

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електроприводу
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 14 Електрична інженерія
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки _____
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(код і назва спеціальності)

(Електромеханічні системи автоматизації та електропривод)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація _____
(код і назва кваліфікації)

на тему: Електрообладнання двохверстатного робототехнічного комплексу

Виконавець:

студент IV курсу, групи 141-16-4

Муратов В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Колб А.А.		
розділів: 1,2,3	Колб А.А.		
Економічна частина	Тимошенко Л.В.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Рецензент	.		
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2020

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Електропривода

(повна назва)

М.М. Казачковський

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту 141-16-4

(група)

Муратову В.О.

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Електрообладнання двохверстатного
робототехнічного комплексу

затверджена наказом ректора ДВНЗ "НГУ" від. _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Технологічна частина	
2	Автоматизований електропривод	
3	Моделювання	
4	Охорона праці	
5	. Економіка	

Завдання видав

(підпис)

Колб А.А.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Муратов В.А.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ДЕК _____

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Склад РТК і вимоги до нього

1.2 Технічна характеристика верстата 1У340Ф30

1.3 Технічна характеристика промислового робота М20П.40.01

1.4 Структура і компоновання РТК

1.5 Загальні вимоги до приводу промислових роботів:

2 Основна частина

2.1 Вихідні дані

2.2 Побудова навантажувальної діаграми та вибір потужності двигуна

2.2.1 Побудова діаграми швидкості

2.2.2 Побудова спрощеної навантажувальної діаграми виконавчих механізмів

2.2.3 Вибір потужності двигуна за спрощеною навантажувальною діаграмою

2.3 Побудова функціональної схеми САУ

2.4 Розрахунок і вибір силових елементів системи ТП - Д

2.4.1 Вибір керованого перетворювача

2.4.2 Визначення параметрів об'єкта регулювання

2.4.3 Вибір згладжує дроселя

2.5 Розрахунок параметрів системи ТП-Д

2.5.1 Структурна схема САУ

2.5.2 Налаштування контуру струму

2.5.3 Особливості роботи контуру струму в режимі переривчастих струмів

2.5.4 Розрахунок контуру швидкості

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5.5 Розрахунок контуру положення при відпрацюванні малих переміщень (або для випадку режиму стеження)

2.6 Розрахунок системи автоматичного регулювання методом стандартних перехідних характеристик

2.6.1 Розрахунок слідкуючого приводу з нормованим характеристичним рівнянням при пропорційному регуляторі положення і швидкості

2.7 Статична точність системи позиціонування

2.8 Динамічні помилки стежить системи з пропорційним регулятором швидкості і положення

3 МОДЕЛЮВАННЯ

ВИСНОВКИ

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок капітальних витрат

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

4.2.1. Річний фонд амортизаційних відрахувань

4.2.2. Витрати на техобслуговування агрегату

4.2.3. Річний фонд заробітної плати

4.2.4. Річні витрати на електроенергію

4.3. Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

4.3.1. Визначення річної економії від впровадження проекту

4.3.2. Визначення економічних показників

ВИСНОВОК

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.1.1 Клас приміщення за небезпекою ураження електричним струмом

5.1.2 Режим нейтралі мережі живлення на об'єкті

							ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

5.1.3 Заходи з електробезпеки

5.1.4 Заходи з охорони праці по спецчастини

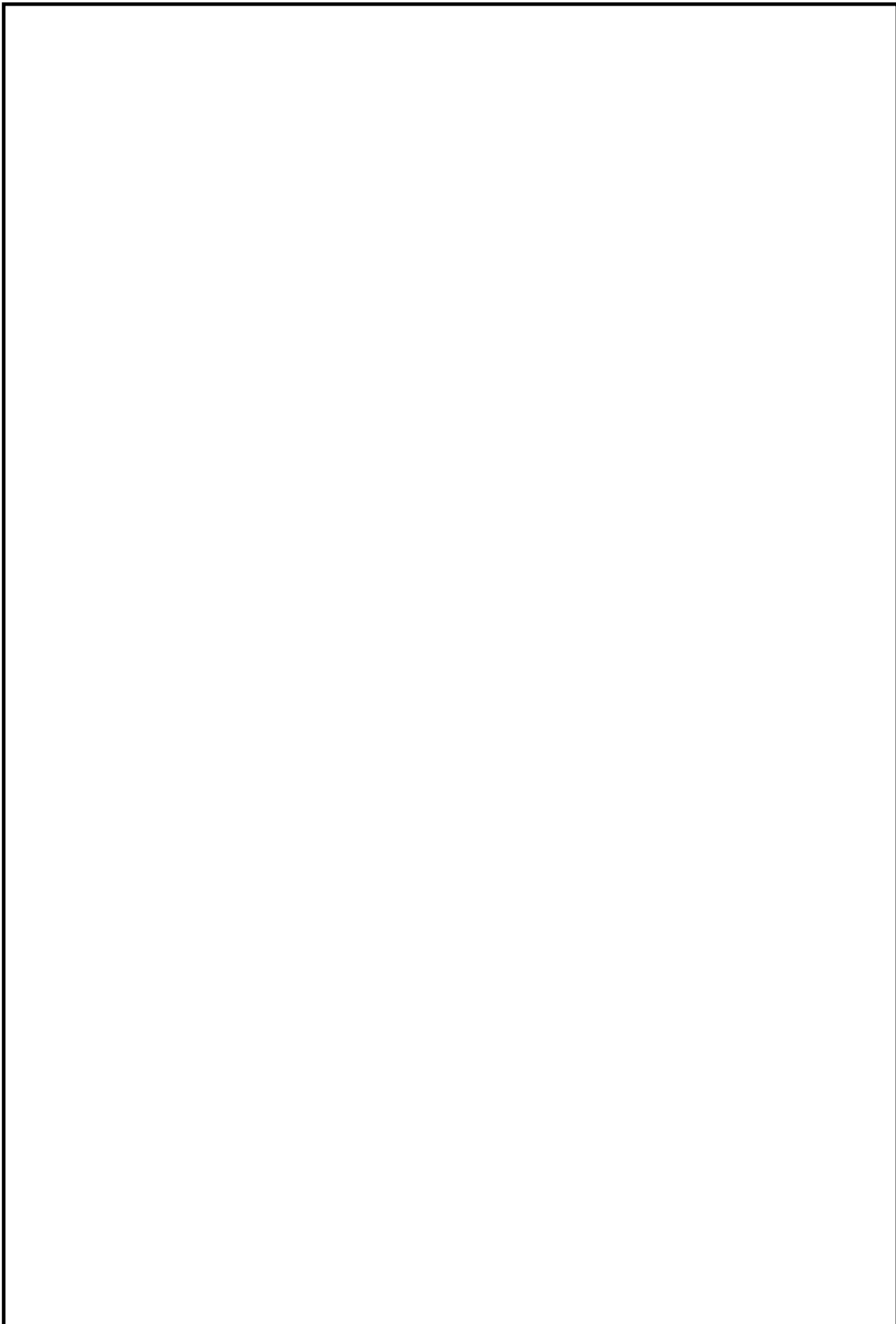
5.2 Розрахункова частина

5.2.1 Розрахунок освітлення

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

стор.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реферат

(Пояснювальна записка: 69 стор., 25 рис., 12 табл., 2 додатки, 20 джерел.)

Об'єкт розробки: робототехнічний комплекс на базі двох токарних верстатів з ЧПУ (2P22 3.035.087) і промислового робота (M20П.40.01).

Мета дипломного проекту: спроектувати робототехнічний комплекс з детальною розробкою електроприводу повороту робота.

У вступі показано стан проблеми, описана причина необхідності створення робототехнічного комплексу, конкретизовані завдання дипломного проекту.

У технологічній частині коротко описаний склад РТК і основні технічні характеристики використовуваного обладнання, а також наведені загальні вимоги до електроприводу проєктованого механізму.

У спецчастини детально розробляється електропривод повороту робота, здійснюється модернізація субблока ОЗУ (SB-884) пристрої числового програмного керування 2P22 3.035.087, шляхом заміни логічних елементів виконаних на мікросхемах серії K155 на одну мікросхему, в цій частині розміщена робоча математична модель, що підтверджує працездатність розробленого механізму.

У розділі "Електропостачання об'єкта" розрахована оптимальна компенсація реактивної потужності цеху, в якому знаходиться проєктована обладнання.

В економічній частині наведено розрахунок економічного ефекту, який буде досягнутий при впровадженні проєкту.

У розділі "Охорона праці" описані інженерно-технічні заходи з охорони праці, і розраховане освітлення для цеху, в якому буде знаходитися проєктоване обладнання.

Практичне значення проєкту полягає в створенні системи комплексної автоматизації та суттєве підвищення продуктивності праці.

Розроблений технічний проєкт може бути використаний на середніх і великих промислових підприємствах в механоскладальних цехах.

Комплекс робототехнічний, ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ, ЕЛЕКТРОПРИВІД ПОВОРОТУ РОБОТА, Числовий ПРОГРАМНЕ УПРАВЛІННЯ, що стежить.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розробка і впровадження промислових роботів дозволяє вирішити задачу створення систем комплексної автоматизації на промислових підприємствах, переглянути розподіл функцій між людиною і машиною, істотно підвищити продуктивність праці. Це одна з рушійних сил автоматизації і разом з тим один з найважливіших засобів для глибоких соціально-економічних перетворень в сфері праці.

У дипломному проекті автоматизується робототехнічний комплекс, що складається з двох токарних верстатів з ЧПУ (1У340Ф30) і промислового робота (М20П.40.01). Детально розробляється електропривод повороту робота: вибирається двигун, будується функціональна схема САУ, розраховуються і вибираються силові елементи системи тіртсторний перетворювач-двигун, робиться перерахунок системи автоматичного регулювання методом стандартних перехідних характеристик, проводиться оптимізація контурів з урахуванням заданої статичної та динамічної точності.

Вирішується проблема модернізації пристрою числового програмного керування 2Р22 3.035087, а саме субблока ОЗУ (SB-884). Це дуже актуально, оскільки підвищується швидкодія і знижується енергоспоживання.

На прикладі проєктованого обладнання можна створювати подібні РТК, з різними верстатами і роботами і застосовувати на великих і середніх промислових підприємствах в ковальсько-пресовому виробництві, в механообробке, в складальному виробництві, в зварювальному виробництві, в ливарному виробництві, а також розробляти роботизовані технологічні лінії.

Надійність РТК - це його: безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість і довговічність, отже і складові елементи РТК повинні бути виготовлені без вад. Розроблений електропривод повороту робота відповідає всім вимогам, викладеним в технологічній частині до електроприводів промислових роботів, крім того: обраний найкращий конструктивний варіант промислового робота, використовуються надійні комплектуючі, використовується технічна діагностика і регулярно проводиться технічне обслуговування всього обладнання.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Склад РТК і вимоги до нього

Комплекс робототехнічний, що розробляється в дипломному проекті, складається з двох верстатів і промислового робота, що обслуговує ці верстати. Відмінною особливістю процесу обробки деталі в РТК є:

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) відсутність високих температур нагрівання заготовок;
- 2) досить відносно велика машинний час обробки виробів;
- 3) точна форма заготовок і особливо виробів.

Номенклатура деталей, обробка яких технічно можлива і доцільна на автоматизованих комплексах «верстат - робот», визначається наступними факторами:

- 1) конструктивними параметрами деталей;
- 2) видом і станом заготовки, що надходить на обробку;
- 3) технічними вимогами, що пред'являються до деталі;
- 4) габаритними розмірами і масою деталі.

Деталі, призначені для обробки в системі «верстат - робот», повинні мати такі параметри:

1) однорідні за формою і розташуванням поверхні для базування і захоплення, що дозволяють без додаткової перевірки встановлювати їх на верстат, де для базування і закріплення використовується широкоуніверсальний технологічне оснащення (центри, патрони, пневмотіски і т. д.);

2) ясно виражені бази і ознаки орієнтації, що дозволяють організувати транспортування і складування заготовок близько верстатів в орієнтованому вигляді з використанням стандартної допоміжної оснастки;

3) можливість уніфікувати процеси обробки і типи обладнання для застосування групового методу обробки.

РТК створюється на базі токарних верстатів з ЧПУ (1У340Ф30), здатних функціонувати в автоматичному режимі і легко переналагоджуються на обробку нового виробу. Верстати, що входять до складу РТК забезпечують: автоматичний затиск і звільнення деталі на верстаті; точне і надійне базування деталі в установчому пристосуванні верстата; відділення стружки від деталі в процесі різання і механізоване видалення її із зони обробки; автоматизацію контролю окремих параметрів деталі в процесі обробки; зв'язок систем управління і електросхем верстата і ПР, що забезпечує повністю автоматичний цикл роботи РТК.

1.2 Технічна характеристика верстата 1У340Ф30

Таблиця 1. 1 - Технічна характеристика верстата

Найменування параметрів					дані
Найбільший діаметр оброблюваного прутка при затискної і подає трубах					40
					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					Арк.

при передньому затиску	55
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною	400
Найбільша довжина оброблюваного виробу	100
Кількість граней револьверної головки	8
Відстань від переднього торця шпинделя до револьверної головки	
найменша	226
найбільше	530
Найбільше поперечне переміщення револьверної головки	110
Відстань від низу підстави верстата	1060
Кількість швидкостей шпинделя	безступінчатий.
Частота обертання шпинделя, об / хв	
пряме обертання	10 ... 2500
Кількість подач револьверного супорта	
поздовжні	безступінчатий.
поперечні	безступінчатий.
Межі поддача револьверного супорта, мм / хв	
поздовжніх	1 ... 2500
поперечних	1 ... 2500
Дискретність переміщення револьверного супорта	
поздовжнього	0,010 або 0,002
поперечного	0,005 або 0,001
Швидкість прискорених переміщень револьверного супорта, м / хв	
поздовжніх	10
поперечних	5
Кількість подач відрізного супорта	безступінчатий.
Межі подач відрізного супорта, мм / хв	5 ... 600
Швидкість прискореного ходу відрізного супорта, м / хв	8
Габаритні розміри верстата, в комплекті з транспортером для прибирання стружки	
довжина	3830
Ширина	1500
Висота	1710
Маса верстата (без транспортера для збирання стружки), кг	3270

Промисловий робот - M20П.40.01, який використовується в РТК обслуговує два верстати та утворює разом з накопичувальними і транспортними пристроями гнучкий виробничий обробний комплекс, призначений для тривалої роботи, без участі оператора. Пристрій ЧПУ позиційного типу забезпечує управління переміщеннями руки в

циліндричній системі координат, циклове управління рухами пензля

Арк.

ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

затискачем-розтуляючи схвата, а також подачу команд пуску циклів роботи верстатів, іншого технологічного обладнання та прийому відповідних команд після виконання цих циклів. Можливі три режими роботи ПР:

- 1) «Навчання» - повернення в нульову точку, ручне управління і перемикається по кожній осі координат, введення в пам'ять заданих значень координат, швидкості переміщень, кількості оброблених деталей (циклів) і ін .;
- 2) «Автомат» - автоматичне керування за заданою програмою;
- 3) «Редагування» - підготовка і коригування даних управління роботом.

