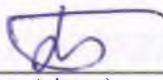


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 15 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітня програма Електротехніка та електротехнології
(назва освітньої програми)

на тему: Автоматизований електропривод зварювального автомата

Виконав: студент IV курсу, групи 4311

Вахрушев Антон Петрович

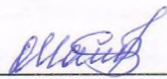
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник доц. каф. автоматики, к.е.н.,

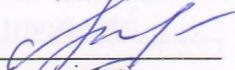
доц. Майборода О. В.

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


(підпис)

Нормоконтроль ст. викладач Савченко О. В.

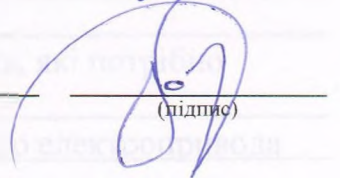
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,

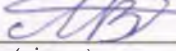
доц. Новогрецький С. М.

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


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2026 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра автоматики
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(код і назва)
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)
Освітня програма «Електротехніка та електротехнології»
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми,

к.т.н., доцент

Васильєв О. Г. Васильєв
(підпис)

16 02 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту

Вахрушеву Антону Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизований електропривод зварювального автомата
керівник роботи Майборода О. В., к.е.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти № 186-УІ від 22.04.26

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи роботи технічні характеристики Патон-ТС-102,

функціональна та електричні схеми зварювального автомата,

двигун механізму переміщення зварювального автомата КПА-563 У2,

тиристорний електропривод А1443К, показники якості перехідного процесу:

перерегулювання $\sigma < 5\%$, час встановлення $t_p < 1$ с.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1. Опис зварювального автомата

4.2. Функціональна схема та вибір елементів автоматизованого електропривода

4.3. Розрахункова частина

4.4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Загальний вигляд зварювального автомата Патон ТС-102

5.2. Функціональна схема автоматизованого електропривода

5.3. Структурна схема автоматизованого електропривода

5.4. Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

6. Консультанти розділів роботи

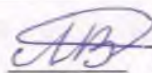
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Майборода О. В., доцент кафедри автоматики		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування актуальності проблеми, що розглядатиметься; визначення основної мети та завдань кваліфікаційної роботи. Вимоги до оформлення пояснювальної записки та графічної частини.		
2	Короткий огляд літератури за темою дослідження. Опис об'єкта керування.		
3	Побудова функціональної схеми автоматизованого електропривода. Розрахунок та вибір його елементів.		
4	Математичний опис автоматизованого електропривода. Налаштування контурів регулювання.		
5	Дослідження динаміки автоматизованого електропривода в MATLAB.		
6	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини. Підготування доповіді.		

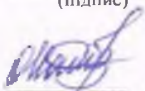
Студент


(підпис)

Вахрушев А. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник
роботи


(підпис)

Майборода О. В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 54 с., 4 р., 12 рис., 2 табл., 1 дод., 10 джерел.

Ключові слова: автоматизований електропривод, зварювальний автомат, моделювання, перехідна характеристика, механізм переміщення.

Об'єкт дослідження – перехідні процеси в автоматизованому електроприводі зварювального автомата.

Мета роботи – дослідження автоматизованого електропривода зварювального автомата.

Методи дослідження – моделювання перехідних процесів в автоматизованому електроприводі зварювального автомата з використанням сучасної теорії автоматичного керування та електропривода, імітаційне моделювання в MATLAB, обробка та аналіз отриманих результатів.

У першому розділі розглянуто класифікацію зварювальних апаратів та склад зварювального апарата інверторного типу. Проведено аналіз характеристик зварювального автомата Патон ТС-102. У розділі 2 наведено функціональну схему автоматизованого електропривода та обґрунтовано вибір його елементів. Розділ 3 містить математичний опис автоматизованого електропривода та розрахунок параметрів його елементів. Досліджено динаміку електропривода за допомогою MATLAB. В розділі 4 розглянуті питання з охорони праці. Додаток містить слайди мультимедійної презентації.

ABSTRACT

Qualification work: 54 pages, 4 chapters, 12 figures, 2 tables, 1 appendix, 6 references.

Keywords: automated electric drive, automatic welding machine, modeling, movement mechanism, transient response.

Object of study – transient processes in the automated electric drive of an automatic welding machine.

Purpose of the work – investigation of the automated electric drive of an automatic welding machine.

Research methods – modeling of transient processes in the automated electric drive of an automatic welding machine using modern automatic control theory and electric drive theory, simulation modeling in MATLAB, processing, and analysis of the obtained results.

Chapter 1 considers the classification of welding machines and the composition of an inverter-type welding machine. An analysis of the characteristics of the Paton TS-102 automatic welding machine is also conducted.

Chapter 2 presents the functional diagram of the automated electric drive and justifies the choice of its elements.

Chapter 3 contains a mathematical description of the automated electric drive and the calculation of its components' parameters. The dynamics of the electric drive are investigated using MATLAB.

Chapter 4 covers occupational health and safety issues. The appendix contains slides of the multimedia presentation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОПИС ЗВАРЮВАЛЬНОГО АВТОМАТА	7
1.1 Класифікація зварювальних апаратів.....	7
1.2 Склад зварювального апарата інверторного типу.....	9
1.3 Загальна характеристика зварювального автомата Патон ТС-102	13
2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	17
2.1 Функціональна та електрична схеми зварювального автомата	17
2.2 Обґрунтування вибору елементів електропривода	21
2.3 Побудова функціональної схеми автоматизованого електропривода	25
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	29
3.1 Структурна схема автоматизованого електропривода.....	29
3.2 Розрахунок параметрів елементів структурної схеми	31
3.3 Моделювання автоматизованого електропривода в MATLAB	36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.....	41
4.2 Техніка безпеки	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТОК А. Мультимедійна презентація.....	56

ВСТУП

Актуальність теми. Устаткування для механізованого (напівавтомати) і автоматизованого (автомати) зварювання постійно вдосконалюється, модернізується з метою отримання швів високої якості, зниження енерго- і ресурсозатрат, полегшення умов праці операторів, ремонтного та обслуговуючого персоналу. Аналіз конструкцій обладнання, яке знаходиться в експлуатації, у виробництві і знову розробляються, показує, що його основними вузлами, поряд з джерелом зварювального струму, є електроприводи, які найбільш схильні до вдосконалення внаслідок особливостей його використання і елементної бази.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є дослідження автоматизованого електропривода зварювального автомата. Для досягнення зазначеної мети в кваліфікаційній роботі було визначено наступні завдання:

- 1) розглянути класифікацію зварювальних апаратів та склад зварювального апарата інверторного типу. Проаналізувати характеристики зварювального автомата Патон ТС-102;
- 2) скласти функціональну схему автоматизованого електропривода зварювального автомата та обґрунтувати вибір її елементів;
- 3) скласти структурну схему автоматизованого електропривода зварювального автомата та виконати розрахунок параметрів її елементів;
- 4) дослідити динаміку системи керування.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в автоматизованому електроприводі зварювального автомата. Предмет роботи – параметри регуляторів струму та швидкості електропривода механізму переміщення зварювального автомата, які впливають на якість керування.

1 ОПИС ЗВАРЮВАЛЬНОГО АВТОМАТА

1.1 Класифікація зварювальних апаратів

Принцип роботи всіх зварювальних апаратів, незалежно від вартості, ґрунтується на застосування постійного або змінного струму. Цей параметр залежить від того, якої якості потрібен одержуваний шов, різновид металу та ін.

На сьогоднішній день першість за популярністю утримують зварювальні апарати, робота з якими здійснюється звичайним електродом. Це надійні перевірені роками прилади, завдяки простій конструкції володіють високою ремонтно-придатністю.

1.1.1 Один з перших примітивних по конструкції моделей зварювального апарата – трансформаторний. Сенс його роботи полягає в перетворенні змінного струму великої напруги в меншу, у підсумку виходить зварювання.

За способом регулювання їх ділять на кілька основних видів: зі стандартним магнітним розсіюванням, із збільшеним та тиристорні, обладнані фазою регулювання. Основним їх недоліком вважається неможливість підтримувати постійність дуги при зварюванні. До того ж, на якість шва в гіршу сторону позначається присутність шлакових утворень і газових виділень.

Ще їх недоліки – великі габарити і вага. Чутливі до стрибків напруги в мережі. Для роботи з такими апаратами потрібні досвід і вправність, тоді вийде зварити якісний шов. Їх використовують і донині, але тільки для чорнової роботи з дешевими металами.

1.1.2 Випрямні зварювальні апарати вже досконаліше трансформаторних апаратів, з їх появою вийшло виключити недоліки використання змінного струму. Їх конструкція обладнана блоком напівпровідників-діодів, який і дозволяє перетворювати змінний струм від мережі в постійний лінійний. Даний апарат зручний і зрозумілий у використанні навіть новачкові, що роблять його популярним.

Все це дозволило отримувати шви високої якості і рівномірної глибини на всьому їх продовження. При зварюванні утворюється стабільна дуга високої захищеності, яка захищає метал від розбризкування розплаву.

Важливо: для даного зварювального апарата підійдуть всі види електродів.

Ще одна відмінність – можливість зварювати алюміній, низьколеговану і нержавіючу сталь.

Виходить, що випрямні зварювальні апарати зручні для використання в домашніх умовах і підходять для роботи з широким спектром матеріалів.

1.1.3 На ринку інверторні зварювальні апарати з'явилися порівняно недавно і відразу завоювали широку популярність. На сьогодні – це найбільш часто використовуваний зварювальний апарат. Маючи невелику вагу і компактні розміри, інвертори володіють високою потужністю і функціональністю. Новачки вибирають їх у першу чергу тому, що система налаштування режимів роботи повністю автоматизована. Професіоналам такий інструмент дозволяє істотно збільшити продуктивність праці.

Перші моделі інверторів здатні працювати тільки при стабільній напрузі, який може гарантувати електрогенератор. Сучасні аналоги вже мають більш модернізовану систему. Так, в ньому присутній спеціальний випрямляч, який перетворює синусоїдальний струм з мережі в постійний. Далі, він направляється в інверторний блок, де перетворюється назад в змінний, але високої частоти. Після чого в трансформаторному блоці відбувається зниження напруги і, пройшовши через силовий випрямляч, виходить потужний постійний струм, що створює стабільну зварювальну дугу.

До основних переваг зварювальних апаратів інверторного типу відносять:

- точні налаштування для різних видів робіт;
- нечутливість до стрибків напруги в мережі;
- створюють високоякісні зварні шви;
- робота з тонкостінними металами;

— цілий ряд додаткових функцій, які зручні в роботі: гарячий старт, імпульсне зварювання, стабілізатор потужності, який запобігає перегріву апарата і опція запобігання залипання електрода.

Важливо: працювати з інверторним апаратом можна електродами всіх видів.

1.1.4 Для роботи з напівавтоматом електроди не потрібні, він працює газом. Це дозволяє істотно прискорити роботу, зробити шов суцільним і з глибоким проваром.

Замість електродів в напівавтоматі використовується дріт і різні види газу, які підбираються у відповідності з металом.

Побутові зварювальні апарати можуть працювати без перерви нетривалий час. Вони призначені для використання від звичайної мережі в 220 В з частотою 50 Гц, а показник сили струму знаходиться в межах 200 А. Таких характеристик сповна вистачить, щоб зварити паркан, ворота, армовані каркаси або труби. А це означає, що вони оптимальні для домашнього господарства.

Професійні зварювальні апарати більш універсальні і можуть працювати не тільки від 220 В, але і від 380 В. Вони вже можуть при роботі видавати силу струму понад 200 А. Зовні їх неважко відрізнити від побутових аналогів більш великими габаритами. У зв'язку з чим, для зручності роботи і пересування, їх обладнали коліщатками. Їх застосовують на будівництвах, на монтажі нафто- і газопроводів та в інших професійних галузях, де потрібне надійне зварювання.

1.2 Склад зварювального апарата інверторного типу

Зварювальний інвертор — зварювальний пристрій, в якому формування вихідної напруги та регулювання струму зварювання здійснюється електронним інвертором. Пристрій характеризується високою якістю зварювання, високим ККД — 80-90% і більше та відносно невеликою у порівнянні з трансформаторними зварювальними апаратами вагою (5-8 кг). Вибагливий до вологості, чистоти та температури повітря, потребує періодичного очищення плат з електронними компонентами від пилу.

З обладнання, яке серійно випускає промисловість в даний час, найбільш часто для зварювання кутових швів способом «у човник» електродним дротом діаметром 3-5 мм застосовують зварювальний автомат ТС-17 і його сучасні модифікації: ТС-73, АДФ-1002, К-001 та ін. Ці автомати мають ряд вдалих конструкторських рішень, що дозволяє цьому типу обладнання залишатися конкурентоспроможними на ринку зварювальної техніки. Однак з точки зору сучасних тенденцій обладнання має істотний недолік: механізми переміщення і подачі електродного дроту приводить в дію один асинхронний двигун, що істотно збільшує час налаштування параметрів режиму зварювання при налагодженні, а також виключає можливість коригування режимів в процесі зварювання без зупинки зварювального процесу.

Змінний струм промислової частоти (50 або 60 Гц), надходить на випрямляч. Випрямлений струм згладжується конденсаторним фільтром і подається на високочастотний інвертор (20-50 кГц). З інвертора змінний струм високої частоти подається на високочастотний трансформатор, а з вторинної обмотки трансформатора – на силові діоди. Електронний пристрій керування інвертором забезпечує необхідну вольт-амперну характеристику апарата та його захист від перевантаження та перегріву. Завдяки використанню високої частоти вдається досягти істотного зменшення розмірів та ваги силового трансформатора.

