

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

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

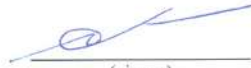
кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих
комплексів
(назва кафедри)

Допущений до захисту

зав. кафедри

ЕІС та РК

(скорочена назва кафедри)



Костенко Д.В.

(прізвище та ініціали)

" 16 " 12 2025 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

на тему Модернізація електрообладнання токарного верстата

Виконав: студент групи 6361м

Спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації «Електричні системи і комплекси транспортних

засобів»

Студент

Булах Д.І.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Керівник

к.т.н., доцент Костенко Д.В.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Рецензент

к.т.н., доцент Бабкін Г.В.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

м. Миколаїв – 2025 р.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів
Рівень вищої освіти магістр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Електричні системи і комплекси транспортних засобів»
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Костенко Д. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

" 01 " 10 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
на здобуття ступеня вищої освіти магістр

Булах Дмитро Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи Модернізація електрообладнання токарного верстата

Керівник кваліфікаційної роботи Костенко Дмитро Валерійович,

канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « » 2025 року №

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи розробка системи управління і
діагностики приводу подачі токарного верстата.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) обґрунтований вибір методу контролю електроприводу, складені передавальні функції ланок і електроприводу в цілому, отримане від перехідного процесу електроприводу, розроблена структурна схема і електрична схема блоку контролю, параметри ланок блоку.

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

Електронна презентація

6. Дата видачі завдання на кваліфікаційну роботу «___» вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Видача завдання на КР		
2	Рубіжний контроль. Чернові варіанти розділів та розширеного змісту ПЗ		
3	Рубіжний контроль. Готовий розширений зміст ПЗ, спецрозділів, 1-3 розділи ПЗ. Розрахунки.		
4	Рубіжний контроль. Чернетка повної пояснювальної записки, презентації та доповіді.		
5	Кафедральний захист. Готова, зшита ПЗ, підписана студентом, керівником. Готова презентація та доповідь укр. мовою.		
6	Подання документів на захист.		
7	Захист ДП		

Студент


(підпис)

Булах Д.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Костенко Д.В.

(прізвище та ініціали)

Перелік умовних позначень

ЧПУ – числове програмне управління;

ЕП – електропривод;

АЕП – автоматизований електропривод;

БД – блок діагностування;

ДП – друкована плата.

АННОТАЦІЯ

Магістерська робота складається із вступу, шести розділів та висновків, які викладені на 93 сторінках машинописного тексту, містить 22 рисунки, 10 таблиць та перелік літератури з 18 найменувань.

Метою є модернізація електропривода подачі токарного верстата для підвищення швидкодії, функціональності та точності. В роботі обґрунтований вибір методу контролю електроприводу, складені передавальні функції ланок і електроприводу в цілому, отримане вид перехідного процесу електроприводу, розроблена структурна схема і електрична схема блоку контролю, параметри ланок блоку.

Ключові слова: електричний двигун, токарний верстат, система керування, діагностика.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, six chapters and conclusions, which are set out on 93 pages of typewritten text, contains 22 figures, 10 tables and a list of literature with 18 titles.

The goal is to modernize the electric drive of the lathe feed to increase speed, functionality and accuracy. The work justifies the choice of the electric drive control method, compiles the transfer functions of the links and the electric drive as a whole, obtains the type of the transient process of the electric drive, develops a structural diagram and electrical diagram of the control unit, parameters of the unit links.

Keywords: electric motor, lathe, control system, diagnostics.

АННОТАЦІЯ.....	2
1. Вибір методу контролю електроприводу	9
1.1. Поняття електроприводу. Електропривод токарного верстата.....	9
1.2. Класифікація електроприводів. Формотворчих руху в приводах 11	
1.3. Цілі і завдання контролю і діагностування технічного стану електроприводів	20
1.4. Огляд методів контролю електроприводів. Вибір методу контролю електроприводу подачі супорта токарного верстата.	22
Висновки	26
2. Визначення та розрахунок передавальних функцій ланок електроприводу.....	28
2.1. Технічні дані елементів приводу [4].	28
2.2. Розрахунок передавальної функції електродвигуна і параметрів якірного кола.....	29
2.3. Розрахунок передавальних функцій датчиків і тиристорного перетворювача.	35
2.4. Розрахунок передавальної функції регулятора контуру струму електроприводу з підлеглим регулюванням.....	36
2.5. Розрахунок передавальної функції регулятора контуру швидкості електроприводу з підлеглим регулюванням.....	40
3. Розрахунок блоку контролю електроприводу.....	46
3.1. Метод алгебраїчного інваріанта в контролі електроприводу.....	46
3.2. Побудова структурної схеми контролю електроприводу з блоком контролю (БК).....	49

3.3. Висновок основного рівняння блоку контролю та розрахунок його коефіцієнтів (складання рівняння алгебраїчного інваріанта).....	50
3.4. Побудова електричної схеми блоку контролю.	52
3.5. Інструкція по експлуатації блоку контролю.	58
Висновки.	59
4. Конструкторсько-технологічна частина	60
4.1. Технічні умови приладу. Основні відомості про виріб	60
4.2. Розробка конструкції друкованого вузла.	60
4.3. Вибір способу виготовлення друкованої плати.	62
4.4. Розрахунок технологічності друкованої плати.	65
4.5. Розрахунок надійності	68
4.6. Тепловий розрахунок.....	71
5. Охорона навколишнього середовища	75
Вступ	75
5.1 Забруднення навколишнього середовища при виробництві друкованої плати пристрою для заряду	76
5.2 Розрахунок кількості шкідливих речовин при виробництві друкованої плати пристрою для заряду	77
5.3 Заходи до вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища.....	79
Висновки до розділу 5	80
6. Охорона праці	81
Вступ	81
6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на людину в процесі виробництва та експлуатації системи	82
6.2. Розрахунок загального освітлення приміщення лабораторії	86

6.3. Організація робочого місця та вимоги по розміщенню ПК	90
Висновки до розділу 6	91
ВИСНОВКИ.....	92

Вступ

Електропривод - це основний конструктивний елемент металорізальних верстатів і роботів. Автоматизований електропривод грає в верстатобудуванні і робототехніці виключно важливу роль. Він є найбільш мобільною і швидко розвивається галуззю верстатобудування, дозволяє ефективно вирішувати складні і відповідальні завдання, пов'язані з підвищенням продуктивності, точності і автоматизації обладнання.

Важливим і актуальним в наш час інженерним завданням є контроль електроприводу. Рішення її пов'язано з організацією on-line контролю функціонування електроприводу з оцінкою загального стану. Так як існуючий парк верстатів багато в чому складається з верстатів нових і колишніх моделей, які не мають вбудованого контролю, то доцільно проводити розробку систем контролю ще на етапі проектування механіки верстата і електроприводу.

На міжнародному ринку існує жорстка конкуренція серед верстатобудівних фірм. Комерційні і виробничі секрети призводять до різкого скорочення доступною технічної документації, що ускладнює введення контролю. Тому в даному дипломному проекті розглядаються не тільки питання контролю, а й визначаються відсутні в технічній документації елементи структури приводу, необхідні для проектування засобів контролю.

У машинобудуванні більшість деталей, що необхідні для виробництва машин, проходить обробку на металообробних верстатах. Ефективність технологічних процесів металообробки визначається успішністю отримання деталей з заданими формою, розмірами і якістю поверхні наявних у підприємств верстатах при мінімально можливих витратах часу, коштів і енергії. Від ефективності технологічних процесів металообробки залежить конкурентоспроможність продукції машинобудівної промисловості в цілому. Тому задача удосконалення електроприводів верстатів є *актуальною*.

Метою роботи є модернізація електропривода подачі токарного верстата для підвищення швидкодії, функціональності та точності.

Задачі магістерської роботи полягають в наступному: обґрунтувати вибір методу контролю електроприводу, скласти передавальні функції ланок і електроприводу в цілому, розрахувати коригуючий ланка: визначити тип ланки, його передавальну функцію, параметри цієї функції, параметри ланки, отримати і розглянути вид перехідного процесу електроприводу, розробити структурну схему і електричну схеми блоку контролю, розрахувати параметри ланок блоку: коефіцієнт передачі і елементи електронної схеми, розробити конструкцію БК та інструкцію.

1. ВИБІР МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

1.1. Поняття електроприводу. Електропривод токарного верстата.

Електропривод - це електромеханічна система, що складається в загальному випадку з взаємодіючих перетворювачів електроенергії, електромеханічних і механічних перетворювачів, які керують і інформаційних пристроїв і пристроїв сполучення з зовнішніми електричними, механічними, які керують і інформаційними системами, призначена для приведення в рух виконавчих органів електричної робочої машини і управління таким рухом для здійснення технологічного процесу. ЕП представляє собою електромеханічний пристрій, що складається з: електричного двигуна, який здійснює електромеханічне перетворення енергії, механічної частини, що передає механічну енергію робочого органу машини, і системи управління, що забезпечує за тими чи іншими критеріями управління технологічним процесом. Складові частини ЕП знаходяться в тісній взаємодії.

Основні вимоги, що пред'являються до сучасних верстатів електроприводів, такі: мінімальні габарити електродвигунів при високому обертового моменту; висока максимальна швидкість; значна перевантажувальна здатність приводу в режимах короткочасної і повторно-короткочасного навантаження; широкий діапазон регулювання; високу швидкодію при перехідних процесах і т.п.

Основний недолік електроприводів з суммируючим підсилювачем полягає в складній налаштування параметрів ланцюгів зворотного зв'язку по струму і швидкості за допомогою загального підсилювача (регулятора). Подібна настройка завжди носить компромісний характер по відношенню до кожного настраюється параметру і не є оптимальною. Цей недолік виключається в системі підпорядкованого регулювання, яка знаходить широке поширення в регульованих електроприводах верстатів. Система підпорядкованого регулювання забезпечує високі статичні та динамічні характеристики ЕП. Вона відрізняється високим ступенем стандартизації і

уніфікації структури та елементів приводу, що спрощує його виготовлення, наладку і ремонт.

Сучасний автоматизований електропривод - це високонадійні і економічна електромеханічна система, здатна повністю забезпечити автоматизацію будь-якого технологічного процесу, досягти швидкодії і точності при своїй роботі, поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу.

Токарний верстат - верстат для обробки різанням (гострінням) заготовок з металів і ін. Матеріалів у вигляді тіл обертання. На токарних верстатах виконують обточування і розточування циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, нарізування різьблення, підрізування і обробку торців, свердління, зенкування і розгортання отворів і т. Д. До складу токарної групи верстатів входять верстати, що виконують різні операції точіння: обдирання, зняття фасок, розточування і т. д.

Токарні верстати призначені головним чином для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, нарізування різьблення і обробки торцевих поверхонь деталей типу тіл обертання за допомогою різноманітних різців, свердел, зенкерів, розгорток, мітчиків і плашок. Застосування на верстатах додаткових спеціальних пристроїв (для шліфування, фрезерування, свердління радіальних отворів і інших видів обробки) значно розширює технологічні можливості обладнання.

У зв'язку з тим, що до багатьох дрібносерійним виробництвам металевих виробів сьогодні пред'являються підвищені вимоги автоматизації, сучасне металообробне обладнання токарного типу досить часто обладнується ЧПУ (числовим програмним управлінням). Подібні токарні верстати мають ряд конструктивних особливостей, що відрізняють їх від обладнання, яке оснащується ЧПУ. Поряд з традиційною застосовується компоновка, при якій станина має похилі напрямні, що значно полегшує видалення стружки і захист робочого простору. Зона же різання у токарних верстатів зазвичай закривається за допомогою особливих кожухів.

У верстатах з ЧПУ програмується 1) перемикання швидкостей шпинделя, 2) поздовжні і поперечні переміщення супорта з безступінчастим регулюванням подачі, 3) швидкі переміщення супорта, 4) поворот револьверної головки, 5) пуск, зупинка і реверс приводу головного руху, 6) автоматична зміна інструменту (при наявності багато інструментальних магазину).

Деякі токарні верстати з ЧПУ обладнуються самозатискаючими патронами і автоматичними задніми бабками. Може мати токарне металообробне обладнання та поворотні револьверні головки, які оснащуються індивідуальними електричними або гідравлічними приводами, що особливо зручно при виконанні певних робіт. В даний час токарні верстати з ЧПУ застосовуються, як для одиничних, так і дрібносерійних або масових виробництв. Все залежить від типу самого верстата і виробничих завдань, які він повинен вирішувати.

1.2. Класифікація електроприводів. Формотворчих руху в приводах

Класифікація електроприводів зазвичай проводиться за наступними критеріями [1]:

- по виду руху
- за принципом регулювання швидкості і положення виконавчого органу
- в залежності від числа робочих органів
- в залежності від способу з'єднання двигуна з робочим органом
- за рівнем автоматизації
- у зв'язку зі струму

Залежно від виду руху електродвигуна, електроприводи можуть бути:

- обертального руху. Електропривод, що забезпечує обертальний рух виконавчого органу робочої машини
- поступального руху. Електропривод, що забезпечує поступальний лінійне рух виконавчого органу робочої машини

- зворотно-поступального руху. Електропривод, що забезпечує зворотно-поступальний [вібраційне] рух виконавчого органу робочої машини

- безперервні руху. Електропривод, що забезпечує безперервний рух виконавчого органу робочої машини

- реверсівного руху. Електропривод, що забезпечує рух виконавчого органу робочої машини в будь-якому з двох протилежних напрямках

- однонаправленого руху. Електропривод, що забезпечує рух виконавчого органу робочої машини тільки в одному напрямку

Залежно від принципу регулювання швидкості і положення виконавчого органу електроприводи бувають:

- нерегульовані. Виконавчий орган приводиться в рух з однією постійною швидкістю, яка не регулюється або регулюється механічним способом

- регульовані. Шляхом впливу на електропривод швидкість руху виконавчого органу змінюється відповідно до вимог технологічного процесу.

- відстежуючі. Забезпечує рух механізмів за певною програмою. Такий електропривод може працювати в режимі точного позиціонування, який забезпечує переміщення механізмів верстата до деяких фіксованих точки, виділені на траєкторії їх руху. Закон зміни швидкості приводу між цими точками вибирається виходячи з вимог продуктивності і точності позиціонування і на форму оброблюваної деталі не впливає.

- адаптивні. Автоматично змінює структуру і параметри системи управління. Адаптація дозволяє підвищити продуктивність і точність обробки.

- програмні-керовані. Керований відповідно до заданої програми

Залежно від числа робочих органів, що приводяться електроприводом, розрізняють:

- індивідуальний електропривод. Характеризується тим, що кожен виконавчий орган машини приводиться в рух своїм окремим двигуном, що розширює функціональні можливості верстата, робить його управління більш гнучким. При цьому спрощується кінематична схема і підвищується коефіцієнт корисної дії. Цей вид приводу в даний час є основним, так як спрощується

кінематична передача від двигуна до виконавчого органу, легко здійснюється автоматизація технологічного процесу, поліпшуються умови обслуговування робочої машини.

-багатодвигунний (взаємопов'язаний) електропривод. Електропривод містить два або кілька електрично або механічно пов'язаний між собою електроприводів. Окремим випадком є багатодвигунний електропривод, при якому кілька двигунів працюють на загальний вал, приводячи в рух один виконавчий орган, або руху столу верстата з ЧПУ в двох ортогональних напрямках при контурній обробці.

-груповий електропривод. Характеризується тим, що від одного двигуна приводиться в рух декілька виконавчих органів однієї або декількох робочих машин. Така система електроприводів, що широко застосовувалася на ранньому етапі його розвитку, має розгалужену кінематичну ланцюг (трансмісію), що ускладнює її експлуатацію і автоматизацію технологічних процесів.

Залежно від способу з'єднання двигуна з робочим органом, електроприводи можуть бути:

-редукторними. Електродвигун містить один з видів механічного передавального пристрою і передає обертальний рух передавальному пристрою, який містить редуктор.

-безредукторними. Електродвигун безпосередньо з'єднаний з виконавчим органом. Передача руху здійснюється від електродвигуна або безпосередньо робочому органу, або через передавальний пристрій, що не містить редуктор.

-конструктивно-інтегрованими. Приводний електродвигун конструктивно об'єднаний з робочим органом.

Залежно від рівня автоматизації, розрізняють:

- неавтоматизованих електропривод. Ручне управління
- автоматизовані електропривод, керований автоматичним регулюванням параметрів.

-автоматичний електропривод, в якому керуючий вплив виробляється автоматичним пристроєм без участі оператора.

За родом струму, розрізняють наступні електроприводи:

-постійного струму

-змінного струму

За призначенням виділяють:

- приводи головного руху

- приводи подачі

-привід допоміжних механізмів.

У токарного верстата є привід (механічний, гідравлічний, пневматичний), за допомогою якого забезпечується передача руху робочих органів: шпинделя, супорта і т. П. Комплекс цих рухів називається формотворними рухами.

Їх класифікують на два види [2]:

1) Основні руху (робочі):

Прямолінійний поступальний або обертальний рух заготовки або різального інструменту, що відбувається з найбільшою швидкістю в процесі різання, називається головним рухом різання, або просто головним рухом. На головний рух витрачається велика частина потужності верстата. Головний рух може бути обертальним або поступальним. При обертальному русі воно характеризується частотою обертання, при поступальному - частотою подвійних ходів. Здійснюється з максимальною швидкістю. Може передаватися як заготівлі, так і інструменту.

Наприклад, у токарних верстатів головним рухом є обертання заготовки (рис. 1, а-б). Іноді головний рух на верстатах отримують в результаті складання рухів. Наприклад, під час свердління отворів малого діаметра на токарних автоматах головний рух є результатом складання обертань деталі і свердла, які обертаються в різні боки (рис. 1, ж). При нарізуванні різьби на токарних автоматах методом «обгону» плашка обертається в тому ж напрямі, що і заготовка (рис. 1, з). Головний рух може бути отримано і при різнорідних

рухах, наприклад, при нарізанні зовнішньої і внутрішньої різьби різцем (рис. 1, і).

Регулювання частоти обертання приводу головного руху може бути: - ступінчатим, -безступінчатим, -комбінований.

Ступеневу регулювання має такі переваги - двигун головного руху обертається з постійною оптимальною швидкістю, забезпечуючи максимальний робочий момент; застосування асинхронного електродвигуна дозволяє відмовитися від перетворювача, що спрощує електричну схему. Цей спосіб пов'язаний зі зміною передавального числа / або радіусу приведення механічної передачі при постійній швидкості двигуна і тому отримав назву механічного способу регулювання. Для його реалізації можуть бути використанні коробки передач (при ступінчастому регулюванні), варіатори, електромагнітні та гідравлічні муфти (для плавного регулювання). Цей спосіб застосовується обмежено через складність автоматизації технологічних процесів, малого набору регульованих механічних передач зазначеного типу і невисоких надійності і економічності їх роботи.

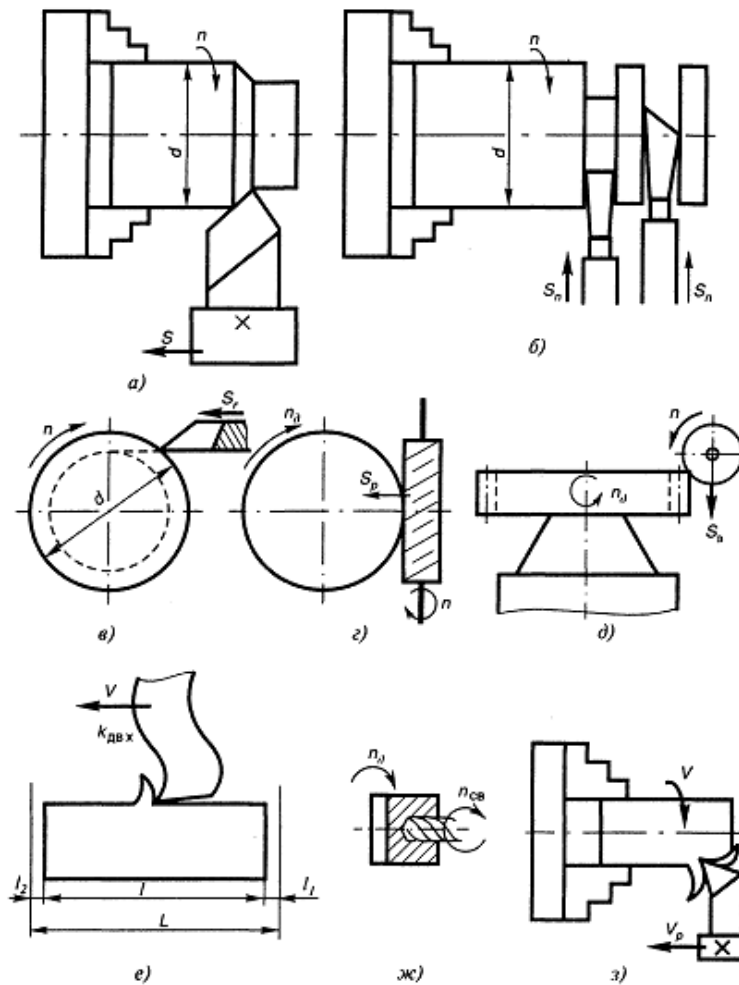


Рисунок 1 – Види головного руху і подач в металорізальних верстатах

Ступінчасте регулювання в великому діапазоні здійснювалося за допомогою:

- багатовалових коробок (число ступенів 24; діапазон регулювання і потужність не обмежуються);
- східчасто-шківних передач з одинарним або подвійним перебором (число ступенів до 12; діапазон регулювання до 30);
- багатошвидкісних асинхронних двигунів в поєднанні з багатоваловими коробками передач.

Такі системи регулювання мають такі суттєві недоліки: неможливість в процесі обробки підтримувати оптимальні режими різання, висока кінематична складність коробки швидкостей, зміна частоти обертання вимагає

зупинки шпинделя, низька надійність і недовговічність електромагнітних фрикційних муфт.