1.3 Технічна характеристика промислового робота M20П.40.01

а. Таблиця 1.2 - Технічна характеристика ПР

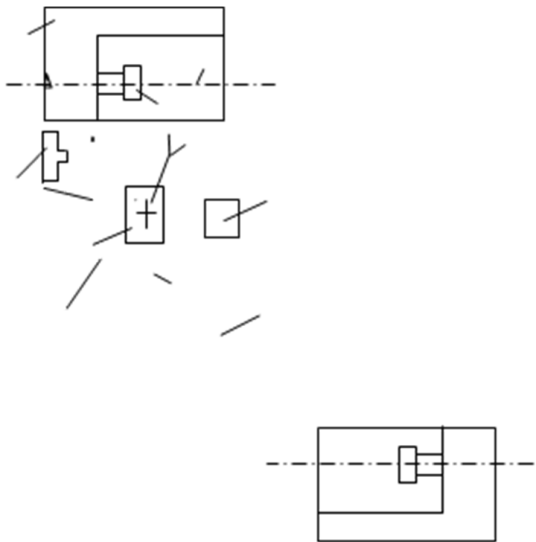
1.	Номінальна вантажопідйомність, кг	20
2.	Число ступенів рухливості	5
3.	Найбільші лінійні переміщення, мм:	
	по вертикальній осі	500
	по горизонтальній осі (L3)	500
		800
		1100
4.	Найбільше кутове переміщення, град:	
	руки щодо вертикальної осі	300
	кисті щодо поздовжньої осі	90; +180
	кисті щодо поперечної осі	±3,5
5.	Діапазон швидкості лінійних переміщень, м / с:	
	по вертикальній осі	0.005 ... 0.5
	по горизонтальній осі	0.008 ... 1.0
6.	Діапазон швидкості кутових переміщень, град / с:	
	руки щодо вертикальної осі	60
	кисті щодо поздовжньої осі	60
	кисті щодо поперечної осі	30
7.	Найбільша абсолютна помилка позиціонування, мм	±1
8.	Зусилля затиску схвата, Н	350; 500
9.	Час затиску-разжима, з	2
10.	Діапазон розмірів, що захоплюються деталей по зовнішньому діаметру, мм	50 ... 268
11.	Маса (без пристрою ЧПУ), кг	570

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1.4 Структура і компоунвання РТК

Структура РТК токарного оброблення має наступний вигляд:

Мал. 1.1 Токарський РТК, в якому ПР обслуговує два однотипних верстата



- 1, 8 - токарно-револьверний патронний верстат з ЧПУ (1У340Ф30);
- 2 - патрон верстата;
- 3 - вісь шпинделя;
- 4 - підлоговий промисловий робот з чотирма ступенями рухливості;
- 5 - подає пристрій, який подає в робочу зону ПР чергову заготовку;
- 6 - приймальний пристрій;
- 7 - циліндрична робоча зона.

Можливі три режими роботи ПР: 1) «навчання» - повернення в нульову точку, ручне управління і перемикається по кожній осі координат, введення в пам'ять заданих значень координат, швидкості переміщень, кількості оброблюваних деталей (циклів) і ін.; 2) «автомат» - автоматичне керування за заданою програмою; 3) «редагування» - підготовка і коригування даних управління роботом.

Типовий робочий цикл ПР при зміні заготовки на токарному верстаті з ЧПУ включає в себе наступні етапи: підведення руки ПР до патрона верстата - захоплення обробленої деталі - відведення руки у вихідну точку - підвід руки до тактовою столу - опускання деталі - захоплення черговий заготовки - підведення заготовки до патрона верстата - звільнення заготовки після затиску її в патроні - відведення руки у вихідну точку - початок циклу обробки на верстаті.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільша кількість одночасно керованих координатних переміщень може бути: 1 - в режимі позиціонування (електродвигуни повороту, підйому-опускання або висунення руки) або 2 - в режимі циклового управління (пневмодвигатели блоку повороту кисті руки і схвата).

Існують наступні вимоги, необхідні для створення якісного технологічного процесу:

1) максимально можлива концентрація операцій на верстатах з ЧПУ, що дозволить скоротити число зупинок в процесі виробництва, поліпшить якість виробу за рахунок підвищення точності, скоротить час виробничого циклу;

2) оснащення верстатів легко переналагоджуваної оснащенням, що забезпечує без значної переналагодження високоточне базування і надійне кріплення деталі в процесі обробки;

3) ретельна підготовка баз на оброблюваних виробах, що гарантує отримання і збереження заданих кресленнями технічних вимог.

1.5 Загальні вимоги до приводу промислових роботів:

- 1) високу швидкодію (частота пропускання контуру швидкості $\omega_{пр} = (150-200) 1 / с$);
- 2) висока точність позиціонування (похибка не більше ± 0.2 мм);
- 3) висока точність підтримки заданої швидкості і траєкторії рухів до 0.1% від заданого;
- 4) мінімальна чутливість до зміни параметрів приводу та навколишнього середовища (інваріантність до можливих впливів);
- 5) широкий діапазон регулювання швидкості: $D = 1: 500$ (1: 1000);
- 6) мінімальні габарити і вага, що дозволяє вбудовувати двигун безпосередньо на робочі органи робота;
- 7) забезпечення необхідних законів розгону і гальмування для чого привід повинен володіти високою перевантажувальною здатністю: $\lambda_{дв} = 5-15$;
- 8) забезпечення безпеки приводу в аварійних випадках і при втраті живлення шляхом блокування приводу і збереження положення виконавчого механізму робота, відповідного попередньою станом;
- 9) зручність монтажу і обслуговування обладнання;
- 10) висока надійність, що забезпечує роботу робота на відмову не менше 1000 годин;
- 11) перерегулювання за швидкістю при стрибку керуючого впливу не повинно перевищувати 8-10%;
- 12) високий коефіцієнт корисної дії.

1.6 Загальні вимоги до автоматизації:

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- 1) По виду обробки геометричної інформації пристрій повинен є контурно-позиційним з жорстким завданням алгоритмів управління
- 2) Пристрій повинен забезпечує одночасне керування з круговою і лінійною інтерполяцією по двох координатах.
- 3) Пристрій має забезпечувати одночасне управління по трьох координатах.
- 4) Пристрій має забезпечувати нарізування різьблення на циліндричних і конічних поверхнях.

Пристрій повинен забезпечує завдання наступних режимів роботи за допомогою клавіатури пульта управління: автоматичний, покадровий, введення, введення констант, введення з зовнішніх носіїв інформації, пошук кадру, ручне управління, фіксоване положення, введення на зовнішні носії інформації, тестовий контроль.

- 5) Пристрій має забезпечувати видачу сигналів аналогових напруг 10В постійного струму для управління приводами подач.
 - 6) Пристрій має забезпечувати прийом аналогових сигналів напругою 10В постійного струму для ланцюгів адаптивного управління.
- 4)

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Основна частина

У дипломному проекті розроблений широко регульований стежить електропривод механізму повороту промислового робота з циліндричної системою координат.

Кінематична схема проектованого промислового робота М20П, призначеного для автоматизації промислових операцій при обслуговуванні металообробних верстатів з ЧПУ, зображена на аркуші, формату А1, прикладеного до проекту. Відповідно до вимог, що пред'являються до електроприводу, розраховуємо і вибираємо двигун і силові елементи приводу; вимірювально-перетворювальні пристрої; визначаємо коефіцієнти передач і постійні часу САУ; складаємо структурну схему приводу; виробляємо оптимізацію контурів регулювання з урахуванням заданої статичної та динамічної точності.

5)

2.1 Вихідні дані

тип приводу	ТП-Д		
Помилка, мм	0.2		
Добротність, 1 / с	150		
Вантажопідйомність, кг	20		
Час установки деталі, з	2		
Час паузи, з	5		
вимірювач неузгодженості	аналоговий		
механізм повороту			
1	Максимальний кут повороту	радий	2
2	Максимальна швидкість повороту	1 / с	1.3
3	Прискорення (уповільнення) при повороті	1 / с ²	24
4	Передавальне відношення редуктора	<i>i_n</i>	130
5	ККД редуктора		0.85
6	Момент інерції редуктора	<i>J_n</i>	кг · м ²
7	Максимальний момент інерції колони	<i>J_к</i>	кг · м ²
8	Момент опору на валу механізму повороту	<i>M_м</i>	нм
		<i>n</i>	650
9	Діапазон регулювання швидкості	<i>dn</i>	350
механізм підйому			

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота підйому	H	м	0.6
Максимальна швидкість підйому (опускання)	V_H	м / с	0.7
Прискорення (уповільнення) при підйомі (опусканні)	a_H	м / с²	8

Механізм висування руки

Максимальна висунення загарбного пристрої	L_в	м	0.6
Максимальна швидкість висування (втягування)	V_в	м / с	0.7
Прискорення (уповільнення) при висуванні	a_в	м / с²	8

2.2 Побудова навантажувальної діаграми та вибір потужності двигуна

Потужність двигуна попередньо вибирається орієнтовно, а потім будується навантажувальна діаграма двигуна і виробляється його перевірка по нагріванню і на перевантажувальну здатність.

2.2.1 Побудова діаграми швидкості

Для механізму повороту:

$$t_p = t_m = \frac{V_H}{a_H} = \frac{0.7}{8} = 0.0875 \text{ с},$$

$$\alpha_p = \alpha_m = \varepsilon_n \cdot t_p^2 / 2 = 24 \cdot 0.054^2 / 2 = 0.035 \text{ рад},$$

$$t_y = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_p - \alpha_m}{\omega_n} = \frac{5 - 0.035 - 0.035}{1.3} = 3.8 \text{ с},$$

Для механізму підйому

$$t_p = t_m = \frac{V_H}{a_H} = \frac{0.7}{8} = 0.0875 \text{ с},$$

$$h_p = h_m = a_n \cdot t_p^2 / 2 = 8 \cdot 0.085^2 / 2 = 0.03 \text{ м},$$

$$t_y = \frac{H - h_p - h_m}{V_n} = \frac{0.6 - 0.03 - 0.03}{2} = 0.77 \text{ с},$$

Для механізму висування руки:

$$t_p = t_m = \frac{V_B}{a_B} = \frac{0.7}{8} = 0.0875 \text{ с};$$

$$l_p = l_m = a_B \cdot t_p^2 / 2 = 8 \cdot 0.085^2 / 2 = 0.03 \text{ м};$$

$$t_y = \frac{L_B - l_p - l_m}{V_B} = \frac{0.6 - 0.03 - 0.03}{0.7} = 0.77 \text{ с};$$

де t_p і t_m - час розгону і час гальмування відповідних механізмів,
 t_y - час усталеного руху відповідних механізмів,
 a_p , a_m , h_p , h_m , t_p , t_m - шлях, пройдений за час розгону (гальмування).

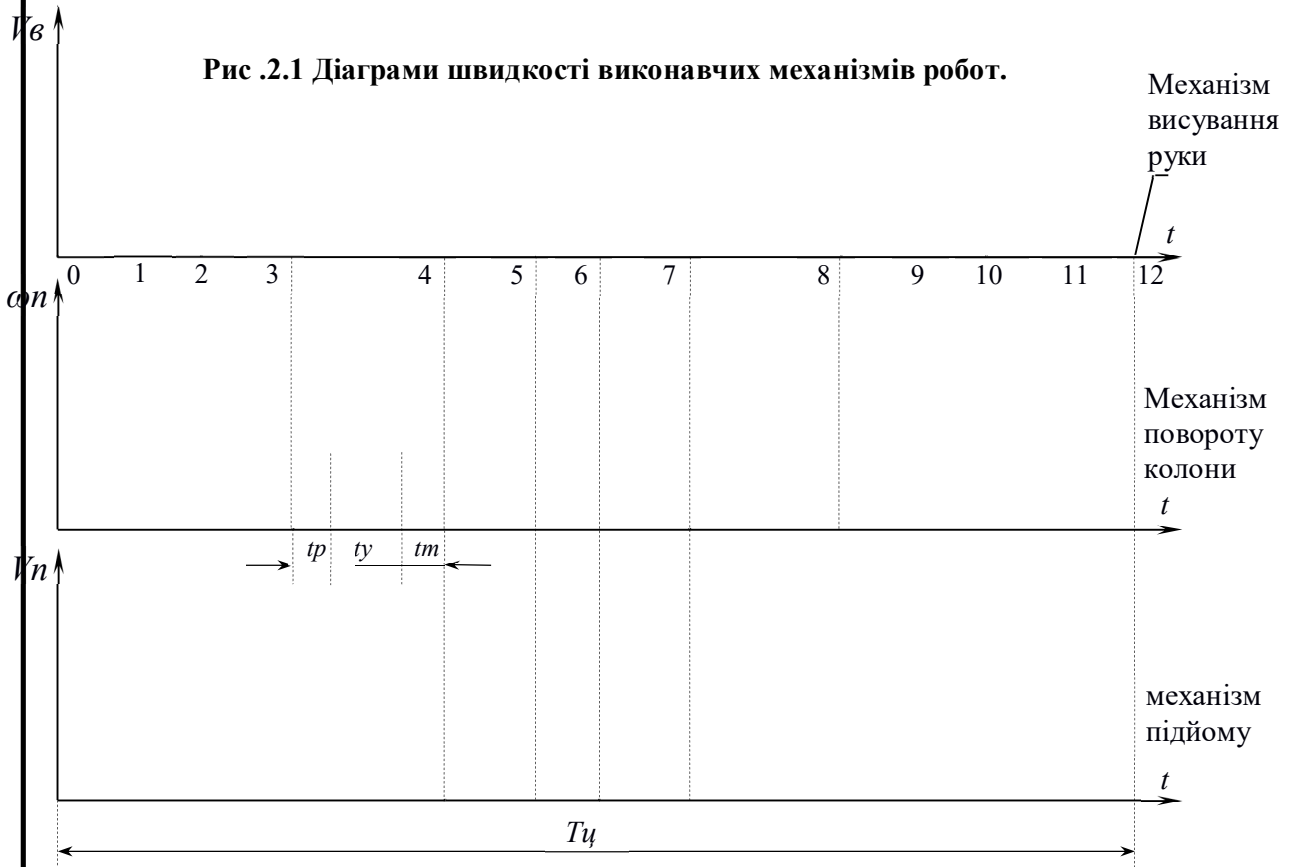
						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

час:

Захоплення деталі, з	1
Розвантаження і захоплення черговий заготовки, з	1
Кріплення деталі, з	1
Обробки деталі, з	10

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис .2.1 Діаграми швидкості виконавчих механізмів работ.



						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

0-1 - підведення руки до обробленої деталі; 1-2 - захоплення деталі; 2-3 - відведення руки в початковий стан; 3-4 - поворот колони; 4-5 - опускання деталі; 5-6 - розвантаження деталі і захоплення чергової заготовки; 6-7 - підйом деталі; 7-8 - поворот колони; 8-9 - підведення деталі до патрона; 9-10 - кріплення деталі; 10-11 - відведення руки в початковий стан; 11-12 - обробка деталі. Діаграми з чисельними значеннями наведені на аркуші формату А1.