1.2.1 До складу інверторного зварювального апарата входять:

- одно або двоканальний блок живлення, який забезпечує необхідну постійну та стабілізовану напругу живлення для схеми управління інвертором;
- вхідний випрямляч напруги з фільтром на електролітичних конденсаторах;
- широтно-імпульсний модулятор, який за встановленим та наявним струмом інвертора формує імпульси необхідної шпаруватості;
- високочастотний інвертор з потужними транзисторними ключами, в ролі яких використовуються декілька паралельно увімкнутих силових транзисторів MOSFET або IGBT;

- високочастотний трансформатор з коефіцієнтом трансформації близько 3:1;
 - випрямляч на силових діодах з вихідним дроселем;
 - корпус (бажано сталевий для екранування високочастотних коливань)
- з панеллю керування, системою вентиляції, регулятором струму зварювання, індикаторами та клемми для приєднання силових кабелів.

1.2.2 За конструктивним виконанням апарати поділяються на одноплатні та багатоплатні:

- в одноплатному виконанні всі електронні компоненти розташовуються на одній моноплаті, що дозволяє істотно зменшити вартість апарата, але суттєво погіршує його ремонтпридатність (вартість плати звичайно становить близько 80% вартості апарата);
- в багатоплатному виконанні окремі схемотехнічні блоки апарата виконуються на окремих платах, що збільшує вартість апарата, але покращує його ремонтпридатність.

В окремих бюджетних апаратах можуть бути відсутні деякі елементи, наприклад: датчик перегріву, дросель тощо.

1.2.3 Електронний зварювальний інвертор необхідний для того, щоб створювати постійний струм під час зварювальних робіт. Сучасне обладнання має невелику вагу 10-12 кг, але має достатню потужність на дузі, як і звичайне зварювальне обладнання. При цьому володіють багатьма позитивними властивостями, наприклад, мінімальні внутрішні втрати в зварювальному інверторі. А в порівнянні з простим апаратом, він більш економно витрачає електроенергію, а його ККД більше, ніж на 90%.

Зварювальний інвертор влаштований складно. Принцип його роботи заснований на силовій електроніці, в ньому використовуються великі струми з високими частотами. Напруга на вході двічі перетворюється, і на виході стає високочастотним, приблизно 200 кГц.

При цьому зварювальний інвертор має вражаючі можливості. Мікропроцесор виконує більшу частину роботи звичайного зварника, при цьому він аналізує

дію дуги. Інвертор вирішує ряд завдань під час зварювання: в потрібний момент відключить напругу на дузі, яке відбувається під час замикання ланцюга. А в разі необхідності він запускає полегшення збудження дуги.

Якщо під час роботи виникає коротке замикання, то агрегат без праці усуне проблему. Це відбувається за допомогою коротких потужних імпульсів. Вони руйнують опір рідкого металу.

Серед численних переваг зварювальних інверторів, одне з найважливіших - його невелика вага і компактний розмір. Створюючи цей агрегат, виробники врахували всі самі передові технології. Навіть маючи стандартні характеристики, апарат має легший все в порівнянні зі зварювальним трансформатором, різниця становить проміжок в 4-5 разів.

Вартість цієї розумної техніки досить висока, і до того ж він не завжди потрібен для постійного користування. Для того, щоб виконати потрібну роботу з його допомогою існує можливість оренди зварювального інвертора. Маючи такий апарат можна виконувати різні види робіт. Його легко переміщати, це дозволяє домогтися мобільності зварювання.

Існують кілька видів транзисторів, які застосовуються в інверторах. Найбільш дешеві MOSFET, але недоліком їх є високий рівень витрати енергії. Дорожчі IGBT здатні підтримувати оптимальну температуру при нагріванні. До того ж вони дозволяють стабільність частоти струму для зварювання.

Незважаючи на, свої достоїнства, інвертори не позбавлені і недоліків. Вони погано працюють в запилених і вологих приміщеннях, не виносять бруд. При цьому для того, щоб вони знаходилися в робочому стані їх потрібно вчасно обслуговувати. Це полягає у продувці стисненим повітрям його компонентів. При цьому їх не рекомендується використовувати в погану погоду, наприклад, під снігом або дощем, так як це може бути небезпечно. До того ж вони можуть вийти з ладу через різкий перепад температури.

1.3 Загальна характеристика зварювального автомата Патон ТС-102

1.3.1 До складу зварювального трактора ТС-102 входять механізм переміщення, механізм подачі електрода, коректори вертикального і горизонтального переміщення зварювального мундштука, касети для електродного дроту, електрична схема керування, електричні комунікації, зварювальні дроти.

Механізм переміщення зварювального трактора складається з двох понижуючих малогабаритних редукторів і двигуна постійного струму потужністю 120 Вт. Порівняно невелика маса трактора (22 кг) досягнута за рахунок того, що в конструкції використані малогабаритні механізми приводів з невеликою масою. Це дало можливість виконати вузли коректорів і інші елементи конструкції в малогабаритному виконанні, а також виключити з конструкції корпусні деталі ходового візка. Коректори та інші комплектуючі вузли прикріплені безпосередньо до редуктора механізму переміщення. Ходовий візок має три колеса: два задніх ведучих і одне переднє опорне. Привідні колеса забезпечені муфтами зчеплення фрикційного типу. Муфти зчеплення дозволяють відключати колеса від ведучого валу і вручну переміщати трактор при підготовці до зварювання. Обидві муфти зчеплення приводяться в дію за допомогою одного маховичка. Переднє опорне колесо можна замінювати копіювальним пристроєм при зварюванні стикових швів або направляючим роликом при зварюванні кутових швів. Усі колеса мають гумові бандажі. Надійне зчеплення ведучих коліс з робочою поверхнею досягається за рахунок розміщення комплектуючих вузлів таким чином, що центр ваги трактора розташований в зоні осі ведучих коліс. Механізм подачі електродного дроту А-547У складається з двигуна постійного струму потужністю 140 Вт і малогабаритного механізму подачі.

Вертикальний і горизонтальний коректори зварювального мундштука плавнотупінчастого типу: мають установчі затискачі і гвинтові коректори плавної дії. У комплектації трактора передбачено два типи касет для електродного дроту: закрита – для дроту діаметром 2,5-3,0 мм і відкрита – для дроту діаметром 1,0-2,0 мм. В кожен касету вміщується до 15 кг електродного дроту.

1.3.2 Популярні моделі виготовляються на діапазон робочих температур 5-40 °С. Зварювальні струми становлять до 160, 200, 250 А, що дозволяє якісно зварювати листові сталеві вироби товщиною до 6-8 (для моделей 160 Ампер) або до 10-15 (для моделей 250 Ампер) мм., та різати метал електродами 3 (160 Ампер) або 4 (250 Ампер) мм. при повторно-періодичному режимі роботи.

Більшість апаратів підтримують режими «антистик», що автоматично обмежує струм при «залипанні» електрода; та «гарячий старт», що збільшує зварювальний струм при початковому контакті електрода з місцем зварювання.

В окремих моделях застосовується спеціальна «тунельна» схема охолодження, яка забезпечує обдув переважно радіаторів охолодження, а не монтажних плат, що зменшує вимоги апарата до наявності пилу на місці виконання робіт. Окремі моделі також є досить чутливими до напруги мережі, що виявляється в істотному зменшенні струму зварювання при зниженні напруги в мережі.

Основне призначення трактора ТС-102 (рисунок 1.1) – зварювання кутових швів в положенні деталей, що зварюються «в човник».



Рисунок 1.1 – Фото зварювального автомата Патон ТС-102

Однак трактор легко переналагоджується для зварювання кутових швів «поза базою», а також стикових швів «у базі» і «поза базою», тобто може використовуватися для виконання всіх типів зварних з'єднань, виконуваних зварювальними тракторами.

Трактор випускається в 3-х модифікаціях:

- для зварювання під шаром флюсу дротом діаметром 1,0-3,0 мм;
- для зварювання суцільним і порошковим дротом діаметром 1,0-3,0 мм в середовищі захисних газів;
- універсальний – для зварювання вище переліченими способами.

Механізми подачі електродного дроту і переміщення зварювального візка мають незалежні один від одного електроприводи постійного струму, що дозволяє швидко проводити наладку трактора на зварювання, а також коригувати всі параметри режиму в процесі зварювання без переривання зварювального процесу. За рахунок нахилу вертикальної стійки, на якій кріпляться основні вузли трактора, забезпечується стійке положення трактора при переміщенні, як на горизонтальних, так і на площинах з нахилом до 50°. Привод переміщення трактора забезпечений муфтою зчеплення, що дозволяє відключати електропривод і переміщати трактор вручну при виконанні налагоджувальних робіт. Елементи електричної схеми трактора розташовуються в блоці живлення, пульті керування і пульт-ручці. Все конструктиви виконані в малогабаритному виконанні. Пульт-ручка призначена для дистанційного керування трактором в процесі зварювання. Трактор оснащений функцією «м'який старт» (знижена подача електродного дроту в момент порушення дуги), що істотно стабілізує процес початку зварювання. Малогабаритні характеристики трактора дозволяють його використовувати як в заводських, так і в монтажних умовах, а також для зварювання у важкодоступних місцях (всередині цистерн, котлів), з подальшим витяганням через люк діаметром не менше 500 мм.

Елементи електричної схеми трактора розташовуються в блоці живлення, пульті керування і пульт-ручці. Всі конструктиви виконані в малогабаритному виконанні. Пульт-ручка призначена для дистанційного керування трактором в

процесі зварювання. Трактор оснащений функцією «м'який старт» (знижена подача електродного дроту в момент порушення дуги), що істотно стабілізує процес початку зварювання.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ПАТОН ТС-102

Параметр	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	600
Тривалість навантаження, ТВ%	100
Діаметр зварювального дроту, мм	1,0-3,0
Швидкість подачі зварювального дроту , м/хв	1,0-11,5
Швидкість зварювання (плавне регулювання), м/хв	0,16-1,15
Коригування електродного дроту, мм	
– вертикальне	60
– горизонтальне	50
Радіальний поворот голівки, град	90
Габаритні розміри, мм	500x320x600
Маса (без флюса та електродного дроту), кг	22

2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

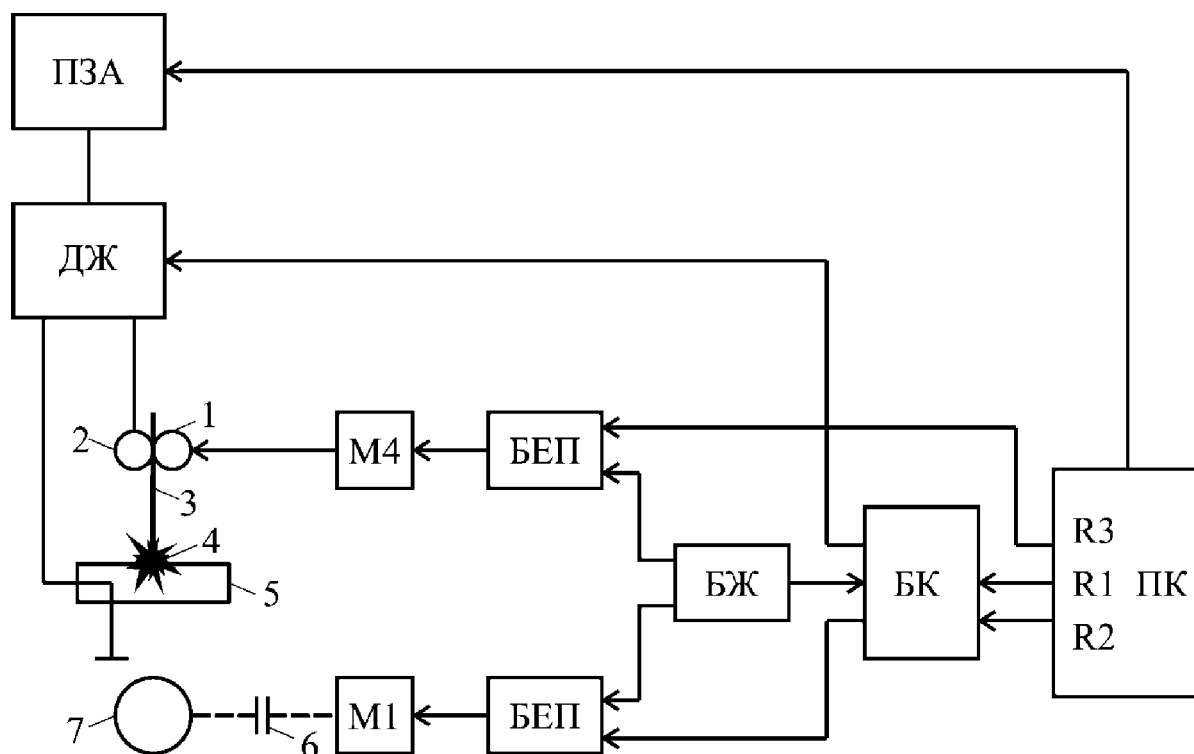
2.1 Функціональна та електрична схеми зварювального автомата

Будь-який зварювальний автомат складається з наступних основних частин: зварювального інструменту; механізму подачі електродного матеріалу; механізму переміщення уздовж лінії зварювання; систем автоматичного керування; джерела живлення; засобів захисту та сигналізації. Додатково зварювальні апарати оснащують коливальними, настроювальними і коригуючими механізмами; пристроями для розміщення і транспортування електродного матеріалу; апаратурою для подачі флюсу або захисного газу.

Електрична схема керування автомата Патон ТС-102 виконана на уніфікованих блоках, розміщених в шафі керування: блок живлення ланцюгів керування (БЖ); блоки керування електроприводів з плавним регулюванням електродвигунів постійного струму (БЕП) і блок керування (БК). Апаратура керування і контролю змонтована в пульті керування (ПК), який розміщено безпосередньо на автоматі. На рисунку 2.1 приведено функціональну схему автомата, що показує дію блоків в процесах настройки і зварювання.