Поява відповідної електронної бази призвело до створення приводу з комбінованим способом регулювання: частота обертання валу електродвигуна змінюється в обмеженому діапазоні за допомогою електронних перетворювачів. Цей спосіб, який також отримав назву електричного, передбачає вплив на двигун при незмінних параметрах механічної передачі. Він знайшов основне використання в сучасному ЕП внаслідок його широких регулювальних можливостей, простоти і зручності використання в загальній схемі автоматизації технологічних процесів і економічності. Розширення діапазону регулювання до необхідного при обробці здійснюється за допомогою простих (зазвичай триступеневий) коробок швидкостей. Такий привід дозволяє оптимізувати режими різання при обробці, підтримувати постійну швидкість різання, однак при переході з одного діапазону частот обертання до другої потребує зупинки процесу обробки, а в ряді верстатів такий перехід здійснюється вручну.

Поява нових синхронних і асинхронних двигунів, які забезпечують сталість крутного моменту в широкому діапазоні частот обертання (синхронні змінного струму - робоча частота обертання до 40000 об / хв, асинхронні - до 12000 об / хв), дозволило повністю відмовитися від коробки швидкостей, а в ряді випадків і від всіх механічних передач в ланцюзі головного руху, і результатом стала розробка мотор-шпинделів (безпосередньо шпиндель верстата є одночасно і ротором електродвигуна).

Третій спосіб, комбінований, поєднує в собі електричний і механічний способи, знаходить застосування головним чином в ЕП металообробних верстатів. Отже, регулювання швидкості руху виконавчих органів робочих машин в більшості випадків досягається за рахунок цілеспрямованого впливу на електродвигун, що здійснюється за допомогою його системи управління. При цьому необхідно зазначити: регулювання швидкості може бути здійснено за рахунок отримання відповідних штучних (регулювальних) механічних

характеристик двигуна. Зауважимо також, що зміна швидкості двигуна внаслідок зміни навантаження на його валу не є регулюванням швидкості.

Всі способи регулювання швидкості поділяються за цією ознакою на дві групи: одна характеризується допустимим навантаженням, що дорівнює номінальній моменту; інша - навантаженням, що дорівнює номінальній потужності двигуна. При правильному виборі способу регулювання швидкості двигун повністю використовується за своїми можливостями у всьому діапазоні її зміни.

Рухом подачі називають відносний рух інструменту і заготовки, що забезпечує спільно з головним рухом формоутворення поверхні деталі. Подачу визначають як величину переміщення інструмента щодо заготовки за один оборот (подвійний хід) заготовки або інструменту (залежні подачі на токарних, свердлильних і стругальних верстатах) або переміщення в одиницю часу (незалежні подачі на фрезерних і шліфувальних верстатах). Рухи, що здійснюються в процесі різання, службовці для взаємного переміщення інструменту і заготовки і вимагають менших (у порівнянні з головним рухом) витрат енергії. Залежно від напрямку руху інструменту по відношенню до деталі подачі ділять на поздовжню S (рис. 1, а), поперечну S_n (рис. 1, б), радіальну S_r (рис. 1, в), кругову S_k (рис. 1, г). Крім того, подання можуть бути осьовими (рис. 1, ж) в свердлильних верстатах і вертикальними S_v в зубофрезерних верстатах (рис. 1, д).

Характер руху: обертальний, круговий, поступальний, переривчастий.

Ділильний рух - це рух, при якому здійснюється поворот заготовки 1 на необхідний кут (рисунок 2, а) або лінійне переміщення заготовки щодо

інструменту 2 на певну величину, наприклад, на крок P (рисунок 2, б).

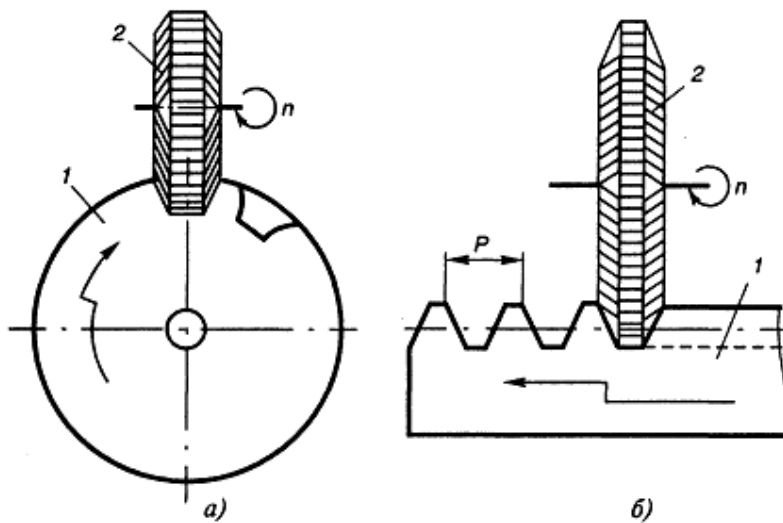


Рисунок 2 – Круговий (а) і лінійне (б) розподіл

Рух обкатки - це узгоджений рух між інструментом і заготовкою, що має при формоутворенні необхідне послідовне положення, наприклад, відповідне зачеплення двох зубчастих коліс (рисунок 3, а). Цей рух використовується переважно при нарізанні зубчастих коліс методом обкатки на зубофрезерних / зубодовбальних верстатах (рисунок 3, б).

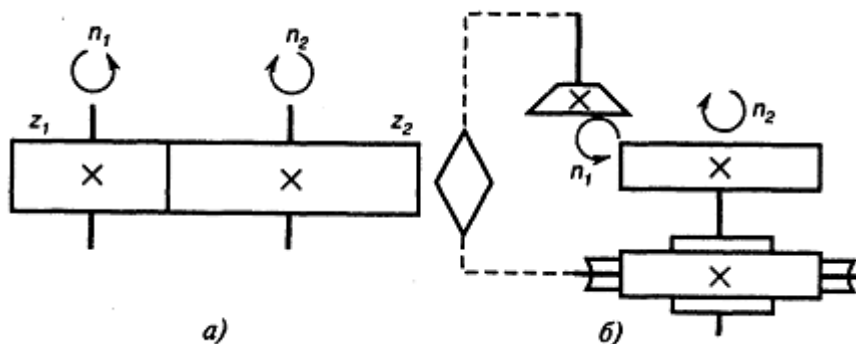


Рисунок 3 - обкатки двох зубчастих коліс (а), інструменту та заготовки (б)

Диференціальне рух алгебраїчно додається до якого-небудь руху інструменту або заготовки. Поняття диференціального руху аналогічно з математичним поняттям «диференціал», т. Е. Збільшення. Підсумувати можна

тільки однорідні руху: обертальний з обертальним, поступальний з поступальним. Для підсумовування рухів застосовують диференціальні механізми.

Допоміжні руху готують процес різання, але самі в ньому не беруть участь. До таких рухів відносять: відвід і підведення інструменту, затиск і розтиск заготовки, установку і зняття інструменту, перестановку упорів на верстаті, зміна положення деталі і т. Д. Допоміжні руху здійснюються або вручну, або від спеціальних приводів. У верстатобудуванні обов'язковою умовою скорочення ручної праці є автоматизація допоміжних рухів.

Види допоміжних рухів:

- налагодження верстата;
- завдання режимів різання;
- установка обмежувачів ходу відповідно до розмірів і конфігураціями заготовок;
- управління верстатом в процесі роботи;
- установка заготовки, зняття готової деталі;
- установка і зміна інструменту і інші.

Плавність регулювання визначається співвідношенням швидкостей на двох сусідніх ділянках регулювання. Плавність регулювання в значній мірі впливає на продуктивність верстата, так як оптимальна швидкість різання залежить від твердості оброблюваного матеріалу, властивостей матеріалу і геометрії ріжучого інструменту, а також від характеру обробки. На одному і тому ж верстаті можуть оброблятися деталі різних розмірів, з різних матеріалів і різними інструментами, що є причиною зміни режимів різання.

1.3. Цілі і завдання контролю і діагностування технічного стану електроприводів

Розвиток автоматизованого електроприводу (АЕП) супроводжується зростанням складності і взаємозв'язків елементів і автоматичних систем керування електроприводами [3]. Це призводить до зниження надійності та

різко збільшує матеріальні, часові та трудові витрати на обслуговування електроприводів. Удосконалення методів і засобів визначення технічного стану електроприводів в процесі етапів його виробництва і експлуатації, тобто рішення задач технічного діагностування електропривода є актуальним завданням сьогодення. Технічне діагностування АЕП є процес визначення його технічного стану, що включає в себе сукупність властивостей електроприводу, схильних до зміни при виробництві або експлуатації і характеризуються в певний момент часу ознаками (параметрами), встановленими нормативно-технічною документацією на автоматизований електропривод. Результатом діагностування є висновок про технічний стан електроприводу із зазначенням при необхідності місця, виду і причин дефекту. Характерними прикладами результатів діагностування є справність або несправність, працездатність або непрацездатність, правильне або неправильне функціонування окремих елементів, каскадів або всієї системи управління електроприводом.

Мета контролю полягає в оцінці технічного стану досліджуваної системи, у виявленні несправності або неправильності функціонування об'єкта. Завдання контролю - вимір контрольованих параметрів, аналіз отриманих даних, управління процесом контролю, видача інформації про вид технічного стану.

Мета діагностування полягає у своєчасній оцінці технічного стану (працездатності або непрацездатна) і в виявленні причин порушення працездатності, розпізнавання виду технічного стану об'єкта і локалізації місця відмови. Завдання діагностування - формування діагностичної моделі, вибір діагностованих параметрів, вибір методу діагностування та побудови його алгоритму, проведення необхідних вимірювань, обробка отриманої інформації та отримання результатів діагностування.

Залежно від мети діагностування, виду діагностичних ознак в моделі дефектів можливі різні постановки завдань функціонального діагностування (рис. 4).

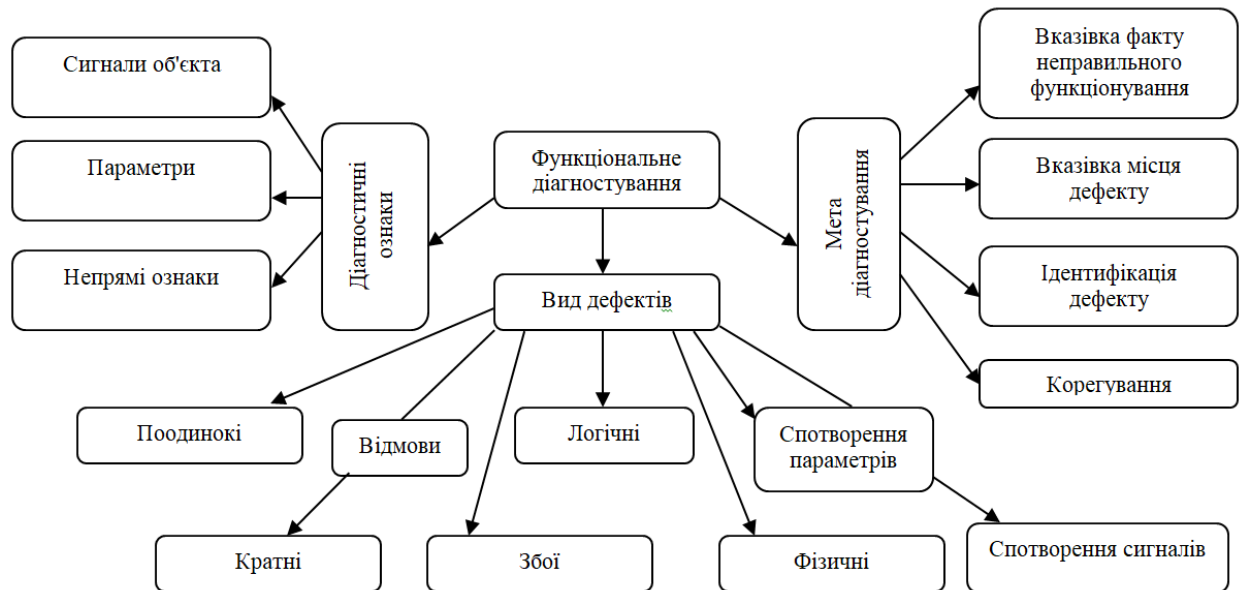


Рисунок 4 – Завдання функціонального діагностування.

1.4. Огляд методів контролю електроприводів. Вибір методу контролю електроприводу подачі супорта токарного верстата.

Під функціональним діагностуванням розуміється діагностування, здійснюване під час функціонування об'єкта, на який надходять робочі впливи. Розмикання зворотних зв'язків в об'єкті контролю або подача тестових впливів, що призводять до неправильного функціонування, вважаються недоступними. До переваг функціонального діагностування відносяться його безперервність і пов'язана з цим оперативність отримання інформації про правильність функціонування об'єкта контролю. Таке діагностування особливо важливо для динамічних об'єктів, що працюють тривалий час.

Залежно від мети діагностування, виду діагностичних ознак в моделі дефектів можливі різні постановки завдань функціонального діагностування. Метою діагностування є визначення технічного стану об'єкта із зазначенням при необхідності місця, виду і причини дефекту.

Під діагностичними ознаками розуміють характеристики об'єкта, які використовуються для визначення його технічного стану. Ними можуть

служити вихідні сигнали об'єкта або його окремих блоків, параметри об'єкта (коефіцієнти передавальної функції), а також непрямі ознаки, що характеризують процеси, супутні основному, такі, як рівень вібрації, акустичний шум та інші.

Аналіз відомих методів перевірки правильності функціонування дозволяє виділити два основні підходи до контролю над технічним станом об'єкта: в просторі параметрів і в просторі сигналів. У першому випадку той чи інший спосіб визначаються поточне значення параметрів об'єкта контролю (коефіцієнти передавальної функції, постійні часу і т.д.) і оцінюється відхилення їх від номінального значення. У другому випадку перевіряється відхилення вихідних сигналів об'єкта контролю і його блоків від теоретичних значень. В обох випадках об'єкт вважається функціонуючим неправильно, якщо відхилення перевищує припустиме значення. Основні труднощі при першому підході пов'язана зі складністю вимірювання поточних значень параметрів, тоді як їх номінальні значення зазвичай бувають відомі. При другому підході, навпаки, головна проблема полягає в необхідності безперервного визначення номінальних значень вихідних сигналів для поточних значень вхідних сигналів. Класифікація і принципи функціонального діагностування відповідно до зазначеними двома підходами представлені на рис. 5.

Перша група методів функціонального діагностування в просторі параметрів використовує результати одного з розділів сучасної теорії автоматичного управління - теорії ідентифікації. Завдання ідентифікації полягає в отриманні або уточненні математичного опису об'єкта за вимірюваннями його вхідного і вихідного сигналів.

Математичною основою другої групи методів, які можуть застосовуватися і при діагностуванні в просторі сигналів, є теорія розпізнавання зразків. Поточний стан об'єкта контролю характеризується вектором в просторі діагностичних ознак, які розбиті на області, що відповідають тим чи іншим дефектам. Ці області частково перекриваються, і

завдання полягає в тому, щоб за вимірюваним значенням вектора діагностичних ознак вказати найбільш ймовірний дефект.

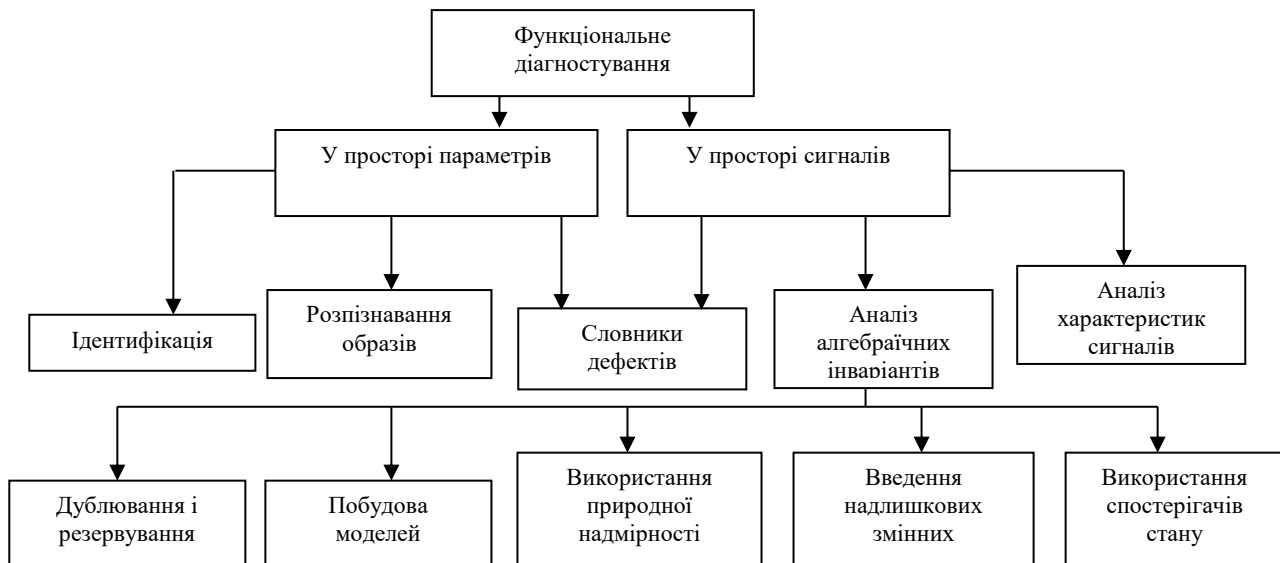


Рисунок 5 – Класифікація методів функціонального діагностування

Третя група методів використовує принцип складання словників дефектів (діагностичних таблиць), згідно з яким складаються списки найбільш характерних несправностей і відповідних їм значень діагностичних ознак. Під несправністю розуміється неприпустиме відхилення деякого параметра від номінального значення, а його ознакою є перевищення граничного рівня деяким сигналом. Тому даний підхід можна використовувати при діагностуванні і в просторі параметрів, і в просторі сигналів.

Функціональне діагностування об'єкта контролю в просторі сигналів точніше відповідає змістовної мети перевірки правильності функціонування об'єкта контролю. Головним чином це стосується тих випадків, коли основне призначення динамічного об'єкта полягає в тому, щоб перетворювати вхідні сигнали у вихідні. При діагностуванні в просторі параметрів цієї основної функції перевіряється побічно по призначеннях параметрів об'єкта контролю.

При діагностуванні в просторі сигналів правильність вироблення вихідних сигналів перевіряється безпосереднім шляхом їх аналізу. Зазначена

особливість є гідністю методів діагностування в просторі сигналів, які відповідно до рис. 1, діляться на дві групи.

Перша використовує апріорно відомі відомості про характеристики сигналів (амплітуді, частотних властивостей і ін.). Сюди ж відносяться методи, які використовують примішування до вхідного сигналу об'єкта допоміжного сигналу невеликої амплітуди і наступні виділення і аналіз відповідний йому складової у вихідному сигналі. До недоліку методів цієї групи відноситься необхідність мати апріорну інформацію про характеристики вхідних сигналів, неминуча залежність вказаних характеристик від вхідних сигналів, поведінка яких заздалегідь найчастіше невідомо.

Друга група методів заснована на використанні алгебраїчних інваріантів. У методах цієї групи діагностування здійснюється шляхом перевірки деяких алгебраїчних співвідношень (контрольних умов), яким повинна задовольняти сукупність вихідних сигналів об'єкта контролю, доповнена при необхідності одним або декількома надлишковими сигналами. Інваріантність контрольних умов полягає в тому, що при відсутності дефектів вони зобов'язані виконуватися для будь-яких вихідних сигналів і в будь-який момент часу.

Найбільш відомі методи цієї групи - це резервування і дублювання. При використанні для функціонального діагностування дублювання в якості блоку діагностування (БД) виступає другий елемент об'єкта, на який подають ті ж вхідні сигнали.

Діагностування проводиться порівнянням виходів основного і дублюючого блоків. Головний недолік подібних методів - велика апаратна надмірність.

Інший напрямок у використанні моделей для функціонального діагностування відносяться до випадків, коли інформативним діагностичним ознакою служать внутрішні, безпосередньо не спостерігаються координати об'єкта. Відновити такі координати можна за допомогою спеціальної моделі, яка підключається безпосередньо до об'єкта. За своїм змістом подібні моделі

близькі до відомих в теорії управління ідентифікаторами стану і, зокрема, спостерігачам Люенбергера.

В окремих випадках вихідні сигнали $y_1, \dots, y_n$, об'єкти контролю можуть задовольняти відомому алгебраїчному співвідношенню виду $F(Y)=0$, яке можна використовувати при діагностуванні в якості контрольної умови. Об'єкти, що володіють такими алгебраїчними інваріантами, називаються об'єктами з природною надмірністю.

У методі надлишкових змінних, передбачається введення штучної надмірності. Для цього поряд з вихідними змінними об'єкта контролю $y_1, \dots, y_n$ вводиться в розгляд надлишкова змінна z , яка формується таким чином, щоб розширена сукупність змінних задовольняла заданим контрольним умові типу $\Delta F(Y, Z)=0$, где Δ -алгебраїчний інваріант.

Також отримав розвиток підхід, пов'язаний з побудовою фільтрів Калмана і спостерігача Люенбергера для оцінки вектора стану лінійних динамічних систем. З позиції цього підходу БД можна трактувати як своєрідний спостерігач, що оцінює деякий функціонал про змінних стану об'єкта, і використовувати для його синтезу результати теорії управління.

Висновки

Метод, що дозволяє проводити безперервний контроль, контроль *on-line*, заснований на сигналах в процесі роботи і зі збереженням всіх зв'язків, є найбільш зручним, тому що дозволяє не переривати роботу верстата для діагностування, економлячи тим самим робочий час. Якщо подібний метод буде давати можливість локалізувати дефекти, то це так само забезпечить простоту ремонту. Для всього перерахованого вище підходить метод алгебраїчних інваріантів. Метод алгебраїчних інваріантів може бути реалізований як в аналоговому, так і в цифровому вигляді, він простий і легко реалізуємо. Контроль безперервний зі збереженням усіх зв'язків, можливість отримання сигналів з доступних контрольних і цифрових варіантів схем контролю - головні достоїнства цього методу.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ ЛАНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ.