Визначаємо час циклу з навантажувальної діаграми:

$$T_{ц} = (2 \cdot 0.0875 + 0.77) \cdot 6 + (2 \cdot 0.054 + 3.8) \cdot 2 + 1 + 1 + 1 + 10 = 25.54 \text{ с};$$

На підставі побудованої діаграми визначається тривалість включення:

$$PV\% = \Sigma t_p / T_{ц} = 3.908 / 25.54 = 15.3;$$

де $\Sigma t_p = 2 \cdot 0.054 + 3.8 = 3.908 \text{ с}$, (час роботи механізму повороту);

2.2.2 Побудова спрощеної навантажувальної діаграми виконавчих механізмів

Для механізму повороту:

0-1 - підведення руки до обробленої деталі; 1-2 - захоплення деталі; 2-3 - відведення руки в початковий стан; 3-4 - поворот колони; 4-5 - опускання деталі; 5-6 - розвантаження деталі і захоплення чергової заготовки; 6-7 - підйом деталі; 7-8 - поворот колони; 8-9 - підведення деталі до патрона; 9-10 - кріплення деталі; 10-11 - відведення руки в початковий стан; 11-12 - обробка деталі. Діаграми з чисельними значеннями наведені на аркуші формату А1.

Визначаємо час циклу з навантажувальної діаграми:

$$T_{ц} = (2 \cdot 0.0875 + 0.77) \cdot 6 + (2 \cdot 0.054 + 3.8) \cdot 2 + 1 + 1 + 1 + 10 = 25.54 \text{ с};$$

На підставі побудованої діаграми визначається тривалість включення:

$$PV\% = \Sigma t_p / T_{ц} = 3.908 / 25.54 = 15.3;$$

де $\Sigma t_p = 2 \cdot 0.054 + 3.8 = 3.908 \text{ с}$, (час роботи механізму повороту);

2.2.2 Побудова спрощеної навантажувальної діаграми виконавчих механізмів

Для механізму повороту:

$$M_{c.n} = \frac{M_{m.n}}{i_n \eta_n} = \frac{650}{130 \cdot 0.85} = 5.88 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Додаткові моменти опору при русі виконавчих

механізмів з оброблюваною деталлю незначні і ними зазвичай нехтують. Тому попередній вибір потужності двигуна можна виробляти за спрощеною діаграмою швидкості (рис.2.2).

Час паузи для механізму повороту, визначається як:

$$t_n = \frac{T_{ц} - 2 t_{раб}}{2} = \frac{25.54 - 2 \cdot 3.908}{2} = 10.8 \text{ с},$$

де $t_{раб} = t_p + t_y + t_r = 2 \cdot 0.054 + 3.8 = 3.908 \text{ с}$;

2.2.3 Вибір потужності двигуна за спрощеною навантажувальною діаграмою

Вибір двигуна проводиться по еквівалентному моменту опору, що задовольняє відношенню: $M_{н.дв} \geq k_3 M_{с.екв}$,

де $k_3 = 1.1 - 1.3$ коефіцієнт запасу, що враховує вплив динамічних моментів і інших неврахованих факторів. Еквівалентний момент опору

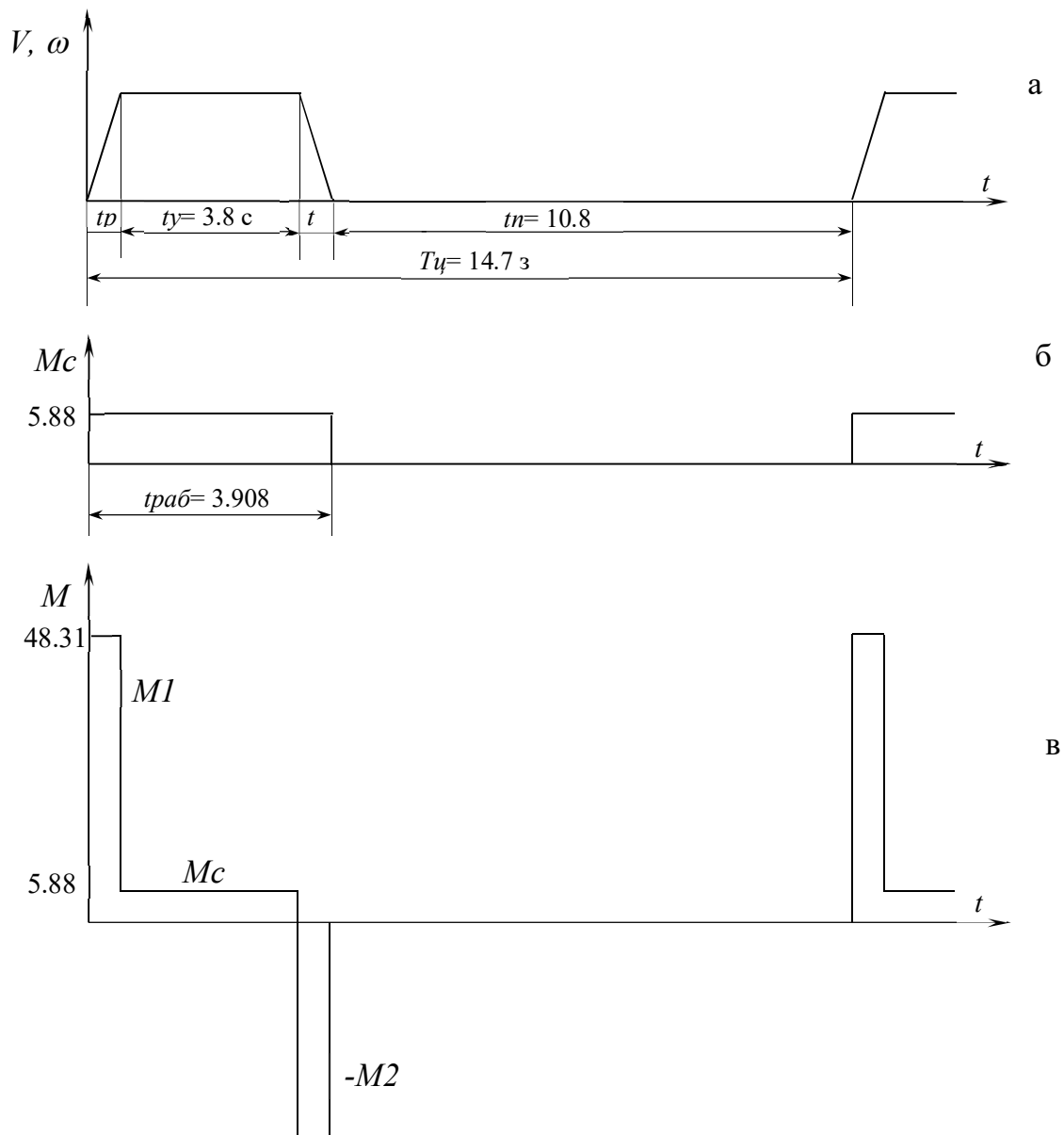
						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Еквівалентний момент опору

$$M_{c. экв} = \sqrt{\frac{M_c^2 \cdot t_{раб}}{\beta(t_p + t_m) + \beta_0 t_n + t_y}} = \sqrt{\frac{5.88^2 \cdot 3.9}{4.7}} = 3.03 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де $\bullet (t_p + t_r) + \bullet 0t_n + t_y = t_{раб} + t_n = T_{ц} = 3.908 + 10.8 = 14.7 \text{ с.}$

Рис 2.2 - Діаграма швидкості (а), навантажувальна діаграма механізму (б) і двигуна (в).



						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$M_{н.дв} \geq k_3 M_{с.экр} \geq 2 \cdot 3.03 \geq 6.06 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $k_3 = 2$ - коефіцієнт запасу, що враховує великі динамічні навантаження.
З довідкової літератури вибираємо вентильний двигун ПБЗ-100М:

номінальний момент	<i>нм</i>	7.1 6
Номінальна частота обертання	<i>об/хв</i>	10 00
Номінальна напруга	<i>В</i>	52
Номінальний струм	<i>А</i>	18
Максимальна частота обертання	<i>об/хв</i>	20 00
Максимальний момент при максимальній швидкості	<i>нм</i>	21
Максимальний момент при швидкості від 0 до 0.4пн	<i>нм</i>	70
Момент інерції	<i>нм</i>	0.0 1
Опір обмотки якоря	<i>Ом</i>	0.2 22
Електромеханічна постійна часу	<i>мс</i>	10. 3
Електромагнітна постійна часу	<i>мс</i>	6.3
Індуктивність обмотки якоря	<i>мГн</i>	1.1 8
Постійна ЕРС	<i>В / (об / хв)</i>	0.0 45

$$M_{дин} = J_n \varepsilon = 0.0136 \cdot 3120 = 42.43 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де для механізму повороту $\varepsilon = \varepsilon_{п} \cdot i_{п} = 24 \cdot 130 = 3120 \text{ 1 / с}^2$,

$$J_n = J_{дв} + J_M + J_{ред} + J_k i_n^2 = 0.01 + 0.001 + 0.002 + 10.8 \cdot 130^2 = 0.0136 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де $J_{дв} = 0.01 \text{ кгм}^2$ - момент інерції двигуна;

$J_M = 0.001 \text{ кгм}^2$ - момент інерції муфти;

$J_{р} = 0.002 \text{ кгм}^2$ - момент інерції редуктора, приведений до валу двигуна;

$J_k = (1.5-1.6) \cdot m_{гр} L_{дв} = 1.5 \cdot 20 \cdot 0.62 = 10.8 \text{ кгм}^2$ - момент інерції колони при максимально висунутої руці.

$$M_1 = M_c + M_{дин} = 5.88 + 42.43 = 48.31 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = -M_1 = -48.31 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{экр} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_p + M_c^2 t_y + M_2^2 t_m}{\beta(t_p + t_m) + \beta_0 t_n + t_y}} = \sqrt{\frac{48.31^2 \cdot 0.054 + 5.88^2 \cdot 3.8 + 48.31^2 \cdot 0.054}{4.7}} = 5.1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Умова перевірки двигуна по нагріванню: $M_{н.дв} \geq M_{екв}$ ($7.16 \geq 5.1$) - дотримується, перевіримо обраний двигун на перевантажувальну здатність.
Умова перевірки двигуна на перевантажувальну здатність така: $M_{доп} \geq M_1$.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де $M_{\text{доп}}$ - допустимий максимальний момент двигуна, для високомоментних двигунів максимальний момент є функцією швидкості

$$M_{\text{доп}} = \frac{1}{n_{\text{макс}}} \int_0^{n_{\text{макс}}} M_{\text{доп}}(n) dn = \frac{S \cdot m_M \cdot m_n}{n_{\text{макс}}} = \frac{41.3 \cdot 10 \cdot 250}{2000} = 51.62 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

масштаб моменту

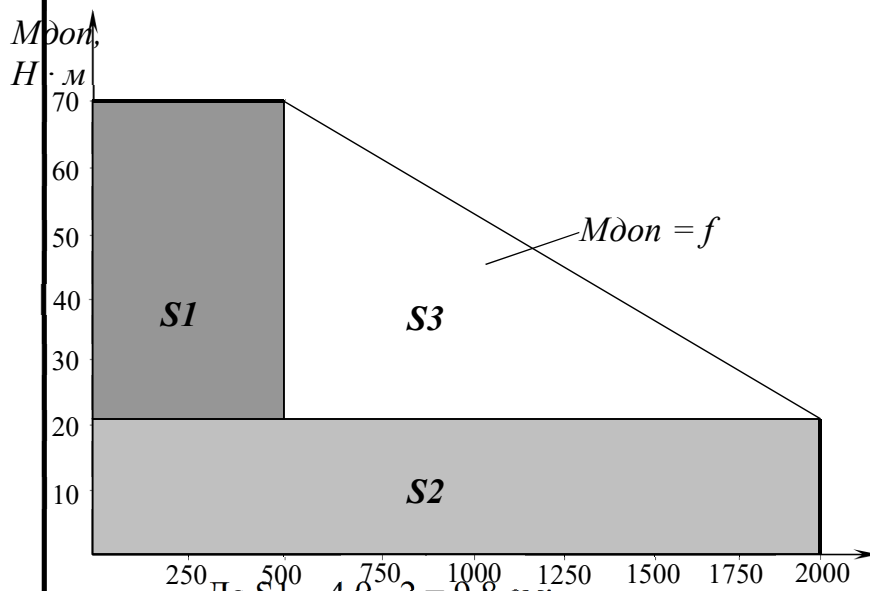
масштаб швидкості

$$m_M = \frac{70}{7} = 10 \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{см}} \right]$$

$$m_n = \frac{1000}{4} = 250 \left[\frac{\text{ОБ МИН}}{\text{см}} \right]$$

S - площа кривої $M_{\text{доп}} = f(\omega)$, рис. 2.3

Мал. 2.3. Крива $M_{\text{доп}} = f(n)$ - максимального допустимого моменту двигуна в функції швидкості, яка будується за паспортними даними двигуна.



Де $S1 = 4.9 \cdot 2 = 9.8$ см;

$S2 = 8 \cdot 2.1 = 16.8$ см;

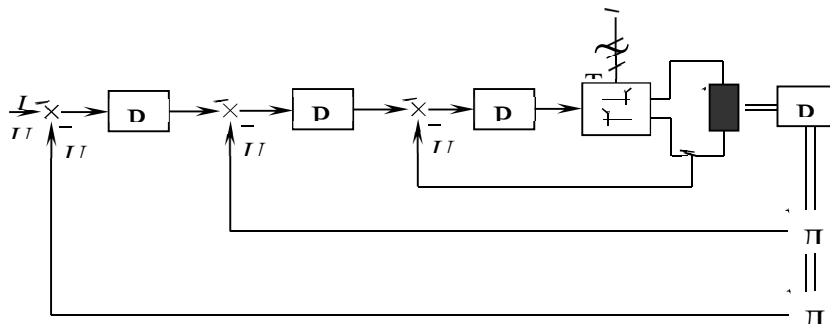
$S3 = 1/2 \cdot 6 \cdot 4.9 = 14.7$ см;

$S = S1 + S2 + S3 = 9.8 + 16.8 + 14.7 = 41.3$ см.

$51.62 > 48.31$ - умова перевірки двигуна на перевантажувальну здатність дотримується, двигун обраний вірно.

2.3 Побудова функціональної схеми САУ

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



2.4 Розрахунок і вибір силових елементів системи ТП - Д

2.4.1 Вибір керованого перетворювача

Лінійна напруга вторинної обмотки трансформатора визначається, як:

$$U_2 = U'_{н.дв} k_U k_a k_R \frac{1}{k_{сх}} = 130 \cdot 1.1 \cdot 1.2 \cdot 1.05 \cdot \frac{1}{1.35} = 133.46 \text{ В},$$

де $k_U = 1.1$ - коефіцієнт запасу по напрузі, що враховує зниження напруги мережі;

$k_a = 1.2$ - коефіцієнт, що враховує неповне відкривання вентилів;

$k_R = 1.05$ - коефіцієнт, що враховує падіння напруги в вентилів і обмотках трансформатора, а також наявність кута комутації;

$k_{сх} = 1.35$ - коефіцієнт (трифазна мостова схема).

$$U'_{н.дв} = U_n \frac{n_{max}}{n_n} = 52 \cdot \frac{2000}{1000} = 104 \text{ В},$$

Струм вторинної обмотки трансформатора знаходиться за формулою:

$$I_2 = k_f k_m I_{ян} = 1.1 \cdot 0.817 \cdot 18 = 16.17 \text{ А},$$

де $k_f = 1.1$ - коефіцієнт форми струму,

$k_m = 0.817$ - відношення діючого значення лінійного струму до випрямлення (трифазна мостова схема).