Керування всіма механізмами автомата і процесом зварювання здійснюють з пульта керування ПК. Силу струму дуги регулюють з ПК резистором R1 через БК-ДЖ. Резистором R2, встановленим на ПК, плавно регулюють швидкість руху візка через БК-БЕП-М1 (електродвигун постійного струму). Резистором R3 встановлюють задану швидкість подачі електродного дроту через БЕП-М4 (електродвигун постійного струму). Кнопками керування з ПК вмикають пускозахисну апаратуру ПЗА для підключення джерела живлення ДЖ.

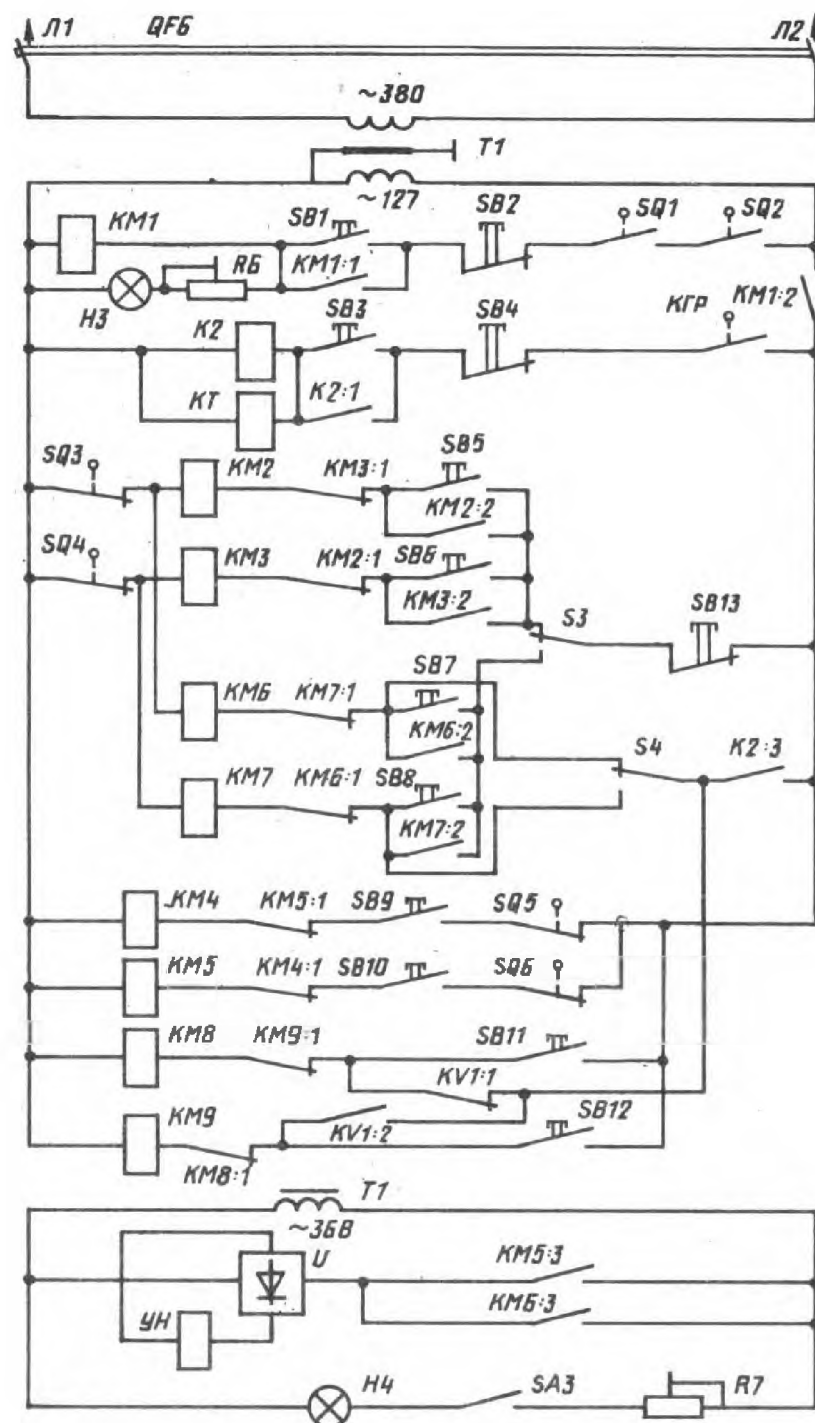
Електроприводи механізмів переміщення візка та подачі електродного дроту ідентичні та виконані по системі тиристорний перетворювач – двигун.



1 – подавальний валець; 2 – притискний валець; 3 – електродний дріт;
 4 – зварювальна дуга; 5 – виріб; 6 – електромагнітна муфта; 7 – привідне колесо
 візка; М1 – електродвигун механізму переміщення візка; М4 – електродвигун ме-
 ханізму подачі; БЕП – блок керування електропривода постійного струму;
 БЖ – блок живлення ланцюгів керування; БК – блок керування;
 ПК – пульт керування; ДЖ – джерело живлення; ПЗА – пускозахисна апаратура

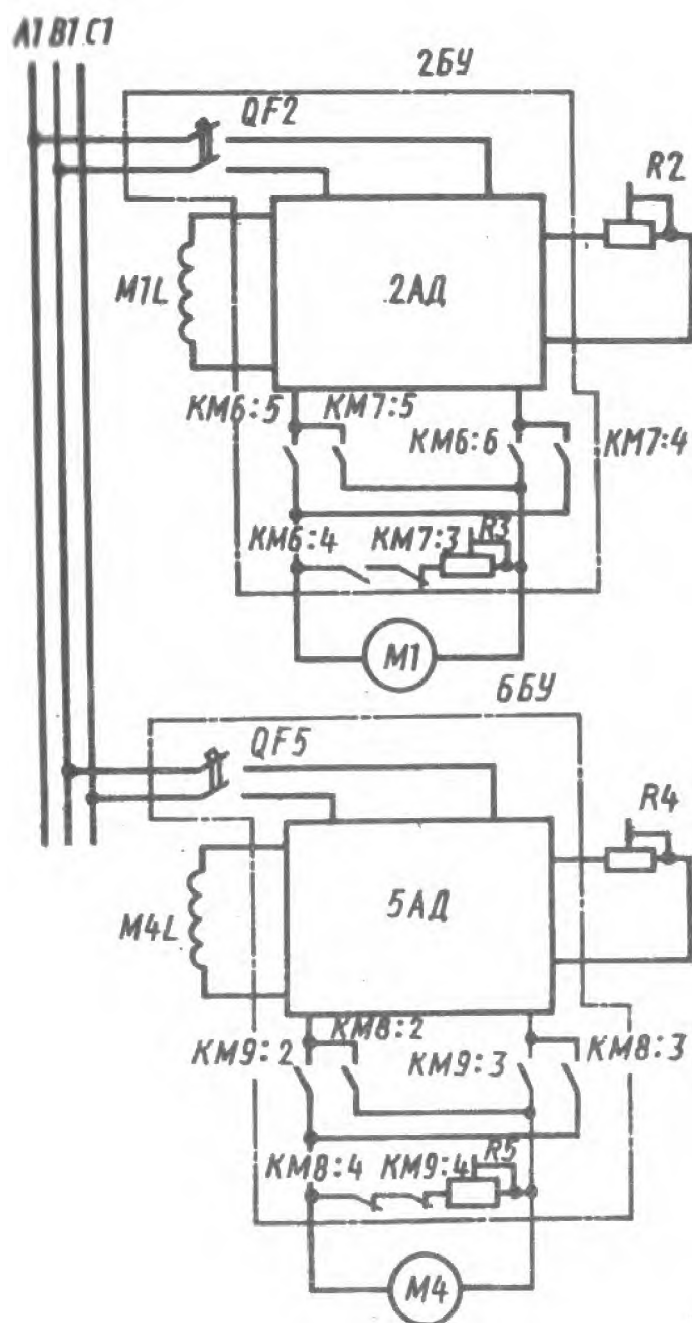
Рисунок 2.1 – Функціональна схема зварювального автомата

Електричні схеми регульованих електроприводів трактора (рисунки 2.2, 2.3) прості в обслуговуванні та ремонті.



QF6 – автоматичний вимикач; T1 – трансформатор ланцюгів керування;
 KM1-KM9 – котушки магнітних пускачів; SQ1-SQ6 – шляхові вимикачі; SB1, SB2 – кнопки вмикання і вимикання живлення схеми; SB3, SB4 – кнопки вмикання і вимикання зварювання; SB7, SB8 – кнопки «Вперед» і «Назад» швидкості візка; SB11, SB12 – кнопки керування електроприводом подачі електрода; U – випрямляч; УН – котушка магнітної муфти; R6, R7 – резистори

Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема керування



QF2, QF5 – автоматичні вимикачі; M1 – електродвигун привода механізму переміщення візка; M4 – електродвигун привода подачі електрода; M1L, M4L – обмотки збудження електродвигунів M1 і M4; R2-R5 – резистори налаштування; 2АД, 5АД – регулятори напруги; KM6:4-KM6:6, KM7:5, KM8:2, KM8:3, KM9:2, KM9:3 – замикальні контакти; KM7:3, KM8:4, KM9:4 – розмикальні контакти

Рисунок 2.3 – Принципова електрична схема живлення
регульованих електроприводів

Виконавчі елементи електричної схеми керування для налагодження і керування трактором (задавальні резистори, перемикачі, кнопки та ін.) розташовані на пульті керування і пульт-ручці (приєднана до пульта керування дротом довжиною 1,5-2,0 м). Пульт-ручка призначена для дистанційного керування трактором в процесі налагодження і зварювання. На ній розташовані кнопки: СТОП подачі електрода, СТОП переміщення трактора, включення маршової швидкості трактора, а також резистор регулювання швидкості зварювання, тумблер вмикання зварювального струму і подачі захисного газу.

Електрична схема забезпечує настройку всіх параметрів режиму зварювання (напруга дуги, швидкість електрода, швидкість зварювання) і контроль цих параметрів шляхом почергового включення кожного параметра і визначення його значення за показаннями вольтметра. Наявність двох незалежних один від одного приводів (подачі електрода і переміщення візка) дає можливість швидко виконувати настройку всіх параметрів режиму і їх коригування в процесі зварювання.

2.2 Обґрунтування вибору елементів електропривода

2.2.1 Механізм переміщення зварювального трактора складається з понижуючого малогабаритного редуктора і двигуна постійного струму КПА-563 У2 (рисунок 2.4), форма виконання ІМ3001. Технічні характеристики електродвигуна наведено в таблиці 2.1

Привідні колеса забезпечені муфтами зчеплення фрикційного типу. Муфти зчеплення дозволяють відключати колеса від ведучого вала і вручну переміщати трактор при підготовці до зварювання. Обидві муфти зчеплення приводяться в дію за допомогою одного маховичка. Переднє опорне колесо можна замінювати копіювальним пристроєм при зварюванні стикових швів або напрямним роликом при зварюванні кутових швів. Всі колеса мають гумові бандажі.

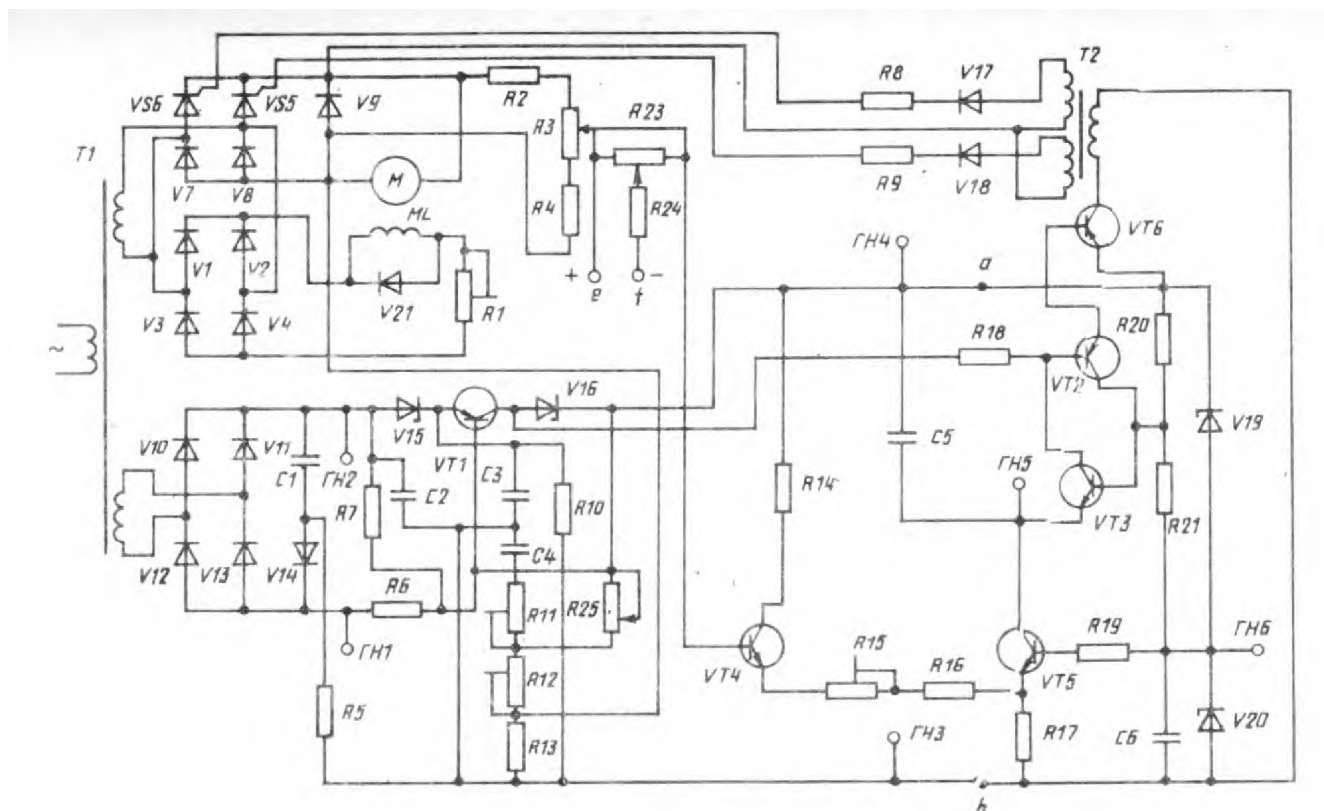


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд електродвигуна КПА-563 У2

Таблиця 2.1 – Технічні данні електродвигуна КПА-563 У2

Потужність, Вт	Напруга U_n , В	Струм I_n , А	Частота обертання n_n , хв^{-1}	ККД, %	Опір якоря R_a , Ом	Індуктивність якоря L_a , мГн	Момент інерції якоря $J_{дв}$, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$
120	48	3,9	5000	56	0,46	20	0,0015

2.2.2 На рисунку 2.5 приведена принципова електрична схема тиристорного електропривода А1443К. Керований перетворювач виконаний за однофазною несиметричною схемою із загальною катодною групою керування вентилів (VS5, VS6) і нульовим вентилем (V9), який увімкнений паралельно якорю електродвигуна М. Силовий трансформатор Т1 забезпечений двома вторинними обмотками, що живлять електродвигун М і схему керування привода. Для регулювання частоти обертання якоря електродвигуна М в схемі використаний принцип фазового керування тиристорами VS5 і VS6. Фазовий зсув керуючих імпульсів, що подаються на керуючі електроди тиристорів VS5 і VS6, здійснюється за допомогою фазозсувного ланцюга, що складається з резистора R17, транзистора VT5 і конденсатора C5.



