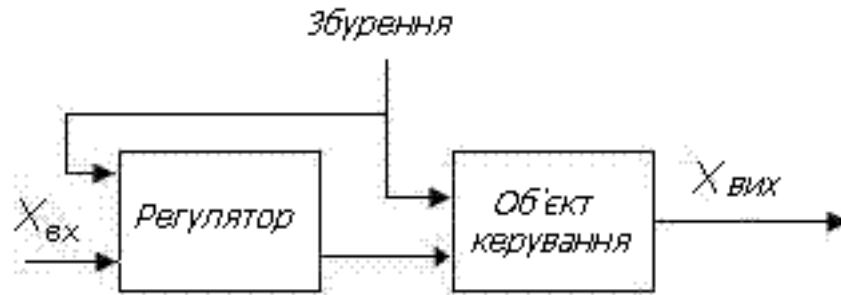


Рисунок 1.1- Функціональна схема САК з керуванням за збуренням [2].

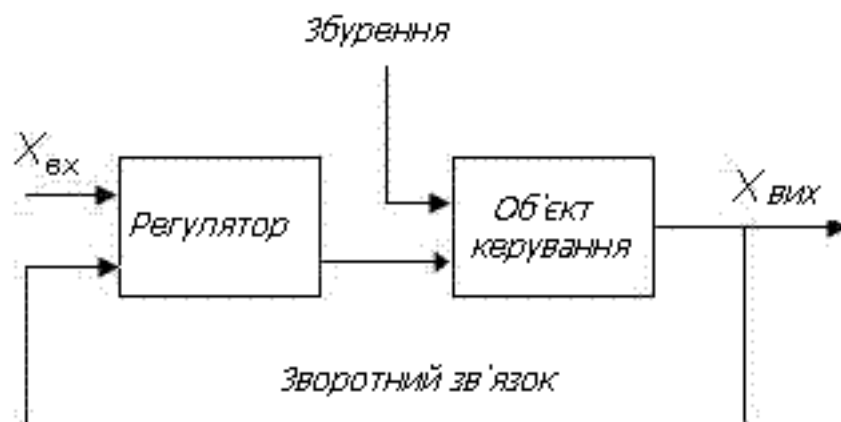


Рисунок 1.2- Функціональна схема САК з керуванням за відхиленням

Такий принцип керування має назву принципу Понселе. Його ще інколи називають компенсаційним керуванням. Назва відображає той факт, що у цьому випадку в результаті керування компенсується вплив збурювальної величини.

Перевагою такого керування є швидкодія. Як тільки величина збурення почала змінюватися, пристрій керування одразу реагує на цю зміну. Таке керування не допускає зміни режиму роботи об'єкта.

Для цього принципу керування властиві певні недоліки. По-перше, збурювальних впливів на об'єкт може бути декілька, наприклад, зміна

навантаження, температури середовища, рівня у резервуарі тощо. Для забезпечення надійного керування потрібно враховувати кожну з величин збурення і для кожної будувати своє коло регулювання. Це практично здійснити неможливо, адже на роботу будь-якого об'єкта може впливати безліч причин. По-друге, для здійснення керування за збуренням необхідно повністю знати залежність реакції системи на збурювальну дію будь-якої величини й ввести цю залежність в алгоритм роботи регулятора. Тобто розробка регулятора передбачає попереднє вивчення поведінки системи при різних збуреннях, що не завжди можна здійснити з потрібним ступенем точності.

Керування за відхиленням. За цим принципом на виході системи вимірюється значення вихідної величини. Сигнал про це значення подається на пристрій керування. Пристрій керування виробляє керувальний сигнал, який залежить від різниці між сигналом задавача та вихідним сигналом (сигналом зворотного зв'язку). Такий принцип керування має назву принцип Ползунова — Ватта.

Керування здійснюється залежно від різниці між значеннями вихідної і задаючої величини. Воно здійснюється незалежно від причини, яка викликає це відхилення. Не важливо, скільки є збурювальних дій і яка з них викликала відхилення режиму роботи. Керування здійснюється тільки залежно від значення різниці величин і може враховувати будь-які впливи на систему. В цьому є перевага керування за відхиленням.

Недоліками керування за відхиленням є інерційність (відставання в часі регулювальної дії від зміни збурення) системи, яка веде до виникнення коливань та нестабільності поведінки системи. Це пояснюється тим, що за цим принципом пристрій керування починає діяти на об'єкт лише тоді, коли режим роботи об'єкта зміниться і коли з'явиться різниця між значеннями вихідної та задаючої величин.

Системи, в яких реалізовано принцип керування за відхиленням, прийнято називати замкнутими системами. У них існує зворотній зв'язок між виходом системи та пристроєм керування.

Комбінований принцип керування. САК, що працює за комбінованим принципом, є об'єднанням двох розглянутих систем керування. На пристрій керування подається сигнал про значення збурення і сигнал про значення вихідної величини. Для кожного сигналу існує свій контур регулювання.

1.3 Система керування човном

Стерно́ — пристрій для утримування обраного курсу судна або зміни курсу. Попередником стерна було кермове весло, яке з'явилося, судячи з настінних розписів, ще в Стародавньому Єгипті, задовго до часів Менеса (3100 до н. е.). У часи Стародавнього царства (2686—2134 рр. до н. е.) на пасажирських човнах використовувалося від 1 до 5 кермових весел з кожного борту і 1 або 2 на вантажних. Румпель, спершу у вигляді маленького стрижня, пропущеного через руків'я, може бути простежений з часів V династії (2504—2347 рр. до н. е.). Деяку схожість з давньоєгипетськими кермовими веслами має стерно «пі́отр», що використовувалося на баржах, які курсують по річці Луарі. Воно кріпиться прямо на кормі, і його вісь розташовується похило. На одному кінці осі жорстко закріплюється широка лопать-перо, з другого донизу спускається вертикальний важіль — руків'я, вісь опирається на стілець у вигляді хрестовини.

Пізніше на досить великих суднах кермові весла стали кріпити ближче до корми з правого борту: для стернових-правшів це було оптимальним розташуванням. Ця особливість залишила слід і в сучасній морській

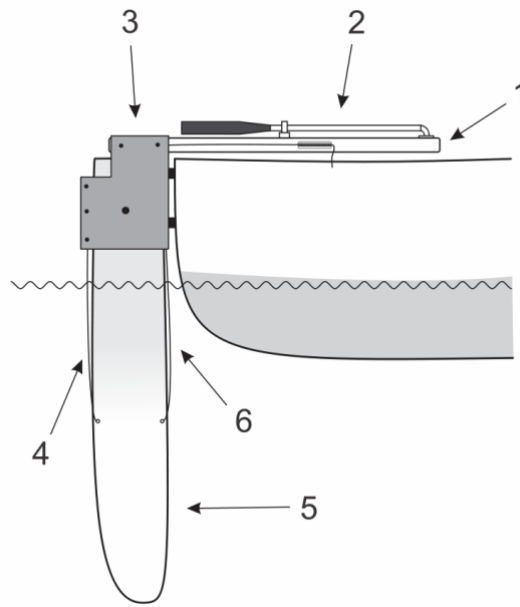
термінології: слово «штирборт» походить від нід. *stuurboord*, що буквально означає «стерновий борт» [3].

Виникнення в Європі ідеї стернового пера, закріпленого на задньому штевні судна, відносять до XIII—XIV століть. Проте, у Китаї такі стерна були відомі, очевидно, на 1000 років раніше: знайдена глиняна модель джонки зі стерном позаду корми, датована I століттям нашої ери (династія Хань).

Перекладання пера стерна спочатку здійснювалось безпосередньо повертанням румпеля, таким стерновий пристрій залишається досі на невеликих суднах. Зі зростанням розмірів кораблів, появою кількох рівнів палуб стали з'являтися механізми для полегшення роботи стернового. У XVI—XVII століттях для повертання румпеля з палуби застосовувався вертикальний важіль — колдершток. У XVIII (за іншими даними — вже в XVI ст.) починають використовуватися штурвали. До XIX ст. їхня будова засновувалася на принципі коловорота: довгі спиці кермового колеса забезпечували виграш у силі, обертаючи барабан з намотаним на нього тросом, кінці якого з'єднувались з румпелем під палубою. Потім барабан замінила черв'ячна передача, а на дуже великих суднах для повертання румпеля з'явилися стернові машини. Першим судном, обладнаним стерновою машиною зі зворотним зв'язком, став SS Great Eastern. Розроблена інженером Джоном Макфарланом Греєм, вона являла собою паровий механічний підсилювач, що повертав перо відповідно до поворотів штурвала: обертання веретена кермового колеса через зубчасту передачу передавалося на вали з черв'яками (водночас вали переміщали вказівник аксіометра), з'єднані з важелем золотника, що подавав пару в одну чи другу частину циліндра. На сучасних суднах для повертання балера стерна використовують електричні чи гідравлічні стернові машини.

Для автоматичного додержання курсу застосовуються системи регулювання («автостерновий»).

Принцип дії стерна — відхилення набіжного потоку води і передача протилежно спрямованого обертального моменту кормі судна (рис.1.3). При перекладанні стерна його перо піддається тиску потоку води, що обтікає судно. Цей тиск, докладений перпендикулярно до площини пера, дає судну початковий поворот.



1 — румпель, 2 — подовжувач румпеля, 3 — оправа пера, 4 і 6 — сорлінь, 5 — перо

Рисунок 1.3- Схема найпростішого стерна [4].

Для визначення тиску води на стерно користуються формулою Жосселя:

$$P = S \cdot v^2 \frac{k \sin \alpha}{0,2 + 0,3 \sin \alpha}$$

де S — площа пера в м^2 , v — швидкість судна в м/сек. , k — коефіцієнт, рівний 20 для швидкостей до 21 вузла і 25 — для більш високих швидкостей, α — кут перекладання стерна.

Стерно сучасного судна (рис.1.4) складається зі стернового пера — вертикальної пластини, яка обертається на осі у кормовій підводній частині судна, балера та елементів, за допомогою яких його повертають (стернної машини з приводом і стернною передачею до штурвала, контролера чи кнопочкового пульта, або румпеля зі штурвалом і системою передач, або одного

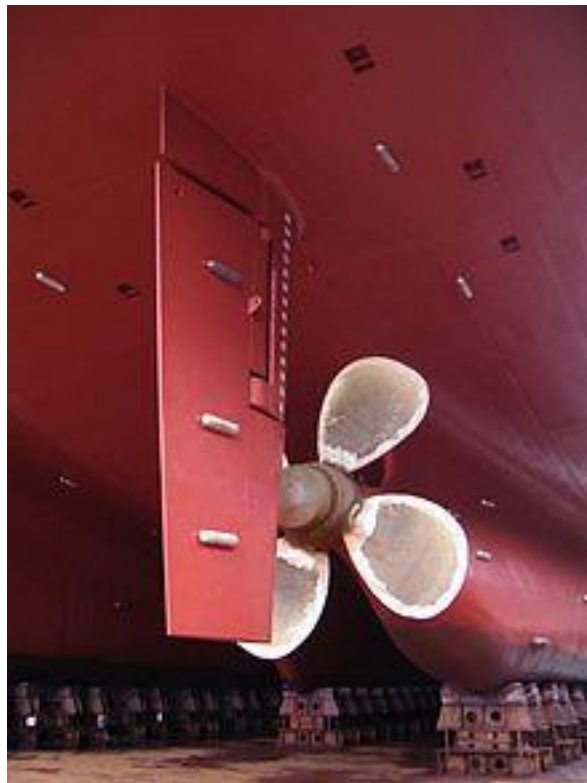


Рисунок 1.4 -Стерно сучасного судна

румпеля). На суднах зі стернною машиною на випадок виходу її з ладу балер споряджають аварійним ручним приводом зі штурвалом, розташованим у румпельному відділенні або поблизу нього.

Перо стерна (чи насадка)- плоска чи обтічна конструкція, прикріплена рухомо до підводної частини судна. На дерев'яних суднах являє собою пластину з однієї чи кількох дощок, окутих металевими штабами, на

суцільнометалевих пера виконують з металевих листів. Основу дерев'яного пера становить довгий вертикальний брус (рудерпіс), паралельно якому кріпляться коротші бруси, і скріплюються між собою і рудерпісом поперечними металевими штабами, на передніх кінцях яких зроблені штирі для з'єднання пера з ахтерштевнем. Рудерпіс металевого цільнозвареного пера являє собою металеву вертикальну балку. Металева пера може бути пластинчастим (плоским) і обтічним (профільованим). Пластинчасте являє собою просту пластину 20—30 мм завтовшки, з обох боків якої прикріплені горизонтальні ребра жорсткості, а на передній потовщеній крайці-рудерпісі розташовані петлі зі штирями для навішування. Перо обтічного стерна має каркас, що складається з рудерпіса з ребрами жорсткості та вертикальними діафрагмами; на нього приварюються дві опуклі оболонки з металевих листів.

Переваги обтічного пера:

Сила тиску на нього перевищує (на 30 % і більше) тиск на пластинчасте, що покращує поворотність судна;

Відстань центру тиску від вхідної (передньої) крайки пера, а також необхідний для повороту стерна момент менші, ніж у пластинчастого пера, отже, таке стерно потребує меншу потужність стернової машини;

Обтічне перо поліпшує роботу гвинта і створює менший опір рухові судна.