2.1. Технічні дані елементів приводу [4].

В якості приводу подачі виберемо електропривод типу ПТЗР-6 / 220-32 / 2000 (електрична схема приведена в додатку 1), до складу якого входять такі елементи:

- Двигун ДП150ЛГ;
- тахогенератор ТП-75-20-0.2;
- трансформатор ТТ6;
- тиристорний перетворювач роду струму ПТОР-230-10.

Таблиця 2.1- Технічні дані двигуна ДП150ЛГ

Номінальна напруга, U_n , В	220
Частота обертання, n , об / хв	2200
Потужність номінальна P_n , кВт	1,5
Струм номінальний I_n , А	8
Момент номінальний M_n , Н м	6
ККД, %	79,5
Максимальна швидкість при ослабленні поля, об / хв	4000
Махового моменту GD^2 , кг * м ²	0,1
Допустима кратність пускового моменту	4
Число пар полюсів, $2p$	4
Опір обмотки якоря, Ом	0,55
Опір обмотки додаткових полюсів, Ом	0,416
Опір паралельної обмотки, Ом	600

Таблиця 2.2- Технічні дані трансформатора ТТ6.

Потужність номінальна P_n , кВА	6
Напруга первинної обмотки $U_{в.н.}$, В	380
Напруга вторинної обмотки $U_{н.н.}$, В	416
Потужність холостого ходу $\Delta P_{х.х.}$, Вт	60
Потужність короткого замикання, $\Delta P_{к.з.}$, Вт	180
Струм номінальний I_n , А	9,13
Напруга короткого замикання U_k , %	10
Струм холостого ходу $I_{х.х.}$, А	$0,15 \cdot I_n$

Таблиця 2.3- Технічні дані тиристорного перетворювача ПТОР 230-10

Напруга живлення $U_{пит}$, В	380
Номінальна випрямлена напруга U_n , В	230
Номінальний випрямлений ток I_n , А	10
Номінальна потужність, кВт	2,3

Таблиця 2.4- Технічні дані тахогенератора ТП-75-20-0.2

Номінальна частота обертання n_n , об/мин	3000
Максимальна частота обертання n_{max} , об/мин	6000
Мінімальна частота обертання n_{min} , об/мин	0,1
Напруга U_n , В	230
Номінальна потужність, P_n , Вт	15
Струм, I_n , А	0,0652
Щітки марки	СГ1

2.2. Розрахунок передавальної функції електродвигуна і параметрів якорного кола.

Двигун постійного струму при управлінні зміною напруги якоря представляють у вигляді такої системи:

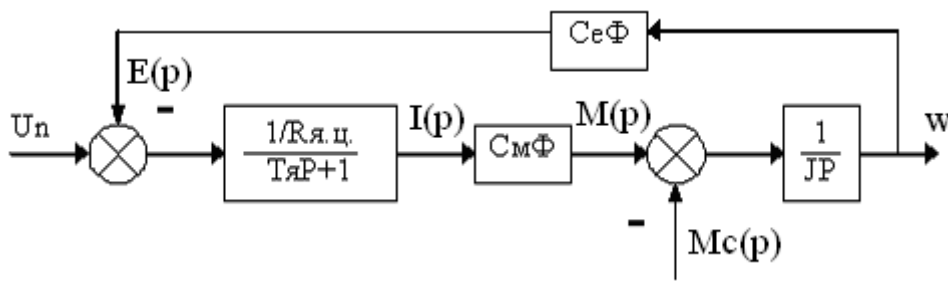


Рисунок 6 – Структурна схема електродвигуна

Постійну часу якірного ланцюга $T_{\text{я}}$ визначають за такою формулою [5]:

$$T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я.ц.}}}{R_{\text{я.ц.}}}, \quad (2.1)$$

де $L_{\text{я.ц.}}$ – індуктивність якірного кола;

$R_{\text{я.ц.}}$ – опір якірного кола.

Індуктивність якірного кола обчислюють за формулою:

$$L_{\text{я.ц.}} = L_{\text{тр.}} + L_{\text{я.д.}}, \quad (2.2)$$

де $L_{\text{д.}}$ – наведена індуктивність трансформатора;

$L_{\text{я.д.}}$ – індуктивність якоря двигуна.

Наведену індуктивність обмотки трансформатора визначають за формулою:

$$L_{\text{тр.}} = \frac{X_{\alpha}}{\omega}, \quad (2.3)$$

де X_{α} – наведений індуктивний опір обмоток трансформатора;

ω – кутова частота мережі живлення.

$$X_{\alpha} = \sqrt{Z_{\text{тр.}}^2 - R_{\text{тр.}}^2}, \quad (2.4)$$

де $Z_{\text{тр.}}$ – повний приведений опір обмоток трансформатора;

$R_{\text{тр.}}$ – наведений активний опір трансформатора.

Повний приведений опір обмоток трансформатора обчислюють за формулою:

$$Z_{mp} = \frac{U_{\kappa} \% \cdot U_n^2}{100 \cdot P_n} \quad (2.5)$$

де U_{κ} – напруга короткого замикання;

P_n – номінальна потужність трансформатора;

U_n – номінальну напругу вторинної обмотки.

Підставивши чисельні значення в (2.5), отримаємо:

$$Z_{mp} = \frac{10 \cdot 416^2}{100 \cdot 6000} = 2,884 \text{ Ом.}$$

Приведений активний опір трансформатора визначають за формулою:

$$R_{mp} = \frac{P_{\kappa\lambda} \cdot U_n^2}{P_n^2}, \quad (2.6)$$

де $P_{\kappa\lambda}$ - втрати при короткому замиканні.

Підставивши наявні в технічних даних значення в дану формулу, отримаємо наступне значення:

$$R_{mp} = \frac{180 \cdot 416^2}{6000^2} = 0,865 \text{ Ом.}$$

Підставивши отримані значення в формулу (2.4), отримаємо значення приведенного опору обмоток трансформатора:

$$X_{\alpha} = \sqrt{2,884^2 - 0,865^2} = 2,751 \text{ Ом.}$$

Підставивши отримані значення в формулу (2.3), отримаємо значення наведеної індуктивності обмотки трансформатора:

$$L_{mp} = \frac{2,751}{314} = 0,00876 \text{ Гн.}$$

Індуктивність якоря двигуна визначають за формулою:

$$L_{я.д.} = k \cdot \frac{U_n}{2p \cdot n_n \cdot I_{ян}} = 10 \cdot \frac{220}{4 \cdot 2200 \cdot 8} = 0,0031 \text{ Гн,} \quad (2.7)$$

Підставивши отримані значення в формулу (2.2), отримаємо значення індуктивності якірного ланцюга:

$$L_{я.ц.} = 0,00876 + 0,0031 = 0,01186 \text{ Гн.}$$

Опір якірного ланцюга обчислюють за формулою:

$$R_{я.ц.} = R_{я\partial} + 2 \cdot R_{mp} + 2 \cdot R_{\partial} + R_{\kappa} \quad (2.8)$$

Опір якоря двигуна обчислюється так:

$$R_{я\partial} = 1,24 \cdot (R_{я} + R_{\partial n}) + R_{ц}, \quad (2.9)$$

де $R_{я}$ – опір якірної обмотки;

$R_{\partial n}$ – опір додаткової обмотки;

$R_{ц}$ – опір щіткового контакту.

Опір щіткового контакту визначають за формулою:

$$R_{ц} = \frac{U_{ц}}{I_{ян}} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ Ом.} \quad (2.10)$$

Підставивши значення в формулу (2.9), отримаємо значення опору якоря двигуна:

$$R_{я\partial} = 1,24 \cdot (0,55 + 0,416) + 0,25 = 1,4478 \text{ Ом.}$$

Динамічний опір тиристора обчислюють за формулою:

$$R_{\partial} = \frac{(0,2 \div 0,3) \cdot U_m}{I_{mn}}, \quad (2.11)$$

де $U_m = 13 \text{ В}$ – класифікаційне падіння напруги на тиристорі;

I_{mn} – середнє значення струму через тиристор при номінальному моменті опору на двигуні.

Середнє значення струму через тиристор визначається за формулою:

$$I_{mn} = \frac{1}{3} * I_n = \frac{8}{3} = 2,667 \text{ А.} \quad (2.12)$$

Підставивши отримане значення в формулу (2.11) отримаємо:

$$R_{\partial} = \frac{0,25 \cdot 13}{2,667} = 1,2186 \text{ Ом.}$$

Комутаційне опір тиристора визначають за формулою

$$R_{\kappa} = \frac{X_{\alpha} \cdot m}{2 \cdot \pi} = \frac{2,751 \cdot 6}{2 \cdot 3,14} = 2,628 \text{ Ом.} \quad (2.13)$$

де m - число фаз перетворювача.

Підставивши отримані значення в формули (2.8) і (2.1), отримаємо наступні результати:

$$R_{я.ц.} = 1,4478 + 2 \cdot 0,865 + 2 \cdot 1,2186 + 2,628 = 8,243 \text{ Ом;}$$

$$T_{я} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{0,01186}{8,243} = 0,00144 \text{ с.}$$

Приведений до валу двигуна сумарний момент інерції механічних елементів приводу

$$J = J_{\partial в} + J_{ред} + J_{мех} \cdot \frac{1}{i^2}, \quad (2.14)$$

$$\text{де приймаємо } J_{ред} + J_{мех} \cdot \frac{1}{i^2} = (0,1 \div 0,2) J_{\partial в}$$

$$J_{\partial в} = \frac{CD^2}{4} = \frac{0,1}{4} = 0,025 \text{ кг*м} \quad (2.15)$$

Підставивши отримані значення в формулу (2.14) отримаємо:

$$J = 0,025 + 0,15 \cdot 0,025 = 0,0328 \text{ кг*м}^2$$

Передавальний коефіцієнт двигуна постійного струму при регулюванні швидкості зміною напруги, що підводиться до якоря:

$$K_M = \frac{1}{C_e \Phi} \quad (2.16)$$

$$C_e \Phi = \frac{U_n - 1,2 \cdot I_{ян} (R_{я} + R_{дп})}{n_n} = \frac{220 - 1,2 \cdot 8 \cdot 0,966}{2200} = 0,09578 \text{ В*с/рад} \quad (2.17)$$

Підставляючи значення в (2.16), отримуємо:

$$K_M = \frac{1}{0,09578} = 10,44 \text{ рад/В*с.}$$

Конструктивний коефіцієнт машини визначимо за формулою:

$$C_m \Phi = \frac{C_e \Phi}{1,03} = \frac{0,09578}{1,03} = 0,09299 \text{ Н*м/А} \quad (2.18)$$

Електромеханічна постійна часу визначається за формулою:

$$T_m = \frac{1.15GD^2 \cdot R_{я.ц.}}{375 \cdot C_e \cdot C_m} = \frac{1.15 \cdot 0,1^2 \cdot 8,243}{375 \cdot 0,09578 \cdot 0,09299} = 0,02838 \text{ с} \quad (2.19)$$

При виконанні умови $T_m + \frac{T_y}{5} \geq 5T_{III}$ внутрішньої зворотним зв'язком по

ЕРС (протидії ЕРС) нехтують.

Перевірка:

$$T_m + \frac{T_y}{5} = 0,02838 + \frac{0,00144}{5} = 0,02867 \text{ с}$$

$$5T_{III} = 5 \cdot 0,004 = 0,02 \text{ с}$$

$$T_m + \frac{T_y}{5} > 5T_{III}$$

Умова виконується, зворотним зв'язком по ЕРС нехтуємо.

Передавальна функція двигуна постійного струму з управлінням по якірного ланцюга має вигляд:

$$W_m(p) = \frac{\omega(p)}{U_y(p)} = \frac{K_M}{T_y T_m p^2 + T_m p + 1} \quad (2.20)$$

При виконанні умови $T_m \geq 4T_y$

$$T_m = 0,02838 \text{ с}$$

$$4T_y = 4 \cdot 0,00144 = 0,00576 \text{ с}$$

$$T_m > 4T_y$$

Вираз (2.20) можна представити у вигляді:

$$W_m(p) = \frac{K_M}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

Де $T_1 = 0,00144 \text{ с}$ и $T_2 = 0,02838 \text{ с}$

При такому вигляді передавальної функції двигуна можливе застосування методу підлеглого регулювання.

2.3. Розрахунок передавальних функцій датчиків і тиристорного перетворювача.

Визначення передавальної функції тиристорного перетворювача.

Технічні дані тиристорного перетворювача ПТОР-230-10 представлені в таблиці 2.3.

Передавальна функція тиристорного мосту разом з системою імпульсно-фазового управління СІФУ, як правило, апроксимується апериодическим ланкою першого порядку з постійною часу ТТП в межах від 0,004 до 0,01 с., Що обумовлено дискретністю подачі відчиняли імпульсів і особливістю роботи керованого тиристорного випрямляча (тиристорного перетворювача) [6].

$$W_{ТП}(p) = \frac{U_{ТП}(p)}{U_y(p)} = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП}p + 1}, \quad (2.21)$$

де $U_{ТП}$ – вихідна напруга тиристорного перетворювача;

U_y – напруга, що подається на вхід СІФУ тиристорного перетворювача;

$K_{ТП}$ – коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача.

Слід зазначити, що коефіцієнт тиристорного перетворювача не є величиною постійною і змінюється в залежності від величини керуючого напруги.

$$K_{ТП} = \frac{230}{10} = 23$$

Приймаємо $T_{ТП}=0,004$ с, тоді передавальна функція тиристорного перетворювача матиме вигляд:

$$W_{ТП}(p) = \frac{23}{0,004p + 1}$$

Визначення передавальної функції датчика струму (шунта) з додатковим підсилювачем.

Передавальна функція датчика струму визначається наступним чином:

$$W_{дт}(p) = K_{дт} = \frac{U_n}{I_n} = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ В/А} \quad (2.22)$$

де I_n - номінальний струм двигуна;

U_n - номінальну напругу на виході додаткового підсилювача.

Визначення передавальної функції датчика швидкості.

Технічні дані тахогенератора ТП-75-20-0.2 представлені в таблиці 2.4

Передавальна функція тахогенератора має вигляд

$$W_{тг}(p) = W_{дс}(p) = K_{дс} = \frac{U_n}{\omega_n} = \frac{220}{314} = 0,7 \text{ В*с/рад} \quad (2.23)$$

2.4. Розрахунок передавальної функції регулятора контуру струму електроприводу з підлеглим регулюванням.

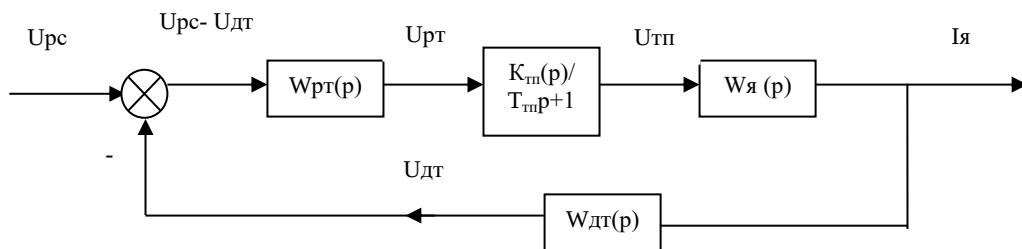


Рисунок 7 – Структурна схема контуру регулювання струму.

Передавальна функція двигуна по якірного ланцюга від $U_я = U_{тп}$ до $I_я$:

$$W_я(p) = \frac{K_я}{T_я p + 1} = \frac{0,12132}{0,00144 p + 1}$$

де $K_я$ - коефіцієнт якірного ланцюга.

$$K_я = \frac{1}{R_я} = \frac{1}{8,243} = 0,12132 \frac{1}{\text{Ом}}$$

Параметри, розраховані раніше:

$$W_{тп}(p) = \frac{23}{0,004 p + 1}$$

$$W_{дт}(p) = K_{дт} = 1,25 \text{ В / А}$$

Визначимо передавальну функцію замкнутого контуру регулювання по струму [7].

Передавальна функція розімкнутої ланцюга без зворотного зв'язку по струму:

$$W_{pk}(p) = W_{PT}(p) \cdot W_{TP}(p) \cdot W_Y(p) = \frac{K_{TP}(T_2 p + 1) \cdot \frac{1}{R_Y}}{T_1 p (T_{TP} p + 1)(T_Y p + 1)}$$

З метою підвищення швидкодії електропривода по контуру струму, необхідно компенсувати найбільшу постійну часу з наявних: T_{TP} і T_Y .

З вищевведеної формули видно, що це можливо, якщо прийняти постійну часу T_2 яка дорівнює T_Y . Отримаємо:

$$W_{pk}(p) = \frac{K_{TP} \cdot \frac{1}{R_Y}}{T_1 p (T_{TP} p + 1)}$$

Передавальна функція замкнутої системи має вигляд:

$$W_{zk}(p) = \frac{W_{pk}(p)}{1 + W_{pk}(p) \cdot W_{DT}(p)} \quad (2.24)$$

Підставляючи отримані раніше передавальні функції ланок в (2.24), отримуємо:

$$W_{zk}(p) = \frac{\frac{K_{TP} \cdot \frac{1}{R_Y}}{T_1 p (T_{TP} p + 1)}}{1 + \frac{K_{TP} \cdot \frac{1}{R_Y} \cdot K_{DT}}{T_1 p (T_{TP} p + 1)}} = \frac{\frac{1}{K_{DT}}}{\frac{R_Y T_{TP} T_1}{K_{TP} K_{DT}} p^2 + \frac{R_Y T_1}{K_{TP} K_{DT}} p + 1} \quad (2.25)$$

Щоб перехідний процес в замкнутому контурі по току був оптимальним (перегулювання 4-6%), треба, щоб коефіцієнт загасання був $\sqrt{2}/2=0,707$.

Відповідно до таблиці 2.5 слід, що при зазначеному в них співвідношенні коефіцієнтів характеристичних рівнянь, характер перехідного процесу

визначається не всіма членами рівняння, а виродженими рівняннями 2-го порядку [8].

Таблиця 2.5 – Оптимальне співвідношення коефіцієнтів.

Порядок рівняння	Повне характеристичне рівняння	Вироджене характеристичне рівняння	Час перерегулювання	Перерегулювання %
2	$2T_1p(T_1p+1)+1$	$2T_1p(T_1p+1)+1$	4,7 Т	4,33
3	$4T_1p[2T_1p(T_1p+1)+1]+1$	$4T_1p(2T_1p+1)+1$	7,6 Т	8
4	$8T_1p\{4T_1p[2T_1p(T_1p+1)+1]+1\}+1$	$8T_1p(4T_1p+1)+1$	14,4 Т	6,2

Ця умова виконується, коли характеристичне рівняння контуру струму на основі знаменника $W_{зк}(p)$ має вид:

$$2T_{\min}^2 p^2 + 2T_{\min} p + 1 = 0, \quad (2.26)$$

де $T_{\min} = T_{ТП}$ (найменша стала часу контуру струму).

Прирівнюючи коефіцієнти при p виразів (2.25) и (2.26), отримаємо:

$$\frac{R_{\text{я}} T_1}{K_{ТП} K_{ДТ}} = 2T_{ТП}$$

Тоді многочлен знаменника (2.25) набуде вигляду:

$$2T_{\min}^2 p^2 + 2T_{\min} p + 1 = 2T_{ТП} p (T_{ТП} p + 1) + 1 \quad (2.27)$$

Підставляючи (2.27) в (2.25), знаходимо

$$W_{PT}(p) = \frac{(T_{\text{я}} p + 1) \cdot R_{\text{я}}}{2T_{ТП} \cdot K_{ТП} \cdot K_{ДТ} \cdot p} = \frac{(0,00144 p + 1) 0,55}{2 \cdot 0,007 \cdot 23 \cdot 1,25 \cdot p} = \frac{0,00144 p + 1}{0,73182 p}$$

Передавальна функція замкнутого контуру при такому регуляторі має вигляд:

$$W_{зк}(p) = \frac{\frac{1}{K_{дг}}}{2T_{тл}^2 p^2 + 2T_{тл}p + 1} = \frac{\frac{1}{K_{дг}}}{2T_{тл}p(T_{тл}p + 1) + 1} \quad (2.28)$$

Характеристичне рівняння по знаменнику $2T_{тл}p(T_{тл}p + 1) + 1 = 0$ відповідає повному характеристическому рівнянню системи другого порядку (таблиця 1). Рішення (2.28) по зворотному перетворенню Лапласа в часовій області має вигляд [9]:

$$i(\tau) = i_{уст} \left[1 - e^{-\tau} (\sin \tau + \cos \tau) \right], \text{ де } i_{уст} - \text{стале значення струму якоря};$$

$$\tau = \frac{t}{2T_{тл}} - \text{безрозмірний час.}$$

Графік перехідного процесу в контурі струму при настройці регулятора на технічний оптимум:

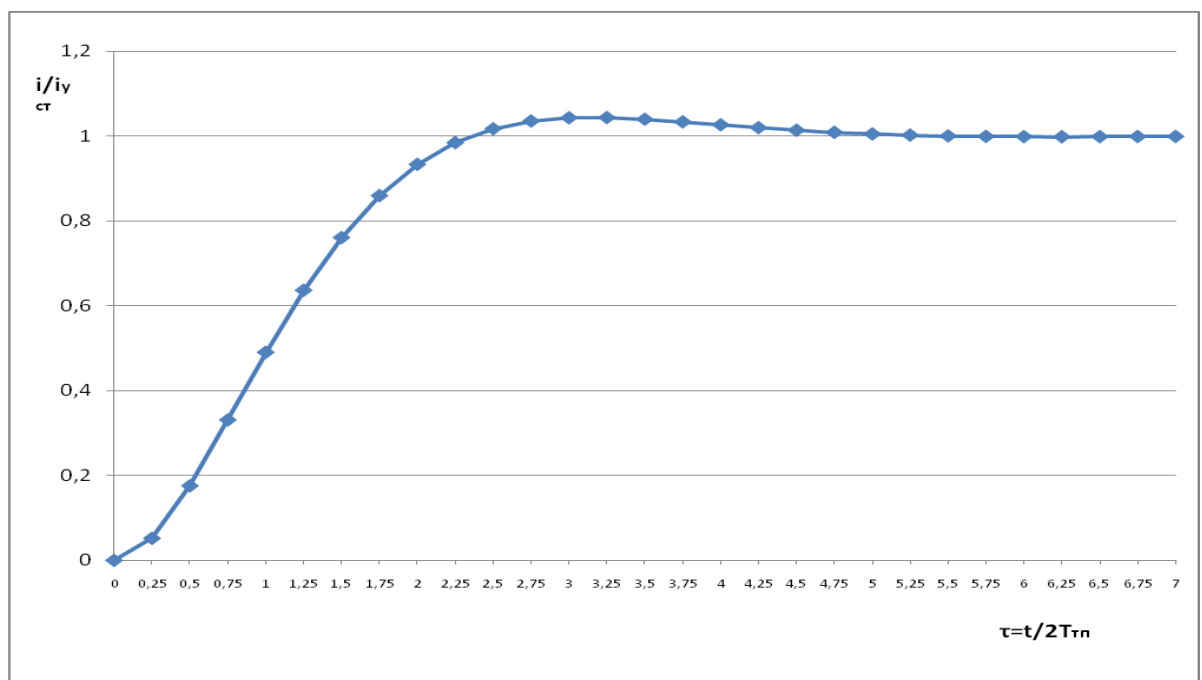


Рисунок 8 – Перехідна характеристика контуру струму при технічному оптимумі.