ГН1-ГН6 – контрольні гнізда; М – електродвигун; ML – обмотка збудження; T1,
T2 – трансформатори, V1-V4, V7-V14, V17, V18, V21 – діоди;
V15, V16, V19, V20 – стабілітрони; VT1-VT6 – транзистори; R1-R25 – резистори;
C1-C6 – конденсатори

Рисунок 2.5 – Принципова електрична схема
тиристорного електропривода А1443К

Схема працює в такий спосіб. Елементи схеми – конденсатор С5, резистори R20, R21, стабілітрон V20, резистор R17 і транзистор VT5 представляють собою міст, в діагональ якого включений базовоємітерний перехід транзистора VT3, а в точки а, б подається напруга живлення. Під час заряду конденсатора С5 напруга розподіляється так, що на емітері транзистора VT3 з'являється позитивний потенціал, а на базі – від'ємний, і транзистор VT3 знаходиться в замкнутому стані. Міст розрахований так, що при заряді конденсатора С5 до напруги 8 В на емітері транзистора VT3 з'являється мінус, а на базі – плюс, і через базовоємітерний перехід протікає струм. Транзистор VT3 відкривається, його колекторний струм відкриває транзистор VT2, посилюючи своїм колекторним струмом базовий струм транзистора VT3, що викликає лавиноподібний процес їх відкривання.

Для надійної роботи порогового пристрою і підвищення його завадостійкості на базі транзистора VT2 через резистор R18 подається позитивна напруга зсуву, що знімається зі стабілітрона V16. Конденсатор С5 миттєво розряджається через базовоємітерний перехід транзистора VT6, в колекторний ланцюг якого увімкнена первинна обмотка імпульсного трансформатора Т2. Позитивні імпульси, що пропускалися діодами V17 і V18, надходять на керуючі електроди тиристорів VS5 і VS6, відкриваючи їх.

Лінійна залежність частоти обертання електродвигуна М від задавального сигналу досягається тим, що напруга заряду на конденсаторі С5 змінюється за лінійним законом за рахунок його заряду струмом, постійним по величині, через нелінійний елемент – транзистор VT5, напругу на базі якого стабілізовано стабілітроном V20. Тому вихідні характеристики транзистора майже горизонтальні і струм, що протікає через транзистор, мало змінюється при зміні напруги на колекторі. Час заряду конденсатора С5 змінюється за допомогою підсилювача, зібраного на транзисторах VT4 і VT5. У ланцюг емітерів транзисторів VT4 і VT5 включений резистор R17, через який протікають колекторні складові струмів обох транзисторів.

Так як напруга на базі транзистора VT5 стабілізовано, то зміна напруги на базі транзистора VT4 викликає перерозподіл струмів колекторів транзисторів VT4

і VT5. Зміна струму колектора транзистора VT5 викликає зміну заряду конденсатора C5. Напруга на базі транзистора VT4 є вхідною напругою схеми, за допомогою якого здійснюється керування тиристорами VS5 і VS6. Вхідна напруга (алгебраїчна сума напруг: задавального і зворотного зв'язку) складається із задавальної напруги, що знімається з випрямляча (V10-V13), що надходить через дільнийник R11, R12, R13, R25 на резистор R3, і напруги зворотного зв'язку, що знімається з якоря електродвигуна М, пропорційної його ЕРС, що порівнюється із задавальною, і через резистори R2, R3 і R4 подається на базу транзистора VT4.

При збільшенні навантаження на валу електродвигуна частота його обертання падає, що призводить до зменшення ЕРС електродвигуна. Зі зменшенням його ЕРС напруга на резисторах R2, R3 і R4 падає, транзистор VT4 закривається, а VT5 – відкривається, що призводить до зменшення часу заряду конденсатора C5 і до збільшення кута провідності тиристорів VS5 і VS6, в результаті чого напруга на якорі електродвигуна М збільшується, відновлюючи частоту його обертання. Зворотний процес відбувається зі зменшенням навантаження на валу електродвигуна. Цим забезпечується стабілізація встановленої частоти обертання якоря електродвигуна М.

Синхронізація керуючого сигналу з напругою на тиристорах здійснюється шляхом імпульсного живлення схеми керування, синфазного з живленням тиристорів.

Схема, яка перетворює постійну напругу в імпульсну, зібрана на транзисторі VT1 і працює наступним чином. Транзистор VT1 замкнений позитивн. напругою, що знімається з стабілітрона V15. Напруга, випрямлена мостом (V10-V13), надходить на базу транзистора VT1, і як тільки вона перевищить напругу замикавання, транзистор VT1 відкриється. Випрямлена напруга надійде на схему керування тиристорами. Коли випрямлена напруга стає менше напруги замикавання, транзистор VT1 закривається. Так як змінні напруги, що надходять на міст V10-V13 і на тиристири VS5, VS6, синфазні, то і керуюча напруга на тиристорах синфазна з анодною напругою.

2.3 Побудова функціональної схеми автоматизованого електропривода

Найбільшого поширення серед систем керування швидкістю двигуна постійного струму отримали системи, в яких швидкість регулюється зміною напруги на якорі двигуна за рахунок керованого електричного перетворювача (генератора, керованого тиристорного або транзисторного випрямляча, широтно-імпульсного перетворювача) при підпорядкованому контурі регулювання струму двигуна. На рисунку 2.6 представлено функціональну схему електропривода постійного струму з підпорядкованим регулюванням струму та швидкості. Двигун М з незалежним збудженням (обмотка збудження LM) отримує живлення від керованого перетворювача КП – тиристорного перетворювача.

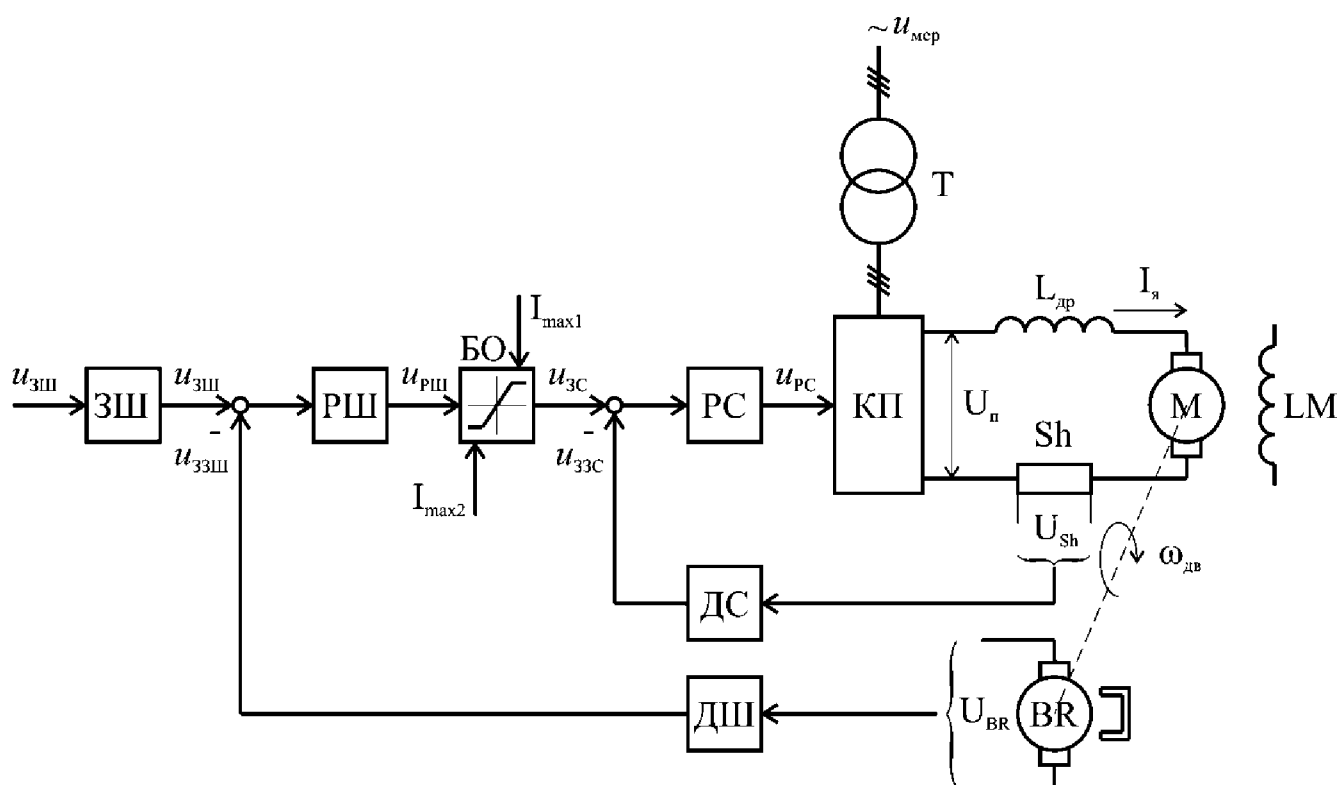


Рисунок 2.6 – Функціональна схема автоматизованого електропривода

Узгодження номінальних значень напруги живильної КП мережі $\sim U_{мер}$, його вихідної напруги і струму якоря двигуна забезпечується трансформатором Т. Застосування Т дозволяє: забезпечити номінальну напругу на виході перетворювача

при мінімальному куті керування його тиристорами і, в підсумку, при максимальному коефіцієнті потужності електропривода; обмежити швидкість зміни струму через тиристири при їх комутації та коротких замиканнях у разі можливих аварійних режимів в силовому ланцюзі КП; потенційно розділити високовольтні ланцюга живлення КП та якірний ланцюг двигуна, що підвищує експлуатаційну надійність і безпеку їх обслуговування. При необхідності поліпшення умов комутації струму якоря двигуна за рахунок обмеження швидкості його зміни в ланцюзі якоря двигуна встановлюється дросель $L_{др}$. Згладжування пульсацій струму якоря сприяє також зменшенню вібрацій і шуму в двигуні. Система керування електроприводу містить два контури регулювання: внутрішній контур струму якоря і зовнішній контур швидкості.

Контур струму включає в себе силову частину електропривода з виходом по струму якоря I_a , ланцюг від'ємного зворотного зв'язку за струмом якоря і регулятор струму якоря РС. На вході РС порівнюються напруга завдання струму якоря $U_{зс}$ і напруга зворотного зв'язку $U_{ззс}$, яка надходить з датчика струму ДС. На вхід ДС подається напруга з шунта Sh , пропорційна струму якірного ланцюга двигуна. Блок БО обмежує вихідну напругу $U_{рш}$ регулятора швидкості РШ.

Контур швидкості двигуна включає в себе замкнений контур струму, ланцюг від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю двигуна і регулятор швидкості. На вході РШ порівнюються напруга завдання швидкості $U_{зш}$, що подається з виходу задатчика швидкості ЗШ, і напруга зворотного зв'язку $U_{ззш}$ за швидкістю двигуна, яка надходить від датчика швидкості ДШ. На вхід ДШ подається напруга з тахогенератора ВР. Регулятор швидкості може бути як пропорційним (при невисоких вимогах до точності регулювання швидкості), так і пропорційно-інтегральним (при необхідності абсолютної статичної точності регулювання). Задавальний пристрій формує бажаний закон зміни швидкості електропривода, наприклад, лінійний із заданим постійним прискоренням (задатчик інтенсивності), експонентний (інерційна вхідна ланка) або синусоїдальний (як тестовий сигнал для зняття частотних характеристик електропривода).

Блок БО обмежує вихідну напругу РШ і тим самим максимальну напругу задання $U_{зс}$ струму якоря двигуна, забезпечуючи в замкненому контурі струму якоря двигуна обмеження цього струму на рівні максимально допустимого значення I_{max} . Рівень обмеження статичної характеристики БО незалежно регулюється сигналами I_{max1} та I_{max2} .