За способом кріплення пера до корпусу розрізняють такі типи стерен: прості, напівпідвісні та підвісні. Перо простого стерна має на рудерпісі петлі, у яких знизу надійно закріплюються штирі. Вони вставляються зверху в петлі на ахтерштевні судна (на гвинтових суднах, де застосовуються ахтерштевні з двох гілок, перо навішується на задню гілку — *рудерпост*), для опори стерна ахтерштевень на нижньому кінці споряджений виступом-п'яткою, у заглибину якої входить нижній штир. Заглибина служить вальницею ковзання: у ній розташована бронзова чи бакаутова втулка зі загартованою сталеву сочкою на дні, яка приймає на себе всю вагу пера. Для запобігання зміщенню пера

догори нижній кінець верхнього штиря має головку, за допомогою якої він фіксується у верхній петлі ахтерштевня. Напівпідвісні стерна мають опору на спеціальному кронштейні в одній проміжній точці по висоті пера. У підвісних стерен пера підвішуються до балера. На суднах з двома стернами пера навішуються позаду бортових гвинтів.

За принципом розташування стерна на осі обертання розрізняють звичайне, балансне і півбалансне стерно. У звичайного площина пера розташована позаду осі обертання. У балансного перо розташоване з обох боків обертання, при цьому передня балансна частина (площею в межах 20—30 % від площі задньої) служить для компенсації поворотного зусилля і зниження навантаження. Півбалансне стерно відрізняється від балансного тим, що його балансна частина має меншу висоту, ніж основна. Надбалансне стерно має однакові передню і задню частини (тобто площа балансірної частини становить 100 % від площі задньої) [5].

У верхній частині пера до нього кріпиться жорстко вертикальний вал — балер. Нижній кінець балера має криволінійну форму, і закінчується фланцем для болтового з'єднання з пером — лапою. У дерев'яного пера балер утворюється довгим рудерпісом. Кріпитися балер до пера може по-різному: у центрального стерна він встановлюється концентрично з віссю стернових штирів, у нецентрального — він кріпиться до пера на певній відстані від цієї осі. Завдяки криволінійній формі балера утворюється плече важеля, яке полегшує поворот стерна; окрім того, вигин уможливорює знімати перо з ахтерштевня без підняття балера — досить від'єднати фланець і відвести нижній кінець балера убік. Вище балер входить у підзор корми через отвір, що називається гельмпортом. Вище гельмпорта йде вертикальна труба (гельмпортова труба), усередині якої проходить балер. Верхній кінець балера називається головою стерна, і на ній встановлюється горизонтальний важіль або зубчастий сектор — румпель. На нього передає зусилля привод стернової машини, яка за

командами стернового з рубки або ходового містка повертає балер у той чи інший бік. Органи управління монтують зазвичай в одній колонці з автостерновим агрегатом, поруч розташовуються шляховий магнітний компас і репітер суднового гірокомпаса. Для контролю положення пера стерна відносно діаметральної площини судна на колонці управління і на лобовій переборці рубки встановлюють стернові вказівники — аксіометри.

На судах без стернової машини румпель повертають за допомогою штурвала через валки чи штуртроси, а на невеликих судах і шлюпках — вручну.

Надводну частину пера з корпусом може з'єднувати трос чи ланцюг — сорлінь. Це робиться для того, щоб не загубити перо, якщо воно випадково зіскочить зі стернових штирів. Крім сорліня, до верхньої частини пера з обох боків можуть кріпитися руль-шкентелі — два троси чи ланцюги, якими за допомогою руль-талів повертають стерно в разі поломки румпеля або балера.

Двогвинтові судна можуть мати одне чи два стерна. У першому випадку перо розташовується в діаметральній площині, у другому — позаду гвинтів. Тригвинтові судна також можуть мати одне (за центральним гвинтом) чи два стерна (за бортовими гвинтами). Розташування пер в одній площині з гвинтами підвищує їхню ефективність за рахунок водяного потоку. У міноносців для підвищення маневреності могли встановлювати додаткове стерно на носі.

Для підвищення керованості судном при русі заднім ходом іноді використовують додаткові стерна — фланкувальні. Їхні пера розташовуються перед гвинтами.

Активні стерна мають перо, споряджене невеликим гребним гвинтом. У рух він приводиться або через зубчасту передачу від вертикального вала, розташованого в порожнистому балері, або від власного електродвигуна.

1.4 Авторульовий пристрій

Авторульовий пристрій призначений для утримання на курсі катера або яхти. Електронне кермо можна розділити за на дві підсистеми – електронні та механічні. Класифікація за цією ознакою наведена на рис. 1.5 [6].

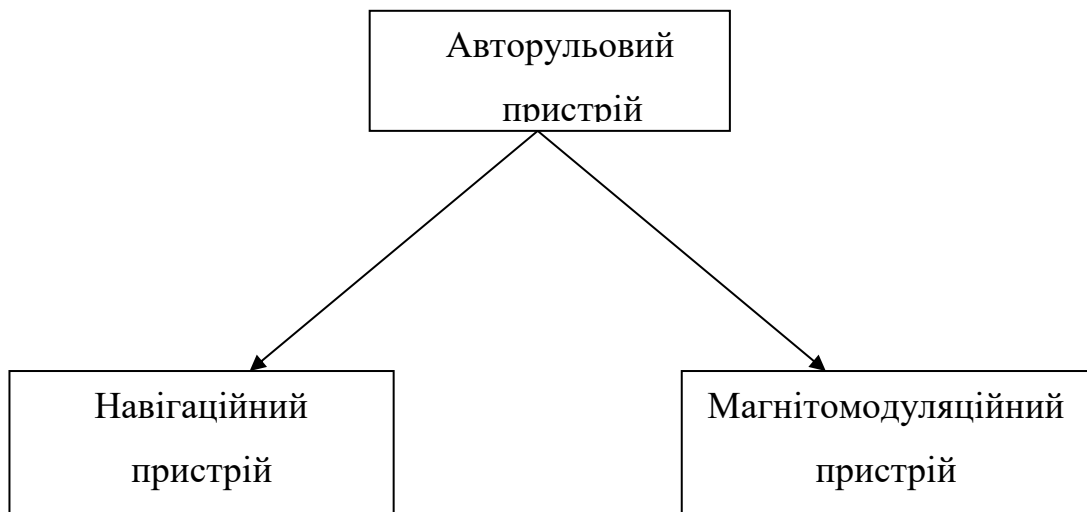


Рисунок 1.5 – Типи авторульових пристроїв

Навігаційне автокермо складається з великої кількості блоків та підблоків та має доволі складний принцип роботи. Навігатор має GPS зв'язок, та за допомогою цього передає та приймає сигнал із супутників, які знаходяться у космосі. Даний прилад досить точно може знайти місцезнаходження та показати шлях подальшого руху . Навігатор під'єднаний до сервоприводу, який у свою чергу керує кермом судна або яхти. Даний пристрій дуже точний, але вартість такого навігатора дуже велика.

Магнітомодуляційний пристрій реагує на величину і напрям магнітного поля Землі. Пристрій керування, який отримує сигнал від магнітомодуляційного зонду, орієнтуючись у навколишньому середовищу контролює подальший заданий курс за яким треба рушити. Собівартість такого приладу значніше ніжча попереднього.

За видом сигналу, що використовується пристрої можна розподілити на аналогові та цифрові.

Аналогові пристрої використовують аналоговий сигнал, але мають складну апаратну реалізацію та високу собівартість, тому вони не отримали на сьогоднішній день дуже широке розповсюдження.

Цифрові пристрої характеризуються дискретністю сигналів, які використовуються, але це призводить до виникнення помилки при відліку часу. Але при цьому спрощується організація пристрою, зменшується його собівартість. Також варто відзначити, що у цифрових пристроїв можна додати та розширити функції пристрою управління автокерма.

Тому метою роботи є розробка авторульового пристрою керування човном з можливістю налаштування чутливості.

Задачі:

- розробити структурну схему пристрою для утримання човна на курсі;
- провести розрахунок, моделювання елементів схеми та вибір елементної бази;
- розробити схему електричну принципову пристрою автоматичного керування човном;
- виконати складальне креслення пристрою.

2 РОЗРОБКА МАГНІТО-МОДУЛЯЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УТРИМАННЯ ЧОВНА НА КУРСІ

2.1 Розробка структурної схеми пристрою

Авторульовий пристрій призначений для утримання на курсі катера або яхти. Запропонована розробка складається із двох основних частин. Перша складова -це магніто-модуляційний зонд, який реагує на величину і напрям магнітного поля Землі та пристрій керування, який отримує сигнал від магніто-модуляційного зонду, орієнтуючись у навколишньому середовищі, контролює подальший курс човна.

Розглянемо більш детально роботу зонда. Якщо штучно викликати періодичну зміну магнітної проникності магнітом'якого матеріалу сердечника зонда, то за рахунок постійного магнітного поля Землі в обмотці сердечника виникає сигнал, пропорційний величині поля і косинусу кута між напрямом зонда і вектором напруженості поля. У магніточутливому елементі магнітна проникність змінюється під дією змінного магнітного поля, яке періодично насичує сердечник і, отже, періодично зменшує його магнітну проникність. При цьому змінюється потік, наведений в магнітопроводі від поля Землі, і, отже, у вторинній обмотці створюється електрорушійна сила.

Авторульова система здійснює автоматичне ведення судна по курсу та акустичну або оптичну сигналізацією в разі відхилень від курсу.

Дрейф та несприятливі погодні умови впливають на роботу сервоприводу.

Сервопривід призначений для електронного керування судном за допомогою електроніки та механіки. Він під'єднується безпосередньо до електронного блоку авторульового пристрою. Авторульовий пристрій подає сигнал на сервопривід і за допомогою нього судно повертається на раніше заданий курс. При ручному управлінні, індикатори приладу можуть використовуватися для контролю курсу, замість компаса. Налаштувавши прилад на заданий курс та зменшивши чуттєвість, можливо спостерігати за роботою приладу по світловим індикаторам.

Структурна схема авторульового пристрою (рис. 2.1) складається з наступних блоків :

- блок живлення ;
- датчик ;
- компаратор ;
- логічний елемент ;
- суматор ;
- диференціюючий ланцюг ;
- інтегратор ;
- проміжне реле ;
- блок індикації ;
- управляюче реле.

Конструктивно датчик складається з двох розташованих паралельно пермаллоївих пластинок, на каркасах яких намотано дві обмотки L1 і L2 з протилежним напрямом витків для створення магнітної проникності потоків. Він розрахований для того, щоб орієнтуватись у навколишньому середовищі відносно магнітного поля Землі. Вихідна обмотка L2 намотана на каркасі, що охоплює дві обмотки L1 і L2.

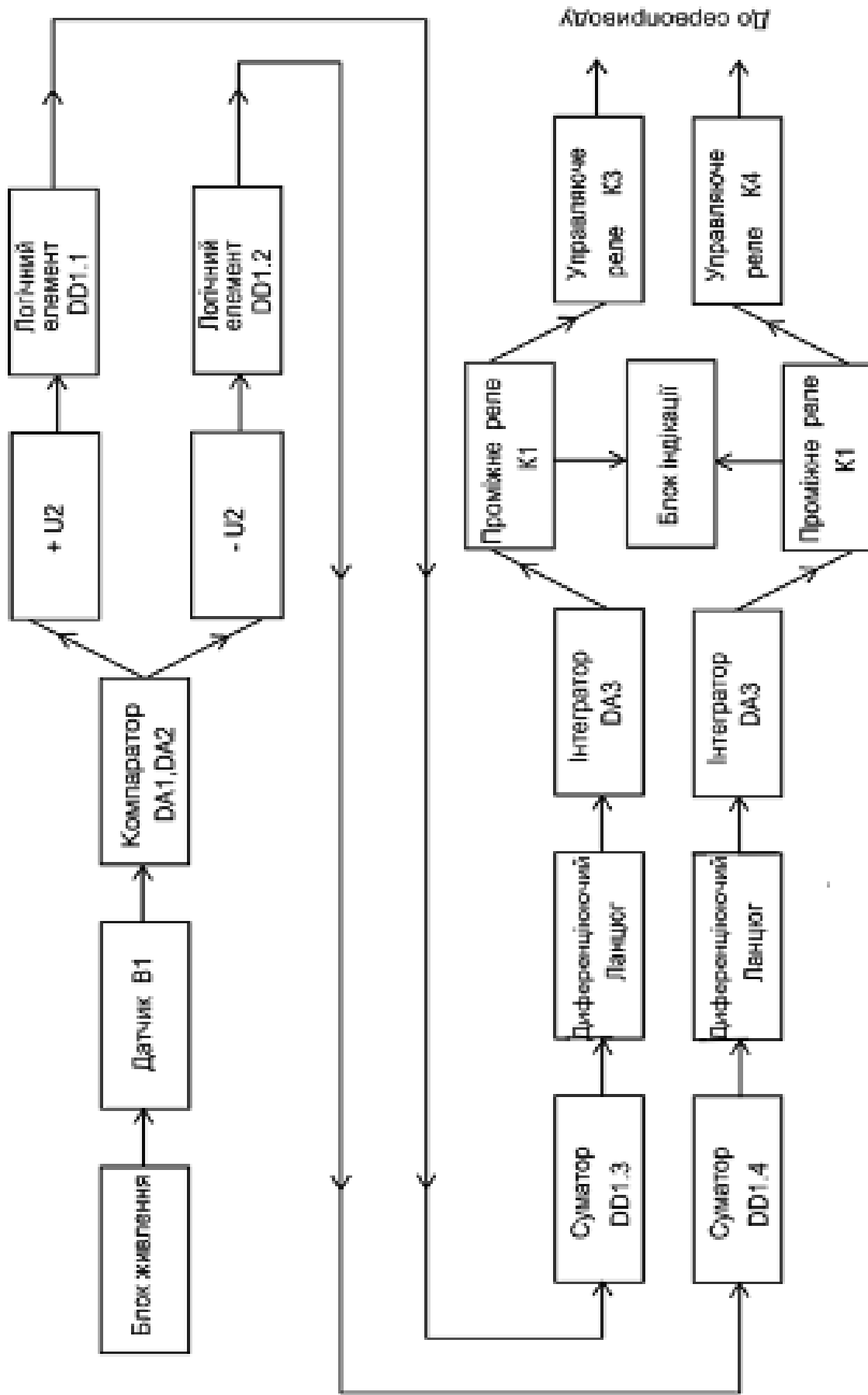


Рисунок 2.1 - Структурна схема авторувольового приладу

Завдяки цьому у вихідній обмотці відображаються ЕРС з протилежними фазами, які взаємно знищуються. ЕРС, утворена модульованим потоком магнітного поля Землі, складає корисний сигнал і має подвійну частоту в порівнянні з частотою, що підводиться до первинної обмотки.