Оскільки перехідна характеристика при технічному оптимумі має всього $\sigma_{\max} = 4,3\%$ і тривалість перехідного процесу всього $4,7 \tau$, то (2.28) можна замінити функцією передачі аперіодичного ланки:

$$W_{зк}(p) \approx \frac{1}{1 + 2T_{пп} p}; \quad \frac{i}{i_{уст}} = (1 - e^{-\frac{t}{2T_{пп}}})$$

Графік перехідного процесу такої передавальної функції:

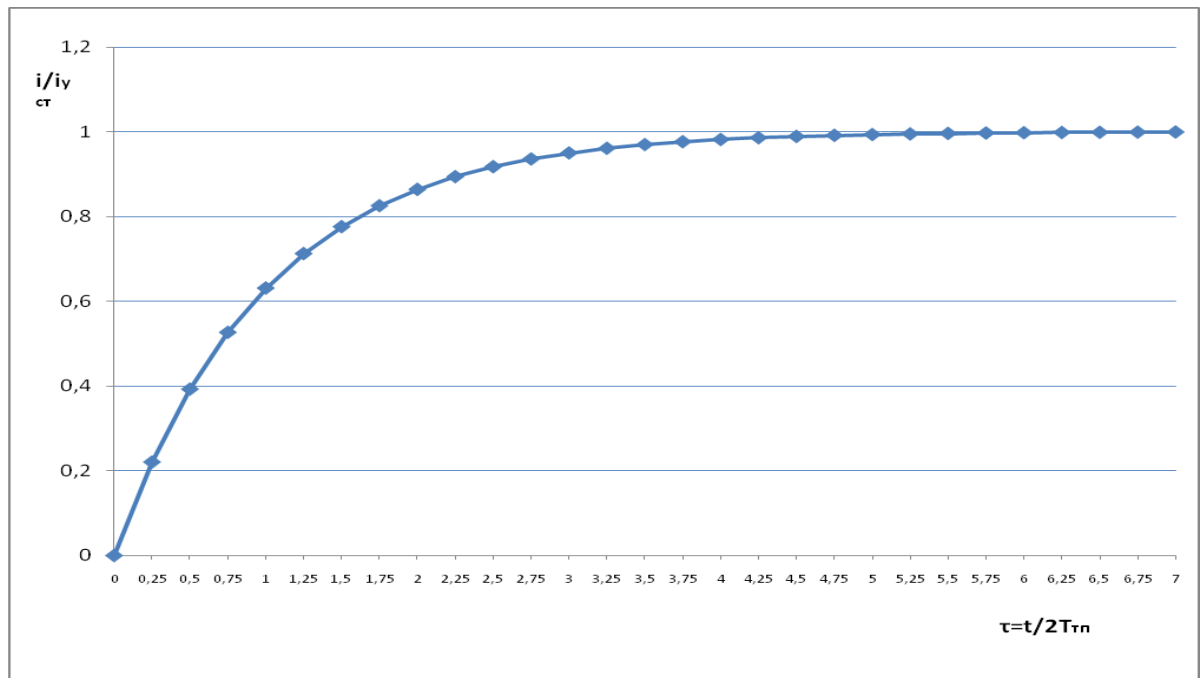


Рисунок 9 – Перехідна характеристика контуру струму при поданні ЗКТ аперіодичною ланкою.

Таким чином, настройка на технічний оптимум надає контуру струму динамічні властивості, близькі до властивостей ланки першого порядку з подвоєною малої постійної часу $T_{пп}$.

2.5. Розрахунок передавальної функції регулятора контуру швидкості електроприводу з підлеглим регулюванням.

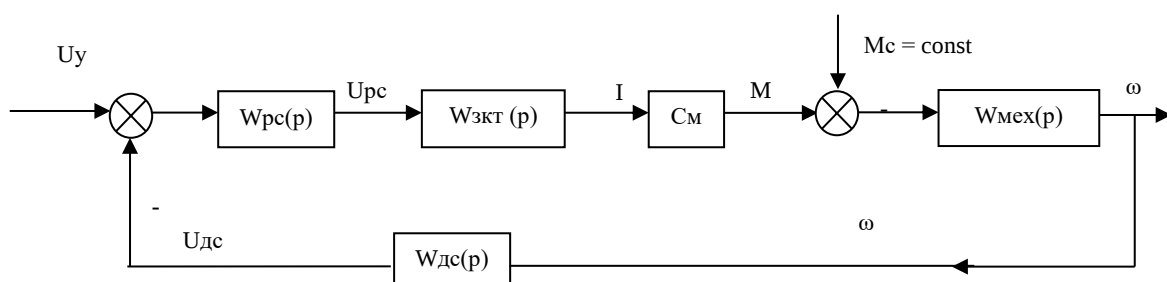


Рисунок 10 – Структурна схема контуру регулювання швидкості

Передавальна функція прямої ланцюга контуру швидкості (рисунок 10) має вигляд:

$$W_{IP.C.}(p) = W_{PC}(p) \cdot W_{ЗКТ}(p) \cdot c_m \cdot W_{Мех}(p),$$

де $W_{PC}(p)$, $W_{ЗКТ}(p)$, $W_{Мех}(p)$, $W_{ДС}(p)$ – передавальні функції динамічних ланок: регулятора швидкості, замкнутого контуру струму, механічного ланки двигуна, датчика швидкості відповідно. Тут прийнято також M_c -момент опору (рівноваги вплив), C_m - постійна двигуна, ω - швидкість, $U_{ДС}$, U_y , U_{PC} - напруга на виході датчика швидкості, керуюча напруга і напруги на виході регулятора швидкості відповідно.

Передавальна функція розімкнутого контуру швидкості:

$$W_{PAZ.}(p) = K_{ДС} \frac{1 + T_{PC}p}{T_{PC}p} \frac{1}{K_T} \frac{1}{1 + 2T_{ТП}p} \frac{K_M}{T_M p}, \quad (2.29)$$

де $K_{ДС}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості (датчика швидкості); T_{PC} – постійна часу регулятора швидкості.

При стандартному налаштуванні на симетричний оптимум параметри регулятора швидкості вибирають так:

$$T_{PC} = 8\tau; K_{PC} = \frac{c_m K_{ДТ} K_M}{4T_{ТП} K_{ДС} R_{я}}, \quad (2.30)$$

де $K_{ДТ}$ - коефіцієнт датчика струму; $R_{я}$ - опір якорного кола.

Підставляючи (2.30) в (2.29), отримаємо:

$$W_{IP.C.}(p) = \frac{1}{K_{ДС}} \frac{1 + 8T_{ТП}p}{32T_{ТП}^2 p^2 (1 + 2T_{ТП}p)}$$

Регулятор компенсував велику постійну часу T_M , і динамічні властивості контуру швидкості визначаються тільки малою постійною часу.

Передавальна функція замкнутого контуру швидкості:

$$W_{ЗК}(p) = \frac{\omega(p)}{U_{уст}(p)} = \frac{1}{K_{ДС} + W_{PAZ.}^{-1}(p)} = \frac{1}{K_{ДС}} \frac{1 + 8T_{ТП}p}{64T_{ТП}^3 p^3 + 32T_{ТП}^2 p^2 + 8T_{ТП}p + 1} \quad (2.31)$$

В області низьких частот (2.31) наближено набирає вигляду:

$$W_{KC}(p) \approx \frac{1}{K_{ДС}} \frac{1}{16T_{ТП}^2 p^2 + 4T_{ТП} p + 1} \quad (2.32)$$

і являє собою коливальний ланка з еквівалентної постійної часу $T_{екв} = 4T_{ТП}$ і коефіцієнтом демпфірування $\xi = 0.5$.

Рішення (2.32) в тимчасовій області по зворотному перетворенню Лапласа має вигляд:

$$\omega(\tau^*) = \omega_{уст} \left[1 - 2e^{-\tau^*} \cdot \cos(\sqrt{3}\tau^*) + e^{-2\tau^*} \right], \text{ де } \omega_{уст} - \text{стале значення швидкості};$$

$$\tau^* = \frac{t}{8T_{ТП}} - \text{безрозмірний час.}$$

Графік перехідного процесу в контурі швидкості при настройці регулятора на технічний оптимум показаний на рис.11.

Перерегулювання при такій настройці дуже високо ($\sigma_{\max} = 43\%$). Його можна зменшити до 8%, якщо на вході оптимізованого контуру включити аперіодичний фільтр з постійною часу $T_{\phi} = 8 T_{ТП}$.

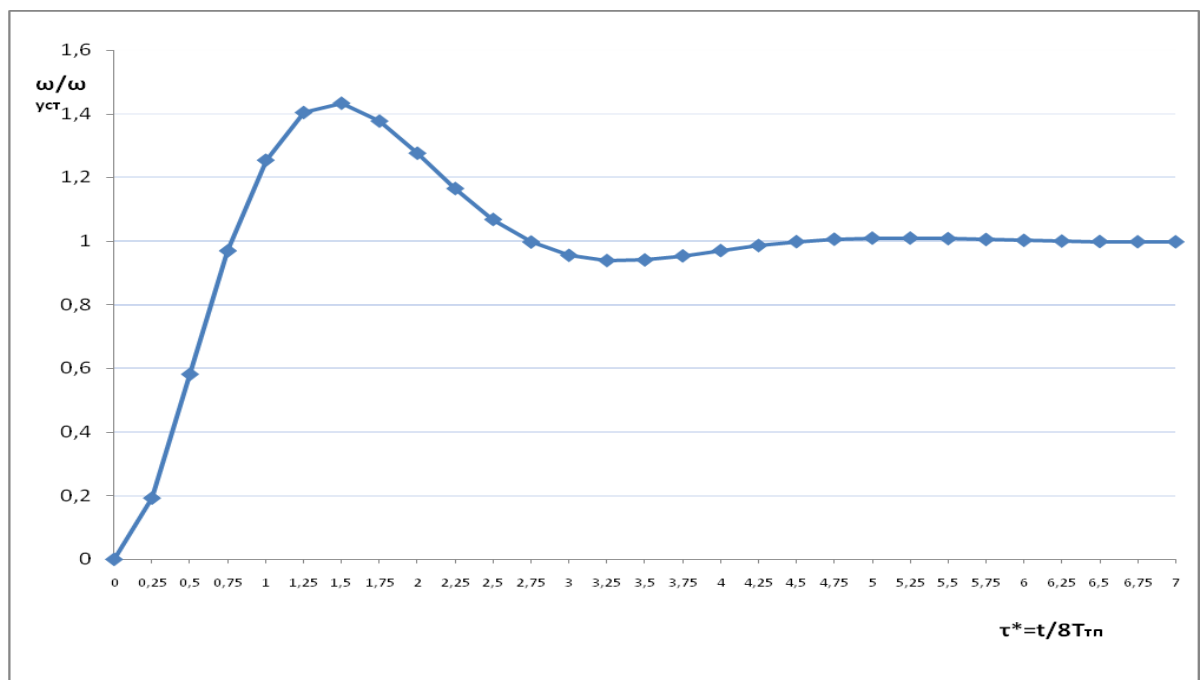


Рисунок 11 — Перехідна характеристика контуру швидкості при технічному оптимумі (без фільтра).

Тоді передавальна функція приблизно набирає вигляду:

$$W_{KC}(p) \approx \frac{1}{K_{ДС}} \frac{1}{1 + 4T_{ПД}p}$$

Перехідний процес по швидкості набирає вигляду:

$$\frac{\omega}{\omega_{уст}} = (1 - e^{-\frac{t}{4T_{ПД}}})$$

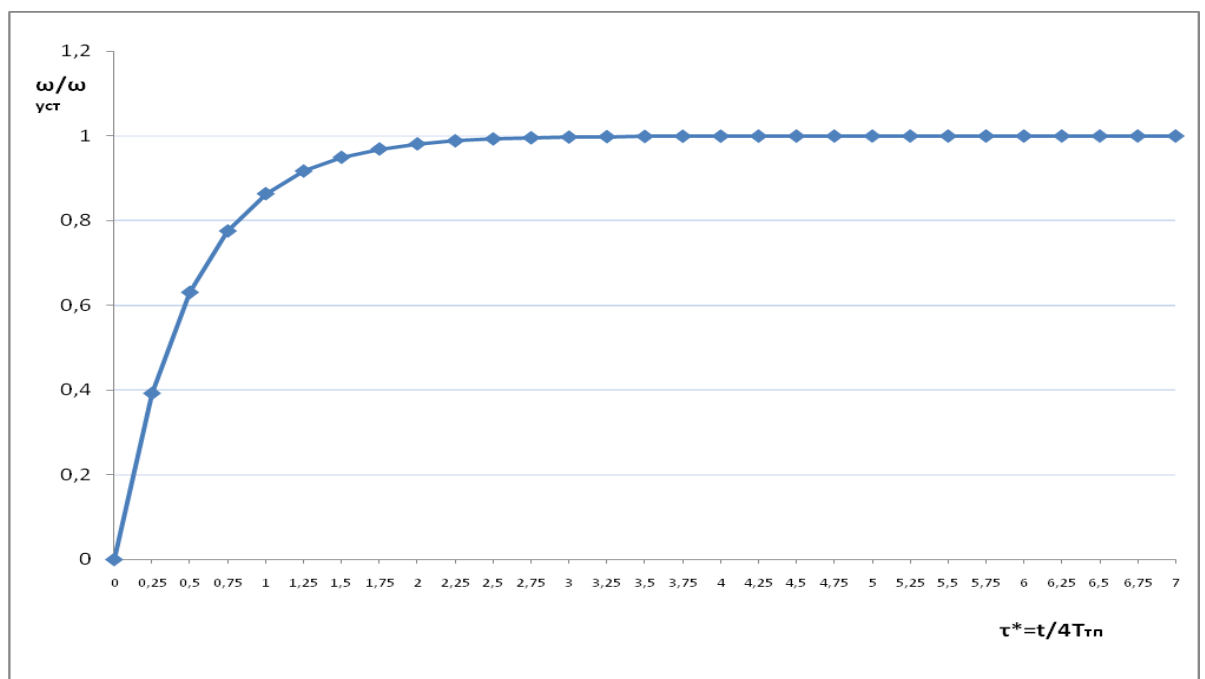


Рисунок 12 – Перехідна характеристика при включенні на вхід регулятора швидкості аперіодичного фільтра.

Структурна схема при такій настройці регулятора буде мати наступний вигляд (рис. 13):

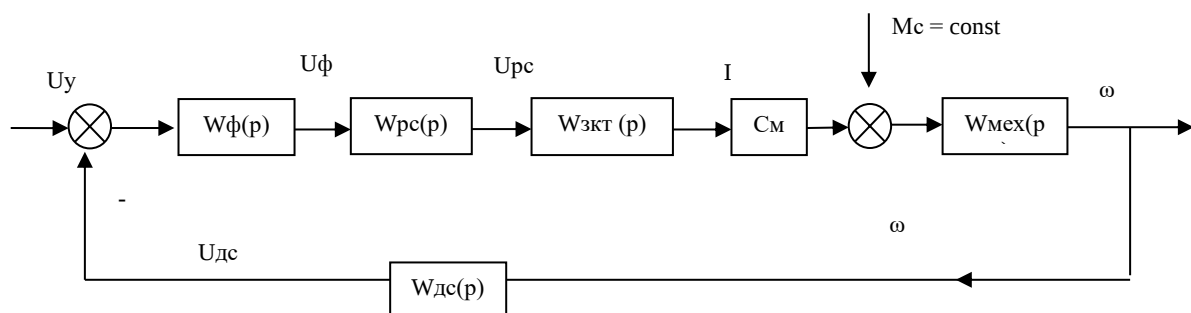


Рисунок 13 - Структурна схема контуру регулювання швидкості з фільтром

$W_{\phi}(p)$ – передавальна функція аперіодичного фільтра, а U_{ϕ} – напруга на його виході.

Пропорційно-інтегральний регулятор (ПІ-регулятор) контуру швидкості виглядає так (рис. 14):

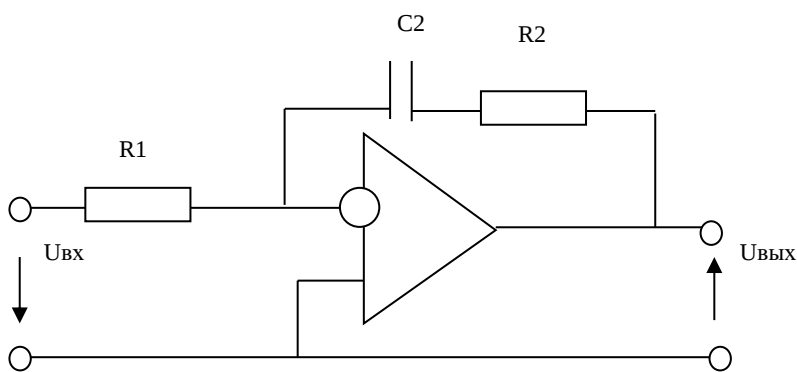


Рисунок 14 – Схема ПІ-регулятора

$$W_{PC}(p) = K_{\text{дс}} \frac{1 + T_{\text{пс}} p}{T_{\text{пс}} p} = K_{\text{дс}} \frac{1 + 8T_{\text{тп}} p}{8T_{\text{тп}} p}$$

(2.33)

Аперіодична ланка-фільтр, включений на вхід оптимізованого контуру (рис. 15):

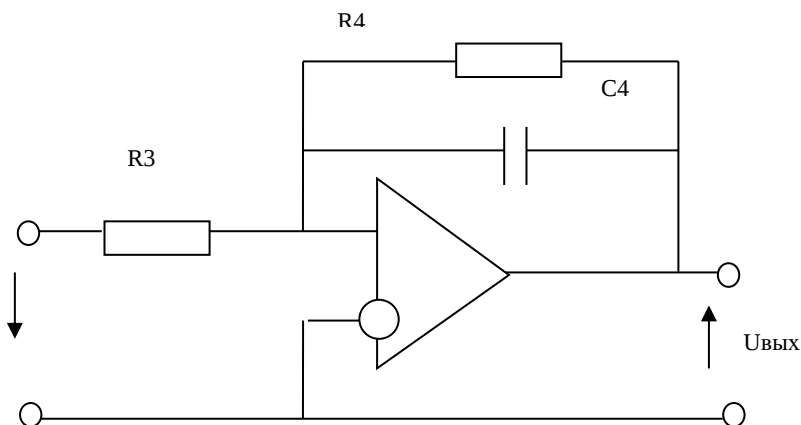


Рисунок 15 – Схема фільтра

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{1 + T_{\phi}p} = \frac{1}{1 + 8T_{\text{ТП}}p} \quad (2.34)$$

Тоді передавальна функція (2.33) наближено набирає вигляду:

$$W_{\hat{E}\hat{N}}(\delta) = \frac{1}{\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}} \frac{1}{1 + 4\hat{O}_{\hat{\alpha}}\delta}$$

Контур управління по швидкості з оптимізованим регулятором швидкості (2.33) і фільтром (2.34) налаштований на симетричний оптимум.

Висновки.

В даному розділі визначені і розраховані передавальні функції ланок електроприводу. Обрано електроприводу і його складові. Розраховані параметри якірного ланцюга. Визначено передавальні функції регуляторів струму і швидкості. Побудовано структурні схеми контурів управління по струму і швидкості. Побудовано перехідні процеси цих контурів.

3. РОЗРАХУНОК БЛОКУ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ.

3.1. Метод алгебраїчного інваріанта в контролі електроприводу.

Одним із завдань діагностування електроприводів є перевірка правильності їх функціонування безпосередньо в процесі роботи без зупинки для контролю в тестових режимах [10].

Структура електроприводу містить n блоків, які мають доступні для вимірювання вихідні сигнали $y_1^*, \dots, y_n^*$. Математична модель приводу, отримана на етапі його проектування або експлуатації, має відповідні значення величин $y_1^*, \dots, y_n^*$, а побудована на її основі електронна модель приводу має сигнали $y_1, \dots, y_n$.