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Структурна схема автоматизованого електропривода

Структурна схема електропривода постійного струму з підпорядкованим регулюванням представлена на рисунку 3.1. Вона відповідає наступним вимогам: регульовальна характеристика керованого перетворювача лінійна; струм якірного ланцюга двигуна безперервний; відсутня реакція якоря двигуна; момент інерції, приведений до валу двигуна, постійний; інерційність датчиків струму і швидкості не враховується через її малість. Позначення, прийняті на схемі:

T_e – електромагнітна стала часу якірного ланцюга, с;

J – сумарний момент інерції електропривода, який приведено до валу двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$k_{\text{КП}}$ – коефіцієнт підсилення керованого перетворювача;

$T_{\text{КП}}$ – стала часу ланцюга керування перетворювачем, яка враховує комутаційні запізнення та наявність фільтрів, с (для напівпровідникових КП $T_{\text{КП}} < 10$ мс та може бути прийнята за некомпенсовану сталу часу T_μ);

k_E – коефіцієнт ЕРС, $(\text{В}\cdot\text{с})/\text{рад}$;

k_M – коефіцієнт моменту, $(\text{Н}\cdot\text{м})/\text{А}$;

$k_{\text{ДС}}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом, Ом;

$k_{\text{ДШ}}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю, $(\text{В}\cdot\text{с})/\text{рад}$;

$W_{\text{РС}}(p)$, $W_{\text{РШ}}(p)$ – передавальні функції регуляторів струму та швидкості відповідно.

Силовa частина електропривода являє собою систему керований перетворювач – двигун постійного струму з незалежним збудженням.

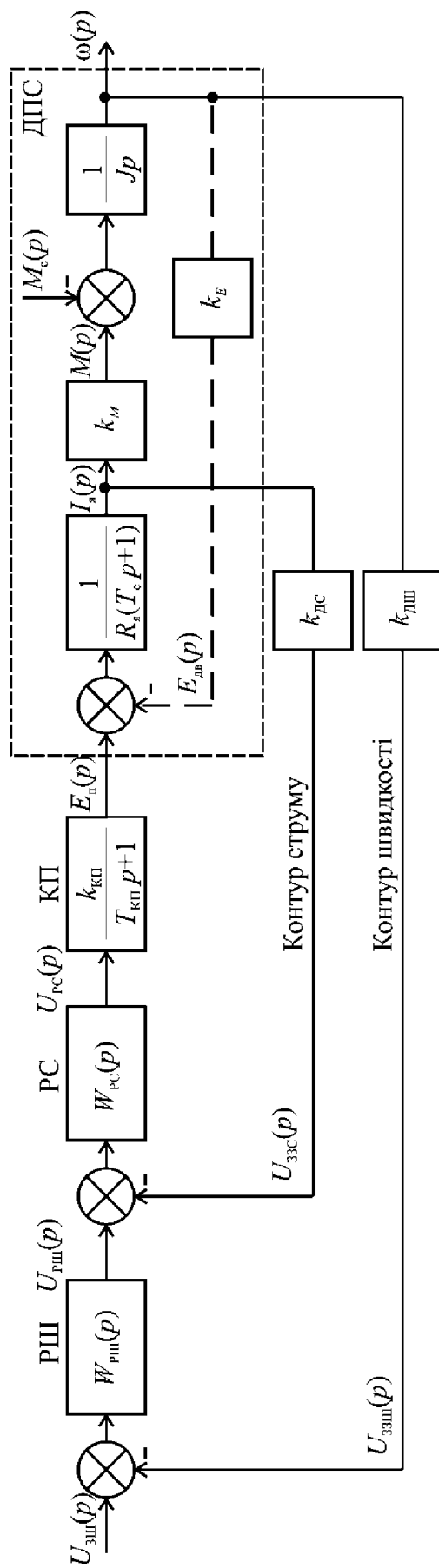


Рисунок 3.1 – Структурна схема електропривода постійного струму з підпорядкованим регулюванням

3.2 Розрахунок параметрів елементів структурної схеми

3.2.1 На підставі паспортних даних коефіцієнти ЕРС k_E , (В·с)/рад, і моменту k_M , (Н·м)/А, розраховуються за формулами, виходячи з номінальних параметрів двигуна (див. таблицю 2.1)

$$k_E = \frac{U_H - I_H R_{я}}{\omega_H}, \quad (3.1)$$

$$k_M = \frac{M_H}{I_H} = \frac{P_H}{\omega_H I_H} \quad (3.2)$$

де ω_H – номінальна кутова швидкість двигуна, рад/с.

Номінальна кутова швидкість двигуна ω_H , рад/с,

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60},$$

$$\omega_H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5000}{60} = 523,599 \text{ рад/с.}$$

Отже знаходимо за формулами (3.1), (3.2) коефіцієнти k_E та k_M

$$k_E = \frac{48 - 3,9 \cdot 0,46}{523,599} = 0,088 \text{ (В·с)/рад,}$$

$$k_M = \frac{120}{523,599 \cdot 3,9} = 0,059 \text{ (Н·м)/А.}$$

Відповідно електромагнітна T_E , с, і електромеханічна T_M , с, сталі часу

$$T_E = \frac{L_{я}}{R_{я}},$$

$$T_E = \frac{0,02}{0,46} = 0,043 \text{ с,}$$

$$T_M = \frac{R_{я} J}{k_E k_M}, \quad (3.3)$$

де J – сумарний момент інерції, кг·м².

Сумарний момент інерції J

$$J = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех}},$$

де $J_{\text{мех}}$ – момент інерції механізму, $J_{\text{мех}}=0,0075 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

$$J = 0,0015 + 0,0075 = 0,009 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

За формулою (3.3) знаходимо T_M

$$T_M = \frac{0,46 \cdot 0,009}{0,088 \cdot 0,059} = 0,798 \text{ с.}$$

3.2.2 Як відомо, керований перетворювач являє собою нелінійний динамічний об'єкт з обмеженою керованістю. Однак можна говорити, що специфіка перетворювача, як нелінійного об'єкта суттєво не позначається на роботі системи.

Коефіцієнт підсилення керованого перетворювача $k_{\text{КП}}$

$$k_{\text{КП}} = \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{РС}}},$$

де $U_{\text{РС}}$ – напруга на виході регулятора струму, $U_{\text{РС}}=10 \text{ В}$.

$$k_{\text{КП}} = \frac{48}{10} = 4,8.$$

Сталу часу ланцюга керування перетворювачем $T_{\text{КП}}$, с, приймаємо $T_{\text{КП}}=0,01 \text{ с}$.

3.2.3 Передавальні коефіцієнти зворотних зв'язків за струмом $k_{\text{ДС}}$, Ом, та швидкістю $k_{\text{ДС}}$, (В·с)/рад,

$$k_{\text{ДС}} = \frac{U_{\text{ЗЗС}}}{I_{\text{н}}},$$

де $U_{\text{ЗЗС}}$ – напруга зворотного зв'язку за струмом, $U_{\text{ЗЗС}}=10 \text{ В}$.

$$k_{ДС} = \frac{10}{3,9} = 2,564 \text{ Ом.}$$

$$k_{ДШ} = \frac{U_{ЗЗШ}}{\omega_n},$$

де $U_{ЗЗШ}$ – напруга зворотного зв'язку за швидкістю, $U_{ЗЗШ}=10 \text{ В.}$

$$k_{ДШ} = \frac{10}{523,599} = 0,019 \text{ (В·с)/рад.}$$

3.2.4 При оптимізації контурів регулювання систем керування електроприводів широке поширення набули два методи стандартного налаштування: оптимум по модулю і симетричний оптимум. В процесі синтезу регулятора надаються певні динамічні властивості, тобто здійснюється вибір його параметрів.

Контур струму складається з об'єктів регулювання – ланцюга якоря двигуна, керованого перетворювача і регулятора струму. Контур замикається зворотнім зв'язком по величині напруги, що знімається з шунта в ланцюзі якоря.

Методом послідовної корекції можна визначити тип та параметри регулятора струму з умови модульного оптимуму по каналу керування ($M_c=0$) для замкненого контуру струму.

За некомпенсовану сталу часу T_μ , с, для контуру струму приймемо малу сталу часу керованого перетворювача, тобто

$$T_\mu = T_{КП} = 0,01 \text{ с.}$$

Коефіцієнт передачі $k_{РС}$ та стала часу $T_{РС}$, с, ПІ-регулятора струму

$$k_{РС} = \frac{R_\alpha T_e}{2T_\mu k_{КП} k_{ДС}},$$

$$k_{РС} = \frac{0,46 \cdot 0,043}{2 \cdot 0,01 \cdot 4,8 \cdot 2,564} = 0,081,$$

$$T_{РС} = \frac{T_e}{k_{РС}},$$

$$T_{PC} = \frac{0,043}{0,081} = 0,535 \text{ с.}$$

Для отримання астатичного регулювання швидкості використовують симетричний оптимум на основі ПІ-регулятора швидкості.

Некомпенсовану сталу часу контуру швидкості приймемо $T_{\mu ш} = 2T_{\mu}$.

Коефіцієнт передачі $k_{РШ}$ та стала часу $T_{РШ}$, с, ПІ-регулятора швидкості

$$k_{РШ} = \frac{k_E T_M k_{ДС}}{2T_{\mu ш} R_{я} k_{ДШ}},$$

$$k_{РШ} = \frac{0,088 \cdot 0,798 \cdot 2,564}{2 \cdot 0,02 \cdot 0,46 \cdot 0,019} = 514,042,$$

$$T_{РШ} = \frac{4T_{\mu ш}}{k_{РШ}},$$

$$T_{РШ} = \frac{4 \cdot 0,02}{514,042} = 0,000156 \text{ с.}$$

3.2.5 Після визначення передавальних функцій окремих ланок автоматизованого електропривода, виконаємо побудову його структурної схеми (рисунок 3.2).

3.3 Моделювання автоматизованого електропривода в MATLAB

3.3.1 Побудова схеми моделювання

Для аналізу динамічних характеристик автоматизованого електропривода скористаємося моделюванням системи в програмі Simulink. При моделюванні з використанням Simulink реалізується принцип візуального програмування, відповідно до якого користувач на екрані з бібліотек стандартних блоків створює модель системи і здійснює розрахунки.

У відповідності зі структурною схемою системи (див. рисунок 3.2) складена модель для середовища Simulink, яку представлено на рисунку 3.3.

При різкій зміні завдання в системі відбувається форсування сигналу керування і, як наслідок, стрибки струму і моменту. Для того щоб уникнути цих неприємних явищ, використовують задатчики інтенсивності. Задатчик інтенсивності в розрахунковій схемі призначений для формування сигналу завдання швидкості $U_{ЗШ}$, що лінійно змінюється в часі з певним темпом.

3.2.2 Аналіз якості керування

У результаті моделювання були отримані перехідні характеристики автоматизованого електропривода, які представлені на рисунках 3.4, 3.5.

Для систем керування важливим є поняття якості перехідних процесів, тобто важливий сам характер протікання процесів, особливо такі фактори, як тривалість, коливальність і динамічне відхилення регульованої змінної від заданої величини.

До загальноприйнятих показників якості, які використовують для характеристики перехідного процесу, відносять відносне перерегулювання, час встановлення, час наростання, час максимуму та усталену похибку.