При збігу напрямку магнітного меридіана з подовжньою віссю датчика напруга на вторинній обмотці має максимальне значення, залежне від широти місця. При повороті датчика довкола вертикалі напруга убуває, і досягши положення, перпендикулярного магнітному меридіану, дорівнює нулю.

При подальшому повороті у вторинній обмотці знов з'являється змінна напруга, але вже зворотної фази. Таким чином, вихідний сигнал залежить від напрямку датчика, тобто від магнітного курсу об'єкту.

Блок живлення забезпечує подачу стабілізованої напруги і сам конструктивно розрахований на живлення від бортової мережі напругою 12 В. Магніто-модуляційний зонд потребує живлення напругою 1,7 В постійного струму, тому у приладі передбачено понижуючий трансформатор, що перетворює 12 В на 1,7 В частотою 400 Гц.

Компаратор приймає сигнал від магніто-модуляційного зонду, який в свою чергу орієнтується відносно магнітного поля Землі. Відносно кожного із полюсів землі магніто-модуляційний зонд утворює різницю сигналів. Компаратор розподіляє різницю сигналів на два сигнали з різними потенціалами (праве і ліве плече). Розділений сигнал є сумою корисного, за часом співпадаючого з фронтом вхідного імпульсу, і паразитного, співпадаючого за часом з вершинами імпульсів напруги блоку живлення.

На одні входи логічних елементів DD 1.1 і DD 1.2 подаються сигнали з виходу компараторів, а на інші - сигнали з перетворювача блоку живлення. Логічний елемент виконує перетворення логічних рівнів ЕСЛ до рівня ТТЛ, та подавляє паразитний сигнал.

Суматор складає вихідні сигнали логічних елементів DD 1.1 і DD 1.2 в результаті чого отримуємо відфільтровані сигнали правого та лівого відхилення від курсу.

За рахунок малої амплітуди сигналів від датчика (B1), малої крутості їх переднього фронту і недостатньої швидкодії ОП, реальні управляючі сигнали U, мають зону нечутливості і вимагають додаткової обробки в кожному з двох каналів за допомогою диференціюючого ланцюга і трьох логічних елементів (C7,R18,DD2.1,DD2.3 - для першого каналу). На виходах блоку логіки отримуємо послідовності імпульсів, що подаються до інтеграторів на транзисторних складових DA3,DA4.

Завдяки великому коефіцієнту підсилення транзисторів напруга на конденсаторах C8 і C9 інтеграторів практично миттєво досягає амплітудного значення імпульсів, що видаються блоком логіки. Інтегратор захищає реле від великих по амплітуді сигналів.

Для компенсації дрейфу від впливу зовнішніх факторів використовуємо змінні резистори R21, R22, регулюючі затримку спрацьовування K1, K2 (реле) окремо по напрямках "право" і "ліво", що дозволяє встановити різні значення для кожної сторони.

Управляюче реле K3 та K4 приймають сигнал від проміжного реле кожного плеча. Управляюче реле підключене до сервоприводу. Сам сервопривід за допомогою управляючих реле контролює рух човна – право або ліво.

Прилад розрахований на живлення від бортової мережі постійного струму 12...13,5 В. Струм споживання електронних схем складає 250...300 мА. Струм споживання сервоприводу залежить від потужності двигуна до якого під'єднується автокермо.

2.2 Розрахунок основних елементів схеми електричної принципової

Проведемо розрахунок напівпровідникового перетворювача постійної напруги з двотактним автогенератором, що зібрано по схемі зі спільним емітером (рис.2.2).

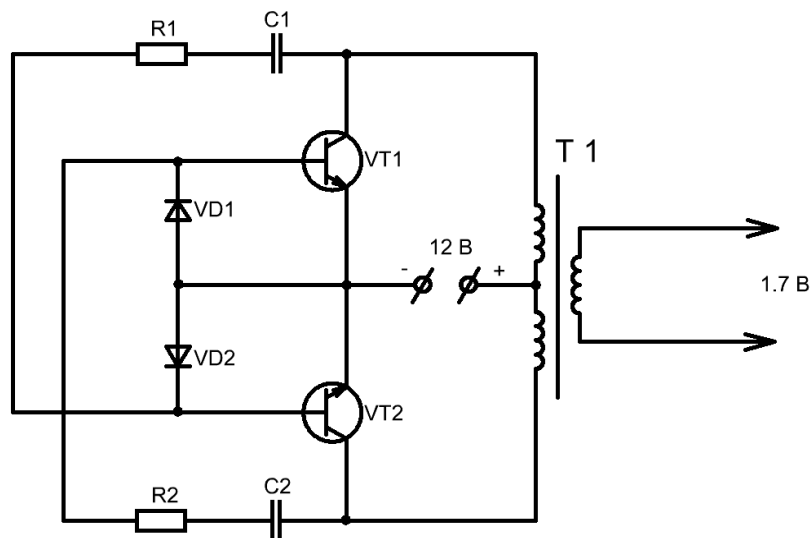


Рисунок 2.2 - Перетворювач постійної напруги з двотактним автогенератором

Вихідні данні для розрахунку :

- U_{ex} - напруга джерела живлення, В ;
- $U_{\text{вих}}$ - напруга на виході перетворювача, В ;
- $I_{\text{вих}}$ - струм у навантаженні перетворювача, А ;
- $T_{\text{окр}}$ - температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;
- f_n - частота перетворення, Гц .

Розрахунок складається з наступних етапів :

- розрахунок основних параметрів та вибір типу транзистора ;
- розрахунок параметрів дільника ;
- розрахунок трансформатору (імпульсного) ;
- перевірка розрахованого транзистора по тепловому режиму;
- розрахунок випрямляча та сгладжуючого фільтру.

Розраховую перетворювач напруги за наступними вихідними даними :

- $U_{ex} = 12 \text{ В}$;
- $U_{вих} = 1.7 \text{ В}$;
- $I_{вих} = 0.2 \text{ А}$;
- $T_{окр.мак} = 45^{\circ} \text{ С}$;
- $f_n = 400 \text{ Гц}$.

2.2.1 Розрахунок та вибір транзисторів

Вибір типу транзистору здійснюємо за значенням вхідного струму

$I_{ex} \approx I_{k \max}$, мА , максимальній напрузі між колектором та емітером $|U_{кe \max}|$,В, які знаходяться у відповідності з наступним виразом [7] :

$$I_{k \max} = I_{ex} = \frac{P_{вих}}{\eta_n U_{ex}} = \frac{I_{вих} U_{вих}}{\eta_n U_{ex}} ; \quad (2.1)$$

де η_n -КПД перетворювача , $\eta_n = 0.65 \dots 0.9$

$$|U_{кe \max}| = 1.2 * 2U_{ex} , \quad (2.2)$$

де коефіцієнт 1,2 забезпечує запас по допустимому виразу.

У нашому випадку :

$$I_{k \max} = \frac{0,2 * 12}{0,2 * 1,7} = 7,05 \text{ A} ,$$

$$|U_{кє \max}| = 1,2 * 2 * 12 = 28,8 \text{ В.}$$

У відповідності із отриманими значеннями $I_{k \max}$ та $|U_{кє \max}|$ обираємо транзистор типу 2Т818В з наступними параметрами :

- $I_{k \max} = 15 \text{ A}$;
- $U_{кє \max} = -60 \text{ В}$;
- $P_{k \max} = 100 \text{ Вт}$ (без радіатора);
- $P_{k \max} = 100 \text{ Вт}$ (з радіатором) при температурі 25°C ;
- $H_{21e} = 20$; $\Delta T_{окр} = -60; +125^{\circ} \text{C}$;
- гранична частота $f_{h21\sigma} \leq 3 \text{ МГц}$;
- зворотній колекторний струм $I_{кбо} \leq 1 \text{ мА}$;
- напруга насичення $|U_{кєнас}| = 1 \text{ В}$.

2.2.2 Розрахунок параметрів дільника

Вибір резисторів R1 , R2 дільника здійснюємо відповідно до [8]:

$$R_1 = \frac{3 \setminus 4}{I_{Бнас}} = \frac{(3 \setminus 4)h_{21e}}{I_{K \max} k_{нас}} , \quad (2.3)$$

де коефіцієнт насичення $k_{нас} = 1,5 - 3$ (прийmemo =2) , а

$$R_2 = \frac{U_{\text{ex}} - I_{\text{дел}} R_1}{I_{\text{дел}}} = \frac{U_{\text{ex}} - U_{R1}}{U_{R1} / R_1}, \quad (2.4)$$

у якому $I_{\text{дел}} R_1 = U_{R1}$, а $I_{\text{дел}} = U_{R1} / R_1$. Прийнемо $U_{R1} = 1$ В. таким чином, у нашому випадку :

$$R_1 = \frac{3 * 20}{7,05 * 2} = 4,255 \text{ Ом};$$

Оберемо $R_1 = 5$ Ом, тоді

$$R_2 = \frac{12 - 1}{1/5} = 55 \text{ Ом}.$$

Оберемо $R_2 = 55$ Ом.

Ємність блокуючого конденсатору C_1 обирається у межах 0,5-1 мкФ.

Обираємо К50-35 з $C = 0.68$ мкФ.

2.2.3 Розрахунок імпульсного трансформатору

Габаритна потужність трансформатору знаходиться у відповідності з [9]:

а) у випадку мостової схеми випрямлення та схеми подвоєння :

$$P_r = 1,3 U_{\text{вих}} I_{\text{вих}}; \quad (2.5)$$

б) у випадку двухнапівперіодних схем випрямлення з виводом середньої точки:

$$P_r = 2,1 U_{\text{вих}} I_{\text{вих}}; \quad (2.6)$$

У нашому випадку (мостова схема) :

$$P_r = 1,3 U_{\text{вих}} I_{\text{вих}} = 1,3 * 1,7 * 0,2 = 0,442 \text{ В*А}.$$

2.2.4 Вибір та розрахунок магнітопроводу

Вибір типу магнітопроводу визначається потужністю P_r та частотою перетворювання f_n . При $P_r \leq 1$ кВт обираються стрічкові магнітопроводи броньового та троїдального типу, останні кращі в наслідок малих втрат на розсіювання потужності та гистерезис. У якості матеріалу магнітопроводу імпульсних трансформаторів звичайно обирають електротехнічну сталь марок 1512, 1521, 3411 (на частоті f_n не більше 2 кГц), а також пермалой марок 50НП, 65НП, 34НКМП з високим значенням індукції насичення.

Розрахунок $S_c S_o$ магнітопроводу трансформатора визначаємо за наступним виразом [10]:

$$S_c S_o = \frac{P_r * 10^2}{2 f_n B_s J_\eta k_c k_o \sigma}, \quad (2.7)$$

- де S_c та S_o - відповідна площа січення стержню та площа вікна, $см^2$;
- f_n - робоча частота перетворювача, Гц;
- B_s - індукція насичення магнітопроводу, Тл;
- J - щільність струму в обмотках трансформатора, $А/мм^2$;
- k_c - коефіцієнт заповнення магнітопроводу сталлю;
- k_o - коефіцієнт заповнення вікна обмотки;
- σ - кількість стрижнів магнітопроводу;
- η - КПД трансформатора.

Якщо магнітопровід трансформатора троїдальний та обмотки виконуються проводом марки ПЄЛ чи ПЄВ, то вказані параметри мають наступні значення:

- $J = 3 - 4 \text{ А/мм}^2$;
- $k_c = 0,8$;

- $k_0 = 0,2 - 0,3$;
- $\eta = 0,8 - 0,9$;
- $\sigma = 1$.