Типова потужність трансформатора:

$$S_T = k_U k_a k_R k_M U_n I_n = 1.1 \cdot 1.2 \cdot 1.05 \cdot 104 \cdot 25 = 4162 \text{ Вт},$$

де $k_M = 1.05$ - коефіцієнт використання трансформатора по потужності;

Вибираємо трансформатор типу ТС з наступними паспортними даними:

Таблиця 2.1 - Паспортні дані трансформатора.

$I_n, \text{ А}$	$S_m, \text{ кВт}$	$U_k, \%$	$\Delta P_k, \text{ Вт}$	$U_{нл}, \text{ В}$
25	6.3	2	175	104

$$U_{2\phi} = \frac{U_{\text{вл}}}{\sqrt{3}} = \frac{104}{\sqrt{3}} = 60 \text{ В},$$

2.4.2 Визначення параметрів об'єкта регулювання

Активний опір фази трансформатора:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\kappa}}{3 \cdot I_{2\text{н}}^2} = \frac{175}{3 \cdot 14.44^2} = 0.279 \text{ Ом},$$

де $\Delta P_{\kappa} = 175 \text{ Вт}$ - втрати короткого замикання;

$$I_{2\text{н}} = \frac{P_{\text{тр}}}{3 \cdot U_{2\phi}} = \frac{I_{\text{н}} U_{\text{н}}}{3 \cdot U_{2\phi}} = \frac{25 \cdot 104}{3 \cdot 60} = 14.44 \text{ А}, \text{ - номінальний струм вторинної}$$

обмотки трансформатора;

$U_{2\phi}$ - номінальна напруга вторинної обмотки.

Індуктивний опір фази перетворювача, наведене до вторинної обмотки:

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_{\kappa} U_{2\phi}}{I_{2\text{н}} \cdot 10000} = \frac{2 \cdot 60}{14.44 \cdot 100} = 0.083 \text{ Ом},$$

де $U_{\kappa} = 2\%$ - напруга короткого замикання трансформатора.

Індуктивність фази перетворювача:

$$L_{\text{тр}} = \frac{x_{\text{тр}} \cdot m}{2 \pi \cdot f} = \frac{0.083}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.000264 \text{ Гн},$$

де $f = 50 \text{ Гц}$ - частота мережі живлення;

Еквівалентний опір трансформатора, обумовлене перекриттям тиристорів в момент комутації:

$$R_{\text{екв}} = \frac{x_{\text{тр}} \cdot m}{2 \cdot \pi} = \frac{0.083 \cdot 6}{2 \cdot 3.14} = 0.079 \text{ Ом},$$

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.3 Вибір згладжує дроселя

$k_i = \Delta I / I_{ян} = 0.05$ - допустимий коефіцієнт пульсацій якоря, необхідне значення індуктивності якірного ланцюга визначається з умови обмеження пульсацій струму якоря до допустимого значення.

$$L_{я.p} = \frac{l_1 \cdot E_{d0}}{k_i \cdot I_{ян} \cdot \omega_n} = \frac{0.235 \cdot 140.4}{0.05 \cdot 18 \cdot 1884} = 0.019 \text{ Гн},$$

де $l_1 = 0.14$ - відносна величина ефективного значення першої гармоніки випрямленої напруги, яка визначається при максимальному куті регулювання (табл. 5. 2);

$$E_{d0} = kU2\phi = 2.34 \cdot 78 = 182.52 \text{ В} - \text{максимальна ЕРС перетворювача};$$

$$\omega_n = 2\pi f_m = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 6 = 1884 \text{ рад / с} - \text{кутова частота пульсацій випрямленої напруги.}$$

Максимальний кут регулювання, відповідний мінімальній швидкості двигуна, визначається, як:

$$\alpha_{\max} = \arccos U_{d\min} / E_{d0} = \arccos \frac{20,406}{140.4} = 81.64^\circ$$

$$U_{d\min} = c \cdot \omega_{\min} + I_{ян} R_{яц} = 0.46 \cdot 0.3 + 18 \cdot 1.126 = 20.406 \text{ В},$$

$$\text{де } \omega_{\min} = \frac{\omega_n}{D} = \frac{04.67}{350} = 0.3 \text{ рад/с},$$

$$c = \text{кф} = \frac{U - I_{я} \cdot R_{я}}{\omega_n} = \frac{52 - 18 \cdot 0.222}{104.67} = 0.46,$$

$$R_{яц} = \beta(R_{я} + R_{\text{экв}} + \kappa_c R_{\text{тр}} + R_{\text{др}} + R_{\text{пр}}) = 1.24(0.222 + 0.079 + 2 \cdot 0.279 + 0.027 + 0.0222) = 1.126 \text{ Ом},$$

де $\beta = 1.24$ - коефіцієнт, що враховує збільшення опору при нагріванні;

$\kappa_c = 2$ - коефіцієнт, що залежить від схеми силового ланцюга;

$$R_{\text{др}} = 0.125 R_{я} = 0.125 \cdot 0.222 = 0.027 \text{ Ом} - \text{опір згладжує дроселя};$$

$$R_{\text{пр}} = 0.1 R_{я} = 0.1 \cdot 0.222 = 0.0222 \text{ Ом} - \text{опір з'єднувальних проводів}$$

(шин).

Індуктивність дроселя визначається, як:

$$L_{\text{др}} = L_{я.p} - \kappa_c \cdot L_{\text{тр}} - L_z = 0.019 - 2 \cdot 0.000264 - 0.00118 = 0.0006 \text{ Гн},$$

Вибираємо згладжує дросель з довідкової літератури, що задовольняє умові: $L_{н.др} \geq L_{др}$; $I_{н.др} \geq I_{ян}$;

Таблиця 2.2 - номінальні дані згладжує дроселя

Номінальний струм, А	Індуктивність, мГн
20	1.0

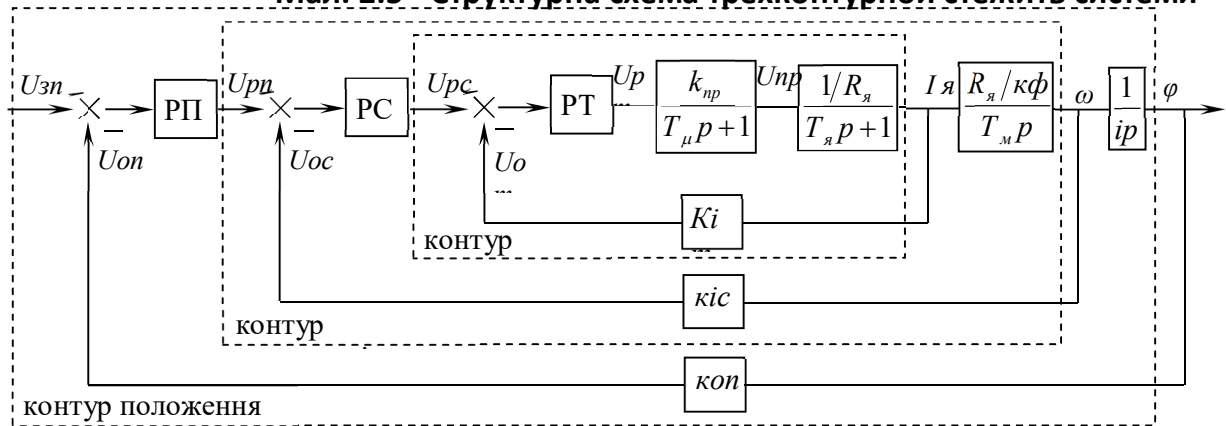
2.5 Розрахунок параметрів системи ТП-Д

2.5.1 Структурна схема САУ

На підставі розробленої функціональної схеми будуємо структурну схему системи:

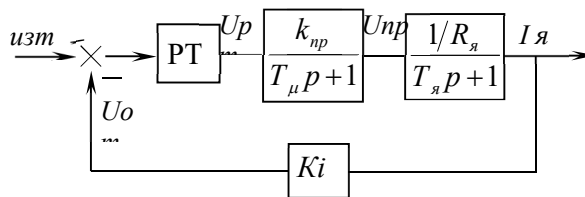
						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Мал. 2.5 - Структурна схема трехконтурной системы



2.5.2 Налаштування контуру струму

рис 2.6 Структурна схема контуру струму



Бажана передавальна функція контуру струму:

$$W_{\text{жел.м}}(p) = \frac{1}{a_m T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} = W_{\text{раз.м}}(p),$$

Передавальна функція об'єкта регулювання:

$$W_{\text{об.м}}(p) = \frac{\kappa_{\text{пр}} (1/R_{\text{я}}) \kappa_{\text{от}}}{(T_{\mu} p + 1)(T_{\text{я}} p + 1)} = \frac{14.04 (1/0.222) \cdot 0.079}{(0.0063 p + 1)(0.0081 p + 1)} = \frac{4.99}{(0.0063 p + 1)(0.0081 p + 1)},$$

$$W_{\text{рт}}(p) = \frac{W_{\text{жел.м}}(p)}{W_{\text{об.м}}(p)} = \frac{(T_{\text{я}} p + 1)}{T_{\text{ит}} p} = \frac{(0.0089 p + 1)}{0.063 p},$$

де $T_{\text{ит}} = a_m T_{\mu} \kappa_{\text{пр}} (1/R_{\text{я}}) \kappa_{\text{от}} = 2 \cdot 0.0063 \cdot 14.04 \cdot (1/0.222) \cdot 0.079 = 0.063$ с;

$$a_m = 2;$$

$$\kappa_{\text{пр}} = E d_0 / U_{\text{у.мак}} = 140.4 / 10 = 14.04 - \text{коефіцієнт перетворювача};$$

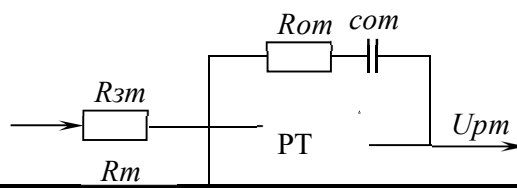
$$\kappa_{\text{от}} = 10 / \lambda_{\text{ян}} = 10/7 \cdot 18 = 0.079 - \text{коефіцієнт зворотного зв'язку по}$$

струму;

$$T_{\text{еб}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}} = 0.00118 / 0.222 = 0.0081 \text{ с.}$$

Розрахунок параметрів регулятора:

Мал. 2.7 - Схема регулятора струму



									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- 1) $\cos\alpha = 1 \text{ мкФ}$;
- 2) $R_{от} = T_{я} / \cos\alpha = 0.0018 / 1 \cdot 10^{-6} = 8.1 \text{ кОм}$;
- 3) $K_{PT} = T_{я} / T_{т} = 0.0081 / 0.063 = 0.128$;
- 4) $R_m = R_{зт} = R_{от} / K_{PT} = 8.1 / 0.128 = 63.3 \text{ кОм}$;

Для розрахунку контуру швидкості необхідно згорнути контур струму

$$W_{\text{зам.м}}(p) = \frac{1/k_{от}}{a_m T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1) + 1} = \frac{1/k_{от}}{a_m T_{\mu}^2 p^2 + a_m T_{\mu} p + 1}$$

Для спрощення розрахунку контуру швидкості замкнутий контур струму подається не коливальним, а апериодическим ланкою, т. Е. Нехтують складової при p^2 . При цьому якщо вихідний величиною є струм якоря, то

$$W_{\text{зам.м}}(p) = \frac{1/k_{от}}{a_m T_{\mu} p + 1} = \frac{1/0.079}{2 \cdot 0.0063 p + 1} = \frac{12.66}{0.0126 p + 1}$$

2.5.3 Особливості роботи контуру струму в режимі переривчастих струмів

У режимі переривчастих струмів середнє значення випрямленої напруги завжди одно ЕДВ і більше $U_d = U_{d0} \cdot \cos\alpha = 140.4 \cdot \cos 81.64 = 20.4 \text{ В}$ - для безперервного струму, де $U_{d0} = 2.34 \cdot 60 = 140.4 \text{ В}$.

Для характеристики режимів переривчастих струмів вводять поняття фіктивного опору

$$R_{\text{фигт}} = \frac{dU_d}{dI_d} \approx \frac{8 \pi^2 f_c L_{я}}{m \lambda^2} = \frac{4 \pi \omega_c L_{я}}{m \lambda^2} = \frac{4 \cdot 3.14 \cdot 314 \cdot 0.019}{6 \cdot 1.046^2} = 11.41 \text{ Ом},$$

$$\text{де } f_c = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1},$$

$$\lambda = 2\pi / m = 2 \cdot 3.14 / 6 = 1.046$$

$11.41 \gg 0.222$, так як $R_{\text{фигт}}$ - велике, то в режимі переривчастих струмів зменшується коефіцієнт передачі контуру струму в 20-30 разів, що призводить до значного затягування перехідних процесів.

Для того, щоб отримати однакову якість перехідних процесів в безперервному і переривчастому режимах необхідно перехідну функцію регулятора струму в режимі переривчастих струмів знайти з умови:

$$W_{\text{рт}}^{(n)}(p) \cdot W_{\text{об.м}}^{(n)}(p) = W_{\text{жел.м}}(p) = \frac{1}{a_m T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$$

$$W_{\text{рт}}^{(n)} = \frac{W_{\text{жел.м}}(p)}{W_{\text{об.м}}^{(n)}(p)} = \frac{R_{\text{фигт}}}{a_m T_{\mu} k_{\text{пр}}^{(n)} k_{от} p} = \frac{11.41}{2 \cdot 0.0063 \cdot 22.04 \cdot 0.079 p} = \frac{520}{p}$$

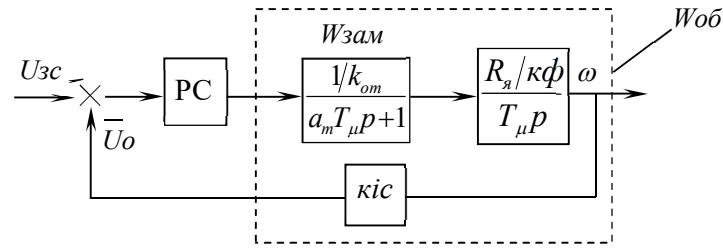
Це I - регулятор з великим коефіцієнтом передачі, т. К. $R_{\text{фигт}}$ велике. Звідси видно, що для розрахунку коефіцієнта передачі інтегруючого регулятора потрібно знати $R_{\text{фигт}}$ і КПР.

$$k_{\text{пр}}^{(n)} = \frac{U_{d0}}{U_{y\text{max}}} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{140.4}{10} \cdot \frac{3.14}{2} = 22.04$$

2.5.4 Розрахунок контуру швидкості

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

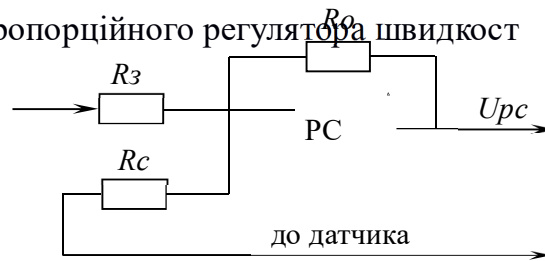
Мал. 2.8 - Структурна схема контуру швидкості



$$W_{pc}(p) \cdot W_{об.с}(p) = W_{жел.с}(p) = \frac{1}{a_c a_m T_\mu p (a_m T_\mu p + 1)}$$

$$W_{pc}(p) = K_{pc} = \frac{T_m \kappa_{от} \cdot \kappa_{ф}}{a_c a_m T_\mu R_\mu \kappa_{ос}} = \frac{0.0103 \cdot 0.079 \cdot 0.46}{2 \cdot 2 \cdot 0.0063 \cdot 0.222 \cdot 0.048} = 1.39.$$