Електропривод працює належним чином, якщо відхилення вихідних сигналів реального приводу і його електронної моделі не перевищує допусків

$$|y_i| = |y_i - y_i^*| \leq \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}$$

(3.1)

Таке діагностування дозволяє не тільки встановити факт неправильного функціонування, а й визначити несправні блоки приводу. Однак локалізація дефектів на рівні блоків вимагає досить складних технічних пристроїв діагностування.

На практиці для оперативного діагностування досить встановити сам факт неправильного функціонування приводу. Пристрій діагностування стає менш складним і ще більш спрощується при реалізації алгебраїчних інваріантів.

Погляньмо на цей метод стосовно до діагностування електропривода. Нехай математична модель приводу має поліноміальну форму:

$$A_i(p)y_i - B_i(p) * \sum_{j=0}^n g_{ij}y_j = 0, \quad i = \overline{1, n}$$

(3.2)

де $A_i(p)$ – поліном щодо оператора $p = d / dt$, ступінь якого r_i ;

$\mathcal{G}_{ij}$ – коефіцієнт структури, що приймає одне з трьох значень: 0, 1, -1.

Вважаємо, що опис (2) приведено до правильної мінімальної формі. Це забезпечує отримання економічного в технічній реалізації алгебраїчного інваріанта, в якій при будь-яких значеннях вхідного сигналу зберігає нульове значення.

Необхідний алгебраїчний інваріант Δ будується наступним чином. нехай $r_i = \max r_i$, а $m_i(p)$, $i = \overline{1, n}$ є деяка сукупність поліномів, ступеня яких не перевищують значень $r - r_i$, де $i = \overline{1, n}$. Тоді рівняння алгебраїчного інваріанта набирає вигляду:

$$(p_r + \sigma)\Delta = \sum_{j=0}^n m_j(p) \left[A_j(p)y_i - B_j(p) * \sum_{j=0}^n \mathcal{G}_{ij} y_j \right] = 0$$

де σ - коефіцієнт власної динаміки інваріанта Δ .

У більш простою і зручною для реалізації формі це рівняння набуває вигляду

$$(p_r + \sigma)\Delta = \sum_{i=0}^r p^i l_i(y_0, \dots, y_n) = 0 \quad (3.3)$$

де y_0 - вхідний сигнал електроприводу; l_i - лінійна форма змінних $y_0, y_1, \dots, y_n$.

СХема діагностування за виразом (3.3) показана на малюнку 16. Блок діагностування БД побудований з r інтеграторів ІНТ і $r+1$ суматорів Σ .

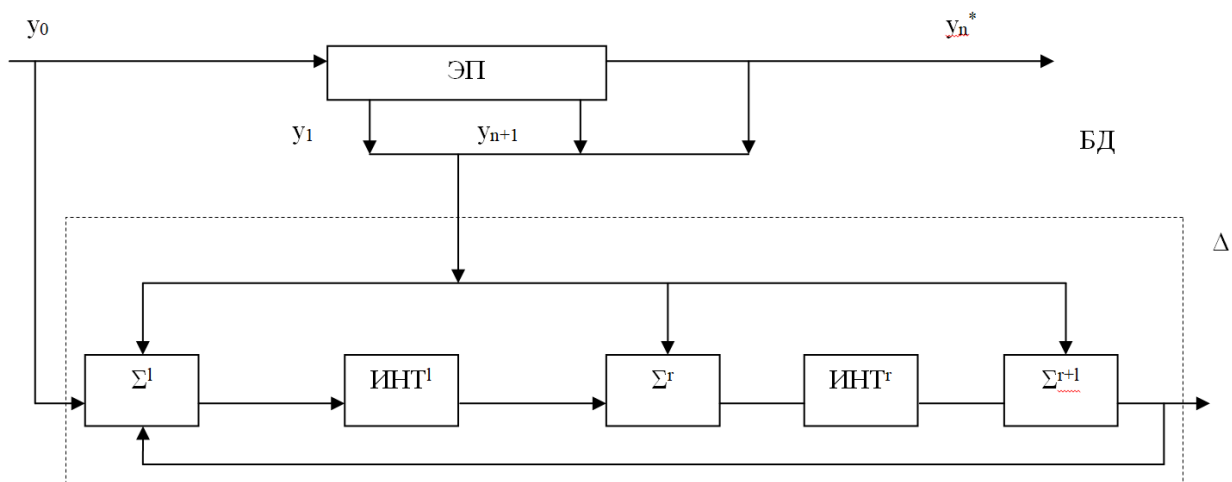


Рисунок 16 – Структурна схема діагностування ЕП з БД.

Вони можуть бути реалізовані аналоговими або цифровими засобами.

Будь-яке відхилення від розрахункового режиму, визначеного математичною моделлю, викликає відхилення від нуля інваріанта Δ . Тому умовою правильного функціонування приводу служить виконання умови

$$|\Delta| \leq \varepsilon, \text{ де} \quad (3.4)$$

ε – допуск на інваріант, обумовлений допустимими відхиленнями роботи блоків приводу від розрахункового режиму роботи, викликаними технологічними і експлуатаційними чинниками.

Таким чином, за допомогою всього r інтеграторів і $r + 1$ сумматоров здійснюється безперервний контроль за правильністю функціонування електроприводу. По нерівності (3.4) можна судити про рівень відхилення реального режиму від контрольного.

Розрахунок початкових умов інтеграторів в умовах експлуатації приводів дуже скрутний. Для спрощення роботи з блоком діагностування скористаємося його стійкою динамікою, яка визначається коефіцієнтом σ . Це дозволяє прийняти початкові умови всіх інтеграторів за нульові. У початковий момент діагностування через можливу неузгодженість початкових умов блоків приводу і інтеграторів відбудеться порушення нерівності (3.4). Однак при правильно обраному значенні коефіцієнта σ сигнал Δ досить швидко спрямовується до нуля. Це говорить про правильне подальшому функціонуванні приводу.

Розглянемо, яким чином можна зменшити кількість використовуваних для діагностування вихідних сигналів електроприводу. Це пов'язано з вибором поліномів $m_i(p)$, $i = \overline{1, n}$

Особливих обмежень, за винятком ступенів, для їх вибору немає. Це дозволяє зменшити число змінних, які використовуються в діагностуванні, без погіршення якості діагностування.

Нехай y_k – вихідний сигнал k -го блоку приводу, вимір якого неможливо або недоцільно через відсутність або складності датчика. Цей сигнал є вхідним сигналом 1-го блоку. Тоді умовою винятком сигналу y_k з діагностування служить рівняння:

$$m_k(p) * A_k(p) - m_i(p) * B_i(p) = 0$$

Варто окремо зупинитися на виключення з діагностування вхідного сигналу y_0 . Якщо це необхідно через скрутного доступу до сигналу y_0 , то слід скористатися рівнянням блоку неузгодженості електроприводу.

$$y_1 = y_0 - \sum_j g_{ij} y_j \quad (3.5)$$

Перепишемо (3.5) в наступному вигляді:

$$y_0 = y_1 + \sum_j g_{ij} y_j \quad (3.6)$$

Замість сигналу y_0 можна скористатися сукупністю сигналів в правій частині виразу (6). Рішення завдання зменшення числа змінних y_i для діагностування залежить від конкретного електроприводу.

3.2. Побудова структурної схеми контролю електроприводу з блоком контролю (БК)

Застосуємо даний метод до нашого електроприводу.

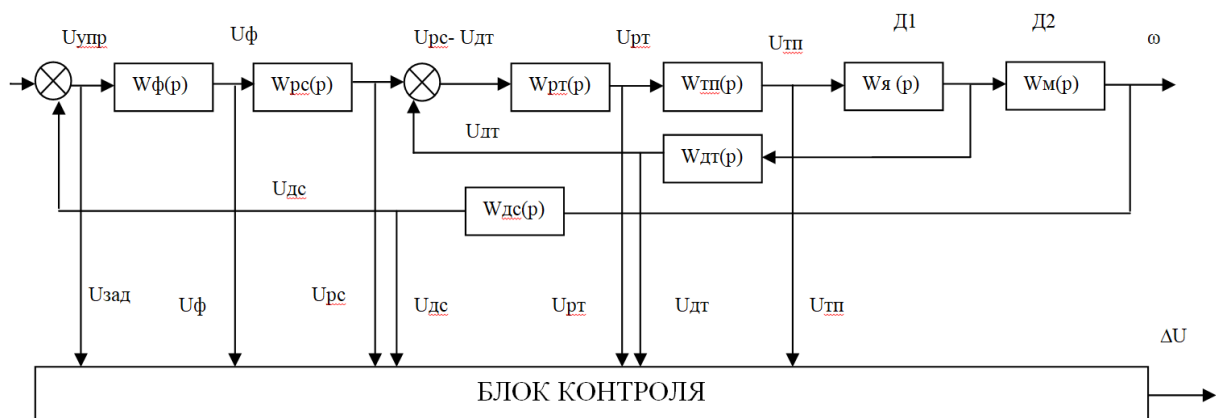


Рисунок 17 – Структурна схема електроприводу.

3.3. Висновок основного рівняння блоку контролю та розрахунок його коефіцієнтів (складання рівняння алгебраїчного інваріанта).

Привід розглядається в лінійному плані, а значить передавальні функції його динамічних ланок можна представити у вигляді:

для фільтра:

$$W_{\phi}(p) = \frac{U_{\phi}(p)}{U_{упр}(p) - U_{дс}(p)} = \frac{1}{1 + 8T_{\pi\pi} p} \quad (3.7)$$

Для регулятора швидкості:

$$W_{pc}(p) = \frac{U_{pc}(p)}{U_{\phi}(p)} = K_{pc} \frac{1 + 8T_{\pi\pi} p}{8T_{\pi\pi} p} \quad (3.8)$$

Для регулятора струму:

$$W_{pt}(p) = \frac{U_{pt}(p)}{U_{pc}(p) - U_{дт}(p)} = K_{pt} \frac{1 + T_{pt} p}{T_{pt} p} \quad (3.9)$$

де $T_{pt} = T_{я}$

Для тиристорного перетворювача:

$$W_{\pi\pi}(p) = \frac{U_{\pi\pi}(p)}{U_{pt}(p)} = \frac{K_{\pi\pi}}{T_{\pi\pi} p + 1}$$

(3.10)

Для ділянки датчика струму і двигуна 1:

$$W_{дт}(p) \cdot W_{я}(p) = \frac{U_{дт}(p)}{U_{\pi\pi}(p)} = \frac{\frac{1}{R_{я}}}{T_{я}p + 1} \cdot K_{дт} = \frac{K_{я} \cdot K_{дт}}{T_{я}p + 1} \quad (3.11)$$

Для ділянки датчика швидкості і двигуна 2:

$$W_{дс}(p) \cdot W_{м}(p) \cdot W_{я}(p) = \frac{U_{дс}(p)}{U_{\pi\pi}(p)} = \frac{K_{м} \cdot K_{дс}}{T_{м}p + 1} \cdot \frac{\frac{1}{R_{я}}}{T_{я}p + 1} = \frac{K_{м} \cdot K_{дс} \cdot K_{я}}{(T_{м}p + 1) \cdot (T_{я}p + 1)} \quad (3.12)$$

де $K_{\pi\pi}$, $K_{я}$, $K_{дт}$, $K_{м}$, $K_{дс}$, K_{pt} , K_{pc} – коефіцієнти передачі динамічних ланок;
 $T_{я}$, T_{pt} , $T_{\pi\pi}$, $T_{м}$ – постійні часу ланок.

Перетворюючи (3.7) - (3.12), отримуємо:

Для фільтра:

$$U_{\phi}(p)(1+8T_{ТП}p) - U_{УПР}(p) + U_{ДС}(p) = 0 \quad (3.13)$$

Для регулятора швидкості:

$$8T_{ТП}pU_{РС}(p) - K_{РС}U_{\phi}(p) - K_{РС}8T_{ТП}pU_{\phi}(p) = 0 \quad (3.14)$$

Для РТ:

$$T_{Я}pU_{РТ}(p) - K_{РТ}U_{РС}(p) - T_{Я}pK_{РТ}U_{РС}(p) + K_{РТ}U_{ДТ}(p) + T_{Я}pK_{РТ}U_{ДТ}(p) = 0 \quad (3.15)$$

Для тиристорного перетворювача:

$$T_{ТП}pU_{ТП}(p) + U_{ТП}(p) - K_{ТП}U_{РТ}(p) = 0 \quad (3.16)$$

Для датчика струму і двигуна 1:

$$T_{Я}pU_{ДТ}(p) + U_{ДТ}(p) - K_{Я}K_{ДТ}U_{ТП}(p) = 0 \quad (3.17)$$

Для датчика швидкості і двигуна 2:

$$U_{ДС}(p) \cdot (T_{М}p+1) \cdot (T_{Я}p+1) - K_{М} \cdot K_{ДС} \cdot K_{Я}U_{ТП}(p) = 0 \quad (3.18)$$

Складаємо ліві і праві частини (3.13) - (3.18) і отримуємо:

$$\begin{aligned} & p^2(T_{Я}T_{М}U_{ДС}(p)) + p(U_{\phi}(p)8T_{ТП} + U_{РС}(p)8T_{ТП} - U_{\phi}(p)8T_{ТП}K_{РС} + U_{РТ}(p)T_{Я} - U_{РС}(p)K_{РТ}T_{Я} \\ & + U_{ДТ}(p)K_{РТ}T_{Я} + U_{ТП}(p)T_{ТП} + U_{ДТ}(p)T_{Я} + U_{ДС}(p)T_{Я} + U_{ДС}(p)T_{М}) + (U_{\phi}(p) - U_{УПР}(p) \\ & + U_{ДС}(p) - U_{\phi}(p)K_{РС} - U_{РС}(p)K_{РТ} + U_{ДТ}(p)K_{РТ} + U_{ТП}(p) - U_{РТ}(p)K_{ТП} + U_{ДТ}(p) - U_{ТП}(p)K_{Я}K_{ДТ} \\ & + U_{ДС}(p) - U_{ТП}(p)K_{М}K_{ДС}K_{Я}) = 0 \end{aligned} \quad (3.19)$$

Перетворюємо (3.19), отримуємо:

$$\begin{aligned} & p^2(T_{Я}T_{М}U_{ДС}(p)) + p((8T_{ТП} - K_{РС}8T_{ТП})U_{\phi}(p) + (8T_{ТП} - K_{РТ}T_{Я})U_{РС}(p) + T_{Я}U_{РТ}(p) + \\ & + (K_{РТ}T_{Я} + T_{Я})U_{ДТ}(p) + T_{ТП}U_{ТП}(p) + (T_{М} + T_{Я})U_{ДС}(p)) + ((1 - K_{РС})U_{\phi}(p) - K_{РТ}U_{РС}(p) + \\ & - K_{ТП}U_{РТ}(p) + (K_{РТ} + 1)U_{ДТ}(p) + (1 - K_{Я}K_{ДТ} - K_{М}K_{ДС}K_{Я})U_{ТП}(p) + 2U_{ДС}(p) - U_{УПР}(p)) = 0 \end{aligned}$$

Преобразуем к виду:

$$p^2(\gamma_1 U_{\text{ДС}}(p)) + p(\alpha_1 U_{\Phi}(p) + \alpha_2 U_{\text{РС}}(p) + \alpha_3 U_{\text{РТ}}(p) + \alpha_4 U_{\text{ДТ}}(p) + \alpha_5 U_{\text{ТП}}(p) + \alpha_6 U_{\text{ДС}}(p)) + (\beta_1 U_{\Phi}(p) + \beta_2 U_{\text{РС}}(p) + \beta_3 U_{\text{РТ}}(p) + \beta_4 U_{\text{ДТ}}(p) + \beta_5 U_{\text{ТП}}(p) + \beta_6 U_{\text{ДС}}(p) + \beta_7 U_{\text{УП}}(p)) = 0 \quad (3.20)$$

Де прийнято

$$\alpha_1 = 8T_{\text{ТП}} - K_{\text{РС}} 8T_{\text{ТП}} = -6,272 \quad \beta_1 = 1 - K_{\text{РС}} = -195,9 \quad \beta_7 = -1$$

$$\alpha_2 = 8T_{\text{ТП}} - T_{\text{Я}} K_{\text{РТ}} = 0,032 \quad \beta_2 = -K_{\text{РТ}} = -0,00344 \quad \gamma_1 = T_{\text{Я}} \cdot T_{\text{М}} = 0,0004$$

$$\alpha_3 = T_{\text{Я}} = 0,00144 \quad \beta_3 = -K_{\text{ТП}} = -23$$

$$\alpha_4 = K_{\text{РТ}} T_{\text{Я}} + T_{\text{Я}} = 0,00144 \quad \beta_4 = 1 + K_{\text{РТ}} = 1,00344$$

$$\alpha_5 = T_{\text{ТП}} = 0,004 \quad \beta_5 = 1 - K_{\text{Я}} K_{\text{ДТ}} - K_{\text{М}} K_{\text{ДС}} K_{\text{Я}} = -0,03826$$

$$\alpha_6 = T_{\text{М}} + T_{\text{Я}} = 0,02982 \quad \beta_6 = 2$$

Розрахунки:

$$K_{\text{РТ}} = \frac{R_{\text{Я}} T_{\text{Я}}}{2T_{\text{ТП}} K_{\text{ТП}} K_{\text{ДТ}}} = \frac{0,55 * 0,00144}{2 * 0,004 * 23 * 1,25} = 0,00344$$

$$K_{\text{РС}} = \frac{C_{\text{М}} K_{\text{ДТ}} K_{\text{М}}}{4T_{\text{ТП}} K_{\text{ДС}} R_{\text{Я}}} = \frac{0,09299 * 1,25 * 10,44}{4 * 0,004 * 0,7 * 0,55} = 196,99992$$

Раніше підраховані значення:

$$T_{\text{ТП}} = 0,004; T_{\text{Я}} = 0,00144; T_{\text{М}} = 0,02838; T_{\text{РС}} = T_{\Phi} = 8T_{\text{ТП}} = 0,032$$

$$K_{\text{ТП}} = 23; K_{\text{ДС}} = 0,7; K_{\text{М}} = 10,44; K_{\text{Я}} = 0,12132; K_{\text{ДТ}} = 1,25$$

$$C_{\text{М}} = 0,09299$$

Вираз (3.20) має бути реалізовано на диференціюють пристроях. Оскільки вони слабо перешкодозахищеності від дії зовнішніх і внутрішніх перешкод, то переходимо до вираження, реалізованому на інтегратора.

3.4. Побудова електричної схеми блоку контролю.

Ділимо праву і ліву частини на p^2 . У праву частину вводимо алгебраїчний інваріант Δ і коефіцієнт власної динаміки. отримуємо:

$$\frac{1}{p^2} [\beta_1 U_\phi(p) + \beta_2 U_{PC}(p) + \beta_3 U_{PT}(p) + \beta_4 U_{DT}(p) + \beta_5 U_{TP}(p) + \beta_6 U_{DC}(p) + \beta_7 U_{YTP}(p)] +$$

$$+ \frac{1}{p} [\alpha_1 U_\phi(p) + \alpha_2 U_{PC}(p) + \alpha_3 U_{PT}(p) + \alpha_4 U_{DT}(p) + \alpha_5 U_{TP}(p) + \alpha_6 U_{DC}(p)] + \gamma_1 U_{DC}(p) = 0$$

Підставляємо числові значення коефіцієнтів. отримуємо:

$$\frac{1}{p^2} (-195,9 U_\phi(p) - 0,00344 U_{PC}(p) - 23 U_{PT}(p) + 1,00344 U_{DT}(p) - 0,03826 U_{TP}(p) + 2 U_{DC}(p) -$$

$$- U_{YTP}(p)) + \frac{1}{p} (-6,272 U_\phi(p) + 0,032 U_{PC}(p) + 0,00144 U_{PT}(p) + 0,00144 U_{DT}(p) +$$

$$+ 0,004 U_{TP}(p) + 0,02982 U_{DC}(p)) + 0,00004 U_{DC}(p) = \frac{\Delta}{p + \sigma}$$

Реалізація рівняння алгебраїчного інваріанта в аналоговому вигляді надана на рис. 18:

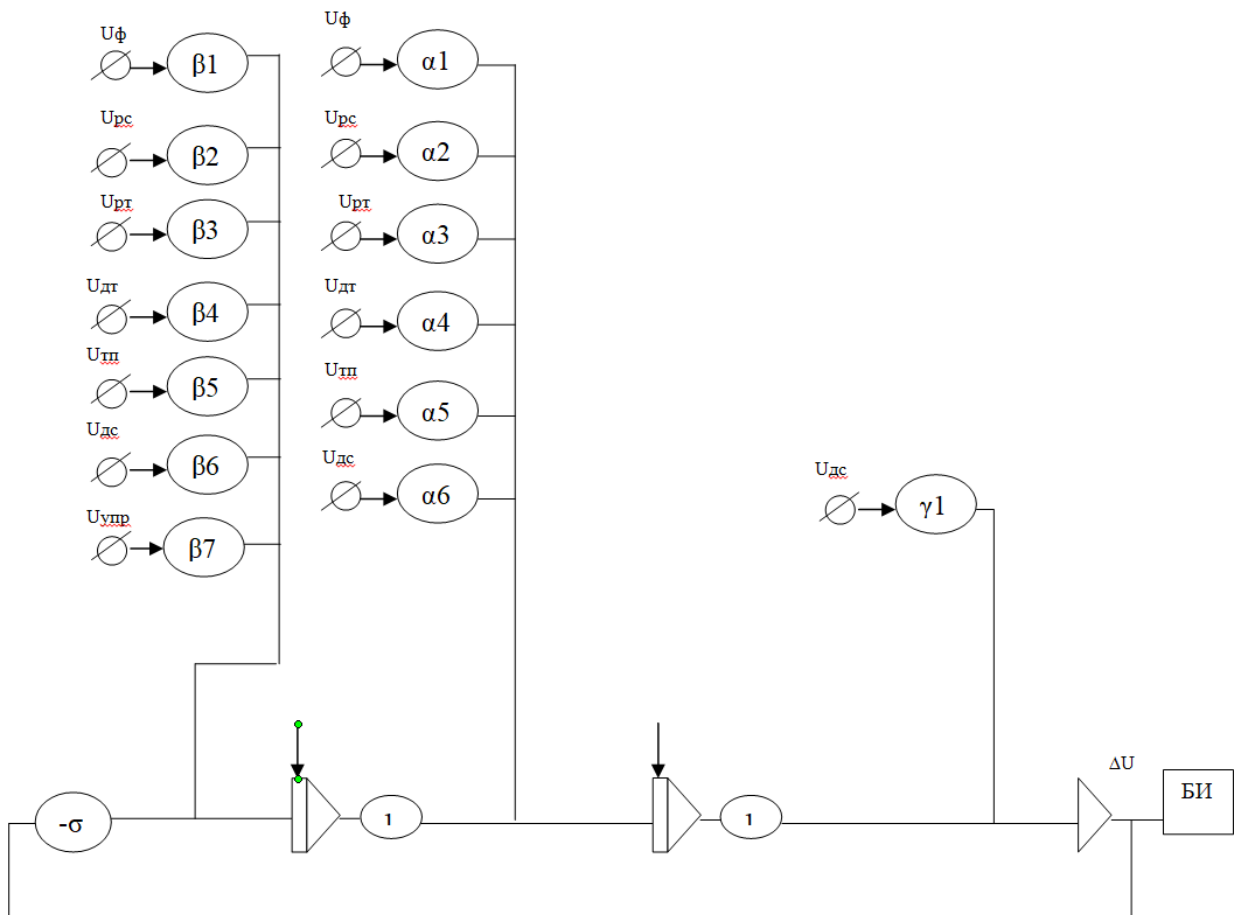


Рисунок 18 – Структурна схема блоку контролю електроприводу.