Обираємо троїдальний стрічковий нарізний магнітопровід із пермалою марки 65НП :

$$S_c S_o = \frac{0,442 * 10^2}{2 * 4 * 10^2 * 1,3 * 4 * 0,8 * 0,2 * 1} = 0,0664 \text{ см}^4$$

Значення товщини стрижню магнітопроводу (товщину намотки стрічки) a та ширини стрічки b визначаються за формулами :

$$a \approx 0,7^4 \sqrt{S_c S_o} \text{ ,см; } b \approx 1,5a \text{ см,}$$

У нашому випадку :

$$a = 0,7 * \sqrt[4]{0,0664} = 0,3553 \text{ см ;}$$

$$b = 1,5 * 0,3553 = 0,5329 \text{ см.}$$

Вибір розміру магнітопроводу

Обираємо магнітопровід типу ОЛ 25/40-10 із наступними параметрами:

- $b = 10$ мм;
- $d = 25$ мм;
- $D = 40$ мм;
- $a = 7,5$ мм;
- $S_c = 0,67 \text{ см}^2$.

Кількість витків половини колекторної обмотки трансформатору визначаємо за формулою:

$$0,5w_k = \frac{(U_{ex} - |U_{кпс}|)10^3}{4f_n B_s S_c k_c} \quad (2.8)$$

Для нашого випадку :

$$0,5w_k = \frac{(12-1)*10^4}{4*4*10^2*1,3*0,67*0,8} = 98,6$$

Кількість витків половини базової обмотки знаходимо за формулою:

$$0,5w_B = 0,5w_K \frac{3-4}{U_{ex} - |U_{Кнас}|} . \quad (2.9)$$

Для нашого випадку :

$$0,5w_B = 98,6 \frac{3}{12-1} = 26,8 \text{ витків.}$$

Число витків вихідної обмотки:

$$w_{вих} = 0,5w_k \frac{U_{вих}}{U_{ex} - |U_{Кнас}|} ; \quad (2.10)$$

Отримуємо :

$$w_{вих} = 98,6 \frac{1,7}{12-1} = 15,23 \text{ витка .}$$

Дійсні значення струму у колекторній обмотці:

$$I_k = \frac{I_{k\max}}{\sqrt{2}} = \frac{7,05}{\sqrt{2}} = 4,98 \text{ А.} \quad (2.11)$$

Дійсне значення струму у базовій обмотці:

$$I_B = I_K k_{нас} / h_{21e} \quad (2.12)$$

З урахуванням , що $h_{21e} = 20$,

$$I_{\sigma} = \frac{4,98 * 2}{20} = 0,498 A.$$

Діаметр проводів обмоток трансформатору визначаємо відповідно з виразом;

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_k}{J}} \text{ мм} \quad (2.13)$$

Діаметр проводу колекторної обмотки:

$$d_k = 1,13 \sqrt{\frac{I_k}{J}} = 1,13 \sqrt{\frac{4,98}{3,5}} = 1,34 \text{ мм}$$

діаметр проводу базової обмотки:

$$d_B = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\sigma}}{J}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,498}{3,5}} = 0,426 \text{ мм}$$

Діаметр проводу вихідної обмотки:

$$d_{\text{вих}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{вих}}}{J}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,2}{3,5}} = 0,270 \text{ мм}$$

Обираємо провід марки ПСВ-1 з діаметром обмоток з ізоляцією:

$$d_k = 1,34 \text{ мм};$$

$$d_{\sigma} = 0,42 \text{ мм};$$

$$d_{\text{вих}} = 0,27 \text{ мм}.$$

2.2.5 Перевірка транзистора на тепловий режим

Максимально допустима потужність при максимальній температурі розраховується за формулою:

$$P_{k \max} = P_{k \max} \frac{T_{rk \max} - T_{окр}}{T_{k \max} - 25^0}; \quad (2.14)$$

Для нашої схеми $T_{k \max} = 125^0$; $T_{окр} = 45^0$.

Таким чином:

$$P_{k \max} = 3 \frac{125 - 45}{125 - 25} = 2,4 \text{ Вт} - \text{без додаткового радіатора}$$

2.2.6 Розрахунок трансформатора

Вихідні дані для розрахунку трансформатора [10]:

| | |
|--------------------------------------|-----|
| напруга первинної обмотки, В..... | 12 |
| частота змінного струму, Гц..... | 400 |
| напруга на вторинної обмотки, В..... | 1,7 |
| струм вторинної обмотки, А..... | 0.2 |

Визначаємо потужність на вторинній обмотці трансформатора:

$$P_2 = U_2 \times I_2 \quad (2.15)$$

де P_2 - потужність вторинної обмотки, Вт;

U_2 - напруга вторинної обмотки, В;

I_2 - струм вторинної обмотки, А.

$$P_2 = 1,7 \times 0,2 = 0,34 \text{ (Вт)}$$

Розраховуємо габаритну потужність трансформатора:

$$P_r = 1,3 \times P_2 \quad (2.16)$$

де P_r - габаритна потужність трансформатора, Вт;

P_2 - потужність вторинної обмотки, Вт.

$$P_r = 1,3 \times 0,34 = 0,442 \text{ (Вт)}$$

для трансформатора обираємо сердечник ШЛ12х16 зі сталі 3411, магнітопровід з пластин товщиною 0,35 мм, у якого $K_c=0,93$.

Для нього $h = 30$ мм, $c = 12$ мм, $L_c = 10,2$ см, $S_c = 1,55$ см², $G_c = 130$ г, також обираємо параметри, які відповідають $P_r = 3,12$ Вт, а саме $B_m = 1,5$ Т; щільність струму $j = 1,7$ А/мм²; $K_o = 0,22$. Згідно падіння напруги на обмотках трансформатора $\Delta U_1 \% = \Delta U_2 \% = 12$ %.

Кількість витків в обмотках трансформатора розраховуються по формулам:

$$W_1 = \frac{U_1(1 - \Delta U_1 \% / 100) * 10^4}{4,44 * f * B_m * S_c} \quad (2.17)$$

$$W_2 = \frac{U_2(1 + \Delta U_2 \% / 100) * 10^4}{4,44 * f * B_m * S_c} \quad (2.18)$$

де W_1, W_2 – кількість витків в обмотках;

ΔU_1 – відносне падіння напруги в обмотках, %

S_c – активний перетин стержня, см^2 .

$$W_1 = \frac{12(1-1,7/100)*10^4}{4,44*400*1,5*1,55} = 29 \text{ (витка)}$$

$$W_2 = \frac{1,7(1+1,7/100)*10^4}{4,44*400*1,5*1,55} = 5 \text{ (витка)}$$

Індукція у сердечнику при роботі трансформатора на холостому ході:

$$B_{om} = B_m \times \left(1 + \frac{\Delta U_1}{100}\right) \quad (2.19)$$

де B_{om} – індукція сердечника на холостому ході.

$$B_{om} = 1,5 \times \left(1 + \frac{1,7}{100}\right) = 1,5255 \text{ (Т)}$$

Визначаємо питомі втрати в сталі при $B_m = 1,5\text{Т}$ та $B_{om} = 1,5255\text{Т}$; $P_{c.пит} = 4 \text{ Вт/кг}$ при B_m та $P_{c.пит} = 5 \text{ Вт/кг}$ при B_{om} :

Втрати в сталі при B_m та B_{om} :

$$P_c = P_{c.пит} \times G_c \quad (2.20)$$

де P_c – втрати в сталі, Вт;

$P_{c.пит}$ – питомі втрати в сталі, Вт/кг;

G_c – маса стержня, кг.

$$P_{c1} = 4 \times 0,46 = 1,84 \text{ (Вт) при } B_m$$

$$P_{c1} = 5 \times 0,46 = 2,3 \text{ (Вт) при } B_{om}$$

Струм первинної обмотки, який залежить від струму вторинної:

$$I'_{1a} = I_2 \times \frac{U_2}{U_1} \quad (2.21)$$

де I'_{1a} – складова струму первинної обмотки, А.

$$I'_{1a} = 0.2 \times \frac{1,7}{12} = 0,028 \text{ (А)}$$

Коефіцієнт $k = 1,75$.

Орієнтоване значення струму первинної обмотки, А:

$$I_1 = I'_{1a} \times k \quad (2.22)$$

де I_1 орієнтоване значення струму первинної обмотки, А.

$$I_1 = 0,028 \times 1,75 = 0,049$$

Визначаємо витрати у міді усіх обмоток:

$$P_M = P_{M1} + P_{M2} \quad (2.23)$$

де P_M – витрати в міді усіх обмоток, Вт;

P_{M1}, P_{M2} – витрати у міді окремої обмотки, Вт.

$$P_M = 12 \times \left(\frac{12}{100} \right) \times 0,028 + 1,7 \times \left(\frac{1,7}{100} \right) \times 0,2 = 0,0461 \text{ (Вт)}$$

Визначаємо складову струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі:

$$I''_{1a} = \frac{P_c + P_M}{U_1} \quad (2.24)$$

де I''_{1a} - складова струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі А;

P_c – витрати в сталі, Вт;

P_M – витрати в міді усіх обмоток, Вт;

U_1 – напруга мережі, В

$$I''_{1a} = \frac{0,52 + 0,736}{12} = 0,1046(A) \quad (2.25)$$

Визначаємо повну активну складову струму первинної обмотки:

$$I_{1a} = I'_{1a} + I''_{1a} \quad (2.26)$$

де I'_{1a} - повна активна складова струму первинної обмотки, яка залежить від струму вторинної обмотки, А;

I''_{1a} - складова струму первинної обмотки, яка залежить від витрат в трансформаторі А;

$$I_{1a} = 0,28 + 0,1046 = 0,3846 (A)$$

Напруженість магнітного поля, необхідна для створення у сердечнику індукції 1,5Т та 1,68Т; $q_w = 5,6$ АВ/см; $q_{w_{x.x}} = 6,6$ АВ/см.

Реактивна складова струму первинної обмотки при роботі під навантаженням та на холостому ході:

$$I_p = \frac{q_w \times L_c}{W_1} \quad (2.27)$$

$$I_{op} = \frac{q_{w_{x.x}} \times L_c}{W_1} \quad (2.28)$$

де I_p, I_{op} – реактивні складові струму первинної обмотки при роботі під навантаженням та на холостому ході відповідно, А;

$q_w, q_{w_{x.x}}$ – напруженість магнітного поля, необхідна для створення у сердечнику індукції при роботі з навантаженням та при холостому ході відповідно, АВ/см;

L_c – індуктивність розсіювання обмоток трансформатора, Гн.

$$I_p = \frac{5,6 \times 10,2}{29} = 1,9696 \text{ (А)}$$

$$I_{op} = \frac{6,6 \times 10,2}{29} = 2,3213 \text{ (А)}$$

Визначаємо повний струм первинної обмотки:

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_p^2} \quad (2.29)$$

де I_1 – повний струм первинної обмотки, А;

I_{1a} – повна активна складова струму первинної обмотки, А;

I_p – реактивна складова струму первинної обмотки при роботі під навантаженням, А.

$$I_1 = \sqrt{0,3846^2 + 1,9696^2} = 2,3542 \text{ (А)}$$

Так як отримане значення $I_1 = 2,3$ А відрізняється від того, яке було орієнтовано визначено, задаємося значенням $I_1 = 2,0$ А та проведемо повторні розрахунки.

$$P_m = 12 \times \left(\frac{12}{100}\right) \times 0,028 + 1,7 \times \left(\frac{1,7}{100}\right) \times 0,2 = 0,0461 \text{ (Вт)}$$

$$I_{\text{la}} = \frac{0,52 + 0,736}{12} = 0,1046 \text{ (А)}$$

$$I_{la} = 0,28 + 0,1046 = 0,3846 \text{ (А)}$$

$$I_1 = \sqrt{0,3846^2 + 1,9696^2} = 2,3542 \text{ (А)}$$

В результаті розрахунку отримали:

$$P_m = 0,0461 \text{ Вт};$$

$$I_{\text{la}} = 2,3542 \text{ А};$$

$$I_{la} = 0,3846 \text{ А};$$

$$I_1 = 2,3542 \text{ А}.$$

Отримане значення $I_1 = 2,3542$ А відповідає заданому.

Визначаємо активну складову струму холостого ходу:

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1} \quad (2.30)$$

де I_{oa} - активна складова струму холостого ходу, А;

P_c – втрати в сталі при роботі під навантаженням, Вт;

U_1 – напруга первинної обмотки, В.

$$I_{oa} = \frac{2,52}{12} = 0,21(A)$$

Визначимо струм холостого ходу:

$$I_{0x} = \sqrt{I_{oa}^2 + I_{op}^2} \quad (2.31)$$

$$I_{0x} = \sqrt{0,21^2 + 2,3213^2} = 2,5312 (A)$$

Визначаємо діаметр проводу кожної обмотки:

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{I_n}{j}} \quad (2.32)$$

де d_n – діаметр проводу N-ої обмотки, мм;

I_n – струм N-ої обмотки, А;

j – щільність струму N-ої обмотки, А/мм².