Мал. 2.9 - Схема пропорційного регулятора швидкості



1. Задаємося $R_z = R_c = 10 \text{ кОм}$;
2. $K_{ос} = U_{зmax} / \omega_{max} = 10 / 209.3 = 0.048$, де $\omega_{max} = \pi n_{max} / 30 = 2000 \cdot 3.14 / 30 = 209.3 \text{ с}^{-1}$;
3. $R_{ос} = R_z \cdot B_{PX} = 10 \cdot 1.39 = 13.9 \text{ кОм}$;

Вихідна напруга регулятора швидкості є завданням струму якоря. Тому для обмеження струму якоря на допустимому рівні регулятор швидкості шунтують стабілітронами з напругою стабілізації з напругою стабілізації (пробою).

$$U_{ст} = U_{ст.max} = \kappa_{от} \cdot I_{яmax} = \kappa_{от} I_\mu = 0.0794 \cdot 18 = 1.42 \text{ В},$$

Падіння швидкості в замкнутій системі з П - регулятором швидкості:

$$\Delta \omega_z = \Delta \omega_p \cdot \frac{a_c a_m T_\mu}{T_m} = 7.13 \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot 0.0063}{0.0103} = 17.4 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

де $\Delta \omega_p = I_c \cdot R_\mu / \kappa_{ф} = 14.78 \cdot 0.222 / 0.46 = 17.4 \text{ рад / с}$ - падіння швидкості в розімкнутій системі, на підставі цієї формули можна записати рівняння електромеханічної характеристики в замкнутій системі регулювання:

$$\omega = \frac{U_{зс}}{\kappa_{ос}} - \frac{I_z R_\mu}{\kappa_{ф}} \cdot \frac{a_c a_m}{T_m} = \frac{10}{0.048} - \frac{18 \cdot 0.222}{0.46} \cdot \frac{4 \cdot 0.0063}{0.0103} = 208.33 - 21.25 = 187.08,$$

$$U_{pc} = \kappa_{ос} \cdot K_{pc} \cdot \Delta \omega_z = 0.048 \cdot 1.39 \cdot 17.4 = 1.16 \text{ В} - \text{вихідна напруга регулятора швидкості.}$$

Діапазон регулювання швидкості замкнutoї системи:

$$D_z = \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}} = \frac{\omega_{max} T_m \kappa_{ф}}{I_\mu R_z a_c a_m T_\mu} = \frac{209.3 \cdot 0.0103 \cdot 0.46}{18 \cdot 0.222 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.0063} = 9.85 \approx 10.$$

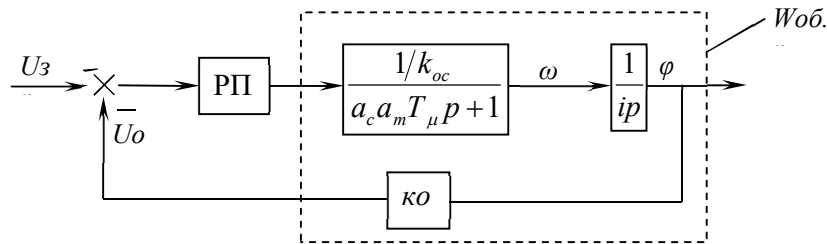
2.5.5 Розрахунок контуру положення при відпрацюванні малих переміщень (або для випадку режиму стеження)

Для розрахунку контуру положення необхідно згорнути контур швидкості. Без урахування складової при p^2 можна записати:

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$W_{зам.с}(p) = \frac{1/k_{oc}}{a_c a_m T_\mu p + 1} = \frac{1/0.048}{2 \cdot 2 \cdot 0.0063 p + 1} = \frac{20.83}{0.0252 p + 1},$$

Рис.2.10 - Структурна схема контуру положення



Бажана передавальна функція регулятора положення:

$$W_{рп}(p) \cdot W_{об.н}(p) = W_{жел.н}(p) = \frac{1}{a_n a_m a_c T_\mu p (a_c a_m T_\mu p + 1)},$$

$$W_{рп}(p) = \kappa_{рп} = \frac{\kappa_{oc} i}{a_n a_c a_m T_\mu \kappa_{оп}} = \frac{0.048 \cdot 130}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.0063 \cdot 5} = 24.76,$$

де $\kappa_{оп} = U_{зс.мах} / \phi_{мах} = 10/2 = 5$ (Це П - регулятор положення).

Розрахунок параболічного регулятора положення.

Для того щоб розрахувати нелінійний регулятор положення необхідно знайти залежність $U_{рп} = f(U_{зп})$ або $U_{рп} = f(\phi_z)$. Для чого використовують залежність: $U_{рп} = \kappa_{рп} U_{зп}$ або $U_{рп} = \kappa_{рп} \phi_z$ (2.1)

Підставляючи в (1) значення $\kappa_{рп}$ без урахування статичного навантаження отримаємо, що:

$$U_{рп} = U_{зп} \frac{2\kappa_{oc}}{\kappa_{оп}} \sqrt{\frac{M_{доп} i}{J \cdot \phi_z}} = U_{зп} \frac{2\kappa_{oc}}{\kappa_{оп}} \sqrt{\frac{M_{доп} i \kappa_{оп}}{U_{зад.н} J}} = 2\kappa_{oc} \sqrt{\frac{M_{доп} i U_{зп}}{\kappa_{оп} J}},$$

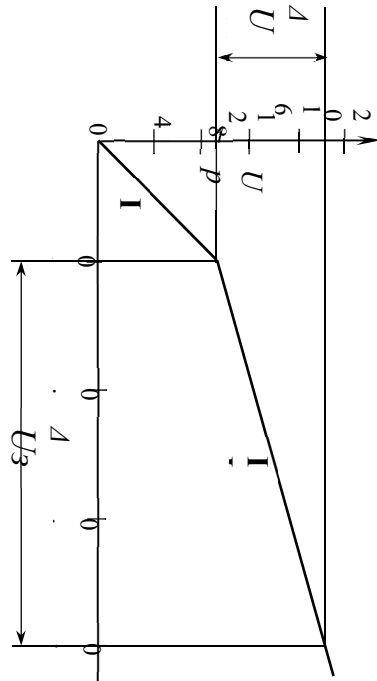
Переймаючись значеннями $U_{зп} = 0 - 0.4$ будемо отримувати відповідно значення $U_{рп}$, результати обчислень зводимо в таблицю 2.3:

Таблиця 2.3.

$U_{зп}, В$	$U_{рп}, В$
0	0
0.1	9.39
0.2	13.28
0.3	16.27
0.4	18.79

Відповідно до отриманої таблицю, можна побудувати наступну залежність:

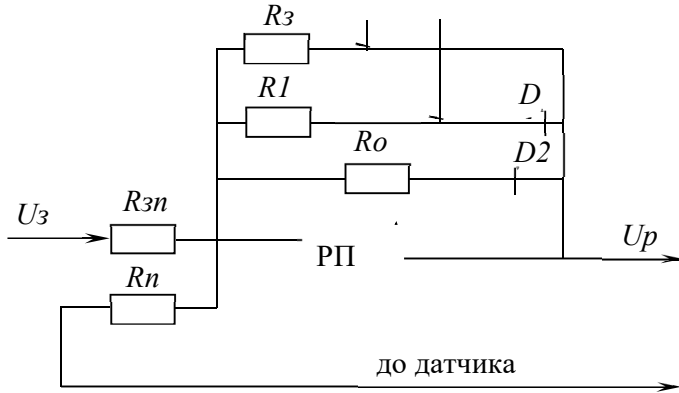
Рис.2.11 - Залежність $U_{рп}$ від $U_{зп}$



Для отримання стійкої роботи в режимі малих переміщень крп розраховуємо за такою формулою:

$$k_{рп} = \frac{i_{к_{ос}} \cdot U_{с}}{a_n a_c a_m T_{\mu} k_{оп}} = \frac{130 \cdot 0.048}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.0063 \cdot 5} = 24.76,$$

Рис.2.12 - Схема нелінійного регулятора положення



- 1) Знаючи крп для I - го ділянки $k_{рп} = \frac{i_{к_{ос}}}{a_n a_c a_m T_{\mu} k_{оп}} = 24.76,$
 задаємося $R_{оп} = 10$ кОм, $крпI = R_{оп} / R_{зп},$
 $R_{зп} = R_{п} = R_{оп} / крпI = 10000 / 24.76 = 404$
 Ом;
- 2) Знаходимо по кривій (рис.2.11) $крпII = \Delta U_{рп} / \Delta U_{зп} = 9.4 / 0.3 = 23.5;$

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Знаходимо нове значення $R'_{оп} = R_{зн} \cdot K_{рпн} = 404 \cdot 23.5 = 9.5 \text{ кОм};$

4) знаючи, $R'_{оп}$ визначаємо яке потрібно опір R1 (R2) включити паралельно Rоп, щоб їх величина дорівнювала $R'_{оп}$

$$R_1(R_2) = \frac{R'_{оп} R_{оп}}{R_{оп} - R'_{оп}} = \frac{9.5 \cdot 10}{10 - 9.5} = 190 \text{ кОм};$$

5) Знаходимо опір R3 (R4), щоб діоди D1 (D2) відкривалися при U вих, рівному Uрп1 (рис.2.11):

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

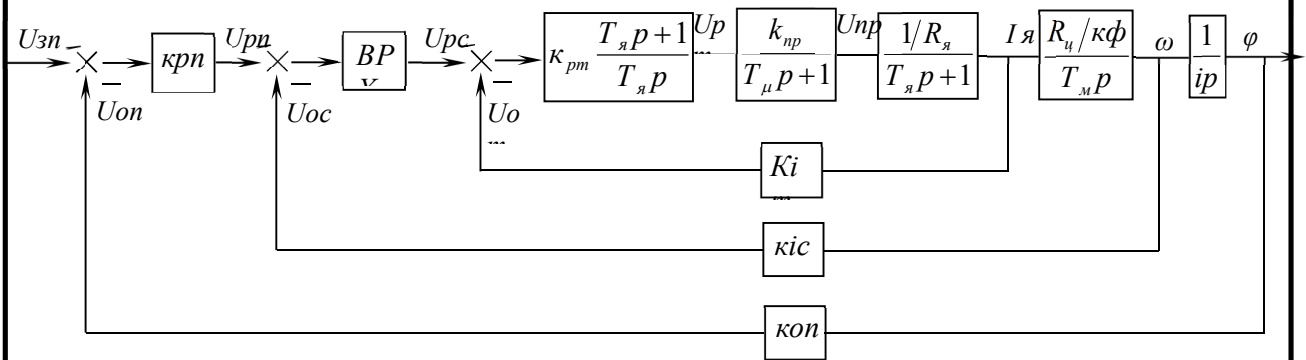
$$R_3(R_4) = R_1(R_2) \frac{U_{рп1}}{U_{см}} = 190 \frac{9 \cdot 39}{15} = 119 \text{ кОм.}$$

2.6 Розрахунок системи автоматичного регулювання методом стандартних перехідних характеристик (характеристичних рівнянь)

Недоліком систем підпорядкованого регулювання є те, що швидкодія кожного наступного контуру більш ніж в 2 рази менше попереднього. Це обумовлено почерговою налаштуванням контурів. Більш правильний і сучасний метод розрахунку базується на одночасному настроюванні всієї САР. Для чого використовують більш точні методи, засновані на тому, що якість перехідних процесів однозначно визначається розподілом коренів характеристичного рівняння. Причому немає необхідності знаходити ці коріння і вибирати їх розподіл, так як в технічній літературі наведено оптимальний розподіл коренів з різними показниками перехідного процесу (час перехідного процесу, пере регулювання та ін.). Причому таке поширення коренів дано для рівнянь будь-якого порядку.

2.6.1 Розрахунок слідкуючого приводу з нормованим характеристичним рівнянням при пропорційному регуляторі положення і швидкості

Рис.2.13 - Структурна схема приводу з пропорційним регулятором швидкості і положення



Вираз для передавальної функції замкнутого контура швидкості при П - регуляторі швидкості:

$$W_{зам.с}(p) = \frac{1}{\frac{T_m T_y T_\mu}{K \sum_m K \sum_c} p^3 + \frac{T_m T_y}{K \sum_m K \sum_c} p^2 + \frac{T_m}{K \sum_c} p + \kappa_{ос}} \quad (2.2)$$

З урахуванням передавальної функції замкнутого контура швидкості передавальна функція розімкнутого контуру положення матиме вигляд:

$$W_{раз.н}(p) = \frac{\kappa_{рп} \cdot (1/i)}{\frac{T_m T_y T_\mu}{K \sum_m K \sum_c} p^4 + \frac{T_m T_y}{K \sum_m K \sum_c} p^3 + \frac{T_m}{K \sum_c} p^2 + \kappa_{ос} p} \quad (2.3)$$

Передавальна функція замкнутого контуру положення:

$$W_{зам.н}(p) = \frac{\kappa_{рп} \cdot (1/i)}{\frac{T_m T_y T_\mu}{K \sum_m K \sum_c} p^4 + \frac{T_m T_y}{K \sum_m K \sum_c} p^3 + \frac{T_m}{K \sum_c} p^2 + \kappa_{ос} p + \kappa_{рп} (1/i) \kappa_{оп}} \quad (2.4)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділивши отримане вираз на крп (1 / i), отримаємо характеристичне рівняння:

$$H(p) = \frac{T_m T_y T_\mu}{\kappa_{\text{рп}} \kappa_{\Sigma_m} \kappa_{\Sigma_c} (1/i)} p^4 + \frac{T_m T_y}{\kappa_{\text{рп}} \kappa_{\Sigma_c} \kappa_{\Sigma_m} (1/i)} p^3 + \frac{T_m}{\kappa_{\text{рп}} \kappa_{\Sigma_c} (1/i)} p^2 + \frac{\kappa_{\text{ос}}}{\kappa_{\text{рп}} (1/i)} p + \kappa_{\text{оп}} \quad (2.5)$$

Отримане характеристичне рівняння розділимо на складову при р4:

$$H(p) = p^4 + \frac{1}{T_\mu} p^3 + \frac{k_{\Sigma_m}}{T_y T_\mu} p^2 + \frac{k_{\text{ос}} k_{\Sigma_m} k_{\Sigma_c}}{T_m T_y T_\mu} p + \frac{k_{\text{оп}} k_{\Sigma_c} k_{\Sigma_m} k_{\text{рп}}}{i T_\mu T_y T_m} \quad (2.6)$$

Для спрощення запису вводимо наступні коефіцієнти:

$$A_0 = \frac{k_{\text{оп}} k_{\Sigma_c} k_{\Sigma_m} k_{\text{рп}}}{i T_\mu T_y T_m};$$

$$A_1 = \frac{k_{\text{ос}} k_{\Sigma_m} k_{\Sigma_c}}{T_m T_y T_\mu};$$

$$A_2 = \frac{k_{\Sigma_m}}{T_y T_\mu};$$

$$A_3 = \frac{1}{T_\mu};$$

Стандартне характеристичне рівняння має вигляд:

$$H(p) = p^4 + A_{3н} p^3 + A_{2н} p^2 + A_{1н} p + 1 = 0 \quad (2.7)$$

Під час налаштування системи, що стежить на технічний оптимум виберемо нормоване рівняння четвертого порядку Грехема і Летропа:

$$p^4 + 2.1 p^3 + 3.4 p^2 + 2.7 p + 1 = 0$$

$$\sigma = 1000, t_\sigma = 4, t_{\text{пер}} = 4.7 \quad (2.8)$$

$$\kappa_n = \frac{A_3}{A_{3н}} = \frac{1}{T_\mu A_{3н}} = \frac{1}{0.0063 \cdot 2.1} = 75.58,$$