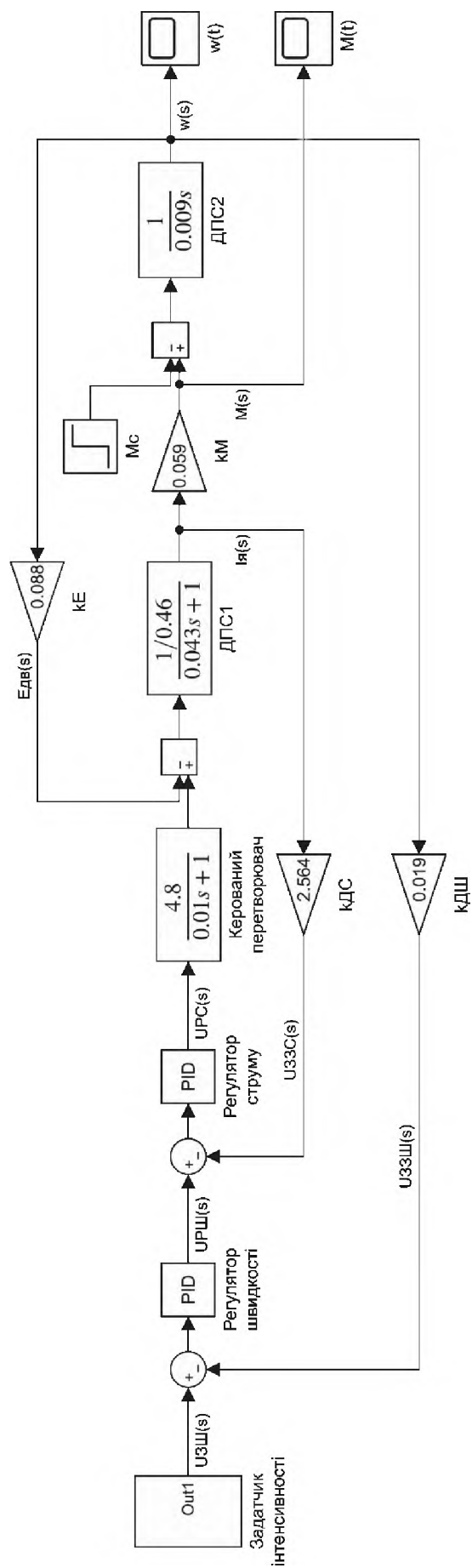


Рисунок 3.3 – Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

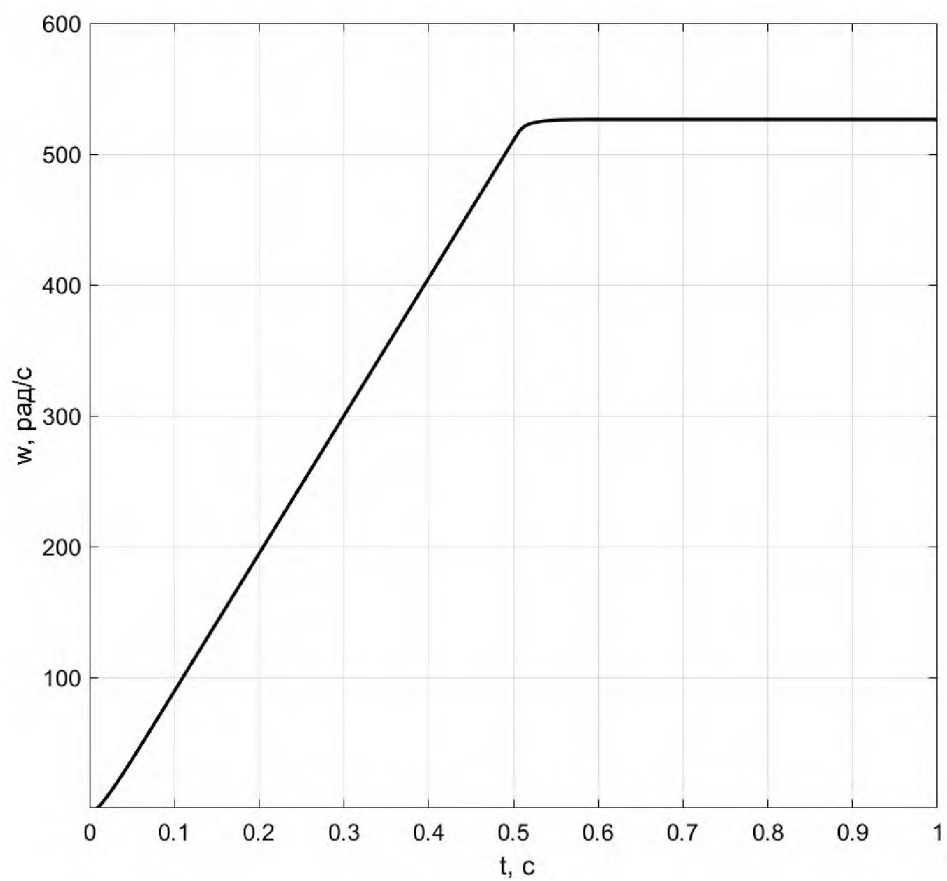


Рисунок 3.4 – Перехідна характеристика кутової швидкості електродвигуна

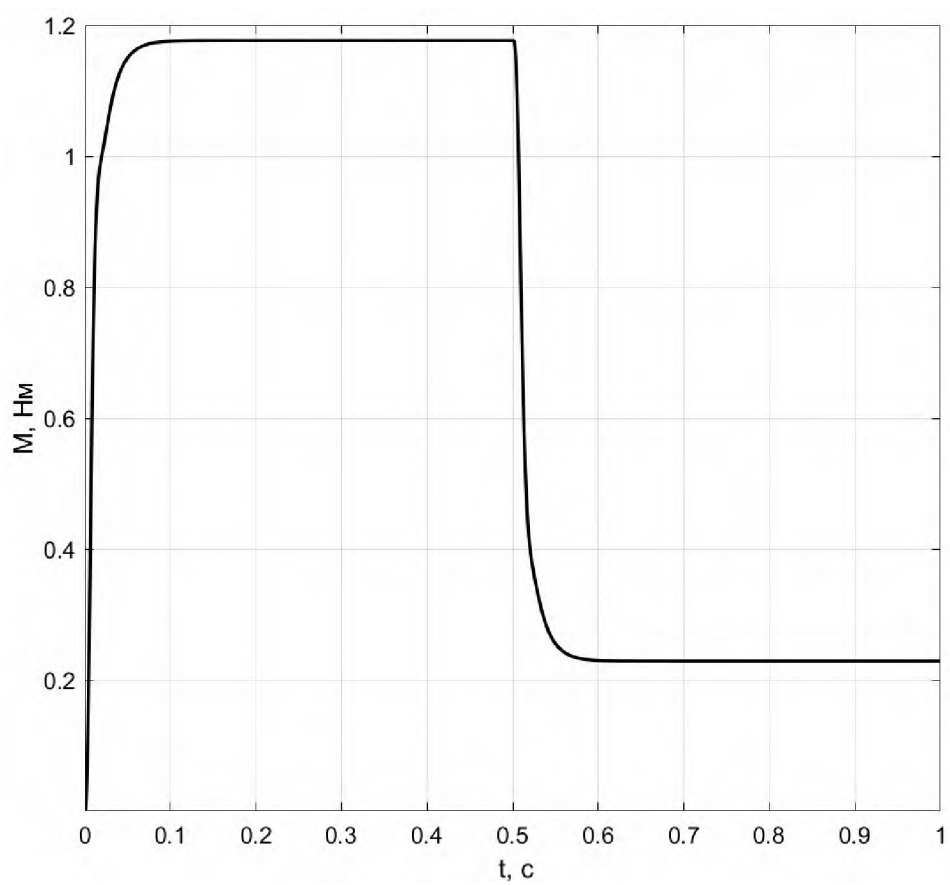


Рисунок 3.5 – Перехідна характеристика моменту електродвигуна

Швидкодія системи напряду пов'язана з часом наростання t_n та часом максимуму перехідної характеристики t_m . Для недодемпфованих систем, перехідна характеристика яких має перерегулювання, час наростання визначається як час зміни реакції від 0 до 100 % заданого значення вихідної величини. Якщо система передемпфована, то перерегулювання відсутнє, час максимуму не має значення, а в якості часу наростання розглядається інтервал, протягом якого перехідна характеристика змінюється від 10 до 90 % її значення.

Наскільки добре дійсна реакція системи відповідає керуючому впливу, оцінюється по відносному перерегулюванню σ і часу встановлення t_p .

Відносне перерегулювання σ представляє собою максимальне відхилення від усталеного значення, яке виражається у відносних одиницях або процентах,

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} 100\%,$$

де $h_{\max}$ – максимальне значення вихідної величини;

$h_{\text{уст}}$ – усталене значення вихідної величини.

Час встановлення t_p визначається моментом, після якого перехідна характеристика залишається повністю в межах зони, яка відрізняється від усталеного значення на $\pm\delta$.

Отже, реакцію системи на керуючий вплив можна охарактеризувати двома факторами:

- швидкодією, яка визначається часом наростання і часом максимуму;
- близькістю до бажаного вигляду, яка визначається перерегулюванням і часом встановлення.

Наведені вище показники можуть бути доповнені іншими, якщо цього вимагають специфічні технічні завдання на розробку або дослідження систем керування.

Проаналізуємо реакцію системи керування на ступінчастий сигнал (рисунок 3.4). Автоматизований електропривод має наступні показники якості:

- час встановлення $t_p=0,505$ с;
- перерегулювання відсутнє, тобто $\sigma=0$ %.

Отримані значення не перевищують задані, отже, перехідний процес задовольняє сформульованим у завданні вимогам.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Небезпека – центральне поняття безпеки життєдіяльності людини, що об'єднує явища, процеси, об'єкти, здатні в певних умовах завдавати збитків здоров'ю людини. Небезпека властива всім системам, які мають енергію, хімічні, біологічні чи інші небезпечні компоненти. На здоров'я людини, її життєздатність і життєдіяльність великий вплив мають небезпечні і шкідливі фактори.

Небезпечний фактор - дія на людину, що в певних умовах призводить до травми, а в окремих випадках – до раптового погіршення здоров'я або смерті.

Шкідливий фактор – це фактор дії на людину, який в певних умовах призводить до захворювань або зниження працездатності.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини та механізми; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, статичної електрики, вологість; небезпечне значення напруги в електричному колі.

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Залежно від наслідків впливу на працюючих шкідливих та небезпечних виробничих факторів розрізняють виробничі травми, професійні захворювання та професійні отруєння, внаслідок яких може відбутись зниження або втрата працездатності (тимчасова чи постійна, повна чи часткова), можливий і фатальний

кінець. На зниження безпеки праці при експлуатації промислових роботів можуть впливати наступні фактори: недостатнє освітлення робочого місця, вплив шуму й вібрації, вплив електричного струму й електромагнітних полів, забруднення повітря у робочому просторі.

Перелічені фактори відносяться до небезпечних та шкідливих. Вони проявляються раптово або поступово. Раптове виникнення небезпеки супроводжується травматичними наслідками – виробничими травмами. Поступовий вплив небезпечних факторів спричиняє професійні захворювання або хронічне отруєння. Але, як раптова, так і поступова дія виробничої небезпеки завжди призводить до паталогічних процесів в організмі.

Виробнича травма – порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок дії виробничих факторів.

Професійне захворювання - патологічний стан людини, обумовлений роботою і пов'язаний з надмірним напруженням організму або несприятливою дією шкідливих виробничих факторів.

Розглянемо детальніше дію шкідливих факторів на людину, що присутні при експлуатації зварювального обертача.

Зварювальний обертач експлуатується оператором, в функції якого входить:

- безпосереднє керування зварювальним обертачем за допомогою задаючого пристрою;
- візуальний контроль відпрацювання зварювальним обертачем керуючих впливів;
- проведення ремонтно-профілактичних робіт;
- регулярний огляд.

До категорії небезпечних виробничих факторів відносяться:

- необгороджені частини виробничого обладнання і самого об'єкта, які обертаються або переміщуються;
- переміщення заготовки або деталі;
- підвищення напруги в електричних колах, при якому може відбутися замикання струму на землю через тіло людини;

- нагріті поверхні.

До категорії шкідливих виробничих факторів відносяться:

- підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні;
- високий рівень шуму і вібрацій;
- недостатня освітленість робочої зони і погана якість освітлення.

4.1.1 Вплив вібрації на організм людини. Вібраційна хвороба - це стійке порушення фізіологічних функцій організму, обумовлене переважно дією вібрацій на центральну нервову систему. Ці порушення проявляються у виді головного болю, запаморочення, поганого сну, пониженої працездатності, поганого самопочуття, порушення серцевої діяльності.

Загальна вібрація з частотою менше 0,7 Гц хоча і неприємна, але не викликає вібраційної хвороби. Наслідком такої вібрації є морська хвороба, що з'являється унаслідок порушення нормальної діяльності органів рівноваги через резонансні явища.

Локальна вібрація спричиняє спазми судин, які починаються з кінцевих фаланг пальців і поширюються на всю кисть, передпліччя, захоплює судини серця. Наслідком цього є погіршення постачання кінцівок кров'ю. Одночасно спостерігається вплив вібрації на нервові закінчення, м'язові і кісткові тканини, що виражається в порушенні чутливості шкіри, окостенінні сухожилів м'язів і відкладеннях солей в суглобах рук і пальців, що призводить до болів, деформацій і зменшення рухливості суглобів. При локальній вібрації спостерігаються порушення діяльності центральної нервової системи, як і при загальній вібрації.

Між певними реакціями організму й рівнем впливу вібрацій немає лінійної залежності. Причина цього лежить у резонансному ефекті. При підвищенні частоти коливань більше 0,7 Гц, можливі резонансні коливання в органах людини. Резонанс людського тіла, окремих його органів, настає під дією зовнішніх сил при зборі певних частот коливань внутрішніх органів із частотами зовнішніх сил.

Вібраційна хвороба відноситься до групи профзахворювань, ефективно лікування яких можливе лише на ранніх стадіях. Відновлення порушених функцій

проходе дуже повільно, а в особливо важких випадках у організмі настають безповоротні зміни, що приводять до інвалідності.

Розрізняють гігієнічне і технічне нормування вібрацій. В першому випадку проводять обмеження параметрів вібрації робочих місць і поверхні контакту з руками працюючих, виходячи з фізіологічних вимог, виключає можливість виникнення вібраційної хвороби. У другому випадку виконують обмеження параметрів вібрації із урахуванням не лише вказаних вимог, але й з технічно досяжного на сьогоднішній день для даного виду машин рівня вібрації. При цьому враховують умови установки й режим роботи стаціонарного віброактивного технологічного обладнання в цехах, умови експлуатації ручного механізованого інструмента.

Гігієнічне нормування вібрацій регламентує параметри виробничої вібрації й правила роботи з вібронебезпечними механізмами й устаткуванням, ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги». Даний документ установлює класифікацію вібрацій, методи гігієнічної оцінки, нормовані параметри і їхні припустимі значення, режими роботи осіб вібронебезпечних професій, які піддаються впливу локальної вібрації, вимогам до забезпечення віробезпеки й до вібраційних характеристик машин.

4.1.2 Виробничий шум, як негативний фактор, що впливає на людину. Шум визначають як сукупність аперіодичних звуків різної інтенсивності й частоти. Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, ділянках або територіях виробництв, що виникає під час виробничого процесу.

За спектральним складом, залежно від переваги звукової енергії у відповідному діапазоні частот, розрізняють низько-, середньо-, і високочастотні шуми, по тимчасових характеристиках - постійні й непостійні; останні, у свою чергу, діляться на коливальні, переривчасті та імпульсні; по тривалості дії – тривалі й короточасні. З гігієнічних позицій велике значення мають амплітудно-тимчасові, спектральні й імовірнісні параметри непостійних шумів, найбільш характерних для сучасного виробництва.

Інтенсивний шум на підприємстві сприяє зниженню уваги й збільшенню числа помилок при виконанні роботи, особливо сильний вплив робить шум на

швидкість реакції, збір інформації й аналітичні процеси, через шум знижується продуктивність праці й погіршується якість роботи. Шум ускладнює своєчасну реакцію працюючих на попереджуючі сигнали внутрішньо-цехового транспорту (автонавантажувачів, мостових кранів), що сприяє виникненню нещасних випадків на виробництві.

У біологічному відношенні шум є яскравим стресовим фактором, здатним викликати зрив пристосувальних реакцій. Шум впливає на весь організм людини: пригнічує центральну нервову систему, виникає зміна швидкості подиху й пульсу, сприяє порушенню обміну речовин, виникненню серцево-судинних захворювань, гіпертонічної хвороби, може привести до професійних захворювань.

Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначені в ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів. Даний документ дає класифікацію шумів по спектру на широкосмугові й тональні, а по тимчасових характеристиках - на постійні й непостійні.