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{2,3542}{1,7}} = 1,3297 \text{ (мм)}$$

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{0,2}{1,7}} = 0,38 \text{ (мм)}$$

Обираємо провід марки ПЕВ – 1. Обираємо найближчі стандартні діаметри та визначаємо $d_{1із}$ та $d_{2із}$.

$$d_1 = 2,5 \text{ мм} - d_{1із} = 2,5$$

$$d_2 = 0,64 \text{ мм} - d_{2із} = 0,70$$

Висоту каркасу обираємо на 0,5 мм менше висоти вікна $h_k=29,5$ мм.

Обираємо ширину кінцевої ізоляції $h_{із}=1,5$ мм.

Визначаємо ширину первинної обмотки:

$$h_{h1} = h_k - 2h_{u3} \quad (2.33)$$

де h_{h1} – ширина первинної обмотки, мм;

h_k – ширина каркасу, мм;

h_{u3} – ширина кінцевої ізоляції, мм;

$$h_{h1} = 29,5 - 2 \cdot 1,5 = 26,5$$

Ширина другої обмотки $h_{h2} = 25,5$ мм;

Обираємо значення коефіцієнтів нещільності намотки:

$$K_{y1} = 1,05; K_{y2} = 1,05;$$

$$W_{nu} = \frac{h_{un}}{h_{i3n} \times k_{yn}} \quad (2.34)$$

де W_{nu} – число витків у одному шарі для N-обмотки;

h_{un} – ширина намотки для N-обмотки, мм;

h_{i3n} – ширина ізоляції N-обмотки, мм;

k_{yn} – коефіцієнт щільності намотки для N-обмотки.

$$W_{1u} = \frac{26,5}{0,15 \times 1,05} = 168$$

$$W_{2u} = \frac{25,5}{0,44 \times 1,05} = 55$$

Кількість шарів кожної обмотки:

$$\Pi_{iш} = \frac{W_n}{W_{ни}} \quad (2.35)$$

де $\Pi_{iш}$ – кількість шарів i -ої обмотки.

$$\Pi_{1ш} = \frac{29}{168} \approx 0,1$$

$$\Pi_{2ш} = \frac{5}{55} \approx 0,09$$

Обираємо товщину ізоляційних матеріалів: товщина гільзи каркасу $\Delta K=0,5$ мм, товщина міжобмоточної ізоляції $\Delta M=0,24$ мм, товщину зовнішньої ізоляції $\Delta H= 0,24$ мм, товщина міжрядної ізоляції $\Delta p_1=0,03$ мм, $\Delta p_2=0,01$ мм.

Визначаємо товщину кожної обмотки:

$$\lambda_n = \Pi_{iш} \times d_{iш} + (\Pi_{iш} - 1) \times \Delta p_n \quad (2.36)$$

де λ_n – товщина N -ої обмотки, мм;

$d_{iш}$ – діаметр ізоляції для N -ої обмотки, мм;

Δp_n – товщина міжрядкової ізоляції для N -ої обмотки, мм.

$$\lambda_1 = 0.1 \times 2.5 + (0.1 - 1) \times 0,03 = 0.223 \text{ (мм)}$$

$$\lambda_2 = 0.09 \times 0,7 + (0.09 - 1) \times 0,03 = 0.0357 \text{ (мм)}$$

Визначаємо повну радіальну товщину котушки. Вибрали зазор між сердечником і котушкою $\Delta z = 0,25$ мм.

$$\lambda_0 = \Delta z + \Delta K + 1,1(\lambda_1 + \lambda_2 + \Delta M + \Delta H) \quad (2.37)$$

де λ_0 – повна радіальна товщина котушки, мм;
 Δz – зазор між сердечником і котушкою, мм;
 Δk – товщина гільзи каркасу, мм;
 λ_1 – товщина первинної обмотки, мм;
 λ_2 – товщина вторинної обмотки, мм;
 ΔM – товщина міжрядної ізоляції, мм;
 ΔH – товщина зовнішньої ізоляції, мм.

$$\lambda_0 = 0,25 + 0,5 + 1,1(3,93 + 2,24 + 0,24 + 0,24) = 12,3$$

Визначаємо довжину дроту кожної обмотки:

$$l_1 = 0,9 \cdot \omega_1 \cdot l_M \quad (2.38)$$

$$l_2 = \omega_2 \cdot l_M \quad (2.39)$$

де l_n – довжина дроту кожної обмотки, см;
 ω_n – кількість витків кожної обмотки, вит;
 l_M – середня довжина витка обмотки, см.

$$l_1 = 0,9 \times 29 \times 8,7 = 227,07 \text{ (м)}$$

$$l_2 = 5 \times 8,7 = 43,5 \text{ (м)}$$

Знаходимо питомий опір проводу при температурі 20°C, Ом × м:

$$\rho = \rho_0 [1 + 0,004(t - t_0)] \quad (2.40)$$

де $\rho_0 = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для міді при $t_0 = 15^\circ \text{C}$

$$\rho = 0,0175 [1 + 0,004(20 - 15)] = 0,01785$$

Знаходимо опір обмоток при температурі 20°C, Ом:

$$r_n = \rho \frac{4 \times L_n}{\pi \times d_{ni3}} \quad (2.41)$$

де r_n – опір N-ї обмотки при температурі 20°C, Ом;

ρ – питомий опір проводу, Ом × м.

$$r_1 = 0,01785 \frac{4 \times 227,07}{3,14 \times 2,5} = 2,06 \text{ (Ом)}$$

$$r_2 = 0,01785 \frac{4 \times 43,5}{3,14 \times 0,7} = 1,41 \text{ (Ом)}$$

Задаємо температурою нагріву обмоток 100°C.

Обчислюємо опір обмоток при температурі 100°C:

$$r_t = 1 + 0,004 \times \Delta_t \quad (2.42)$$

$$\Delta_t = 100 - 20 = 80^\circ\text{C}$$

$$r_t = 1 + 0,004 \times 80 = 1,32 \text{ (Ом)}$$

$$r_{ti} = r_t \times r_i \quad (2.43)$$

де r_i – опір i-обмотки при температурі 20°C, Ом

$$r_{t1} = 1,32 \times 2,06 = 2,7192 \text{ (Ом)}$$

$$r_{t2} = 1,32 \times 1,41 = 1,86 \text{ (Ом)}$$

Падіння напруги на обмотках:

$$\Delta U_n = I_n \times r_n \quad (2.44)$$

$$\Delta U_n \% = \frac{\Delta U_n}{U_n}$$

де ΔU_n – падіння напруги на N-ій обмотці, В;

I_n – струм N-ої обмотки, А;

r_n – опір N-ої обмотки, Ом

$\Delta U_n \%$ – відсоток падіння напруги на N-ій обмотці, %.

$$\Delta U_1 = 0,028 \times 2,06 = 0,05768 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_1 \% = \frac{0,05768}{12} = 0,0048 \%$$

$$\Delta U_2 = 0,2 \times 1,41 = 0,282 \text{ (В)}$$

$$\Delta U_2 \% = \frac{0,282}{1,7} = 0,1658 \%$$

Потужність, що розсіюється на обмотках:

$$P_{\text{нн}} = I_n \times \Delta U_n \quad (2.45)$$

де $P_{\text{нн}}$ – потужність, що розсіюється на N-ій обмотці, Вт.

$$P_{\text{н1}} = 0,028 \times 0,05768 = 0,0016 \text{ (Вт)}$$

$$P_{\text{н2}} = 0,2 \times 0,282 = 0,0564 \text{ (Вт)}$$

Так як значення падіння напруги на обмотках, прийняті раніше відрізняються від отриманих нижче, уточнюємо кількість витків:

$$W_1 = \frac{12(1-1,7/100)*10^4}{4,44*400*1,5*1,55} = 29 \text{ (витка)}$$

$$W_2 = \frac{1,7(1+1,7/100)*10^4}{4,44*400*1,5*1,55} = 5 \text{ (витка)}$$

В результаті розрахунку трансформатора отримали трансформатор з кількістю витків у першій обмотці $W_1 = 29$, у другій обмотці $W_2 = 5$.

2.3 Вибір елементної бази

1. Обрано постійні неелектролітичні конденсатори типу К10-17 ОЖО 460.172 ТУ, які мають наступні переваги перед їх аналогами:

- високий ізоляційний опір;
- велика добротність;
- мала собівартість.

2. Обрано постійні електролітичні конденсатори типу К50-35 ОЖО 464.214 ТУ з наступними перевагами серед аналогічних типів:

- малі габарити;
- мала собівартість.

3. Обрано постійні резистори типу С2-6 ГОСТ 25350-82 потужністю 0,125Вт. Вони характеризуються:

- високою стабільністю опору;
- низьким рівнем власних шумів;
- невеликим негативним ТКО;
- малою залежністю опору від частоти та напруги.

4. Вибір спеціалізованих мікросхем здійснювався за такими критеріями:

- мають задовільні технічні характеристики;
- принципові схеми, виконані на них, мають малі габарити, вагу та нескладність настройки.

Обрано мікросхеми серії КТС з наступними перевагами:

- низька потужність споживання (типова потужність споживання на частоті 1 МГц – 0,0025мВт/ЛЕ);
- широкий діапазон напруги живлення (3...15В);
- широкий діапазон робочої температури;
- висока завадостійкість 30...40% U_{CC} ;
- захист по входам;
- температурна стабільність;
- висока навантажездатність.

5. Вибір елементів комутації.

Виходячи з пред'явлених вимог обрано:

- роз'єм типу ОНЦ-ВН-2-2/16-В17 ;

Згідно електричного розрахунку перетворювача напруги обрано діоди КД522 та КД208 .

6. Обрано термозапобіжник типу ТП-128-П-F1 АГО.481.303 ТУ.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

На основі структурної схеми розроблена схема електрична принципова (рис.2.3).

Блок живлення забезпечує подачу змінної напруги на первинну обмотку датчика у вигляді імпульсів прямокутної форми частотою 400 Гц і амплітудою 1,7 В.

Сигнал у вторинній обмотці датчика, обумовлений зовнішнім магнітним полем Землі, подається на вхід електронної схеми.

За допомогою компаратора, виконаного на операційних підсилювачах (DA1, DA2), сигнал U_2 , що поступив з датчика, розділяється на "лівий" і "правий". У одному плечі компаратора виділяється сигнал $+U_2$, у іншому - сигнал $-U_2$.

Розділений сигнал є сумою корисного, за часом співпадаючого з фронтом вхідного імпульсу, і паразитного, співпадаючого за часом з вершинами імпульсів напруги блоку живлення.

Паразитний сигнал необхідно подавити за допомогою логічних схем. На одні входи логічних елементів DD1.1 і DD1.2 подаються сигнали з виходу компараторів, а на інших - сигнали, що продиференціювали, з перетворювача блоку живлення за допомогою елементів DD1.3 і DD1.4 підсумовуються.

За рахунок малої амплітуди сигналів від датчика (B1), малої крутості їх переднього фронту і недостатньої швидкодії ОУ, реальні сигнали U , що управляють, мають зону нечутливості і вимагають додаткової обробки в кожному з двох каналів за допомогою елементів (C7, R18 і DD2.1, DD2.3 для першого каналу). На виводах блоку логіки отримуємо послідовності імпульсів, Вихідні сигнали цих елементів, що подаються до інтеграторів на транзисторних складках DA3, DA4 .

Завдяки великому коефіцієнту підсилення транзисторів напруга на конденсаторах С8 і С9 інтеграторів практично миттєво досягає амплітудного значення імпульсів, що видаються блоком логіки.

Час же розряду конденсаторів задається змінним резистором R21 або R22 і визначає час роботи сервоприводу.

Проміжні реле К1, К2 блоковані своїми нормально замкнутими контактами.

Точність утримання на курсі визначається порогом чутливості схеми і задається резисторами R7, R8, R10 і перемикачем S1.

При вимкненому SA1 похибка досягає $\pm 1,5^\circ$.

При включеному SA1 кут розширюється до $\pm 3^\circ$. Це необхідно для зменшення числа спрацьовувань реле і реверсів сервоприводу. Практика показала, що число спрацьовувань при швидкості 10 вузлів на відстані 60 миль складає порядку 1000.

Для компенсації дрейфу від впливу зовнішніх сил використані змінні резистори R21, R22, регулюючі затримку спрацьовування К1, К2 окремо по напрямках "право" і "ліво", що дозволяє встановити різні значення для кожної сторони.

Перемикач SA2 "Установка курсу" відключає ланцюги котушок реле К3, К4, і напруга поступає на оптичні індикатори HL2, HL3 червоного і зеленого кольору. Індикатори встановлені в корпусі датчика, що дозволяє використовувати їх при ручному управлінні. Можливе підключення різнотональних акустичних генераторів для сигналізації відхилення від курсу.

Моделювання елементів схеми проводилося в програмному середовищі Every Circuit (рис.2.4,2.5).

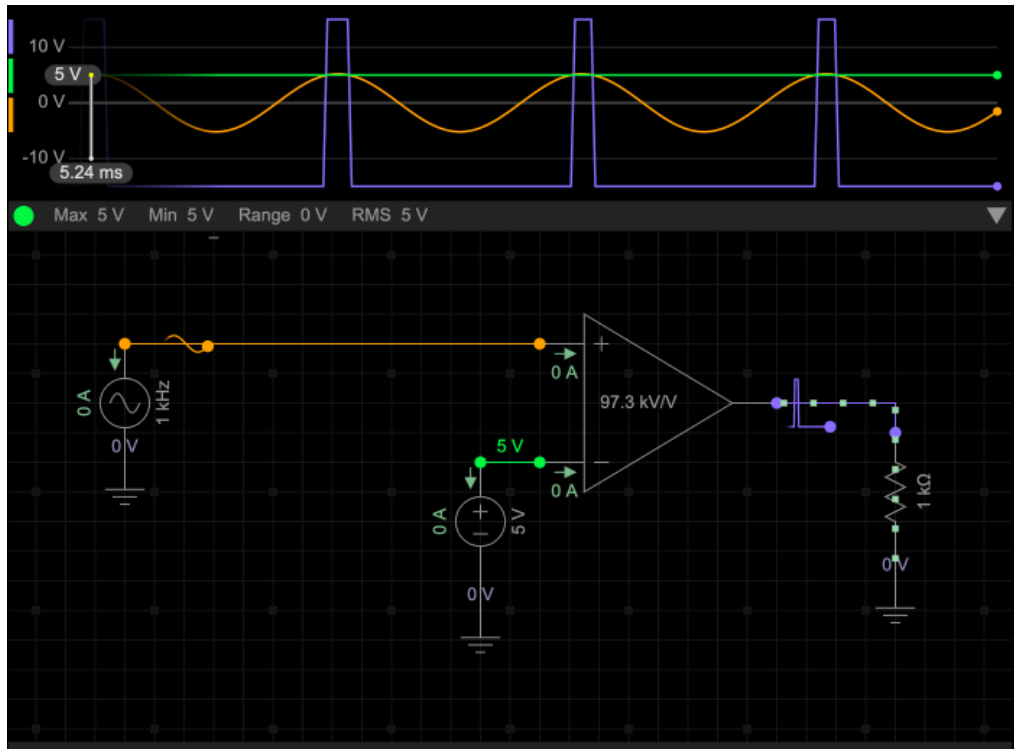


Рисунок 2.4 -Моделювання роботи компаратора в програмному середовищі Every Circuit

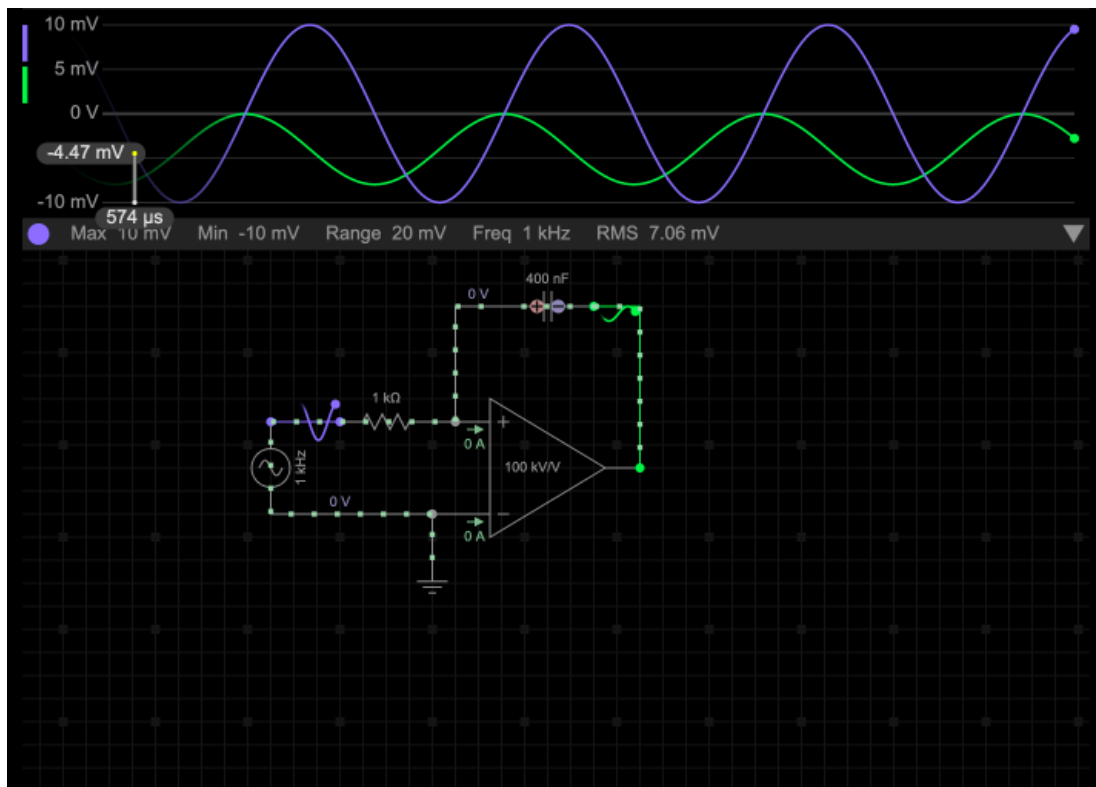


Рисунок 2.5- Моделювання роботи інтегратора в програмному середовищі Every Circuit

2.5 Розробка складального креслення

Складальне креслення є важливою частиною процесу проектування та виробництва в будь-якій галузі. Воно включає в себе створення детальних креслень, які описують будь-які складові деталі, що складаються в кінцевий виріб, а також взаємозв'язки між ними.

Складальне креслення дозволяє інженерам і проектувальникам докладно проаналізувати деталі виробу та їх взаємозв'язки, щоб гарантувати їх правильне та безпечне функціонування в кінцевому виробі. Важливим елементом складального креслення є точна інформація про розміри, матеріали та технічні характеристики кожної деталі, а також її місцезнаходження та взаємодію з іншими деталями.

Складальне креслення виконується відповідно до стандартів та правил, які встановлюються відповідними органами управління та проектування. Такі стандарти допомагають забезпечити єдність між кресленнями, що створюються різними інженерами та проектувальниками, а також забезпечують безпеку та якість виробів.

При складальному кресленні важливо враховувати різні аспекти, такі як дизайн, механічні властивості матеріалів, технології виробництва та монтажу. Крім того, складальне креслення має бути чіткою та зрозумілою інструкцією для робітників, які займаються монтажем виробу.

Особливо важливим є використання сучасних програмних засобів для складального креслення, таких як комп'ютерна або машинна графіка. Ці інструменти дозволяють інженерам та проектувальникам створювати складальні креслення з високою точністю та швидкістю, що дозволяє знизити витрати та час на проектування та виробництво.

Одним з основних елементів складального креслення є білінгова (монтажна) схема, яка показує послідовність монтажу деталей, що

складаються в кінцевий виріб. Ця схема дозволяє інженерам та робітникам зрозуміти порядок монтажу деталей та зменшити можливість помилок при монтажі.

Крім того, складальне креслення може містити інші елементи, такі як інструкції зі збірки, список матеріалів, вимоги до якості та інші важливі деталі, які допомагають забезпечити правильну монтаж та безпеку виробу.

У підсумку, складальне креслення є важливою частиною процесу виробництва, яка забезпечує правильний та безпечний монтаж виробу. Дотримання стандартів та правил, використання сучасних програмних засобів та розробка детальних білінгових схем та інструкцій зі збірки дозволяють забезпечити якість та ефективність виробництва. Складальне креслення запропонованого пристрою представлено на рис. 2.6

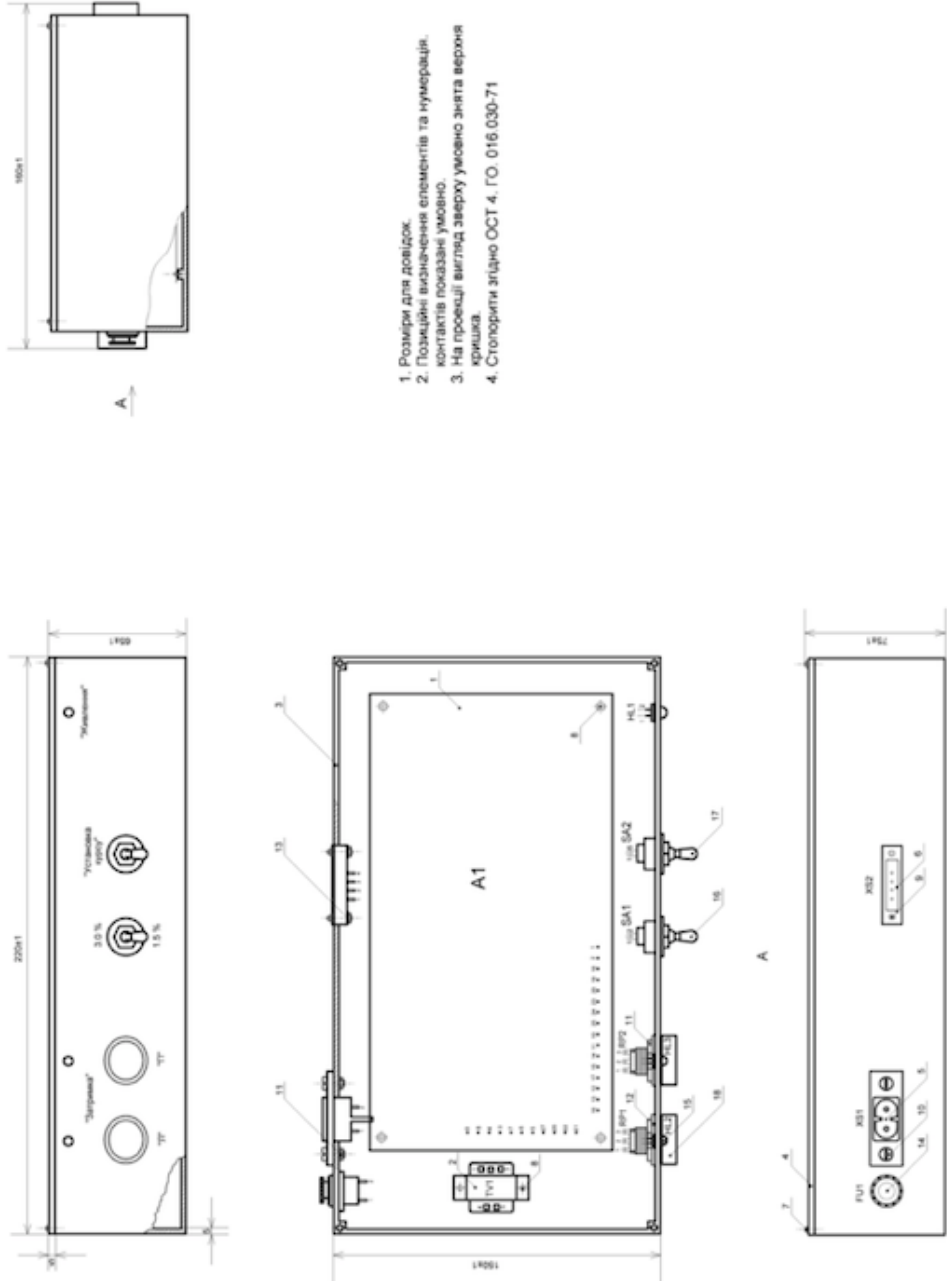


Рисунок 2.6-Складальне креслення авторульового пристрою

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПРИСТРОЮ

3.1 Аналіз потенційних небезпек

При освітленні питань охорони праці слід визначитися з можливими видами небезпек, які погрожують розробникові під час роботи з приладами і пристроями, які потрібні для розробки.

Розробка пристрою проводилася в комп'ютерному класі.

В процесі виконання цієї роботи можливий прояв негативних чинників, які можуть погрожувати життю і здоров'ю персоналу. До таких небезпек відносяться:

- поразка електричним струмом внаслідок несправності електричного устаткування, порушення правил електробезпеки, що також може привести до поразки струмом;
- підвищена напруга зору, яка виникає внаслідок роботи з текстовими і програмами для креслення на ПК при розробці пристрою, що приводить до пересихання рогівки ока і перенапруження м'язів ока. Око тривалий час фокусується в одній точці і на очі діє світлове випромінювання від монітора комп'ютера;
- незадовільний стан мікроклімату, що включає такі недоліки довкілля, як високий рівень шумів, недостатня вентиляція повітря, сухість повітря, надмірність пилу, електромагнітне випромінювання;
- негативний вплив специфіки роботи за ПК на опорно-руховий апарат людини внаслідок статичної пози, гіподинамії. Виникає застій крові, перенапруження м'язів спини і ший[11];

- незадовільне освітлення робочого місця внаслідок помилок при розрахунку або виходу освітлювальних приладів з робочого стану;
- займання, які можуть виникнути внаслідок порушення правил пожежної безпеки, несправності електроустаткування, що може привести до короткого замикання.

3.2 Заходи безпеки при виготовленні приладу

Згідно з нормативними документами, що передбачають роботу в приміщенні з комп'ютерами, застосовані наступні заходи безпеки.

Згідно СН 512-78 і ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин" робочі місця заборонено облаштовувати в підвальних або цокольних приміщеннях будинків. У устаткуванні приміщень забороняється використання полімерних матеріалів, що виділяють шкідливі хімічні речовини. Також слід приділити увагу забезпеченню достатнім для здійснення роботи рівнем освітлення (природного і штучного - в темний час доби) і звукоізоляції. Для регуляції рівня освітлення природним світлом бажано застосовувати жалюзі. Крім того, в приміщеннях, де здійснюється робота з комп'ютерами, щодня повинне виконуватися вологе прибирання з метою недопущення запилення підлоги і меблів.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалювання, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), відповідно до СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення попадання людини під напругу[12].

На особливу увагу заслуговують заходи дотримання протипожежної безпеки. Регулюється державними будівельними нормами "Пожежна безпека

об'єктів будівництва", затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 N 88, ДСТУ 12.1.004-91ССБТ". Пожежна безпека. Загальні вимоги безпеки", правилами пожежної безпеки України НАПБ А.01.001-2004.

Так, в усьому офісі лінії електромережі мають бути забезпечені від виникнення короткого замикання, а також від перепадів мережевої напруги, що може викликати збої в роботі електронно-обчислювальної техніки. Приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. Під час монтажу і експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела займання внаслідок короткого замикання і перевантаження дротів, обмежувати застосування дротів з легкозаймистою ізоляцією і, по можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. У приміщенні, де одночасно експлуатуються більше п'яти комп'ютерів, на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю відключити електричне живлення приміщення, окрім освітлення[13].

Не проводити ремонт зіпсованої техніки, що вийшла з ладу електромережі, не міняти зіпсовані запобіжники самостійно. Треба викликати фахівця з потрібними для роботи інструментами. Фахівець також зобов'язаний раз на півроку відкривати системний блок комп'ютера і за допомогою пирососа вичищати пил і бруд, які там накопичилися.

По закінченню робочого дня вимкнути комп'ютери, від'єднати дроти живлення від розетки електромережі. При цьому треба пам'ятати, що від'єднуючи вилку від розетки треба її тримати за корпус, а не смикати за дріт, тому що можна пошкодити цілісність дротів і потрапити під дію електричного струму.

При ураженні електричним струмом треба негайно звільнити від джерела струму потерпілого. Для цього треба або вимкнути електроживлення повністю, або відокремити потерпілого від джерела струму, відтягнувши його за одяг, якщо він сухий, або за допомогою предметів з діелектричних

матеріалів: гума, дерево. Можна стати на гумовий килимок, дерев'яну дошку обома ногами і відштовхнути потерпілого, можна використати щільні гумові рукавички.

Якщо потерпілий опинився в несвідомому стані, забезпечити йому приплив свіжого повітря, розстебнути тісний одяг, що заважає вільно дихати, дати понюхати нашатирний спирт, окропити водою, розігріти тіло. Терміново викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103. При рідкісному і судорожному диханні треба зробити йому штучне дихання. Надання першої медичної допомоги проводити до приїзду швидкої допомоги.

Для зменшення впливу гіподинамії і збереження здоров'я при роботі в статичній позі варто дотримуватися правильного положення за робочим місцем і правильної організації робочого місця. Оснащення і організація робочого місця працюючих з ВДТ і ПЕВМ, конструкцій усіх елементів робочого місця і їх взаємного розташування розроблені у відповідності до ергономічних вимог з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності (ДСТУ 12.2.032-78, ДСТУ 22.269-76, ДСТУ 21.889-76). Робоче місце персоналу, взаємне розташування усіх елементів (органів управління, засобів відображення інформації і так далі), розроблене з урахуванням цих норм, забезпечує раціональність робочих рухів і максимально враховує енергетичні, швидкісні, силові і психофізичні можливості і особливості людини[13].

Для зменшення наслідків гіподинамії і високої зорової напруги необхідно проводити періодичні перерви в роботі, робити зарядку.

3.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці

Згідно з нормативними документами, які регулюються Наказом Державного комітету України по промисловій безпеці, охороні праці і гірському нагляду "Про затвердження Правил охорони праці при експлуатації електронно-обчислювальних машин" від 26.03.2010 № 65. що передбачає роботу в приміщенні з комп'ютерами, застосовані наступні заходи по забезпеченню гігієни праці.

Виходячи із специфіки роботи в приміщеннях обчислювального центру для забезпечення виконання вимог до санітарії і гігієни праці необхідно:

- забезпечити нормальний мікроклімат;
- забезпечити освітлення, яке задовольняє вимогам;
- забезпечити захист від електромагнітного випромінювання.

Необхідною умовою високопродуктивної роботи є забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря в робочій зоні. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, наявності шкідливих домішок відповідають вимогам СН 4088-86, СН 2152-80, ДСТУ 12.1.005-88, ДСТУ 12.1.007-76.

Метеорологічні умови, що впливають на людину:

- температура і вологістю повітря;
- швидкість руху повітря.

Оптимальні норми температури в робочій зоні в холодний і перехідний періоди року - 20-23 °С, в теплий - 22-25 °С, відносна вологість - 40-60 %, швидкість руху повітря - 0.1 м/с.

Для забезпечення цих вимог передбачено використання вентиляції - природної (аерація і провітрювання), механічної, кондиціонування повітря.

У лабораторії встановлений кондиціонер з максимальним повітряним потоком 10,5 м³/хв.

При виконанні складання, монтажу і інших видів складальних робіт нормована освітленість складає 400 люкс. При роботі з ПК освітленість складає 300-500 люкс.

Для загального штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи з рівномірним розташуванням світильників. Застосоване одностороннє бічне природне освітлення. В цьому випадку вікна слід закрити світлорозсіювальними шторами, регульованими жалюзі або сонцезахисною плівкою з металізованим покриттям[13].

Якщо природного освітлення недостатньо, то використовується змішане освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не лише в темний час доби, але і у світле. Найбільш прийнятними є люмінесцентні лампи білого або тепло-білого кольору потужністю 20, 40, 80 Вт.

3.4 Розрахунок оптимального рівня освітленості

Розрахуємо необхідний світловий потік для приміщення, яке використовується для розробки облаштування цього дипломного проекту відповідно до ТЗ, а також сумарну кількість ламп і світильників, необхідних для найбільш оптимального рівня освітленості, який відповідає санітарним стандартам.

Задано розмірами приміщення :

- довжина $A = 6$ м;
- ширина $B = 5$ м;
- висота стелі $H = 3$ м.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (3.1)$$

Висота робочої поверхні столу $h_p=0.8\text{м}$.

Висота світильника від стелі $h_c=0.1\text{м}$.

Тоді маємо:

$$h=3-0.8-0.1=2.1 \text{ м.}$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} \quad (3.2)$$

Розрахувавши за формулою, отримаємо:

$$i = \frac{6 \cdot 5}{2.1 \cdot (6 + 5)} \approx 1.3.$$

З урахуванням індексу приміщення, коефіцієнтів відображення стелі стін і статі і типу вибраного світильника слід визначити коефіцієнт світлового потоку η за таблицею, $\eta = 47\%$.

Далі визначимо сумарний світловий потік освітлювальної установки в цьому приміщенні за формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta}, \quad (3.3)$$

де E_n – нормоване значення освітленості, дорівнює $200 \text{ лк}^{\text{а}}$;

S – площа освітлюваної поверхні;

k_z – коефіцієнт запасу, дорівнює 1.5 ;

z – коефіцієнт нерівномірності, дорівнює 1.1 .

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 30 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{0.47} = 21064 \text{ лм.}$$

Використовуючи табличне значення, отримане виходячи з розрахунків, $L/h=1.4$, можна визначити максимальну відстань L_{max} між рядами світильників:

$$L_{max} = \left[\frac{L}{h} \right] \cdot h, \quad (3.4)$$

$$L_{max} = 1.4 \cdot 2.1 \approx 2.5 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників в приміщенні визначається:

$$N_p = \frac{B}{L_{max}}, \quad (3.5)$$

$$N_p = \frac{5}{2.5} = 2.$$

Оптимальна кількість світильників в приміщенні:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2}, \quad (3.6)$$

$$N^* = \frac{6 \cdot 5}{2.5^2} \approx 6.$$

Загальна кількість ламп, що використовується у світильниках :

$$N_x = N^* \cdot n, \quad (3.7)$$

де n – кількість ламп у світильнику,
оптимальна кількість, дорівнює 2.

$$N_x = 6 \cdot 2 = 12.$$

Світловий потік умовного джерела світла обчислюється за формулою:

$$\Phi_x^* = \frac{\Phi_\Sigma}{N_x}, \quad (3.8)$$

$$\Phi_x^* = \frac{21064}{12} = 1755 \text{ лм.}$$

Виходячи з табличних даних, вибрана лампа ЛД, потужністю 30 Вт зі світловим потоком $\Phi=1800$ лм, завдовжки 0.9 м.

Визначимо співвідношення між розрахунковим значенням світлового потоку і фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи :

$$m = \frac{\Phi_x^*}{\Phi_x}, \quad (3.9)$$

$$m = \frac{1755}{1800} = 0.975.$$

Встановлюємо в приміщенні обчислювального центру 6 світильників в 2 ряди по 3 світильники в кожному.

При проектуванні робочого приміщення були враховані вимоги, встановлені СНіП II - 90-81 "Виробничі будинки промислових підприємств", СНіП II - 96-76 "Допоміжні будинки і приміщення промислових підприємств".

Площа, відведена на одно робоче місце, повинна складати не менше 6 м^2 , а об'єм - не менше 20 м^3 . Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози (тобто такої, яка дозволяє працівникові

виконувати роботу з мінімальною напругою тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу).

При необхідності особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти один від одного перегородками заввишки 1,5 - 2 м.

Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) так, щоб світло падало збоку, переважно ліворуч. Також робоче місце повинне відповідати сучасним вимогам ергономіки :

- робочий стілець робочий стілець має бути підйомно-поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано із стаціонарними або змінними підлокітниками і напівм'якою неслизькою поверхнею сидіння, яке легко очиститься і не електризується;
- екран комп'ютера повинен знаходитися на оптимальній відстані від користувача, яка складає 600 - 700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням буквено-цифрових знаків і символів і розташований екраном від джерела світла, щоб обмежити кількість відблисків;
- стіл повинен мати такі параметри ,які забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника:
 - а) висота поверхні 680 - 800 мм;
 - б) ширина 600 - 1400 мм;
 - в) глибина 800 - 1000 мм.

Рівень звукового тиску повинні відповідати СН 3223-85, ДСТУ 12.1.003-83, ГР 2411-81[14].

Значення напруженості електромагнітних полів повинні відповідати нормативним значенням ГДР №3206-85, ГДР №4131-86, СНК 5802-91, ДСТУ 12.1.006-84[14].

3.5 Заходи з пожежної безпеки

Ділянка обчислювального центру по взриво-пожарній безпеці належить до категорії В і характеризується тим, що в приміщенні знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Пожежна безпека забезпечена заходами пожежної профілактики і активним пожежним захистом.

Передбачено безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При пожежі люди повинні покинути приміщення упродовж мінімального часу. Відповідно до СНіП II - 2-80 в приміщеннях знаходиться не менше двох евакуаційних виходів.

Пожежна безпека об'єкту відповідно до ДСТ 12.1.004-91-ССБТ "Пожежна безпека. Загальні вимоги" забезпечена:

- системою відвертання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Протипожежний захист забезпечений:

- застосуванням засобів пожежогасінні і відповідних видів пожежної техніки, вогнегасників марок ОУ- 2, ОУ- 25, ОУ- 80, ОП- 2, ОП- 10;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації і пожежогасінні типу ПКИЛ з системою сповіщення АП- 2;
- застосуванням систем проти димного захисту з датчиками КІ- 1.

Для захисту робочого місця від пожежі використовуються наступні групи техніки :

- пожежна сигналізація ІДФ- 1, АП- 2, КІ- 1 і так далі;
- вогнегасники марок ОУ- 2, ОУ- 5, ОП- 2, ОП- 10 з порошком ПСБ;
- пожежні рятувальні пристрої(вуглекислотна установка з тросовим пуском типу Т- 2, вуглекислотні установки з електричним пуском, які наводяться в

дію електричними датчиками ручної дії типу ПКИЛ або автоматичної теплової, димової або світлової дії) [15].

Для забезпечення захисту використовується пожежна сигналізація на базі автоматичних комбінованих (димових і теплових) пожежних систем сповіщення, таких, як ІДФ- 1, Ді- 1, АТІМ- 1, АТІМ- 3, ДТЛ, ПТІМ- 1, ПТІМ- 2, ДПС- 038 та ін. У разі займання передбачається використання переносних ручних вогнегасників: вуглекислотних марок ОУ- 2, ОУ- 5, ОУ- 8, порошкових, - ОП- 1, ОП- 2, ОП- 10, заряджений порошком ПСБ, який застосовується для гасіння електроустановка під напругою і ЕОМ. Для порятунку людей у разі займання застосовуються проти димні маски з фільтрами респіраторного типу. Вогнегасники і захисні маски розташовані в легкодоступних і помітних місцях, де виключено попадання на них прямих сонячних променів і безпосередньо вплив опалювальних і нагрівальних приладів.