де κ_n - коефіцієнт нормування;

$$A_{0н} = 1 = \frac{A_0}{\kappa_n^4},$$

$$A_{1н} = \frac{A_1}{\kappa_n^3},$$

$$A_{2н} = \frac{A_2}{\kappa_n^2} = \frac{\kappa_{\Sigma_m} T_\mu A_{3н}}{T_y T_\mu},$$

де $\kappa_{\Sigma_m} = \frac{\kappa_{\text{рп}} \kappa_{\text{рп}} \kappa_{\text{от}}}{R_y}$, звідки $k_{\text{рп}} = \frac{A_{2н} T_y R_y}{A_{3н}^2 \kappa_{\text{рп}} \kappa_{\text{от}} T_\mu} = \frac{3.4 \cdot 0.0081 \cdot 0.222}{2.1^2 \cdot 14.04 \cdot 0.079 \cdot 0.0063} = 0.198,$

$$A_{1н} = \frac{A_1}{\kappa_n^3} = \frac{\kappa_{\text{ос}} \kappa_{\Sigma_m} \kappa_{\Sigma_c} T_\mu^3 A_{3н}}{T_y T_\mu T_m}, \text{ де } \kappa_{\Sigma_c} = \frac{\kappa_{\text{рс}} R_y}{\kappa_{\text{от}} \text{кф}},$$

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\text{звідки } k_{pc} = \frac{A_{1n} T_m \text{кф} \cdot \kappa_{от}}{A_{3n} A_{2n} \kappa_{ос} R_{я} T_{\mu}} = \frac{2.7 \cdot 0.0103 \cdot 0.46 \cdot 0.079}{2.1 \cdot 3.4 \cdot 0.048 \cdot 0.222 \cdot 0.0063} = 2.1,$$

$$A_{0n} = 1 = \frac{\kappa_{рп} \kappa_{оп} \kappa_{\Sigma} \kappa_{\Sigma} \kappa_{\Sigma} A_{3n}^4 T_{\mu}^4}{T_{я} T_{\mu} T_m i},$$

$$\text{звідки } k_{рп} = \frac{\kappa_{ос} i}{A_{1n} A_{3n} T_{\mu} \kappa_{оп}} = \frac{0.048 \cdot 130}{2.7 \cdot 2.1 \cdot 0.0063 \cdot 5} = 34.93.$$

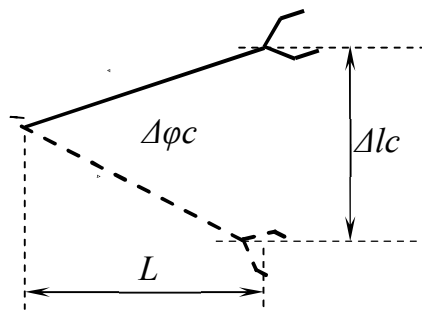
Таблиця 2.4 - Коефіцієнти регуляторів, отримані при розрахунку системи підлеглого регулювання і при розрахунку шляхом характеристичних рівнянь

	підлегле регулювання	модальне керування
<i>KPT</i>	0.128	0.198
<i>ВРХ</i>	1.39	2.1
<i>крп</i>	24.76	34.93

При розрахунку САР шляхом вибору розподілу коренів характеристичного рівняння (на відміну від систем підпорядкованого регулювання) одночасно розраховуються параметри регуляторів струму, швидкості та положення. Це значно спрощує і прискорює розрахунок, підвищує якість регулювання контурів.

2.7 Статична точність системи позиціонування

Для механізму повороту:



$$\Delta\phi_{ст} = \frac{I_c k_{от}}{\kappa_{оп} \kappa_{рп} \kappa_{pc}} = \frac{12.78 \cdot 0.079}{2 \cdot 24.76 \cdot 1.39} = 0.00586 \text{ рад},$$

$$\text{де } I_c = \frac{M_c}{\text{кф}} = \frac{5.88}{0.46} = 12.78 \text{ А},$$

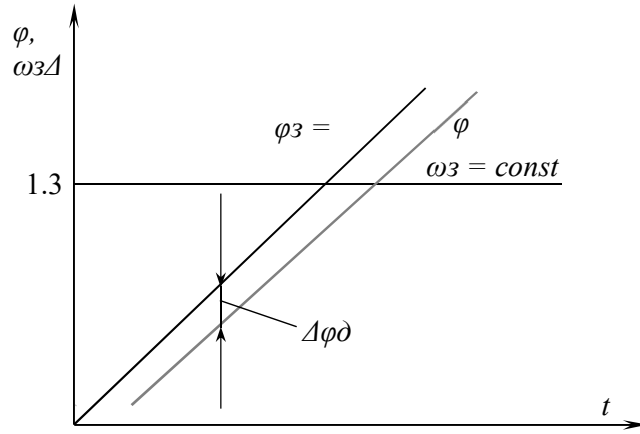
$$\Delta l_{ст} = \frac{\text{tg}(\Delta\phi_{ст} \cdot 57.3) \cdot L_{\theta}}{i} = \frac{\text{tg}(0.00586 \cdot 57.3) \cdot 0.6}{130} = 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

2.8 Динамічні помилки стежить системи з пропорційним регулятором швидкості і положення

1) динамічна помилка при вхідному сигналі з постійною швидкістю, т. Е. $\omega_3 = \text{const}$, А фз = $\omega_3 \cdot t$

$$\Delta\phi_{\theta} = T_n \cdot \omega_3 = \frac{\omega_3}{\kappa_{об}} = \frac{\omega_3}{D} = \frac{1.3}{150} = 0.0086 \text{ рад};$$

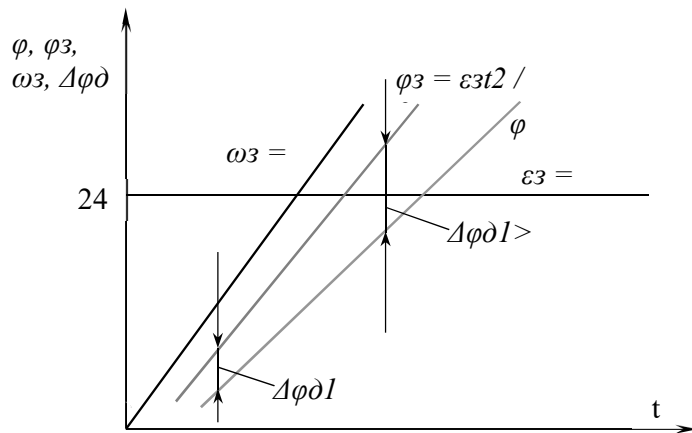
					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2). рівноприскореного вхідний сигнал з постійним прискоренням $\varepsilon_3 = const$. При цьому $\omega_3 = \varepsilon_3 t$, $\varphi_3 = \varepsilon_3 t^2 / 2$. $T_{\Pi} = 1 / D = 1/150 = 0.0066$.

$$\Delta\phi_o = T_n \varepsilon_3 t - T_n^2 \varepsilon_3 = 0.0066 \cdot 24 \cdot t - 0.0066^2 \cdot 24 = 0.16 t - 0.001 \text{ рад}$$

рис.2.16



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.

3. Моделювання

В даному розділі детально розробляється і створюється математична модель (система автоматизованого моделювання) електроприводу повороту промислового робота М20П.40.01, в програмному пакеті "MATLAB".

Вихідними даними для моделювання є значення, розраховані в другому розділі даного дипломного проекту (триконтурна стежить система електроприводу повороту робота з П - регулятором положення і швидкості і ПІІ - регулятором струму)

Структурна схема математичної моделі приведена на рис.3.1, перехідні характеристики роботи розрахованої системи на рис.3.2.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

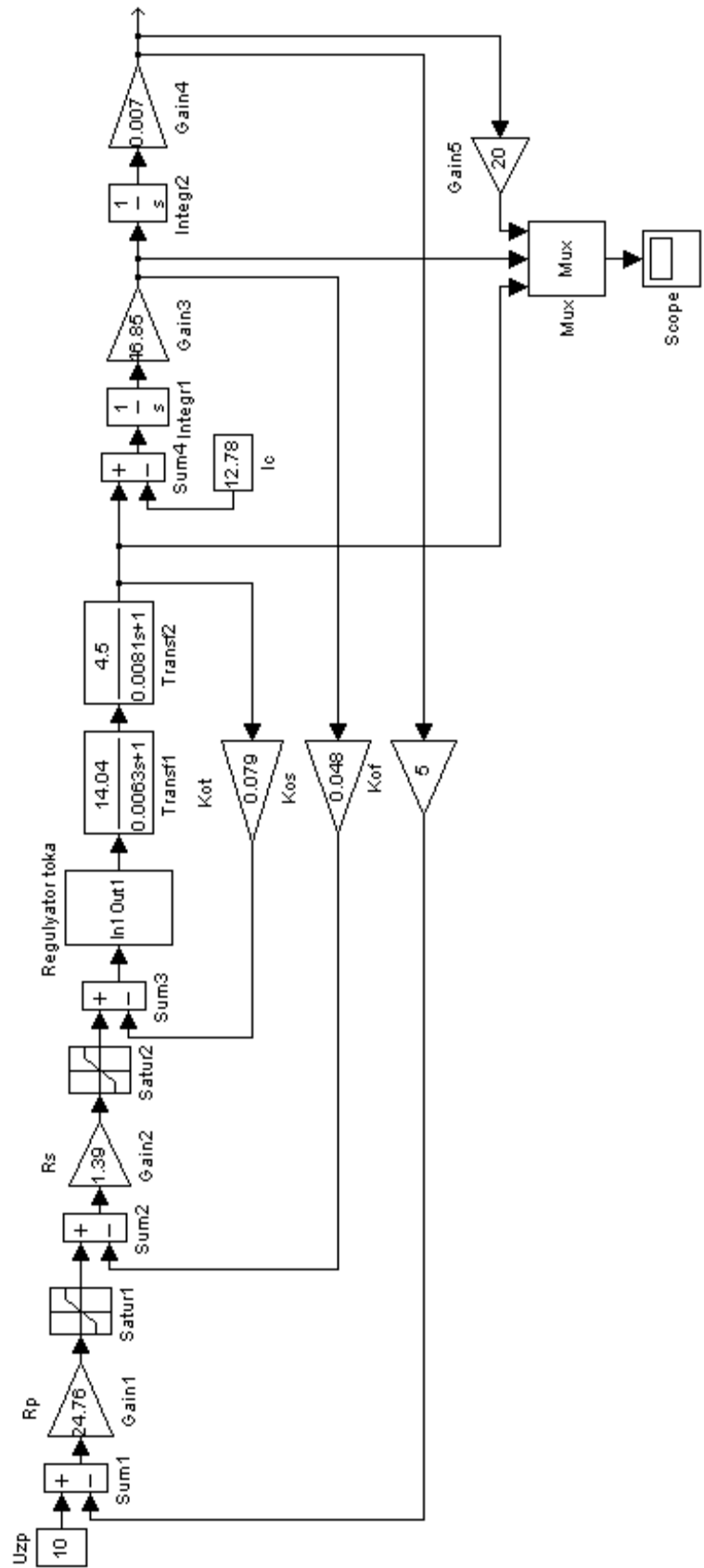


Рис.3.1 - Структурна схема моделі електропривода повороту робота Кемток

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

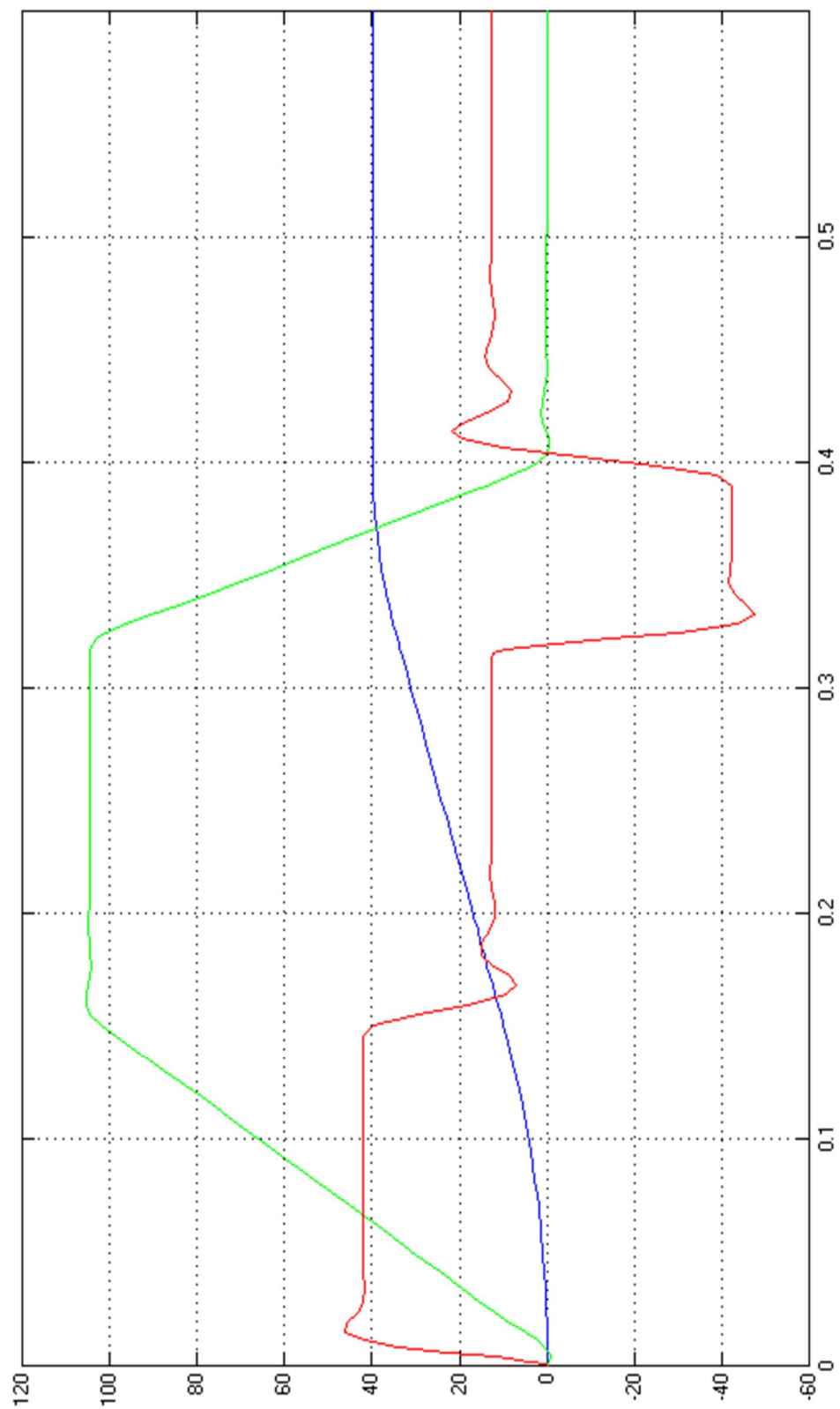
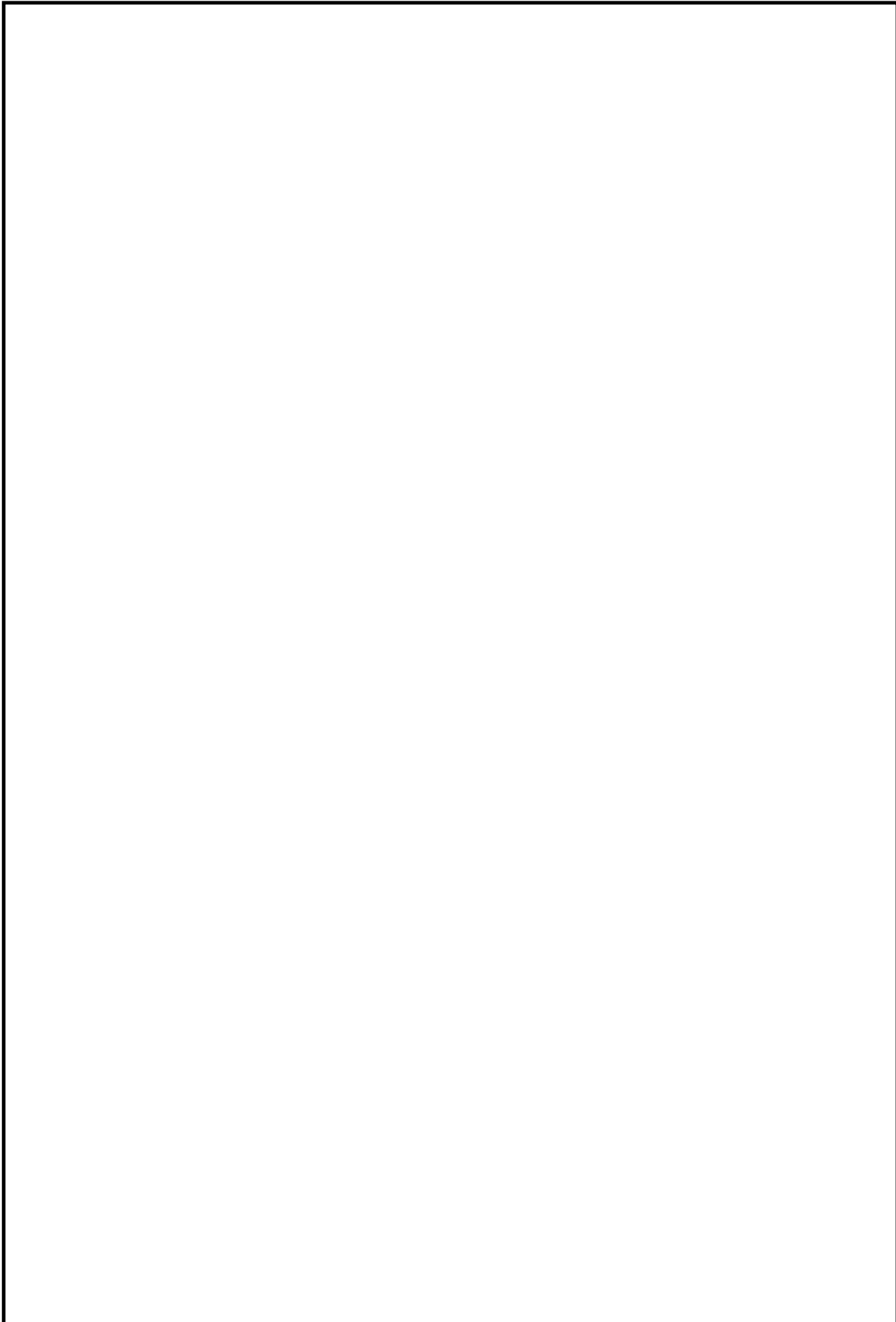


Рис 3.2 - Перехідні процеси електроприводу повороту робота



					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Якщо порівнювати початкове устаткування і проектоване обладнання, то можна виділити ряд технологічних і економічних переваг, які досягаються при створенні РТК:

- ✓ компактність і зручність розміщення обладнання;
- ✓ швидкість і оперативність зміни деталей;
- ✓ максимально можлива концентрація операцій на верстатах з ЧПУ, що дозволяє скоротити число зупинок в процесі виробництва, покращує якість виробу за рахунок підвищення точності, скорочує час виробничого циклу;
- ✓ оснащення верстатів легко переналагоджуваної оснащенням, що забезпечує без значної переналагодження високоточне базування і надійне кріплення деталі в процесі обробки;
- ✓ підвищення продуктивності обладнання, т. е. обсягу продукції, що випускається з основного технологічного устаткування, що обслуговується роботом, і підвищення продуктивності праці на операціях, виконуваних промисловим роботом;
- ✓ підвищення ритмічності виробництва;
- ✓ підвищення коефіцієнта змінності обладнання без збільшення чисельності робітників;
- ✓ зниження відсотка шлюбу і підвищення стабільності якості продукції

Крім того електропривод повороту промислового робота, розроблений для ПР М20П.40.01 відповідає таким вимогам високу швидкодію, висока точність позиціонування, мінімальна чутливість до зміни параметрів приводу та навколишнього середовища (інваріантність до можливих впливів маленькі габарити і вага, що дозволяє вбудувати двигун безпосередньо в робота, забезпечення безпеки приводу в аварійних випадках і при втраті живлення шляхом блокування приводу і збереження положення виконавчого механізму робота, відповідного попереднього станом, висока надійність, що забезпечує роботу робота на відмову не менше 1000 годин, високий коефіцієнт корисної дії.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Вступ

В даному дипломному проєкті, розглядається модернізація металорізального верстата з ЧПУ. Верстати з ЧПУ застосовуються для виробництва деталей, для різних сфер промисловості, і виробництв. Найбільш широко, вироби таких верстатів, поширені в машинобудуванні.

В даний час у зв'язку зі значним поліпшенням якості продукції, що випускається, обсяг виробництва і реалізації значно виріс. Отже, проблема застосування верстатів з ЧПУ, а також модернізації їх обладнання, актуальна на сьогоднішній день.

Передбачувані результати від впровадження нового обладнання позитивно впливають на динаміку виробничого процесу. Впровадження модернізованого

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроприводу зменшує енергоспоживання на 2 кВт, що істотно позначиться на величині річних експлуатаційних витрат, впровадження ПЛІС забезпечує збільшення швидкодії системи, зменшення габаритів вузла індикації в 5 разів, поліпшення якості обробки деталі, підвищення точності обробки на 4%

При розрахунку ефективності даного проекту будуть розглянуті наступні пункти:

- розрахунок капітальних витрат;
- розрахунок експлуатаційних витрат;
- визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування;
- висновки про економічну доцільність проекту.

4.1. Розрахунок капітальних витрат

Величина проектних капіталовкладень визначається за формулою $K_{пр}$:

$$K_{пр} = K_{об} + K_{тр} + K_{МН};$$

де:

$K_{об}$ - сумарна вартість комплектуючих виробів (табл. 4.1);

$K_{тр}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати (табл. 4.2);

$k_{МН}$ - витрати на монтажні і налагоджувальні роботи (формула 4.1).

Таблиця 4.1. Сумарна вартість комплектуючих виробів, грн.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ п. п.	Найменування і характеристика обладнання	кількість	Вартість, грн. з ПДВ
1.	Комплектний тиристорний елеелектропривод ЕПУ1М6-2-3727П УХЛ4	1	8153
2.	Кабель ВВГ 4м	1	153,6
3.	ПЛІС ALTERA ЕРМ7064LC84-7	1	71,4
	<i>РАЗОМ</i>		8378

Ціна комплектного електроприводу ЕПУ1М6-2-3727П УХЛ4, Взята з прейскуранта цін Запорізького заводу «Перетворювач» на теперешній час;

Вартість 4 метрів з'єднувального кабелю взята з прейскуранта цін Дніпропетровського ПП "220 Вольт" (вартість 1 м - 38,4 грн з ПДВ) на сьогодні

Ціна ПЛІС ALTERA серії ЕРМ7064LC84-7, Взята з прейскуранта цін Київського ТОВ «Виакон» на 9.04.2012.

Транспортно-заготівельні витрати пов'язані з доставкою ТКЕ зі складу в Запоріжжі. За даними компанії-перевізника «Нова Пошта», вартість доставки вантажу за технологією «Склад-Двері» за маршрутом Запоріжжя-Дніпропетровськ, становитиме 87грн. Вартість доставки ПЛІС фірми ALTERA, за даними компанії-перевізника «Нова Пошта», за технологією «Склад-Двері» за маршрутом Київ-Дніпропетровськ, становитиме 35грн.

Вартість доставки кабелю по Дніпропетровську складає 15 грн.

Вартість вантажно-розвантажувальних робіт за 1 годину становить 40 грн, для виконання всіх робіт необхідно 3 вантажника і 1 годину роботи.

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 4.2. Транспортно-заготівельні і складські витрати, грн.

показники	Вартість, грн.
Витрати на доставку приводу зі складу в Запоріжжі в цех в Дніпропетровську	87
Витрати на доставку ПЛІС зі складу в Києві в цех в Дніпропетровську	35
Витрати на доставку кабелю по Дніпропетровську	15
Навантажувально-розвантажувальні роботи	120
РАЗОМ	257

Витрати на монтажні і налагоджувальні роботи визначаються за формулою:

$$K_{\text{мн}} = \sum \left(\sum_i \left(C_i \cdot a_i \cdot t_i + C_i \cdot \frac{a}{t} \cdot t_i \right) \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{пр}} \right)$$

де C_i - чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чел.;

a - оклад інженера-наладчика;

t - фонд робочого часу;

a_i - годинна тарифна ставка i -го розряду, грн;

t_i - час для виконання роботи, час;

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{\text{см}}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соц. заходи;

$K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт, що враховує інші витрати.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3. Вихідні дані для розрахунку витрат на монтаж

показники	Од. вим.	величин а
Чисельність працівників (ел. Слюсар 5-го розряду)	чол	2
Тарифна ставка (ел. Слюсар 5-го розряду)	грн / год.	11
Час для виконання роботи	Година	4
Коеф., Що враховує розмір доплат	-	1,1
Коеф., Що враховує відрахування на соц. заходи	-	1,3718
Коеф., Що враховує інші витрати	-	1,05

Таблиця 4.4. Вихідні дані для розрахунку витрат на наладку

показники	Од. вим.	величи на	
Чисельність працівників (інженер-наладчик)	чол	2	
Інженер-наладчик	оклад	грн	2000
	фонд робочого часу	година	168
Час для виконання роботи	година	10	
Коеф., Що враховує розмір доплат	-	1,1	
Коеф., Що враховує відрахування на соц. заходи	-	1,3718	
Коеф., Що враховує інші витрати	-	1,05	

Таким чином, витрати на монтаж і налагодження:

$$K_{\text{мн}} = \left(2 \cdot 11 \cdot 4 + 2 \cdot \frac{20000}{168} \cdot 10 \right) \cdot 1,1 \cdot 1,3718 \cdot 1,05 = 3911,87(\text{грн}) \quad (4.1)$$

Витрати на монтаж

$$K_{\text{м}} = 2 \cdot 11 \cdot 4 \cdot 1,1 \cdot 1,3718 \cdot 1,05 = 139,2(\text{грн}) \quad (4.2)$$

Вартість демонтажу становитиме 50% (для обладнання яке буде використовуватися повторно) від вартості монтажних робіт і становитиме 69,6грн

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні капітальні витрати становлять

$$K_{\text{кр}} = 8378 + 257 + 3911,87 + 69,6 = 12416,47 \text{ (грн)} \quad (4.3)$$

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування і енергомереж відносяться:

- 1) амортизаційні відрахування S_a ;
- 2) витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання S_m ;
- 3) вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування S_e .

4.2.1. Річний фонд амортизаційних відрахувань.

Частка амортизаційних відрахувань на обладнання агрегату визначається виходячи з його первісної вартості. До теперішнього моменту залишкова вартість якого замінюють обладнання становить 6430 грн (за даними ДП ВО ПМЗ ім. Макарова »).

Таблиця 4.5. Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Найменування показників	Кап. витрати	Норма амортизації, %	сума, грн
Проектний варіант верстата	9352,48	20	1870,50
Базовий варіант верстата	6430	20	тисяча двісті вісімдесят шість

4.2.2. Витрати на техобслуговування агрегату

Витрати на поточний ремонт обладнання. У них входять нормативні витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітником.

Витрати на поточний ремонт апаратури захисту і управління (табл. 4.6):

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n \left(h_i \cdot t_1 \cdot m_i \cdot R \sum_i + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right) (\text{грн});$$

Таблиця 4.6. Річні витрати на техобслуговування.

	Проектований	Базовий
Число приводів, n	1	1
ГТС наладчика 6-го розряду, грн, - h	17	17
Трудомісткість одного ремонту, ч / од, - t1	8	8
Число ремонтів в рік, - m	1	2
Категорія складності ремонту, - RΣ	10	10
Вартість змінюваних елементів, грн, - S	100	100
Кількість однотипних змінюваних елементів, - Π	5	5
Термін служби деталей, ч, - T	4000	2300
Число годин роботи обладнання в рік, - TФ	1800	1800

Для проектного верстата:

$$Z_{\text{трп}} = 1 \left(17 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{100 \cdot 5}{4000} \cdot 1800 \right) = 1585 (\text{грн}); \quad (4.4)$$

Для базового верстата:

$$Z_{\text{трб}} = 1 \left(17 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 10 + \frac{100 \cdot 5}{2300} \cdot 1800 \right) = 3111,3 (\text{грн}); \quad (4.5)$$

4.2.3. Річний фонд заробітної плати.

Впровадження нового обробкованія модернізація пристрою ЧПУ не призводить до зміни чисельності обслуговуючого персоналу.

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

4.2.4. Річні витрати на електроенергію.

При впровадженні проектного варіанту кількість споживаної електроенергії зміниться значно, так як був замінений більш потужний привід на привід меншої потужності. Вартість споживаної електроенергії визначимо виходячи з часу роботи і його встановленої потужності:

$$C_E = W_r \cdot C_{\text{э}}$$

де W_r - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт · год;

$C_{\text{э}}$ - поточний тариф на електроенергію, грн / кВт · год.

На 1.04.2012 рік для підприємств II класу Дніпропетровської області тарифна ставка на електроенергію становить 0,73 грн / кВт · год без ПДВ;

$$W_r = N_r \cdot T_n$$

де N_r - встановлена потужність обладнання;

T_n - номінальне час роботи обладнання за рік (годин);

Таким чином, вартість споживаної електроенергії за базовим варіантом становитиме:

$$C_E = 19 \ 1800 \ 0,73 = 24966(\text{грн}) \quad (4.6)$$

Таким чином, вартість споживаної електроенергії за проектним варіанту становитиме:

$$C_E = 17 \ 1800 \ 0,73 = 22338(\text{грн}) \quad (4.7)$$

Таблиця 4.7. Річні експлуатаційні витрати

№	Найменування статей витрат	Сума витрат, грн.	
		базовий	проектний
1	Амортизаційні відрахування.	тисяча двісті вісімдесят шість	1870,5

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування.

4.3.1. Визначення річної економії від впровадження проекту

Повна річна економія від впровадження проекту визначається з урахуванням зміни експлуатаційних витрат по даному об'єкту:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_r \pm \Delta C, \text{ грн}$$

де ΔC - економія (перевитрата) на експлуатаційних витратах.

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}}$$

$$\mathcal{E} = 29363,3 - 25793,5 = 3569,8 (\text{грн}) \quad (4.8)$$

4.3.2. Визначення економічних показників

Одним з показників економічної ефективності є коефіцієнт ефективності капітальних витрат E_p , який показує, скільки гривень додаткового прибутку приносить одна гривня капітальних витрат:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}}{K} \cdot 100$$

де E - загальна річна економія від впровадження проекту будівництва об'єкта, грн .;

K - капітальні витрати, що викликали економію, грн.

$$E_p = \frac{3569,8}{9352,48} \cdot 100 = 38 \quad (4.9)$$

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження проекту:

$$T_p = \frac{K}{E}, \text{ років}$$

$$T_p = 9352,48 / 3569,8 = 2,62 \text{ року} - 2 \text{ роки } 7 \text{ місяців } 15 \text{ днів}$$

(4.10)

Для остаточної оцінки необхідно порівняти розрахункове значення E_p з нормативним значенням E_n . Проект визнається економічно доцільним, якщо розрахунковий коефіцієнт ефективності перевищує величину банківської кредитної ставки:

$$E_p \geq E_n,$$

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_n = \frac{N_{кр} + N_{инф}}{100},$$

$$E_n = \frac{26 + 10}{100} = 0,36 \quad (4.11)$$

де $N_{кр}$ - банківська кредитна ставка, %;

$N_{инф}$ - річний рівень інфляції, (помірна інфляція) %;

Визначаємо нормативне значення коефіцієнта ефективності з прийнятною для підприємства індивідуальної норми прибутковості:

$$E_n = \frac{1}{T_{ок}},$$

$$E_n = \frac{1}{3} = 0,33 \quad (4.12)$$

де $T_{ок}$ - очікуваний, прийнятний для підприємства термін окупності капітальних вкладень, років.

Вибираємо варіант з визначенням E_n з індивідуальної норми прибутковості.

Таким чином, маємо: $0.38 \geq 0.33$.

ВИСНОВОК:

Впровадження проектного варіанту є економічно доцільним. Коефіцієнт економічної ефективності становить 38%, а термін окупності становить 2,62 року. Проект також можна визнати економічно доцільним, так як розрахункове значення коефіцієнта ефективності більше ніж нормований коефіцієнт ефективності.

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5. Охорона праці

5.1 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.1.1 Клас приміщення за безпекою ураження електричним струмом

Проектований об'єкт розташовується в механо-складальному цеху. Пол приміщення - залізобетонний, тобто є струмопровідних, відносна вологість повітря в приміщенні перевищує 75% (підлога, стіни покриті вологою). Також існує небезпека ураження людини електричним струмом при дотику до металевих частин електричного обладнання.

Згідно ПУЕ, наявність вищевказаних чинників дозволяє класифікувати цей Механоскладальний цех по безпеки поразки електричним струмом до особливо небезпечних.

5.1.2 Режим нейтралі мережі живлення на об'єкті

В даному підприємстві всі електроустановки живляться напругою до 1000 В. Згідно ПУЕ, застосовуємо чотирьох-дротову схему з глухозаземленою нейтраллю, що також дозволяє використовувати два напруги: лінійне і фазну. Чотирьох-дротову схему з заземленою нейтраллю використовують на великих машинобудівних заводах, де найчастіше неможливо забезпечити надійну ізоляцію контактів, коли неможливо швидко знайти і ліквідувати пошкодження ізоляції, або коли ємнісні струми обмеження досягають великих значень, небезпечних для людини.

5.1.3 Заходи з електробезпеки

Для забезпечення електробезпеки спроектованого об'єкта розроблені наступні заходи захисту:

- 1) Захист від випадкового дотику: а) сигналізація: - при подачі напруги в схему, загоряється сигнальна лампа на пульті і шафах управління; - при включенні верстатів, загоряються сигнальні лампи і дзвенить дзвінок; - кабелі в цеху розташовуються так, щоб виключити контакту з ними працюючого персоналу; б) блокування: - аварійна кнопка загального відключення верстатів і промислового робота; - при відкритих дверях компенсатора, автоматично відключається верстат.
- 2) У мережі з напругою 380/220 В виконано занулення корпусів трансформаторів електричних машин і розподільних рахунків.
- 3) Перехід на малу напругу, а також використання глухозаземленої нейтралі забезпечує заземлення

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.4 Заходи з охорони праці по спецчастини

1) В даному цеху сильно забруднений повітря, через механічної обробки металів на верстатах. Може з'явитися пил і з інших причин, наприклад, при збиранні приміщення, пересування транспортних засобів і т.д. Цей фактор негативно впливає на організм людини, в першу чергу, осідаючи в легенях, практично не потрапить в коло кровообігу, внаслідок поганого розчинення в біологічних середовищах. Шкідливі речовини, які присутні в цеху металообробки, відносяться до четвертого класу - малобезопасние. Також має місце особливо небезпечний фактор, коли при обробці металу, стружка, яка знімається з заготовки, може поранити організм робітника. Для очищення повітря від твердих домішок використовують пилеулавлювачі. Пилозахисні чохлами обертаються верстати,

2) В існуючому кліматичному поясі, температура тривалий час може перевищувати 300С. Крім цього, в закритих приміщеннях відбувається виділення тепла від працюючих електродвигунів, ламп та інших електроприборів. Для підтримки нормальної температури повітря використовують вентиляційні установки. Відведення зайвого тепла здійснюється спеціальними трубопроводами. Наявність градусника в цеху дозволяє стежити і підтримувати нормальну температуру навколишнього середовища.

Шум на підприємстві від працюючих верстатів, машин механізмів несе велику шкоду, погано впливаючи на організм людини і знижуючи продуктивність його праці. Втома робітників і операторів через сильного шуму різко збільшує кількість помилок на робочому місці, що призводить до збільшення шлюбу, до появи травм і нещасних випадків. Захист від шуму - це серйозна проблема сучасних металообробних підприємств. Способи боротьби з шумом: а) використання звукоізоляційних екранів, кожухів та кабін; б) індивідуальні засоби захисту:

3) шоломи, навушники; в) використання і заміна ударних процесів і механізмів на ненаголошені, де це можливо; г) заміна поворотно-поступальних рухів деталі рівномірним круговим рухом.

4) Через великої кількості працюючих верстатів в замкнутому приміщенні, може виникнути такий фактор як вібрація. Діяльність вібрації не тільки погіршує самопочуття робітника, а й призводить до професійних захворювань. Боротьба з вібрацією: а) використання загорож, сигналізації; б) виключення контакту з вібруючим об'єктом; в) індивідуальний захист - рукавиці, взуття на товстій підшві; г) введення перерв між роботою в приміщенні без вібрацій.

5) Використання промислового робота ставить ряд завдань щодо забезпечення безпеки праці. В першу чергу, наражаються на небезпечку роботи

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

при пуско-налагоджувальних роботах. У цей час потрібно безпосередня присутність робітника в робочій зоні промислового робота. Головними небезпечними чинниками, які призводять до аварій і нещасних випадків, є рухомі деталі та виконавчі органи промислового робота, заготовки, які пересуваються з високою швидкістю. При експлуатації промислового робота небезпечною зоною є найближчим доколишній простір, в якому людині загрожує можливість отримання травми. Додаткові заходи захисту в зв'язку з використанням промислового робота: а) робочий простір робота відокремлюють зайвої шириною 50

см,

Яка наноситься на підлогу фарбою жовтого кольору; б) огорожу промислового робота забарвлюють чорно-жовтими смугами під кутом 40

⁰; В) пульт робототехнічного комплексу розміщується за кордоном робочої зони робота з таким розрахунком, щоб забезпечити операторам огляд робочої зони робота і простору за його кордоном.

5.2 Розрахункова частина

5.2.1 Розрахунок освітлення

В цьому розділі вибираємо систему освітлення, джерело світла і світильник, визначаємо кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості і маємо в своєму розпорядженні їх на плані приміщення.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані
 Приймаємо загальну систему освітлення, при якому розміщуються у верхній зоні рівномірно.

Ширина цеху, м	60
Довжина цеху, м	90
Висота стін, м	10

освітлення - світильники приміщення

Розрахунок освітлення виконуємо методом коефіцієнта використання:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}$$

де Φ - необхідний світловий потік ламп в кожному світильнику, лм;

E - нормована мінімальна освітленість, лк визначається по табл.3.10 (додаток) відповідно до розряду зорової роботи (табл.3.12) - IV розряд, вибираємо $E = 150$ лк.

S - освітлювана площа:

$$S = 60 \cdot 90 = 5400 \text{ м}^2,$$

z - коефіцієнт мінімальної освітленості: для люмінесцентних ламп $z = 1.1$;

N - число світильників в приміщенні;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

За табл. 3.11 (додаток) вибираємо світильники з люмінесцентними лампами ЛС3 02: 2x65 Вт; 2x80 Вт. Габаритні розміри:

Коефіцієнт запасу до = 1.5 - для механоскладальних цехів (3.13). Для обраного типу ламп ЛС3 02 - крива сили світла Л, відповідно до цього, для даної типової кривої $\lambda = 2$.

Довжина, мм	1565
Ширина, мм	292
Висота, мм	102

(табл.

						ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Визначимо висоту між світильником і робочою поверхнею:

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{рп}} = 10 - 0.5 - 0.8 = 8.7 \text{ м},$$

де $H = 10 \text{ м}$ - висота приміщення;

$h_{\text{св}} = 0.5 \text{ м}$ - висота звису світильника (від перекриття);

$h_{\text{рп}} = 0.8 \text{ м}$ - висота робочої поверхні над підлогою;

Відстань між світильниками:

$$L = \lambda \quad h = 2 \quad 8.7 \approx 17 \text{ м},$$

Визначимо кількість світильників для установки в приміщенні:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{5400}{17^2} \approx 18 \text{ шт.}$$

Для визначення коефіцієнта використання знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{5400}{8.7(60 + 90)} = 4.13 \approx 4,$$

де A і B - довжина і ширина приміщення;

h - розрахункова величина підвісу, мв

За табл. 3.15 оцінюються коефіцієнти відображення поверхонь приміщення: стелі - $\rho_{\text{п}} = 50\%$, стін - $\rho_{\text{с}} = 30\%$, робочої поверхні - $\rho_{\text{р}} = 10\%$.

За отриманими значеннями i і ρ з табл. 3.16 визначають величину коефіцієнта використання світлового потоку для обраного світильника - $\eta = 40\%$.

$$\Phi = \frac{150 \cdot 5400 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{18 \cdot 0.4} = 185625 \text{ лм},$$

Відповідно до цього приймаємо наступну лампу:

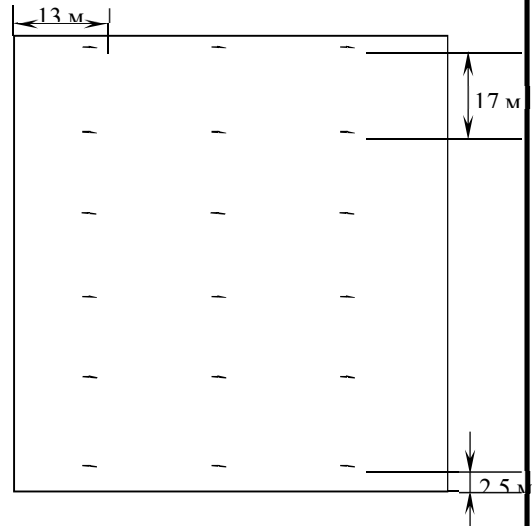
Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга на лампі, В	Світловий потік, лм після 100 ч горіння	Термін служби, год
ДРІ2000	2000	380	190000	1000

Визначимо відхилення розрахункової величини від нормованої:

$$\Delta E = \frac{190000 \cdot 185625}{185625 \cdot 10000} = 2.300$$

(Допустиме відхилення від нормованого $\pm 10\%$)

Мал. 5.1 - План розташування світильників



					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

- 1 Фролов К.В., Воробйова В.І. Механіка промислових роботів. - Москва: вища школа 1989. - 289 с.
- 2 Спиноу Г.А. Промислові роботи. Конструювання і застосування: Навчальний посібник - 2-е видання, перераб. і доп. - К.: Вища школа, 1991. - 311 с.: іл.
- 3 Решмін Б.М., Ямпільський Д.С. Проектування і налагодження систем підпорядкованого регулювання електроприводів. - М.: Енергія, 1975. - 184 с.
- 4 Управління вентильними електроприводами постійного струму / Е.Д. Лебедев, В.Є. Неймарк, М.Я. Пістрак, О.В. Слежановській. - М.: Енергія, 1970. - 200 с.
- 5 Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системи управління тиристорн електроприводами постійного струму. - М.: Вища школа, 1988. - 304 с.
- 6 Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовський Г.Г. Управління електроприводами. - Л.: Вища школа, 1982. - 392 с.
- 7 Чернов Е.А., Кузьмін Є.П. Комплектні електроприводи верстатів з ЧПУ. - Горький: Волго-Вятское кн. вид-во, 1989. - 320 с.
- 8 комплектні тиристорні електроприводи: Довідник / за ред. В.М. Перельмутера. - М.: Вища школа, 1988. - 319 с.
- 9 Коровін В.Г. та ін. Системи програмного керування робототехнічними комплексами і промисловими установками. - Л.: Вища школа, 1990. - 152 с.
- 10 Ільїн О.П. та ін. Системи програмного керування виробничими установками і РТК. - Мінськ: Вища школа, 1988. - 255 с.
- 11 Гжіров Р.І., Серебрянічкй В.П. Програмне управління і обробка на верстатах з ЧПУ: Довідник. - Л.: Вища школа, 1990. - 580 с.
- 12 Князевський Б.А., Ліпкин Б.Ю. Електропостачання промислових підприємств. - 3-е видання перероб. і доп. М.: вища школа, 1986. - 412 с.
- 13 Малецький Н.А. та ін. Практикум з економіки промислових підприємств. - Дніпропетровськ: МДАУ, - 1999. - 152 к.с..
- 14 Князевський Б.А. охорона праці в електроустановках. М.: Вища школа, 1983. - 226 с.
- 15 Довідкова книга для проектування електричного освітлення. Г.М. Кнорринг, Ю.Б. Оболенцев, Р.І. Берім, В.М. Крючков. - М.: Енергія, Ленінградське відділення, 1976. - 384 с.
- 16 Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / В.А. Салов, А.М. Кузьменко, В.І Прокопенко. - Дн-ск: МДАУ, 2000. - 52 с.
- 17 Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Системи управління роботами" / А.А. Колб. Дн-ск: МДАУ, 1991. - 82 с.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18 Методичні вказівки до дипломного проектування / А.А. Воробйов, В.Е. Воскобойник, Н.М. Казачковській, А.А. Колб. Дн-ск: МДАУ, 1993. - 26 с.

19 Методичні вказівки по техніко-економічному обґрунтуванню інженерно-технічних рішень в дипломних проектах / В.І. Саллі, Н.А. Малецький. Дн-ск: МДАУ, 1993. - 60 с.

20 Методичні вказівки по виконанню розрахункової частини розділу "Охорона праці" в дипломних проектах (1, 2 частина) / В.А. Бойко та ін. Д: МДАУ, 1987. - 74 с.

					ЕП.ПД.20.15.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		