У виробничих умовах часто виникає небезпека комбінованого впливу високочастотного шуму й низькочастотного ультразвуку.

Ультразвук, як пружні хвилі не відрізняється від чутного звуку, але, частота коливального процесу сприяє великому вгасанню коливань через трансформацію енергії в теплоту.

По частотному спектрі, ультразвук класифікують на: низькочастотні коливання $1,2 \cdot 10^4 \dots 1,0 \cdot 10^5$ Гц; високочастотні коливання $1,0 \cdot 10^5 \dots 1,0 \cdot 10^9$ Гц; по способу розповсюдження – на повітряний й контактний ультразвук.

Ультразвук шкідливо діє на організм людини, спричиняє функціональні порушення нервової системи, зміни тиску, складу і властивості крові. Часто бувають скарги на головні болі, швидку стомлюваність, втрату слухової чутливості.

Ультразвук може діяти на людину як через повітряне середовище, так і через рідку і тверду середу (контактна дія на руки).

Біологічний ефект впливу на організм залежать від інтенсивності, часу впливу й розмірів поверхні тіла, які піддаються дії ультразвуку. Гігієнічні нормативи ультразвуку позначені ГОСТ 12.1.001-89.

4.1.3 Електромагнітні поля. Джерелом електромагнітних полів (ЕМП) є: атмосферна електрика, радіовипромінювання сонця, квазістатичні, електричні та магнітні поля землі, штучні джерела (електротермічні установки з машинними генераторами, клістрони та магнетронні генератори і т.д).

Електромагнітні поля промислової частоти утворюють лінії електропередач напругою до 1150 кВ, відкриті розділові пристосування, які включають комунікаційні апарати, прилади захисту й автоматики, вимірювальні прилади.

Під впливом ЕМП та випромінювань спостерігаються загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовно-рухової та зорово-моторної реакцій, підвищується межа нюхової чутливості. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз. Пригнічуються харчовий та статевий рефлекс.

Реєструються зміни артеріального тиску, частота серцевого ритму, форма електрокардіограми. Це свідчить про порушення діяльності серцево-судинної системи. Фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, збільшується вміст азоту в крові та сечі.

Нормування електромагнітних полів промислової частоти проводять за гранично-припустимим рівнем напруги електричного й магнітного полів частотою 50 Гц залежно від часу перебування в них і регламентуються за ГОСТ 12.1.002-84 і «Санітарними нормами і правилами виконання робіт в умовах впливу електричних полів промислової частоти» № 5802-91.

Перебування в електричному полі напругою до 5 кВ/м включно допускається протягом всього робочого дня.

Магнітні поля можуть бути постійними від штучних магнітних матеріалів і систем, імпульсними, низькочастотними (із частотою до 50 Гц), змінними. Дія магнітних полів може бути постійною і змінною.

Одним з розповсюджених небезпечних виробничих факторів є електричний струм. Проходячи через організм людини, електричний струм здійснює термічний, електричний, механічний і біологічний вплив.

Термічна дія струму проявляється опіками окремих ділянок тіла, нагріванням до високої температури органів, розташованих на шляху струму, викликаючи в них значні функціональні порушення.

Електролітична дія виражається в розкладанні органічної рідини, у тому числі крові, у порушенні її фізико-хімічного состава. Механічна дія струму приводить до розшарування, розриву тканин організму в результаті електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухонебезпечного утворення газу із синовіальної рідини й крові.

Біологічна дія струму проявляється роздратуванням і порушенням живих тканин організму, а також порушенням внутрішніх біологічних процесів. В результаті можуть виникати різні порушення в організмі, в тому числі порушення або повне припинення діяльності органів дихання та кровообігу. Дратівна дія струму на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цим тканинам, та рефлекторною, тобто через нервову систему, коли шлях струму лежить поза цих тканин.

4.1.4 Виробниче освітлення. Важливим фактором, що впливає на продуктивність праці є освітленість робочого місця. Організація раціонального освітлення робочого місця - одне з основних питань охорони праці. При незадовільному освітленні різко знижується продуктивність праці, можливі нещасні випадки, поява короткозорості, швидке стомлення.

Основним завданням виробничого освітлення є підтримка на робочому місці освітлення, що відповідає характеру здорової праці. Збільшення освітлення робочої поверхні поліпшує видимість об'єктів за рахунок підвищення їхньої яскравості,

збільшує швидкість розрізнення деталей, що виражається на рості продуктивності праці.

При організації виробничого освітлення, необхідно забезпечити рівномірний поділ яскравості на робочій поверхні й навколишніх предметах. Переклад погляду з яскраво освітленої на слабо освітлену поверхню змушує ока пері-адаптуватися, що приводить до стомлення очей і, відповідно, до зниження продуктивності праці. Для підвищення рівномірності природного освітлення більших цехів використовується комбіноване висвітлення. Світле фарбування стелі, стін і встаткування сприяє рівномірному поділу яскравості в поле зору працюючого.

Виробниче освітлення повинне забезпечувати відсутність у поле зору працюючих різких тіней. Наявність різких тіней спотворює розміри й форми об'єктів дозволу, і тим самим підвищує стомлюваність, знижує продуктивність праці. Особливо шкідливі рухомі тіні, які можуть привести до травм.

Для поліпшення умов видимості об'єктів у поле зору працюючого треба виключати прямий і відбитий блиск. Блесткість – це підвищена яскравість освітлених поверхонь, що викликає порушення зорових функцій (осліплення), тобто погіршення видимості об'єктів. Блесткість обмежують зменшенням яскравості джерела світла, правильним вибором типу світильника.

Коливання освітлення на робочому місці, викликано, наприклад, різкою зміною напруги в мережі, спричиняються переадаптацію ока, приводячи до значного стомлення.

Виробниче освітлення повинне забезпечувати необхідний спектральний состав світлового потоку. Ця умова особливо істотна для забезпечення правильної передачі світла, а в окремих випадках для посилення кольірних контрастів. Оптимальний спектральний состав забезпечує природне освітлення.

Освітлювальні установки повинні бути зручними й простими в експлуатації, довговічними, відповідати умовам естетики, пожежної безпеки, а також не повинні бути причиною вибуху або пожежі.

Залежно від джерела світла, виробниче освітлення може бути природним, котре забезпечується прямими сонячними променями й розсіяним світлом, штучним,

яке забезпечується електричними джерелами світла, і змішаним, при якому відсутнє по нормах природне висвітлення робочих місць (загальне локалізоване висвітлення). Комбіноване освітлення складається із загального й місцевого. Місцеве освітлення забезпечується світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Використання тільки місцевого освітлення не допускається, щоб не допустити виробничий травматизм і професійні захворювання.

За функціональним призначенням штучне освітлення розділяють на наступні види: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах. Шкідливими вважаються речовини, що при контакті з організмом людини за умов порушення вимог безпеки можуть призвести до виробничої травми, професійного захворювання або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки життя теперішнього та майбутнього поколінь (ГОСТ 12.1.007-76).

4.2 Техніка безпеки

4.2.1 Пристрої та технічні засоби безпеки

Для забезпечення безпеки на зварювальному обертачі застосовуються:

- аварійна кнопка «Стоп» поза небезпечної зони роботи;
- вихід маніпулятора за межі запрограмованого робочого простору обмежується жорсткими упорами;
- пристрої, що забезпечують зупинку виконавчого механізму при:
 - а) попаданні людини в запрограмовану область робочого простору;
 - б) виходу планшайби за межі робочого простору;
- пристрої блокування, що забезпечує утримання вантажу у разі несподіваного припинення подачі електроенергії;

- пристрої, що блокують роботу обертача при порушенні огороження робочого простору;
- запобіжні клапани або інші пристрої, що оберігають від підвищення тиску в системі. У вибухонебезпечних середовищах в гідроприводах застосовуються негорючі робочі рідини.

Електричні дроти, вимикачі та розподільники виконані з необхідною вимогою до ізоляції.

Для запобігання попаданню в робочий простір робочого персоналу встановлена огорожа. Робочий простір необхідно позначити суцільними лініями шириною 50-100 мм, що наносяться на площину підлоги фарбою жовтого кольору, стійкою до стирання.

Конструкція огороження відповідає функціональному призначенню і конструктивному використанню устаткування. Конструкція і кріплення огороження виключають можливість випадкового дотику працюючого персоналу з огорожувальними елементами. Огороження, які знаходяться навколо обертача, відкриваються вручну кілька разів протягом зміни, і мають відповідні блокувальні пристрої. Огорожу зафарбовується в сигнальний колір.

4.2.2 Електробезпека. На машинобудівних заводах, в цехах застосовуються електричні ланцюги з ізольованою нейтраллю, тому ємність таких мереж відносно землі незначна внаслідок малої розгалуженості такої мережі. При такій схемі мережі і режимі нейтралі застосовується захисне заземлення для усунення небезпеки ураження електричним струмом людини, яка випадково торкається до струмоведучих частини обладнання.

Для забезпечення електробезпеки експлуатації обертача використовується надійне заземлення. До заземлюючих затискачів, встановлених у шафі з електрообладнанням, проведений від заземлюючого контуру провідник, перетином не менше 4 мм. Перехідний опір між металевими частинами не вище 0,1 Ом.

4.2.3 Пожежна безпека. Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки включають:

- організацію пожежної охорони;

- паспортизацію матеріалів, технічних процесів в частині забезпечення пожежної безпеки;
- організацію навчання працівників правилам пожежної безпеки на виробництві;
- розробку і реалізацію норм і правил пожежної безпеки;
- застосування засобів наочної агітації по забезпеченню пожежної безпеки.

Пожежна техніка для захисту об'єктів відповідає вимозі ГОСТ 12.4.009-83, а саме:

- пожежне обладнання використовується тільки для боротьби з пожежами;
- на об'єкті, що захищається вивішуються плани відповідно до вимог ГОСТ 12.1.114-82 із зазначенням місць розташування пожежного обладнання;
- ділянки поверхні, на яких розташовуються ручні вогнегасники, пристрої установок пожежегасіння фарбуються в білий колір фарбою, з окантовкою шириною 20-25 мм.

Автоматичні установки об'єктного пожежегасіння, котрі мають електричну частину, призначені для захисту приміщень і людей від пожежі. Установки допускаються до введення в експлуатацію при наявності в них:

- звукового, світлового пожежних сигналів освітлення;
- пристрої перемикання пуску на ручний режим;
- установка розташовується в 5 м від технологічного комплексу.

Для гасіння пожеж на електроустановках застосовують розпилений струмінь води, оскільки електропровідність розпиленої води невелика.

Також використовуються пожежні вогнегасники порошкового типу, які розташовані на пожежному щиті у огорожі технологічного комплексу.

В якості пожежного обладнання застосовується водонапірна мережа, на якій встановлено пожежне обладнання. Вентилі з пожежними рукавами знаходяться в шафах через 20-25 м по всій протяжності водопровідної мережі. Пожежний ручний інструмент розміщується в цеху:

- ємність для піску повинна становити не менше $0,1 \text{ м}^3$ і розташовуватися у огорожі технологічного комплексу;
- бочки для зберігання води місткістю не менше $0,2 \text{ м}^3$ розташовуються в 10-15 м від технологічного комплексу;
- ломи та лопати розміщуються поблизу технологічного комплексу на пожежному щиті разом з вогнегасниками біля огорожі технологічного комплексу.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи, згідно поставлених завдань, виявлено, що сьогодні найбільш часто використовуваний зварювальний апарат – інверторний. Маючи невелику вагу і компактні розміри, інвертори володіють високою потужністю і функціональністю. До основних переваг зварювальних апаратів інверторного типу відносять: точні налаштування для різних видів робіт, нечутливість до стрибків напруги в мережі, високоякісні зварні шви, робота з тонкостінними металами та цілий ряд додаткових функцій.

Аналіз характеристик зварювального автомата Патон ТС-102 показав, що до складу зварювального трактора ТС-102 входять механізм переміщення, механізм подачі електрода, коректори вертикального і горизонтального переміщення зварювального мундштука, касети для електродного дроту, електрична схема керування, електричні комунікації, зварювальні дроти.

Механізм переміщення зварювального трактора складається з понижуючого малогабаритного редуктора і двигуна постійного струму КПА-563 У2. Встановлено, що електроприводи механізмів переміщення візка та подачі електродного дроту ідентичні та виконані по системі тиристорний перетворювач – двигун.

Швидкість приводного двигуна механізму переміщення зварювального автомата регулюється зміною напруги на якорі двигуна за рахунок керованого електричного перетворювача при підпорядкованому контурі регулювання струму двигуна.

В роботі складено функціональну та структурну схеми автоматизованого електропривода механізму переміщення зварювального автомата. Контур швидкості двигуна включає в себе замкнений контур струму, ланцюг від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю двигуна і регулятор швидкості. Регулятор швидкості може бути як пропорційним (при невисоких вимогах до точності регулювання швидкості), так і пропорційно-інтегральним (при необхідності абсолютної статичної точності регулювання).

Методом послідовної корекції визначено тип та параметри регулятора струму з умови модульного оптимуму по каналу керування ($M_c=0$) для замкненого контуру

струму. Для отримання астатичного регулювання швидкості використано симетричний оптимум на основі ПІ-регулятора швидкості.