Ручні вогнегасники розміщені методом навішування на вертикальні конструкції на висоті 1,5 м. При спрацьовуванні автоматичних установок пожежної сигналізації автоматично відключається система вентиляції і кондиціонування повітря. Локалізація вогнища займання і відвертання поширення вогню забезпечено застосуванням вогне- перешкоджальних облаштувань оснащення і протипожежних перешкод.

Шляхи евакуації визначені виходячи з об'ємного планування і технічного виконання будов і споруд з урахуванням їх вогнестійкості (збереження функцій, що несуть, при пожежі упродовж розрахункового часу евакуації). Організовано голосове сповіщення і світлові індикатори для управління рухом по евакуаційних шляхах. Система проти димного захисту забезпечує не задимлення, пониження температури і видалення продуктів горіння на шляхах евакуації упродовж часу, який буде достатнім для евакуації людей.

Виходячи з норм пожежної безпеки в залі обчислювального центру (площею 60м²) є первинні засоби пожежогасінні :

- один вуглекислотний вогнегасник типу ОУ- 5 або ОУ- 8, за допомогою яких можна гасити займання різних матеріалів і установок напругою до 1000 В;
- один хімічно-пінний (ОХП- 10) або легко-пінний вогнегасник (ОВП- 5 або ОВП- 10). За допомогою якого можна гасити тверді матеріали і горючі рідини (окрім установок під напругою);
- повсть або повстяний азбест (1x1; 2x1, 5; 2x2 м).

Приміщення обчислювального центру має бути обладнане пожежними оповісниками, які дозволяють оповістити черговий персонал про пожежу. В якості оповісників встановлені димні фотоелектричні оповісники типу ІДФ- 1 або ДіП- 1[15].

3.6 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Серед захисних заходів щодо безпеки в умовах надзвичайної ситуації, особливо важливе місце займає організація сповіщення органів цивільної оборони, формувань населення про загрозу нападу ворога і про застосування ним ядерної зброї, хімічної або бактеріологічної зброї та інших сучасних засобів масової поразки. Тому захист населення від зброї масового ураження залежить від добре організованої системи сповіщення. Усі сигнали цивільної оборони в підрозділи підприємства передаються по каналах зв'язку і радіотрансляційним мережам, а також через місцеві радіостанції.

Для попередження працівників на підприємствах встановлені наступні сигнали:

- "увага всім";
- "повітряна тривога";
- "відбій повітряної тривоги";
- "радіаційна небезпека";

- "хімічна тривога".

Сигнал "увага усім" подається для усього населення свідомо до подання кожного з сигналів. Це необхідно для того, щоб підготувати людей до сприйняття наступних сигналів, повідомлень або вказівок. По радіотрансляційних системах передається текст: "Увага всім"!.

Сигнал "повітряна тривога" подається для усього населення. По радіотрансляційних системах передається текст: "Увага! Увага! Громадяни! Повітряна тривога"!.

Одночасно з цим сигнал дублюється звуком сирен, гудками заводів і транспортних засобів. Тривалість сигналів складає 2-3 хвилини.

В цьому випадку працівники припиняють роботу і виконують усі заходи, передбачені спеціальною інструкцією підприємства і, дотримуючись встановленого порядку, йдуть в укриття, закріплене за обчислювальним центром на цьому підприємстві.

Сигнал "відбій повітряної тривоги" передається органами цивільної оборони по радіотрансляційних мережах, через місцеві радіо і телевізійну станцію і іншими способами, які можна використати в конкретній обстановці (телефон, гучномовці). Передається текст: "Увага! Увага! Відбій Повітряної тривоги"!.

З цим сигналом працівники обчислювального центру повертаються на робочі місця з укриття і приступають до роботи.

Сигнал "радіаційна небезпека" подається в населених пунктах, у напрямі до яких рухається радіоактивна хмара, яка виникла при вибуху ядерних боєприпасів. Цей сигнал подається за допомогою усіх місцевих технічних засобів зв'язку і сповіщення, а на місцях дублюються звуковими і світловими засобами. При цьому сигналі працівники надівають респіратори, проти-запорошену тканинну маску, ватно-марлеву пов'язку або противогаз, комплекти яких передбачені на цьому підприємстві, а також беруть індивідуальні засоби медичного захисту, предмети першої необхідності і йдуть в укриття.

Сигнал "хімічна тривога" подається при прогнозі або безпосередньому виявленні хімічного або бактеріологічного зараження, за допомогою технічних засобів зв'язку. На місцях він дублюється звуковими і світловими сигналами. Далі працівники виконують усі заходи, передбачені спеціальною інструкцією підприємства. Про те, що небезпека хімічного або бактеріологічного зараження пройшла і про порядок подальших дій розпорядження прийдуть по тих же каналах зв'язку, що і сигнал сповіщення.

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним випромінюванням у вигляді потужного короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну і електронну апаратуру. На утворення електромагнітного імпульсу (ЕМІ) витрачається невелика частина ядерної енергії, проте він здатний викликати потужні імпульси струмів і напруги в дротах і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій і так далі[15].

Вплив ЕМІ може викликати займання чутливих електронних і електричних елементів, які пов'язані з великими антенами або відкритими дротами, а також викликати серйозні порушення в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без безповоротних змін. Тому вплив ЕМІ необхідно враховувати для усіх електричних і електронних систем.

Особливо ЕМІ впливає на радіоелектронну апаратуру, яка виконана на напівпровідникових і інтегральних схемах, які працюють на малих струмах і напрузі і, отже, чутливих до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи інтегральних схем комп'ютерів, викликає коротке замикання, іонізацію діелектриків, або повністю стирає магнітний запис на носіях інформації.

У кожному конкретному випадку мають бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електронної апаратури. Серед таких методів, які застосовані в обчислювальному центрі, найбільш поширено екранування, оптимальне розміщення і заземлення окремих частин системи,

використання приладів, які перешкоджають перенапруженню в найбільш критичних місцях і так далі.

Сполучні кабелю для захисту прокладені в земляних траншеях під цементною або бетонною підлогою будівлі або укладені в металеві коробки, які заземляють.

Усі заходи, розроблені в цьому розділі, відповідають законодавчим і нормативним актам України і забезпечують необхідні умови для роботи персоналу.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Розроблено авторульову систему для утримання на курсі катера або яхти, що складається з двох основних блоків: магніто-модуляційний зонд, який реагує на величину і напрям магнітного поля Землі та пристрій керування, який отримує сигнал від магніто-модуляційного зонду та, орієнтуючись у навколишньому середовищі, контролює подальший курс човна. У разі відхилення від курсу передбачено акустичну та оптичну сигналізацію.

Система живиться від бортової мережі катера чи яхти напругою 12 В . Вона з'єднаний безпосередньо із сервоприводом (механічне керування судна) та передбачає регулювання чутливості (встановлення допустимих значень відхилення від заданого курсу, з врахування зовнішніх факторів, таких як, сильний вітер чи сильна течія та інші).

Запропонована система може зацікавити яхтсменів, власників катерів, служби захисту навколишнього середовища, тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Літвінов М. М. Електронне керування судном / М. М. Літвінов. - Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2016 -158с.
2. Панченко В. Г. Сучасні принципи автоматизації керування суднами / В. Г. Панченко. - Київ : Компринт, 2013 -92с.
3. Костенко М. О. Керування судном: практичний посібник / М. О. Костенко. - Одеса: Морська академія, 2018 -120с.
4. Вакуленко Ю. Г. Електронне керування судном / Ю. Г. Вакуленко, В. О. Куриленко, В. В. Шумейко. Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2020-203 с.
5. Загородній В. М. Автоматизоване керування судном та корабельними комплексами / В. М. Загородній, В. Ю. Шевченко, В. М. Хоменко. Миколаїв: Видавництво «Яслав», 2019 -86с.
6. Гунько І. В. Керування судном з використанням ШІ та багатоагентних систем / І.В. Гунько. // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. – Маріуполь, 2018. – Вип. 33. – С. 147-15
7. М.П. Матвієнко. Основи електроніки. Суми: ЛІРА-К.2020.-360С.
8. Стахів П.Г., Коруд В.І., Гамола О.Е., Чернівган В.Я., Мусихіна Н.П. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки. – Л: 2006. – 224 стор.
9. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи технічної електроніки. – К: Вища школа, 2007. – 508 стор.
- 10.С. В. Козачук, "Електротехніка та електроніка напівпровідникових приладів", Національний університет "Львівська політехніка", 2018.
- 11.Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. – Львів: Афіша. - 2001. – 352с.

12. Практикум. Охорона праці / Ю. Ф. Булгаков, В. Л. Овчаренко; підзаг. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецьк: ВОО «Цифрова типографія», 2017. – 180 с.
13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). — [Чинний від 1998-02-20]. – (НПАОП, ДНАОП (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці)).
14. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – [Чинний від 2017-01-01]. – (ДСТУ (Державний Стандарт України))

| Поз. Символ. | Найменування | Кіл. | Примітки |
|-------------------|--|----------|----------|
| FU1 | Запобіжник плавкий ТП-128-П-F1 АГО.481.303 | 1 | |
| HL1-HL3 | Світлодіод АЛ307Б ААО.336.137 ТУ | 3 | |
| SA1-SA2 | Тумблер ПТ-1-1 ОЮЮ.360.016 ТУ | 2 | |
| RP1-RP2 | Резистор СП-2-0.25Вт 680кОм ОЖО.467.032 ТУ | 2 | |
| XS1 | Гніздо ОНЦ-ВГ-1-3/16-Р ГОСТ 12368-78 | 1 | |
| XS2 | Гніздо ОНЦ-ВН-2-2/16-В17 ГОСТ 12368-78 | 1 | |
| TV1 | Трансформатор НЛ 2.550.016 | 1 | |
| A1 | Плата приладу НЛ 2.550.016 ЕЗ | 1 | |
| | Конденсатори К10-17 ОЖО.460.172 ТУ | | |
| | Конденсатори К50-35 ОЖО.464.214 ТУ | | |
| C1 | К50-23 16В 47 мкФ±5% | 1 | |
| C2 | К10-17 50В 1 мкФ±10% | 1 | |
| C3 | К10-17 50В 0.047 мкФ±5% | 1 | |
| C4 | К10-17 50В 0.022 мкФ±10% | 1 | |
| C5 | К50-23 16В 1000 мкФ±10% | 1 | |
| C6 | К50-23 16В 22 мкФ±10% | 1 | |
| C7 | К50-23 16В 47 мкФ±5% | 1 | |
| C8 | К10-17 50В 1 мкФ±10% | 1 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Зам. | Лист | № докум. | Сторін. |
| | | | Дата |
| Розроб. | | | |
| Перевір. | | | |
| Відп. | | | |
| Н. Копр. | | | |
| Змітка. | | | |
| Кермо електронне | | | |
| Церодів елементів | | | |
| | | Дір. | Ара. |
| | | | Архивні |
| | | | 1 2 |

| Поз. Обознач. | Наименование | Кол. | Примеч. |
|------------------|---|----------|---------|
| | | | |
| | Конденсатори К10-17 ОЖО.460.172 ТУ | | |
| | Конденсатори К50-35 ОЖО.464.214 ТУ | | |
| | | | |
| C9 | К10-17 50В 0.047 мкФ±5% | 1 | |
| C10 | К10-17 50В 0.022 мкФ±10% | 1 | |
| | | | |
| | Мікросхеми | | |
| | | | |
| DA1-DA2 | К140УД1А БКО.348.412-ТУ | 2 | |
| DA3-DA4 | КТС613Б БКО.543.412-ТУ | 2 | |
| | | | |
| | Резистори С2-6 ОЖО.467.032 ТУ | | |
| | | | |
| R1 | С2-6 - 0.25Вт - 33 кОм±5% | 1 | |
| R2 | С2-6 - 0.25Вт - 12 кОм±10% | 1 | |
| R3-R4 | С2-6 - 0.25Вт - 6.8 кОм±5% | 2 | |
| R5-R6 | С2-6 - 0.25Вт - 10 кОм±20% | 2 | |
| R7-R8 | С2-6 - 0.25Вт - 33 кОм±5% | 2 | |
| R9-R10 | С2-6 - 0.25Вт - 10 кОм±20% | 2 | |
| R11-R12 | С2-6 - 0.25Вт - 100 кОм±20% | 2 | |
| R13-R14 | С2-6 - 0.25Вт - 6.8 кОм±5% | 2 | |
| R15 | С2-6 - 0.25Вт - 100 кОм±20% | 1 | |
| R16 | С2-6 - 0.25Вт - 3.3 кОм±5% | 1 | |
| R17 | С2-6 - 0.25Вт - 6.8 кОм±5% | 1 | |
| R18 | С2-6 - 0.25Вт - 3.3 кОм±5% | 1 | |
| R19 | С2-6 - 0.25Вт - 180 Ом±5% | 1 | |
| R20-R21 | С2-6 - 0.25Вт - 33 кОм±5% | 2 | |
| R22 | С2-6 - 0.25Вт - 12 кОм±10% | 1 | |
| R23 | С2-6 - 0.25Вт - 6.8 кОм±5% | 1 | |
| R24-R25 | С2-6 - 0.25Вт - 10 кОм±20% | 2 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | Арх. |
| Змл | Лист | № докум. | Дата |
| | | | 2 |