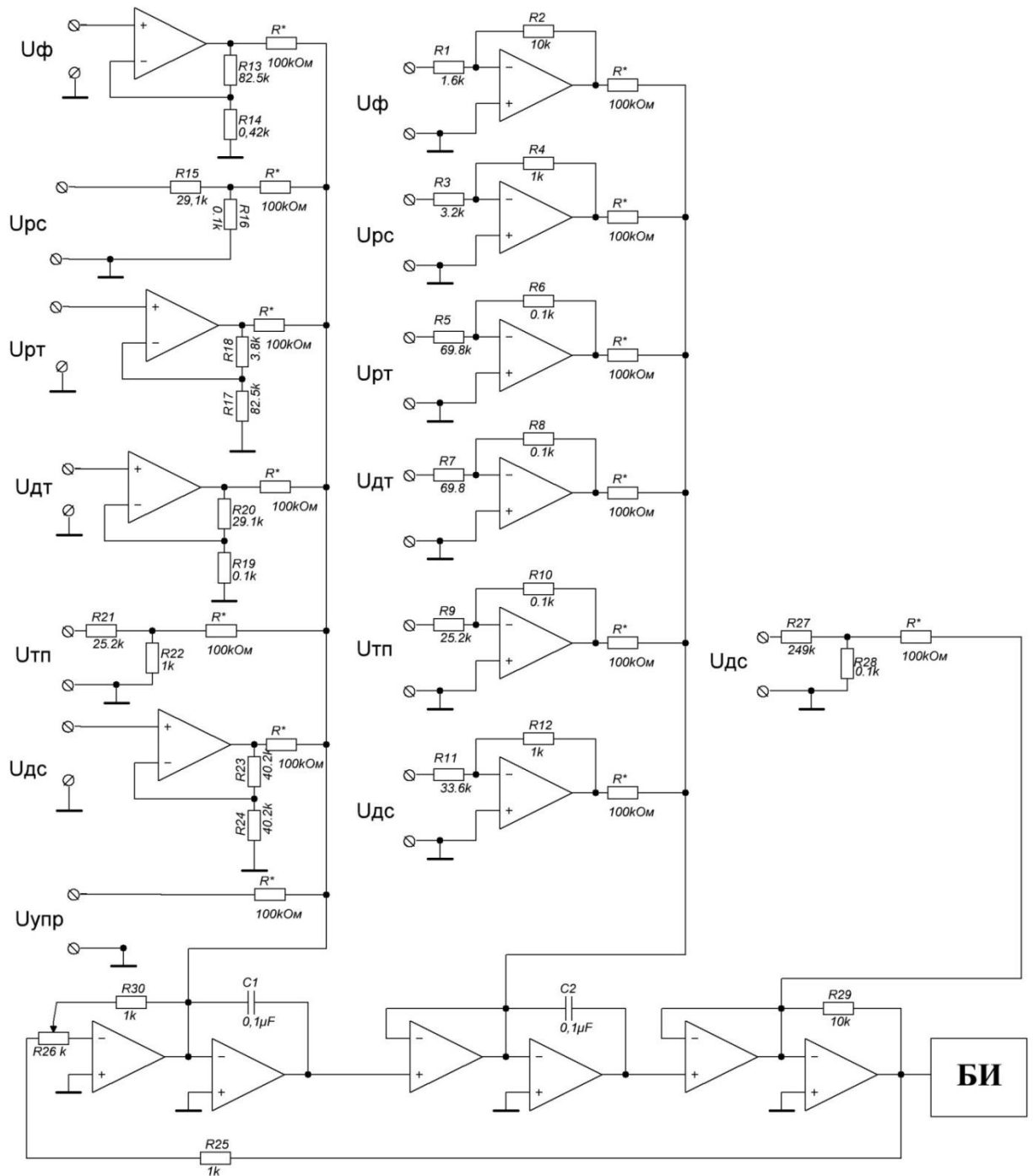


Рисунок 19 – Електрична схема блоку контролю



Рисунок 20 – Структурна схема пристрою індикації

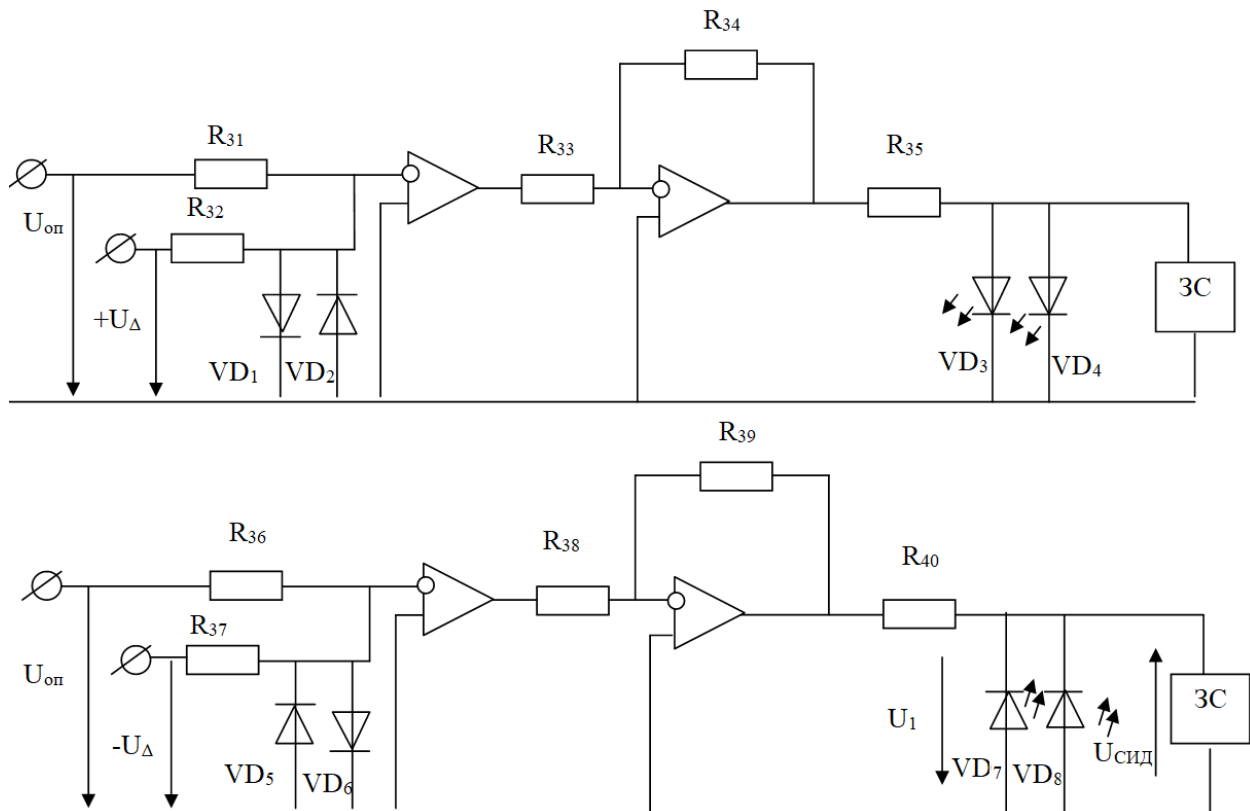


Рисунок 21 – Електрична схема пристрою індикації

Розрахунок значень резисторів:

$$|\alpha_1| = \frac{R_2}{R_1} = -6,272$$

Приймаємо $R_2 = 10 \text{ кОм}$ [11]

$$R_1 = \frac{R_2}{|\alpha_1|} = \frac{10000}{6,272} = 1,6 \text{ кОм}$$

$$|\alpha_2| = \frac{R_4}{R_3} = 0,032$$

Приймаємо $R_4 = 1 \text{ кОм}$

$$R_3 = \frac{R_4}{|\alpha_2|} = \frac{1000}{0,032} = 32 \text{ кОм}$$

$$|\alpha_3| = \frac{R_6}{R_5} = 0,00144$$

Приймаємо $R_6 = 0,1 \text{ кОм}$

$$R_5 = \frac{R_6}{|\alpha_3|} = \frac{100}{0,00144} = 69,8 \text{ кОм}$$

$$|\alpha_4| = \frac{R_8}{R_7} = 0,00144$$

Приймаємо $R_8 = 0,1 \text{ кОм}$

$$R_7 = \frac{R_8}{|\alpha_4|} = \frac{100}{0,00144} = 69,8 \text{ кОм}$$

$$|\alpha_5| = \frac{R_{10}}{R_9} = 0,004$$

Приймаємо $R_{10} = 0,1 \text{ кОм}$

$$R_9 = \frac{R_{10}}{|\alpha_5|} = \frac{100}{0,004} = 25,2 \text{ кОм}$$

$$|\alpha_6| = \frac{R_{12}}{R_{11}} = 0,02982$$

Приймаємо $R_{12} = 1 \text{ кОм}$

$$R_{11} = \frac{R_{12}}{|\alpha_6|} = \frac{1000}{0,02982} = 33,6 \text{ кОм}$$

$$|\beta_1| = 1 + \frac{R_{13}}{R_{14}} = 195,9$$

Приймаємо $R_{13}=82,5 \text{ кОм}$

$$R_{14} = \frac{R_{13}}{\beta_1 - 1} = \frac{80000}{195,9 - 1} = 0,427 \text{ кОм}$$

$$|\beta_2| = \frac{R_{16}}{R_{15} + R_{16}} = 0,00344$$

Приймаємо $R_{16}=0,1 \text{ кОм}$

$$R_{15} = \frac{R_{16}(1 - \beta_2)}{\beta_2} = \frac{100(1 - 0,00344)}{0,00344} = 29,1 \text{ кОм}$$

$$\beta_3 = 1 + \left(\frac{R_{17}}{R_{18}} \right) = 23$$

Приймаємо $R_{17}=82,5 \text{ кОм}$

$$R_{18} = \frac{R_{17}}{\beta_3 - 1} = \frac{80000}{23 - 1} = 3,79 \text{ кОм}$$

$$\beta_4 = 1 + \left(\frac{R_{19}}{R_{20}} \right) = 1,00344$$

Приймаємо $R_{19}=0,1 \text{ кОм}$

$$R_{20} = \frac{R_{19}}{\beta_4 - 1} = \frac{100}{1,00344 - 1} = 29,1 \text{ кОм}$$

$$|\beta_5| = \frac{R_{22}}{R_{21} + R_{22}} = 0,03826$$

Приймаємо $R_{22}=1 \text{ кОм}$

$$R_{21} = \frac{R_{22}(1 - \beta_5)}{\beta_5} = \frac{1000(1 - 0,03826)}{0,03826} = 25,2 \text{ кОм}$$

$$\beta_6 = 1 + \left(\frac{R_{23}}{R_{24}} \right) = 2$$

Приймаємо $R_{23} = 40,2 \text{ кОм}$

$$R_{24} = \frac{R_{23}}{\beta_6 - 1} = \frac{40000}{2 - 1} = 40,2 \text{ кОм}$$

$$\gamma_1 = \frac{R_{28}}{R_{28} + R_{27}} = 0,0004$$

Приймаємо $R_{28} = 0,1 \text{ кОм}$

$$R_{27} = \frac{R_{28}(1 - \gamma_1)}{\gamma_1} = \frac{100(1 - 0,0004)}{0,0004} = 249 \text{ кОм}$$

Приймаємо $R_{29} = 10 \text{ кОм};$

За довідковими даними розрахуємо R_{35} и R_{40} [12]:

$$U_1 = 10 \text{ В}, U_{\text{сид}} = 1,8 \text{ В}.$$

$$U_{40} = U_1 - U_{\text{сид}} = 10 - 1,8 = 8,2 \text{ В}$$

$$R_{40} = R_{35} = \frac{U_{40}}{2I_{\text{сид}}} = \frac{8,2}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 410 \text{ Ом}$$

Приймаємо $R_{31} = R_{32} = R_{36} = R_{37} = 1 \text{ кОм}.$

3.5. Інструкція по експлуатації блоку контролю.

Приступаючи до роботи на токарному верстаті, оператор включає блок контролю, включивши тумблер «Живлення» на лицьовій панелі. На блок контролю подається напруга $\pm 15 \text{ В}$, після чого оператор приступає до обробки виробу.

У разі функціональної несправності, загоряються червоні світлодіоди $VD1$, $VD2$ або $VD3$, $VD4$ (в залежності от ΔU) і подається звуковий сигнал. Це означає, що алгебраїчний інваріант вийшов за межі встановленого допустимого

значення. У цьому випадку оператор повинен зупинити роботу верстата і звернутися до ремонтній бригаді. Після діагностики електропривода проводиться заміна несправного блоку. Оператор може продовжувати роботу.

Висновки.

В цьому розділі розроблений блок контролю. Побудовано структурну і електричну схеми блоку контролю електроприводу з подачею сигналів з контрольних точок на блок індикації. Складено рівняння алгебраїчного інваріанта, розраховані параметри елементів і написана інструкція з експлуатації блоку контролю.

4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Технічні умови приладу. Основні відомості про виріб

1. Ці технічні умови поширюються на прилад для безперервного контролю електроприводу подачі супорта токарного верстата, призначений для зняття сигналів з елементів електроприводу і відстеження їх справного стану. Прилад заснований на операційних підсилювачах.
2. Робочі умови застосування всередині приміщення:
 1. Температура навколишнього повітря від -5 до +35 оС;
 2. Відносна вологість 40-60% при температурі повітря 21оС;
 3. Атмосферний тиск від 70 до 106.7 кПа.

Технічні вимоги:

Прилад для контролю споживаної електроенергії повинен задовольняти вимоги цих технічних умов і конструкторської документації:

Клас точності-2;

Номінальна напруга-15В;

Періодичність зчитування показників елементів електроприводу - безперервне.

Маса приладу - не більше 1,0 кг;

Габаритні і установочні розміри корпусу приладу, мм: 110x110x1,5

4.2. Розробка конструкції друкованого вузла.

Друковані плати служать для монтажу на них електрорадіоелементів (ЕРЕ) за допомогою напівавтоматичних і автоматичних установок з подальшою одночасною пайкою всіх ЕРЕ зануренням в розплавлений припій або на хвилі рідкого припою ПОС-60. Отвори на платі, в які вставляються висновки електрорадіоелементів при монтажі, називають монтажними. Металізовані отвори, службовці для з'єднання провідників, розташованих на обох сторонах плати, називають перехідними.

Тип обраної конструкції друкованої плати (ДП): двостороння ДП з металізацією отворів.

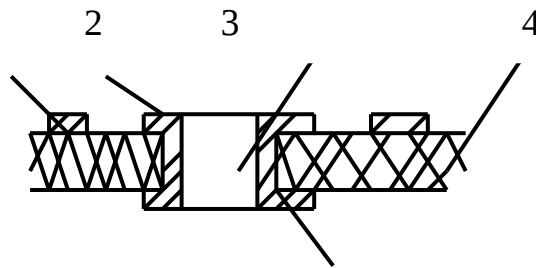


Рисунок 22 – Тип ДП.

1 - діелектричне підставу; 2 - друкований провідник; 3 - контактний майданчик; 4 - монтажний отвір; 5 - металізація.

До друкованим платам пред'являється ряд вимог по точності розташування провідного малюнка, по величині опору ізоляції діелектрика, механічній міцності та ін. Одним з основних вимог є забезпечення, здатності до пайки, що досягається відповідним вибором гальванічного покриття і технологією металізації, тому у виробництві друкований плат особлива увага приділяється хіміко-гальванічним процесам.

Товщина ПП обрана відповідно до вимог Міжнародної електротехнічної комісії і складає 1,5 мм при допуску 0,1 мм.

Фольгований діелектрик складається з електроізоляційного підстави, покритого мідною фольгою з двох сторін. В якості підстави фольгованого діелектрика в конструкції застосований стеклотекстолит марки СФ-2-35.

Найбільш поширеними методами формування малюнка друкованих плат є сеткографічний і фотохімічний, причому фотохімічний метод дозволяє отримати мінімальну ширину провідників і відстаней між ними 0,15 мм, що відповідає платам третього класу щільності монтажу. Застосування цього способу виправдано при серійному виробництві РЕА, при виготовленні плат

високої щільності і точності малюнка Обрано сеткографічний метод формування малюнка.

Співвідношення розмірів сторін друкованої плати не більше 3/1. Розміри повинні бути кратними 2,5 при $L = 100$ мм. Діаметри монтажних отворів повинні вибиратися з ряду 0,4; 0,5; ... через 0,1 до 3-х мм, за винятком 1,9; 2,9 мм. Центри отворів повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки.

Установку елементів слід проводити за ОСТ4 ГО.010.030-81. Пайку ЕРЕ виробляти припоєм ПОС-61 (ГОСТ 21931-76). Збірку покрити лаком УР-231 з двох сторін зануренням по ОСТ 180365-82.

Друкована плата розташована в корпусі і закріплена в 4-х точках.

4.3. Вибір способу виготовлення друкованої плати.

Методи збирання та монтажу друкованих плат можна класифікувати за ступенем автоматизації складально-монтажних робіт. При цьому можна виділити наступні методи збирання:

Ручна:

Ручна підготовка елементів, ручна установка елементів, ручна пайка.

Частково ручна:

Ручна підготовка елементів, ручна установка елементів, автоматична пайка.

За допомогою автоматичного обладнання:

Ручна підготовка елементів, автоматизована установка елементів, автоматична пайка.

Автоматизоване виробництво

При розробці технологічного процесу складання і друкованої плати проектного пристрою, пропонується застосувати частково автоматизовану збірку. При цьому підготовка і установка елементів здійснюватися буде вручну, а пайка вестися буде автоматично. Установку технології виробництва підготовки ЕРЕ до монтажу, технологія виробництва установки ЕРЕ на ПП,

зборі блоків, пайку електричних з'єднань слід проводити з урахуванням вимог викладених в наступних ОСТ: ОСТ4.ГО.054.263; ОСТ4.ГО.054.264; ОСТ4.ГО.054.265; ОСТ4.ГО.054.266; ОСТ: ОСТ4.ГО.054.267. Істотним достоїнством ручної збірки є можливість візуального контролю, що дозволяє використовувати відносно великі допуски на розміри висновків, контактних майданчиків і монтажних отворів, робить можливим виявлення дефектів ДП і компонентів. Цей варіант є найбільш ефективним і доцільним відповідно до застосовуваного обладнання. Він дозволяє проводити мінімальні витрати. Швидкість роботи може бути підвищена завдяки автоматичній подачі інтегральних мікросхем і маркування місця установки. Підготовка компонентів полягає в наданні висновків форми, необхідної для складання та контактування. Найчастіше це процес обрізки та згинання, після чого висновки набувають форму, необхідну для фіксації на друкованій платі. Основне завдання збирача полягає в оперативній і правильній установці необхідного елемента на місце, обумовлене конструкцією ПП. Щоб зменшити число помилок, при складанні на ПП з боку установки компонентів способом шовкографії наносяться їх номер і напрямок установки або використовується еталонна зібрана плата. Касети і магазини елементів мають аналогічні позначення і розташовуються навколо місця збирача на зручному для нього відстані. Друковані плати встановлюються в утримувачі за допомогою Швидкозажимні фіксаторів. Підвищення продуктивності досягається використанням багатопозиційного власника, в якому паралельно один одному розташовуються кілька друкованих плат. Робочий за один прийом встановлює необхідну кількість однакових елементів на все плати.

Застосування друкованих плат дозволяє полегшити настройку апаратури і виключити можливість помилок при її монтажі, так як розташування провідників і монтажних отворів однаково на всіх платах даної схеми. Використання друкованих плат, обумовлює також можливість зменшення габаритних розмірів апаратури, поліпшення умов відведення тепла, зниження

металоемності апаратури і забезпечує інші конструктивно-технологічні переваги в порівнянні з об'ємним монтажем.

В даному дипломному проекті обраний комбінований позитивний метод виготовлення двосторонньої друкованої плати, заснований на застосуванні двостороннього фольгованого діелектрика.

Його характеристики:

Застосування: двосторонні друковані плати (ДПП), гнучкі друковані плати (ДПП).

Сутність: виготовлення друкованих плат з фольгованого діелектрика з металізацією отворів хіміко-гальванічним способом.

Переваги: насичений друкований монтаж, висока точність.

Недоліки: процес трудомісткий.

При використанні цього методу застосовується і травлення, і нарощування міді; свердління отворів по суцільній фользі, що оберігає від зриву контактних майданчиків; травлення - на завершальному етапі, т. е. суцільний шар фольги захищає поверхню діелектрика від впливу агресивних розчинів).

Нарізка заготовок.

Освіта базових отворів.

Свердління монтажних отворів і їх очищення.

Сенсибілізація і активізація поверхні.

Хімічне міднення (5 - 8мкм.).

Створення захисного покриття на майбутніх місцях травлення.

Гальванічне посилення міді (20-25мкм).

Гальванічне нанесення захисного шару (олово - свинець, золото).

Видалення захисного рельєфу.

Травлення.

Створення неметалізованим отворів.

Обробка по контуру.

Маркування.

Нанесення захисного покриття.

Контроль.

Металізацію проводять хіміко-гальванічним способом після попередньої хімічної металізації.

На платах встановлено такі елементи:

1. Резистор - 54 шт.
 2. Конденсатор - 2 шт.
 3. Операційний підсилювач - 10 шт.
 4. СІД - 4 шт.
 5. Діод - 4 шт.
 6. Діодний міст - 1 шт.
 7. знижувальних трансформатор - 1 шт.
- Роз'єм - 2 шт.

4.4. Розрахунок технологічності друкованої плати.

Для оцінки технологічності конструкції блоків РЕА використовують основні і приватні показники технологічності. Застосування основних показників (трудомісткості виготовлення блоку і його собівартості) утруднено на стадії технічного проектування через відсутність необхідних вихідних даних. Тому при розробці технічного проекту використовують комплексний показник технологічності конструкції K , що розраховується на основі приватних показників.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$$

де K_i – розрахункові базові показники; φ_i - вагова функція показника; n – число базових показників.

Оцінка технологічності конструкції блоку на стадії технічного проекту проводиться за такою методикою.

За конструктивними ознаками визначається приналежність блоку до одного з чотирьох класів.

При цьому до першого класу відносять електромеханічні і механічні блоки: механізми приводу, відлікові пристрої, кодові перетворювачі, хвильове блоки тощо.

До другого - електронні блоки: логічні та аналогові блоки, блоки оперативної пам'яті, генератори сигналів, приймально-підсилювальні блоки і т.п.

До третього - радіотехнічні блоки типу джерел вторинного живлення.

До четвертого - з'єднувальні, комутаційні і розподільні блоки.

В соответствии со вторым классом выбираются частные показатели технологичности конструкции проектируемого блока, приведенные в таблице 4.2

На основі розроблених креслень і специфікації складається таблиця вихідних даних 4.1 і проводиться розрахунок обраних приватних показників за наведеними нижче формулами.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку показників технологічності конструкції

№	Параметр	Позначення параметра	Значення параметра
1	Кількість мікросхем і мікросборок у виробі	H_{mc}	18
2	Кількість операцій монтажу або контролю і настройки, які здійснюються механізованим (автоматизованим) способом	H_m	90
3	Кількість електрорадіоелементів, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим (автоматизованим) способом або взагалі не потрібно (реле, роз'єми і т.п.)	$H_{m.n}$	65

4	Кількість типорозмірів електрорадіоелементів у виробі	$H_{т.э}$	58
5	Кількість типорозмірів оригінальних електрорадіоелементів	$H_{т.ор.э}$	2
6	Загальна кількість операцій монтажу або контролю і регулювання	H_0	90
7	Загальна кількість ЕРЕ	$H_э$	85

Таблиця 4.2 – Склад і значимість показників технологічності

№	Коефіцієнт	Позначення параметра	Ваговий коефіцієнт
1	Використання мікросхем і мікросборок	$K_{исп.мс}$	1.0
2	Механізації і автоматизації монтажу, контролю і настройки	$K_{м.м.}$	1.0
3	Механізації підготовки ЕРЕ	$K_{м.п.э}$	0,75
4	повторюваності ЕРЕ	$K_{пов.э}$	0,31
5	вживаності ЕРЕ	$K_{п.э}$	0.187

Коефіцієнт використання мікросхем та мікросборок

$$K_{исп.мс} = \frac{H_{мс}}{H_{мс} + H_э} = \frac{18}{18 + 85} = 0,17$$

Коефіцієнт механізації і автоматизації монтажу, контролю і настройки

$$K_{м.м.} = \frac{H_{м.м.}}{H_0} = \frac{90}{90} = 1$$

Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ

$$K_{м.п.э} = \frac{H_{м.п.э}}{H_э} = \frac{65}{85} = 0,76$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

$$K_{нов.э} = 1 - \frac{H_{мэ}}{H_э} = \frac{58}{85} = 1 - 0,67 = 0,33$$

Коефіцієнт застосованості ЕРЕ

$$K_{н.э} = 1 - \frac{H_{м.оп.э}}{H_{мэ}} = 1 - \frac{2}{58} = 0,97$$

На основі отриманих приватних показників розраховується комплексний показник технологічності конструкції блоку за формулою:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} = \frac{1 \cdot 0,17 + 1 \cdot 1 + 0,75 \cdot 0,76 + 0,31 \cdot 0,33 + 0,187 \cdot 0,97}{1 + 1 + 0,75 + 0,31 + 0,187} = 0,62$$

Для оцінки рівня технологічності конструкції виробу слід порівняти комплексний показник з нормативним показником K_n , значення якого в залежності від класу блоку наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормативні показники технологічності

Дослідний зразок K_n	Установча серія K_n	Серійне виробництво K_n
0,4-0,7	0,45-0,75	0,5-0,8

Порівнявши отриманий в результаті розрахунку показник технологічності з нормативним показником, можна зробити висновок, що друкований вузол є технологічним виробом для всіх видів виробництва.

4.5. Розрахунок надійності

Надійність - властивість виробу виконувати всі задані функції в певних умовах експлуатації, при збереженні значень основних параметрів в заздалегідь встановлених межах. Вона залежить від кількості і якості, що входять в вироби умов, в яких вони експлуатуються (температура, тиск, вібрація, вологість).

Надійність включає в себе якісні характеристики, такі як безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість.

При аналізі надійності, при виборі показників, істотне значення має рішення, яке повинно бути прийнято при відмові виробу. Для показників надійності характерні дві форми подання: ймовірна і статична.

Для можливої форми характерні критерії надійності:

Імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу $P(t)$;

Середній час на роботу і відмова ТО;

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$;

Частота відмов $\alpha(t)$;

При розрахунку надійності необхідно враховувати:

Справедливий експонентний закон надійності;

Відмови елементів взаємнонезавісіми;

У цьому випадку розрахунок надійності виробу здійснюється з урахуванням таких параметрів, як:

коефіцієнт навантаження K_n ;

Коефіцієнт, що залежить від призначення РПУ ($K^1=1$ – для побутової апаратури, $K^1=10$ - для радіотехнічних літальних апаратів);

При експоненціальному законі розподілу часу, виникнення відмов, залежність між основними характеристиками надійності визначається наступними співвідношеннями:

$$P(t)=e^{-\lambda(t)};$$

$$TO=1/\lambda(t);$$

Розрахуємо середній час справної роботи пристрою ТО і ймовірність відмов його через кожні 2000 годин, при цьому покладається, що ТО не менше 20000 годин.

Інтенсивність відмов кожного ЕРЕ приведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.4 – Інтенсивність відмов ЕРЕ.

Найменування ЕРЕ	Інтенсивність відмов $\lambda_i \cdot 10^{-6}$	Кількість ЕРЕ (n_i)	Загальна інтенсивність відмов
Резистор	0,05	54	2,8
Конденсатор	0,3	2	0,6
СІД	0,8	10	8
Операційний посилувач	0,2	19	3,8

Визначимо загальну інтенсивність відмов РТУ за формулою (4.1):

$$\lambda_{\Sigma} = \sum^n \lambda = 2,8 + 0,6 + 8 + 3,8 = 15,2 \cdot 10^{-6} (1 / \text{ч})$$

(4.1)

Визначимо середній наробіток на відмову за формулою (4.2):

$$TO = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{15,2 \cdot 10^{-6}} = 65790 \text{ч}$$

(4.2)

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи через 20000 годин за формулою (4.3):

$$P(t) = e^{-t/TO}$$

(4.3)

$$P(t_1) = e^{-2000/65790} = 0,9957$$

$$P(t_2) = e^{-4000/65790} = 0,9853$$

$$P(t_3) = e^{-6000/65790} = 0,9549$$

$$P(t_4) = e^{-8000/65790} = 0,9245$$

$$P(t_5) = e^{-10000/65790} = 0,8941$$

$$P(t_6) = e^{-12000/65790} = 0,8637$$

$$P(t_7) = e^{-14000/65790} = 0,8333$$

$$P(t_8) = e^{-16000/65790} = 0,8029$$

$$P(t_9) = e^{-18000/65790} = 0,7725$$

$$P(t_{10})=e^{-20000/65790}=0,7421$$

Розрахуємо ймовірність відмови $Q(t)$ за формулою (4.4):

$$Q(t)=1-P(t) \quad (4.4)$$

$$Q(t_1)=1-0,9957=0,0043$$

$$Q(t_2)=1-0,9853=0,0147$$

$$Q(t_3)=1-0,9549=0,0451$$

$$Q(t_4)=1-0,9245=0,0755$$

$$Q(t_5)=1-0,8941=0,1059$$

$$Q(t_6)=1-0,8637=0,1363$$

$$Q(t_7)=1-0,8333=0,1667$$

$$Q(t_8)=1-0,8029=0,1971$$

$$Q(t_9)=1-0,7725=0,2275$$

$$Q(t_{10})=1-0,7421=0,2579$$

Ймовірність відмови на встановленому терміні мала, так що прилад відповідає завданням.

4.6. Тепловий розрахунок

Всі компоненти блоку контролю функціонують в строго обмеженому температурному діапазоні. Вихід температури за гранично допустимі значення може призвести до незворотних структурних змін. Висока надійність і тривалий термін служби будуть гарантовані, якщо температура середовища всередині конструкції нормальна (15°C) і змінюється не більше ніж на 2 °C в час. Для виконання цієї умови необхідно вибрати оптимальну систему охолодження.

Наведемо методику розрахунку такої системи охолодження.

Вихідними даними для вибору охолодження є:

1. Сумарна потужність P , що розсіюється в конструктивному модулі;
2. Тиск навколишнього середовища;
3. Тиск всередині блоку;

4. Коефіцієнт заповнення блоку;
5. Габаритні розміри блоку;
6. Час безперервної роботи t .

Наведемо порядок розрахунку блоку в герметичному корпусі: розраховується поверхню блоку за формулою (4.5):

$$S_k = 2[l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3] \quad (4.5)$$

де l_1, l_2 - горизонтальні розміри корпусу, а l_3 - вертикальний розмір корпусу.

Визначається умовну поверхню нагрітої зони за формулою (4.6):

$$S_k = 2[l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot K_3] \quad (4.6)$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення.

Визначається питома потужність корпусу за формулою (4.7):

$$q_k = \frac{P_3}{S_k} \quad (4.7)$$

де P_3 – потужність, що розсіюється нагрітої зоною

Розраховується питома потужність нагрітої зони за формулою (4.8):

$$q_3 = \frac{P_3}{S_3} \quad (4.8)$$

Знаходиться коефіцієнт $\check{v}_1$ в залежності від питомої потужності корпусу блоку за формулою (4.9):

$$\check{v}_1 = 0,1472q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3 \quad (4.9)$$

Знаходиться коефіцієнт $\check{v}_2$ в Залежно від питомої потужності нагрітої зони за формулою (4.10):

$$\check{v}_2 = 0,1390q_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3} q_3^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} q_3^3 \quad (4.10)$$

Знаходиться коефіцієнт $K_{н1}$ в Залежно від тиску середовища поза корпусу блоку за формулою (4.11):

$$K_{н1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot H_1} \quad (4.11)$$

де H_1 – величина атмосферного тиску поза корпусом

Знаходиться коефіцієнт K_{H2} в Залежно від тиску середовища всередині корпусу блоку H_2 за формулою (4.12):

$$K_{H2} = 0,82 + \frac{1}{1,25 + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot H_2} \quad (4.12)$$

Визначається перегрів корпусу за формулою (4.13):

$$\mathcal{G}_\kappa = \mathcal{G}_1 \cdot K_{H1}$$

(4.13)

Розраховується перегрів нагрітої зони за формулою (4.14):

$$\mathcal{G}_3 = \mathcal{G}_\kappa + (\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_1) \cdot K_{H2} \quad (4.14)$$

Визначається середній перегрів повітря в блоці за формулою (4.15):

$$\mathcal{G}_6 = 0,5(\mathcal{G}_\kappa + \mathcal{G}_3) \quad (4.15)$$

Визначається питома потужність елемента за формулою (4.16):

$$q_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{эл}}}{S_{\text{эл}}} \quad (4.16)$$

де $P_{\text{эл}}$ – потужність, що розсіюється елементом, температуру якого треба визначити;

$S_{\text{эл}}$ – площа поверхні елемента, що омивається повітрям.

Розраховується перегрів поверхні елементів за формулою (4.17):

$$\mathcal{G}_{\text{эл}} = \mathcal{G}_3 \left(a + b \cdot \frac{q_{\text{эл}}}{q_3} \right) \quad (4.17)$$

Розраховується перегрів навколишнього елемент середовища по формулі (4.18):

$$\mathcal{G}_{3-c} = \mathcal{G}_6 \left(0,75 + 0,25 \cdot \frac{q_{\text{эл}}}{q_3} \right) \quad (4.18)$$

Визначається температура корпусу блоку за формулою (4.19):

$$T_\kappa = \mathcal{G}_\kappa + T_c \quad (4.19)$$

де T_c – Температура навколишнього середовища;

Визначається температура нагрітої зони за формулою (4.20):

$$T_3 = \mathcal{G}_3 + T_c \quad (4.20)$$

Визначається температура поверхні елемента за формулою (4.21):

$$T_{\text{эл}} = \vartheta_{\text{эл}} + T_c \quad (4.21)$$

Знаходиться середня температура повітря в блоці за формулою (4.22):

$$T_{\text{с}} = \vartheta_{\text{с}} + T_c \quad (4.22)$$

Розраховується температура навколишнього середовища по формулі (4.23):

$$T_{\text{в-с}} = \vartheta_{\text{в-с}} + T_c \quad (4.23)$$

Температура не виходить за граничні рамки, прилад можна експлуатувати.

5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Україна є континентальною державою, яка омивається двома морями, а її територія насичена водними артеріями, водоймами, водосховищами. Україна здійснює морське судноплавство, має морське узбережжя Чорного та Азовського морів, розробляє континентальний шельф. Хоч на цей час Україна не належить до держав-учасників світової індустрії підводної діяльності (за деякими виключеннями), вона має необхідний для цього потенціал, наукову та технічну спроможність, а також позитивний досвід реалізації сучасних зразків підводної техніки. Це створює перспективи участі українських організацій у підводній діяльності світової спільноти в якості рівноправного партнера. Участь у світовій галузі підводної діяльності об'єктивно збільшить вагомість України у відносинах із партнерами, у процесах інтеграції в європейські структури. Але не слід забувати, що використання людиною різних видів техніки зазвичай призводить до її впливу на навколишнє середовище.

Охорона навколишнього середовища – система заходів скерованих на підтримку взаємодії людини та навколишнього природного середовища, що забезпечують збереження та відновлення природних багатств, раціональне використання природних ресурсів, попередження безпосереднього або опосередкованого впливу результатів діяльності суспільства на природу та здоров'я людини.

Державна політика в галузі охорони природи полягає у розробці необхідних заходів щодо охорони та науково обґрунтованого раціонального використання землі та її надр, водних ресурсів, рослинного та тваринного світу, збереження чистоти повітря та води, забезпечення відтворюваності природних ресурсів та поліпшення оточуючого людину середовища. Цей підхід до охорони навколишнього середовища підкріплено системою законодавчих актів та нормативно-технічних документів у галузі охорони природи.

5.1 Забруднення навколишнього середовища при виробництві друкованої плати пристрою для заряду

На етапах розробки і експлуатації системи небезпеки для навколишнього середовища не виникає, тому розглянемо більш докладно захист навколишнього середовища на етапах виготовлення і утилізації пристрою для заряду акумуляторних батарей асиметричним струмом.

На етапі виготовлення основну шкоду навколишньому середовищу завдають токсичні гази (оксид вуглецю, фтористий водень) і аерозолі (свинець і його з'єднання), які виділяються на ділянках пайки і лудіння друкованих плат. Шкідливі хімічні речовини попадають у вентиляційне повітря, тим самим забруднюючи атмосферу. Для запобігання атмосфері від викидів у неї хімічних речовин слід застосовувати сухі пиловловлювачі, електричні фільтри, що роблять ультразвукове очищення вентиляційних викидів від високотоксичного пилу. Серед основних типів матеріалів, використовуваних у фільтрах для тонкого очищення газових викидів від домішок, рекомендується використовувати склотканину, що має гарну термостійкість і хімічну стійкість до різних середовищ.

Також на етапі виготовлення існує небезпека забруднення гідросфери відходами виробництва. При виготовленні друкованих плат використовують різні хімічні склади (хлорне залізо і т.п.), частина з яких може потрапити в стічні води. Виходячи з вище сказаного впливає, що необхідно розробити ряд заходів щодо відчищення цих вод. Відповідно до видів процесів, що відбуваються при очищенні, всі існуючі методи прийнято ділити на механічні, фізико-хімічні і біологічні.

При механічному очищенні стічних вод від зважених речовин використовують проціджування, відстоювання, фільтрування і т.п. В цей час істотно збільшилася роль фізико-хімічних методів (флотація, екстракція, нейтралізація, іонообмінне і електрохімічне очищення) в зв'язку з

використанням оборотних систем водопостачання. Біологічне очищення стічних вод застосовується для виділення з них тонкодисперсійних і розчинених органічних речовин на основі здатності мікроорганізмів використовувати для живлення органічні речовини, що містяться в стічних водах. З розглянутих вище способів очищення гідросфери зупинимося на електрохімічному відчищенні, як найбільш оптимальному при виготовленні нашої розробки.

Поряд з перерахованими вище видами забруднень існує небезпека забруднення літосфери, тому що дане виробництво не безвідхідне. При нарізці, пайці, травленні друкованих плат, виготовленні і фарбуванню залишаються відходи, що містять шкідливі компоненти, які необхідно збирати і відправляти на полігон для переробки.

На етапі утилізації печатної плати мікроконтролер можна зняти з пристрою та використовувати вдруге на іншій платі. Друковані плати можуть бути розібрані на окремі елементи і використані для виготовлення іншої апаратури. Непотрібні і несправні елементи пристрою для заряду вкладають в спеціальний контейнер для централізованої утилізації.

Отже зрозуміло, що при виконанні вимог по захисту навколишнього середовища від забруднень, ніякої шкоди екосистемі нанесено не буде.

5.2 Розрахунок кількості шкідливих речовин при виробництві друкованої плати пристрою для заряду

В технології виробництва друкованої плати пристрою для заряду пайка металевих виробів з використанням флюсів є найпоширенішою операцією.

Валова кількість аерозолів свинцю та олова, що виділяються при пайці припоями марки ПОС-30 визначається за формулою (5.1):

$$G_1 = q_{\text{п}}^{\text{п}} \cdot T \cdot 10^{-6} = 0,0012 \cdot 525 \cdot 10^{-6} = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ т/рік}, \quad (5.1)$$

де $q_{\Pi}^{\Pi} = 0,0012$ г/год – питомий показник виділення аерозолів свинцю та олова при пайці свинцево-олов’яними припоями для одного робочого місця;

$T = 525$ год/рік – час роботи паяльного обладнання.

Максимальне виділення аерозолів свинцю та олова визначається за формулою (5.2):

$$M_{\text{сш}} = \frac{q_{\Pi}^{\Pi}}{t \cdot 3600} \cdot N = \frac{0,0012}{7 \cdot 3600} \cdot 1 = 4,76 \cdot 10^{-8} \text{ г/с}, \quad (5.2)$$

де $N = 1$ – кількість робочих місць, одночасно задіяних в робочому процесі;

$t = 7$ год – час пайки.

Валова кількість парів каніфолі, що виділяються при пайці виробів з застосуванням каніфолі в якості флюсу, визначається за виразом (5.3):

$$G_2 = Q \cdot K_{\Phi}^{\Pi} = 0,325 \cdot 0,065 = 0,021 \text{ т/рік}, \quad (5.3)$$

де $K_{\Phi}^{\Pi} = 0,2 \cdot Q = 0,065$ в.о. – кількість парів каніфолі, що виділяються при пайці з каніфольного флюсу;

$Q = 0,325$ кг/рік – витрата каніфолі за рік.

Максимальне виділення парів каніфолі визначимо за формулою (5.4):

$$M_{\Phi} = \frac{a \cdot K_{\Phi}^{\Pi} \cdot 10^3}{3600} = \frac{1,857 \cdot 10^{-3} \cdot 0,065 \cdot 10^3}{3600} = 3,35 \cdot 10^{-5} \text{ г/с}, \quad (5.4)$$

де $a = 1,857 \cdot 10^{-3}$ кг/год – витрата каніфолі.

Максимальне виділення парів кислот визначається за формулою (5.5):

$$M_k = \frac{a \cdot K_k \cdot 10^3}{3600} = \frac{7,143 \cdot 10^{-4} \cdot 0,044 \cdot 10^3}{3600} = 8,681 \cdot 10^{-6} \text{ г/с}, \quad (5.5)$$

де $K_k = 0,35 \cdot 0,125 = 0,044$ в.о. – процентний вміст кислоти в розчині.

Валове виділення парів кислот визначається по формулі (5.6):

$$G_3 = Q_2 \cdot K_k \cdot 10^{-3} = 0,125 \cdot 0,044 \cdot 10^{-3} = 5,469 \cdot 10^{-6} \text{ т/рік}. \quad (5.6)$$

5.3 Заходи до вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища

Для процесу виробництва друкованої плати було розроблено кілька заходів щодо зниження забруднень. Наведемо перелік таких заходів:

- використання технології поверхневого монтажу замість технології металізованих наскрізних отворів;
- *очищення і підготовка поверхні* з використання очисників, що не утворюють хелати для підвищення строку використання ультразвукової ванни;
- формування рисунка і маскування з використанням фоторезисту, що проявляються у водяних розчинах;
- трафаретна печать замість фотолітографії;
- переробка/повторне використання обладнання для видалення фоторезисту;

- заміна на механічне виготовлення друкованої плати, ванн, що не використовують ціаніди, переробка/повторне використання очисників і промивань;
- травлення з використанням формування малюнка замість металевого покриття, повторне використання травильних розчинів;
- виділення металів шляхом регенеративного електрохімічного добування і іонно-обмінними технологіями приводить до майже нульового скидання стічних вод для окремих потоків, що містять метали. Важкі метали відновлюються у вигляді металевих пластин, при цьому їх зміст в осаді знижується на 95%. Металевий осад, не оброблений з метою добування металів, підлягає утилізації на екологічно безпечних полігонах утилізації твердих відходів.

Висновки до розділу 5

Зваживши на можливе забруднення навколишнього середовища при виробництві друкованої пристрою для заряду акумуляторних батарей асиметричним струмом в даному розділі наведено заходи щодо зниження забруднення навколишнього середовища та виконано розрахунок кількості шкідливих речовин, що виділяються в процесі виготовлення кінцевого продукту.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Охорона праці – як галузь людської діяльності – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі її трудової діяльності.

Основною метою охорони праці є створення безпечних умов трудової діяльності людини, забезпечення її високої та ефективної працездатності.

Охорона праці як соціально-технічна дисципліна вивчає теоретичні та практичні питання безпеки праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і отруєнням, аваріям (катастрофам), пожежам і вибухам на виробництві. Вона вивчається з метою формування у майбутніх фахівців необхідного рівня знань та умінь з правових і організаційних питань охорони та гігієни праці, виробничої санітарії, техніки безпеки, а також активної позиції щодо практичної реалізації головного принципу Конституції України – пріоритетності охорони життя та здоров'я працівників відносно результатів виробничої діяльності.

Предметом охорони праці як галузі знання є умови праці, а об'єктом її дослідження виступає виробнича система, яка включає людину, машину (виробниче устаткування) та середовище, в якому здійснюється виробничий процес.

Методологічною основою охорони праці є системний підхід до вивчення організації праці з точки зору її безпеки, функціонування системи «людина – машина – середовище», аналізу фізичних, хімічних, біологічних, психологічних та соціальних факторів безпеки виробничого процесу та її організаційного і правового забезпечення.

Міждисциплінарний характер охорони праці зумовлює використання нею методів різних наук: статистики – для аналізу та прогнозування нещасних

випадків, професійних захворювань і аварій; економіки – для обґрунтування витрат на заходи щодо охорони праці; фізики, хімії, біології – для вивчення параметрів мікроклімату, наявності шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, встановлення їх гранично допустимого рівня та ін.

Охорона праці не тільки застосовує законодавчу базу з проблем галузі, але і творчо збагачує та адаптує її до новітніх технологій та устаткування у нових економічних умовах.

6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на людину в процесі виробництва та експлуатації системи

Особливістю негативного впливу комп'ютерних технологій на працездатність і здоров'я людини є комплексна одночасна дія декількох шкідливих факторів, при значній інтенсивності яких відбувається накопичення і акумулювання їх впливу, що викликає суттєві зміни в організмі людини, розлад функцій окремих органів і систем.

До основних негативних факторів належать: випромінювання різних діапазонів електромагнітного спектру (рентгенівське та оптичне випромінювання, високочастотні та низькочастотні ЕМП, ЕМП з надто низькими частотами, електростатичні поля), шум у джерелі ВДТ, психосоціальні фактори виробничого середовища, нервово-емоційна напруга та інші.

Робота ЕВМ і ВДТ призводить до зміни фонові концентрації іонів повітря. Так, приблизно через 5 хвилин роботи монітору концентрація легких негативних іонів знижується в 5-10 разів (фонове значення цього показнику становить 350-620 іонів/см³), а через 3 години роботи їх концентрація наближається до нуля. Знижується також концентрація середніх і тяжких негативних іонів, натомість концентрація позитивного заряджених іонів різко зростає, що дуже негативно відбивається на газообміні в легенях, загальному почутті людини. Значна кількість позитивних іонів, особливо тяжких,

призводить до підвищення артеріального тиску, тахікардії, прояву болю в області серця, затрудненню дихання, прискоренню швидкості осідання еритроцитів, розладу функцій центральної нервової системи (дратівливість, головний біль, порушення сну, тонусу м'язів і ін.), порушення травлення.

Оптимальним рівнем аероіонізації на робочому місці рахується вміст легких іонів від 150 до 5000 в 1 см³, повітря (Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений №2152-80).

Нормалізувати іонний склад повітря виробничої зони можна різними способами: механічна вентиляція, застосування іонізаторів, заземлених захисних екранів тощо.

Доза рентгенівського випромінювання перед екраном монітора на відстані 50 см від його поверхні є безпечною, вона не досягає межі допустимого рівня (50 мкР/год), але не вивчена дія цих променів у поєднанні з іншими, які генеруються ЕОМ на людину, що не дозволяє говорити відносно безпечної їх дії.

Згідно даних ВООЗ, електромагнітні випромінювання викликають розвиток катаракти. Потенційно сприяють розвитку катаракти іонізуюче, ультрафіолетове – А, інфрачервоне і мікрохвильове випромінювання.

На працездатність та самопочуття людини негативно впливає шум від роботи електронно-обчислювальних машин. При цьому тривала дія шуму призводить до зниження розумової працездатності на 10-15%, швидкої зорової втоми, послаблення уваги, порушення психофізіологічних процесів. Вплив шуму ВДТ є однією із причин розвитку стресу, погіршення настрою, сенсорного перевантаження, змін кровопостачання тканин і органів у зв'язку зі спазмами капілярів.

Професійна діяльність працівника на ВДТ є причиною функціональних змін нервово-м'язового апарата і кровопостачання ока, які призводять до розвитку астеноптичних скарг. Встановлено, що жінки частіше, ніж чоловіки,

скаржаться на зоровий дискомфорт. При цьому відмічено, що в більшості випадків частота астенопії зростає зі збільшенням тривалості роботи за ВДТ.

Астеноптичні скарги пов'язані також з освітленням робочого місця, відблиском екрану, тремтінням та мерехтінням зображення, сухістю повітря тощо. Встановлено, що у 72% користувачів ВДТ мають місце скарги на біль в очах. Результатом напруженої тривалої зорової роботи на ЕОМ може бути не лише специфічний зоровий дискомфорт, але і виникнення головного болю.

Стресові стани, які розвиваються при довготривалій напруженій роботі за ЕОМ, є однією із причин виникнення соматичних, фізіологічних, психологічних змін в організмі.

Фізіологічні порушення супроводжуються розладами функцій шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи, скелетних м'язів, залоз внутрішньої секреції, шкіри, статевої системи. Встановлено, що ці розлади частіше мають місце у працівників з високою та середньою тривалістю роботи за ЕОМ.

До психологічних і поведінкових розладів відносяться: агресивність, фрустрація, нервозність, дратівливість, порушення сну, швидкий розвиток втоми тощо.

Зміни на соматичному, фізіологічному, психологічному і поведінковому рівнях працівників на електронно-обчислювальних машинах та відеодисплейних терміналах пов'язані з високим навантаженням при виконанні завдань, високою емоційально-психологічною напруженістю та дією негативних виробничих факторів.

Самими небезпечними факторами при виникненні пожежі є токсичні продукти горіння(оксиди вуглецю, ціанід водню та ін.).

Виходячи з цього, завжди, в першу чергу, необхідно терміново залишити активну зону горіння. Перед тим, як вийти з приміщення, потрібно перекрити газ та вимкнути усі електроприлади, а краще здійснити повне знеструмлення об'єкту. При виході щільно закрити двері.

Якщо пожежа виникла на вашому поверху і безпосередньої загрози для працівників немає, то потрібно здійснити запобіжні заходи від можливого негативного впливу води, яку використовують для гасіння. При цьому знеструмлюють приміщення, відсувають від стін меблі, накривають обладнання, предмети тощо захисною плівкою або іншими підручними засобами. На випадок виникнення пожежі на нижньому поверсі, виникає загроза негативного впливу диму на людей та перешкода для їх евакуації. У такому разі приміщення потрібно негайно залишити, але перед тим, як виходити через двері, їх треба трохи привідчинити (ні в якому разі не можна різко відкривати або вибивати двері, бо миттєвий доступ кисню може викликати викид полум'я). Тому під час пожежі двері треба відчиняти обережно з урахуванням перепаду температури і впливу полум'я.

Після відчинення дверей і впевненості, що на шляху виходу з будівлі ще немає сильного задимлення та високої температури, необхідно негайно залишити будинок, рухаючись по коридорам та сходовим клітинам.

Якщо приміщення відрізане вогнем, димом, високою температурою від основних шляхів евакуації, то насамперед необхідно перешкодити доступу диму і продуктів горіння до нього, для чого негайно закрити усі щілини у дверях будь-яким матеріалом (ганчірки, штори тощо), за винятком синтетичних. Краще, щоб вони були змочені водою.

У приміщенні, яке заповнене димом, рухатись потрібно повзком у напрямку до вікна, закривши при цьому за можливості ніс та рот зволоженою тканиною і подати сигнал про допомогу. Ніколи не стрибайте у вікно без самої явної про це необхідності (кожен другий стрибок з четвертого поверху при пожежі є смертельним). Якщо стрибати все ж таки прийдеться, спочатку викиньте за можливості через вікно м'які речі: матраци, подушки і ін., спробуйте залізти на підвіконник, повиснути на ньому, на руках, щоб зменшити висоту падіння і, відштовхнувшись, стрибайте, спрямовуючи своє тіло на м'які предмети. При рятуванні потерпілих з будівель, що горять, та при гасінні пожежі виконувати наступні правила:

- перед тим, як увійти у палаюче приміщення, накритися з головою мокрим покривалом, плащем тощо;
- двері в задимлене приміщення відкривати обережно, поволі, прикриваючи корпус тіла дверним полотном для того, щоб уникнути спалаху полум'я від швидкого приливу свіжого повітря;
- у дуже задимленому приміщенні пересуватись поповзом або схилившись, бо більшість нагрітих газоподібних речовин та дим скупчуються у верхній частині приміщення;
- для захисту від чадного газу по можливості дихати крізь зволожену тканину;
- якщо виникло займання одягу, лягти на землю (підлогу) та перекинутися для збиття полум'я (бігти не можна, тому що полум'я може ще збільшитися);
- побачивши людину, на якій горить одяг, потрібно накинути на неї пальто, плащ, покривало та щільно притиснути і, таким чином, збити полум'я;
- при гасінні пожежі використовувати вогнегасники та інші засоби гасіння за призначенням, спрямовуючи їх на поверхню, що горить.

6.2. Розрахунок загального освітлення приміщення лабораторії

Для розрахунку загального рівномірного штучного освітлення лабораторії застосовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку, за допомогою якого визначимо кількість світильників для даного приміщення.

Вхідні дані для розрахунків зведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вхідні дані для розрахунків

№ п/п	Параметр	Позначення	Величина
1	Довжина лабораторії, м	<i>A</i>	6
2	Ширина лабораторії, м	<i>B</i>	5

Продовження табл. 4.1

	Параметр	Позначення	Величина
3	Висота лабораторії, м	H	3
4	Напруга мережі живлення, В	U	220
5	Коефіцієнт відображення підволоки, %	$\rho_{\text{п}}$	50
6	Коефіцієнт відображення переборок, %	$\rho_{\text{с}}$	30
7	Коефіцієнт відображення робочої поверхні, %	$\rho_{\text{р}}$	30

Висоту підвісу світильників над рівнем робочої поверхні визначимо з (6.1):

$$H_{\text{р}} = H - h_{\text{р}} - h_{\text{с}} = 3 - 0,8 - 0,5 = 1,7 \text{ м}, \quad (6.1)$$

де $H = 3$ – висота лабораторії, м;

$h_{\text{р}} = 0,8$ – висота робочої поверхні над підлогою, м;

$h_{\text{с}} = 0,5$ – відстань світлового центру світильника від стелі, м.

Оптимальна відстань між світильником при багаторядному розташуванні, визначається за формулою (6.2):

$$L = 1,5 \cdot H_{\text{р}} = 1,5 \cdot 1,7 = 2,6 \text{ м}, \quad (6.2)$$

Розраховуємо приблизну кількість світильників загального освітлення у приміщенні за виразом (6.3):

$$N = (A \cdot B) / L^2 = (6 \cdot 5) / 2,6^2 \approx 5 \text{ шт.}, \quad (6.3)$$

де $A = 6$ – довжина лабораторії, м;

$B = 5$ – ширина лабораторії, м.

З (6.4) Визначимо оптимальне число рядів:

$$n_p = \frac{B}{L} = \frac{5}{2,6} \approx 2 \text{ ряди.} \quad (6.4)$$

Отже приймаємо 2 ряди, тобто 1 відстань:

$$1 \cdot L = 1 \cdot 2,6 = 2,6 \text{ м} < B = 5 \text{ м.}$$

Кількість світильників в одному ряді знайдемо з (6.5):

$$\frac{N}{n_p} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ шт.} \quad (6.5)$$

Приймаємо 3 світильника, тобто 2 відстані:

$$2 \cdot L = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ м} < A = 6 \text{ м, } 2 \cdot 3 = 6 \text{ шт.}$$

Отже приймаємо 6 світильників в 2 ряди по 3 штуки.

Знайдемо відстань від переборки до центру світильника:

а) при віддаленні робочих місць від переборки

$$l = (0,4 \div 0,5) \cdot L = 0,4 \cdot 2,6 = 1,04 \text{ м,}$$

б) при розміщенні робочих місць вздовж переборки

$$l = (0,25 \div 0,3) \cdot L = 0,25 \cdot 2,6 = 0,65 \text{ м,}$$

Перевірка: $(B - L) / 2 = (5 - 2,6) / 2 = 1,2 \text{ м,}$

$(A - 2L) / 2 = (6 - 5,2) / 2 = 0,4 \text{ м.}$

З виразу (6.6) знайдемо індекс приміщення для лабораторії

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A+B)} = \frac{6 \cdot 5}{1,7(6+5)} = 1,6 \text{ приймаємо } 1,75. \quad (6.6)$$

Для обраного світильника типу ЛПО коефіцієнт використання світлового потоку згідно з коефіцієнтами відбиття поверхні стелі 50% та робочої поверхні 30% становитиме $\eta = 0,53$.

Світловий потік однієї лампи розрахуємо за виразом (6.7):

$$\Phi = \frac{E_{\min} S K_3 Z}{N \eta n} = \frac{300 \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6,36} = 2335 \text{ лм.} \quad (6.7)$$

для лабораторії $E_{\min} = 300$, $K_3 = 1,5$, $Z = 1,1$, $n = 2$ шт.

За знайденим світловим потоком обираємо лампу потужністю 40 Вт, яка має світловий потік 2500 лм, найбільш близький до розрахункового значення – ЛД.

Фактичну освітленість визначимо за (6.8):

$$E_{\Phi} = E_{\min} \cdot \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}} = 300 \cdot \frac{2500}{2335} = 321 \text{ лк.} \quad (6.8)$$

З (6.9) визначимо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_0 = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n = 40 \cdot 6 \cdot 2 = 480 \text{ Вт.} \quad (6.9)$$

Таким чином розраховано, що для загального освітлення приміщення робочої лабораторії можна використати світильники типу ЛПО, з люмінесцентними лаПМми ЛД40 в кількості – 6 штук та сумарною потужністю

освітлювальної установки 480 Вт, які повністю відповідатимуть нормам та задовольнятимуть потребам працюючого персоналу.

6.3. Організація робочого місця та вимоги по розміщенню ПК

Організація робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати відповідність всіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам, характеру та особливостям трудової діяльності [19]. Площа одного робочого місця повинна бути не менше 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 . При розміщенні робочих місць необхідно дотримуватись таких вимог:

- природне світло повинно падати збоку, переважно зліва;
- відстань від робочого місця до стін зі світловим прорізами повинна складати не менше 1 м;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів має бути не меншою за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотермінала та екрана іншого не повинна бути меншою 2,5 м, а прохід між рядами робочих місць – не меншим одного метра.

Висота робочої поверхні столу для відеотермінала має бути в межах 68-80 см, а ширина повинна забезпечувати можливість використання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри столу: висота – 72,5 см, ширина – 60-140 см, глибина – 80-100 см).

Робоче сидіння (стілець, крісло) працівника на обчислювальній техніці повинно бути підйомно-поворотним, плоским, спереду закругленим, а для усунення статичного напруження м'язів рук улаштоване стаціонарними або змінними підлокітниками.

Екран відеотермінала та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей працівника, але не ближче 60 см, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів.

При потребі високої концентрації уваги під час виконання робіт з високим рівнем напруженості суміщені робочі місця з відеотерміналами та персональними ЕОМ необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5-2 м.

Організація робочого місця з ПК для управління технологічними обладнаннями має передбачати:

- а) достатній простір для людини-оператора;
- б) вільну досяжність органів ручного управління в зоні моторного поля: відстань по висоті – до 133 см, по глибині – 40-50 см;
- в) розташування екрана відеотермінала в робочій зоні, яке забезпечувало б зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом плюс-мінус 30° від лінії зору оператора;
- г) можливість повертання екрана відеотермінала навколо горизонтальної та вертикальної осі.

Висновки до розділу 6

В даному розділі дипломного проекту було проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори, що впливають на людину при розробці пристрою, а також дії працівників лабораторії на випадок пожежі. Виконано розрахунок загального освітлення приміщення лабораторії з використанням люмінесцентних ламп. Сформульовано вимоги до організації робочого місця та вимоги по розміщенню ПК в лабораторії.

ВИСНОВОКИ

У магістерській роботі розглядається задача контролю електроприводу подачі супорта токарного верстата. Для вирішення цього завдання проведено аналіз різних існуючих методів технічного діагностування динамічних систем і обраний метод алгебраїчного інваріанта для реалізації блоку контролю електроприводу, тому що з його допомогою можна здійснювати контроль електроприводу під час його функціонування.

Система побудована за принципом підлеглого регулювання, що є ефективним засобом формування перехідних процесів із заданою якістю. Налаштовані на технічний оптимум контури управління по струму і швидкості, підібрані параметри ПІ-регуляторів, що дозволило підвищити швидкодію системи і зменшити час перерегулювання перехідного процесу.

Побудована функціональна схема електроприводу з подачею сигналів на блок контролю. Складено передавальні функції динамічних ланок електроприводу і виведено основне рівняння алгебраїчного інваріанта. На основі цього рівняння складена структурна схема блоку контролю електроприводу подачі супорта токарного верстата. Розроблено блок індикації і побудовані його структурна і електрична схеми. Розраховані коефіцієнти передачі ланок і постійні часу блоку контролю, на основі яких побудована електрична схема. Розраховані і обрані за ДСТУ елементи електричної схеми блоку контролю. Розроблено інструкцію по експлуатації блоку контролю.

Виконано спосіб виготовлення друкованої плати і процес її складання. Розраховані розміри друкованої плати і виконані розрахунки її надійності і теплостійкості.

Список використаних джерел

1. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Энергоиздат, 1981. 576с., ил.
2. Схиртладзе А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под ред. Ю.М. Соломенцева.- 2-е изд., перераб. и доп.- М: Высшая школа, 2001-407 с., ил.
3. Мироновский Л.А. Функциональное диагностирование динамических систем (обзор). – Автоматика и телемеханика, 1980, №8, С.96-121
4. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/ И. Х. Евзеров, Горобец, Б. М. Мошкович и др.; Под ред. В. М. Перельмутера. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Найдис В.А., Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Юферов В.Ф. Электроприводы с полупроводниковым управлением. Системы постоянного тока на тиристорах / Под ред. М.Г. Чиликина. М.-Л.: Энергия, 1966, 104с., с черт.
6. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока.- М.:Энергоатомиздат, 1988.-304с, ил.
7. Сандлер А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков. – М.: Высшая школа, 1972. – 440с.
8. Теория систем автоматического управления. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Наука, Главная редакция физико-математической литературы, М., 1972.
9. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник для вузов.-М.: Машиностроение, 1990.- 304 с.:ил.
10. Завалишинские чтения '07 Сборник докладов. Атанов В.А., Бритов Г.С. Функциональный контроль электропривода. М.: СПбГУАП. СПб. 2007
11. Резисторы: (справочник) / Ю.Н. Андреев, А.И. Антоян, Д.М. Иванов и др.; Под ред. И.И. Четверткова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 352с., ил.
12. Титус У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1983.-512 с., ил.

13. Соколов Н.Г., Елисеев В.А. Расчеты по автоматизированному электроприводу металлорежущих станков, - М.: Высшая школа, 1970г.
14. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина и др. - М.: Энергоиздат, 1982г.
15. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. М.: Издательство стандартов. 1989.
16. Александров К. К., Кузьмина Е. Г. Электротехнические чертежи и схемы: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
17. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами/ Под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера — М.: Энергоиздат, 1982
18. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; под ред. Э.Т. Романычевой. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Радио и связь, 1989- 448с.: ил.