В роботі розглянуто динаміку моделі автоматизованого електропривода зварювального автомата за допомогою програмного пакету MATLAB. Отримано перехідні характеристики. Аналіз результатів дослідження якості показав, що розроблена система керування має динамічні показники, які цілком задовольняють сформульованим у завданні вимогам: $\sigma=0\%$ (≤ 5), $t_p=0,505$ с (≤ 1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров О. Г., Антонюк Д. А. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання : навч. посібник. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 234 с.
2. Автомат зварювальний тракторного типу Патон ТС-102 : інструкція з експлуатації та технічний опис. Київ : Дослідний завод зварювального устаткування ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2015. 45 с.
3. Гуменюк І. В. Обладнання і технологія дугового зварювання : навч. посібник. Київ : Грамота, 2006. 272 с.
4. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи : навч. посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін. Київ : Либідь, 2005. 680 с.
5. Клепиков В. Б., Ашихмін О. В. Моделювання електромеханічних систем у середовищі MATLAB/Simulink : навч. посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. 160 с.
6. Панчук М. В., Сем'яник І. М. Автоматизація зварювальних процесів : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 118 с.
7. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування : підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Либідь, 2007. 656 с.
8. Руденко В. С., Ромашко В. Я., Трифонюк В. В. Промислова електроніка : підручник. Київ : Либідь, 1993. 432 с.
9. Bose B. K. Modern Power Electronics and AC Drives. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2002. 711 p.
10. Dorf R. C., Bishop R. H. Modern Control Systems. 13th ed. Boston : Pearson, 2017. 1032 p.

Загальний вигляд зварювального автомата Патон ТС-102

Фото зварювального автомата



Технічні характеристики

Параметр	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	600
Тривалість навантаження, ТВ%	100
Діаметр зварювального дроту, мм	1,0-3,0
Швидкість подачі зварювального дроту , м/хв	1,0-11,5
Швидкість зварювання (плавне регулювання), м/хв	0,16-1,15
Коригування електродного дроту, мм	
– вертикальне	60
– горизонтальне	50
Радіальний поворот голівки, град	90
Габаритні розміри, мм	500x320x600
Маса (без флюса та електродного дроту), кг	22

Мультимедійна презентація

ДОДАТОК А

Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

Функціональна схема автоматизованого електропривода

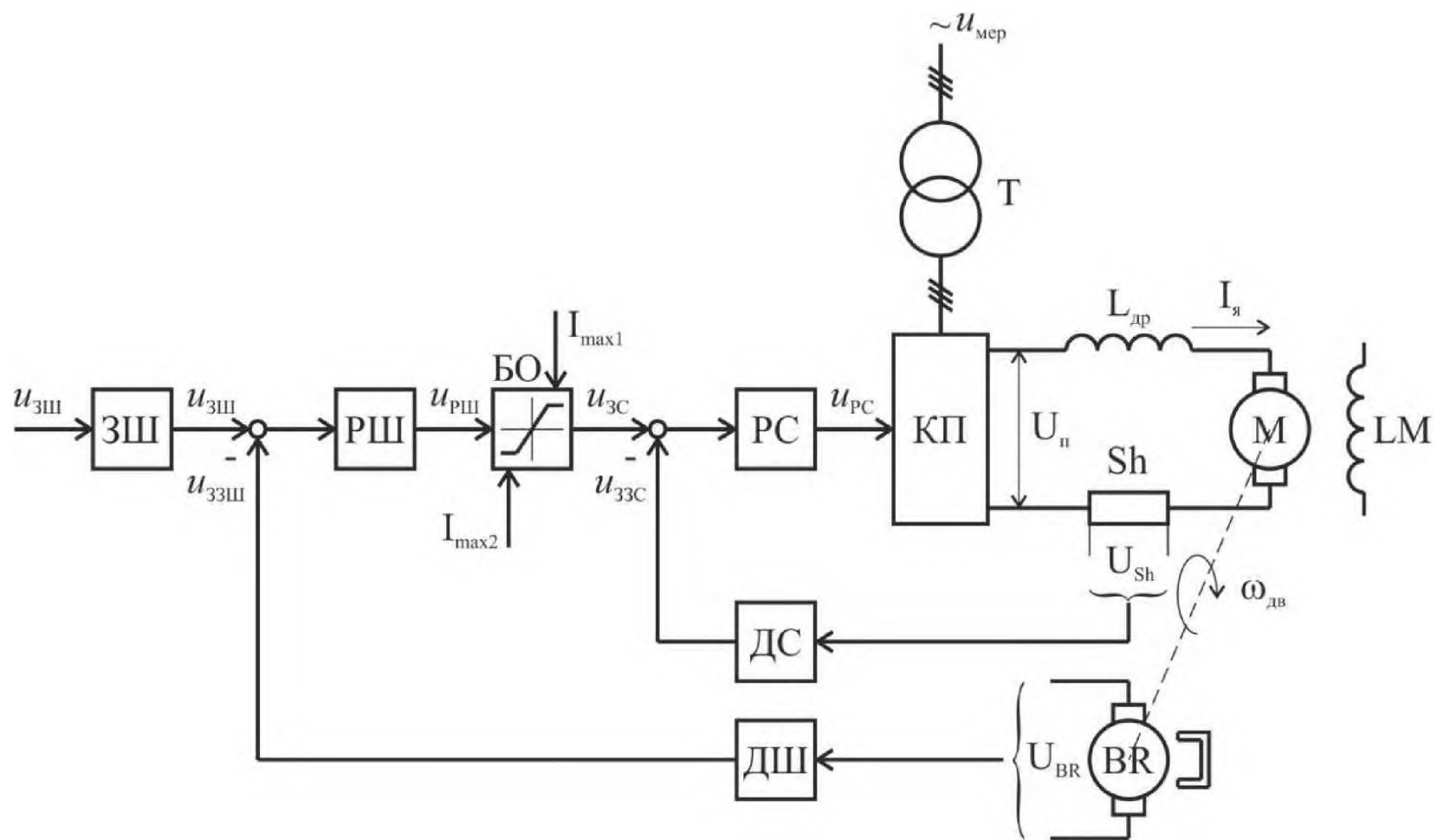


Рисунок А.2 – Слайд 2 мультимедійної презентації

Структурна схема автоматизованого електропривода

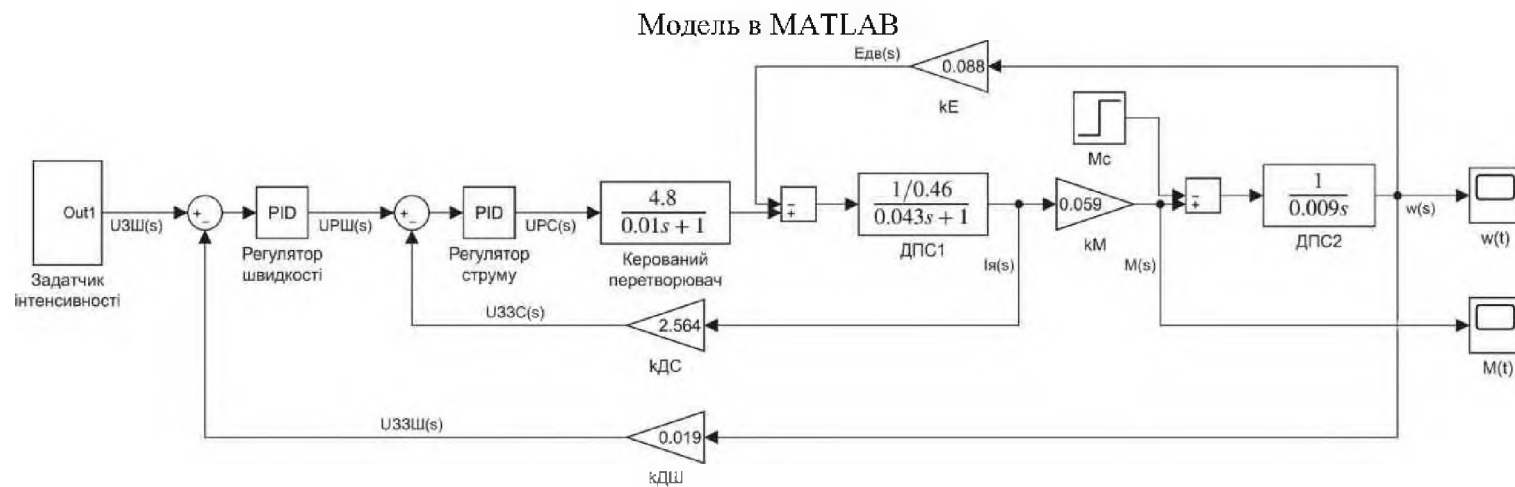
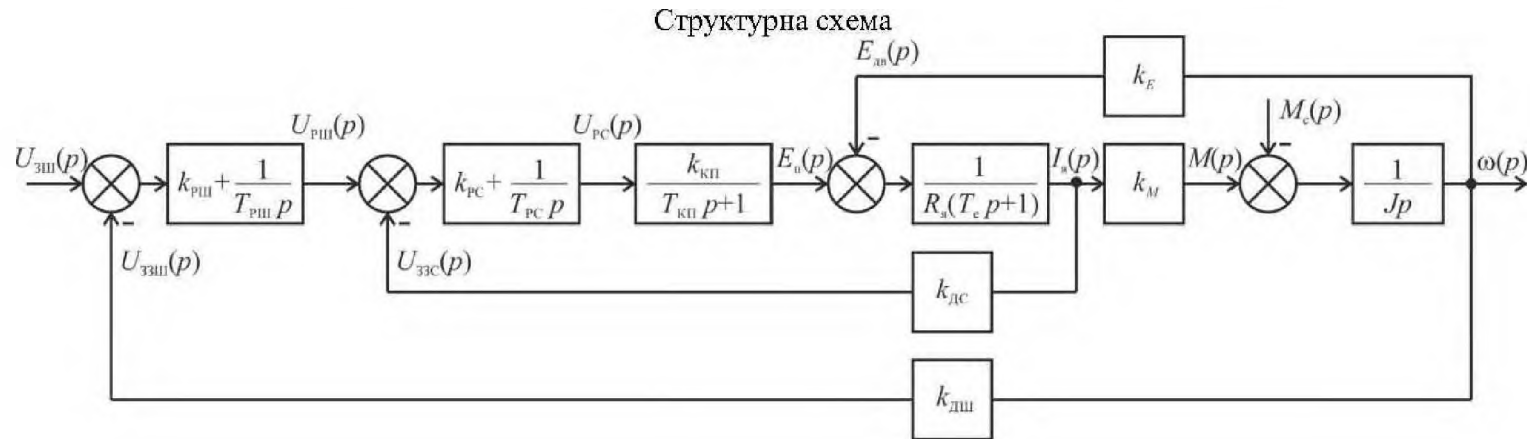
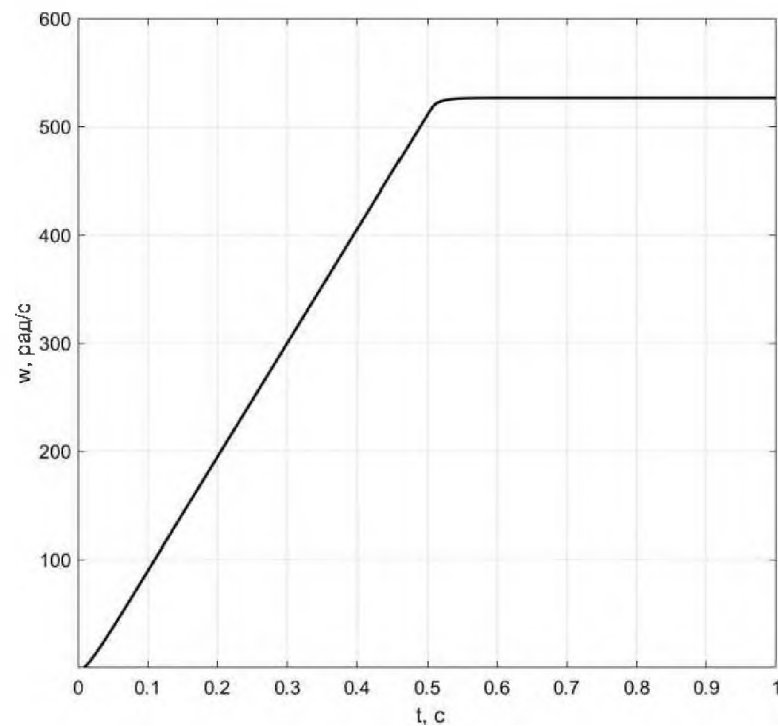


Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації

Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

Перехідна характеристика кутової швидкості електродвигуна



Перехідна характеристика моменту електродвигуна

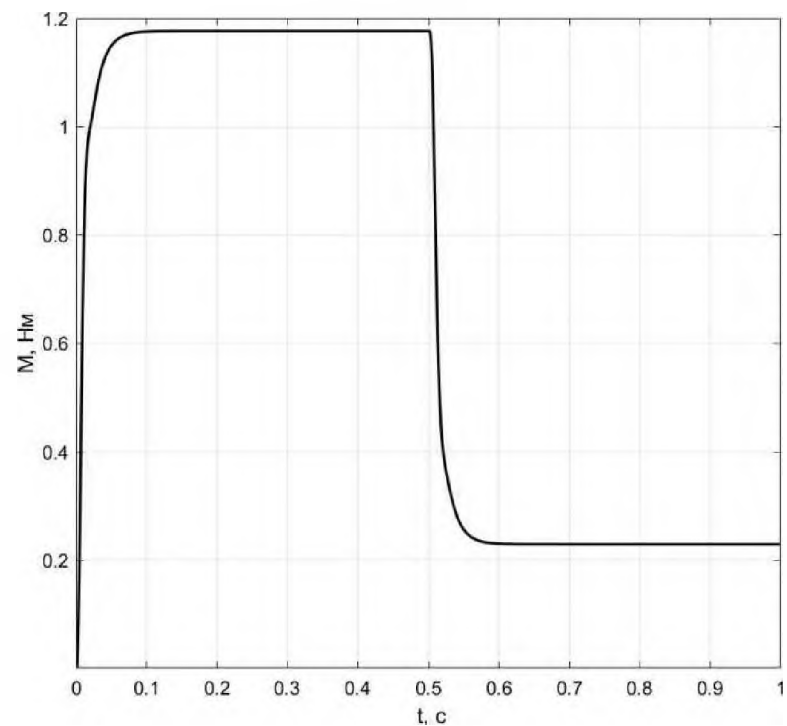


Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації