

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

відділення "Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук"

**Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"**

**До захисту допущено
завідувач кафедрою**

І.В. Нездвєцька

“ _____ ” _____ 2025 року

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
освітньо-кваліфікаційний рівень фаховий молодший бакалавр
на тему: “ Автоматизації багатоцільового токарного верстата ТМЦ- 200.”

Виконав: здобувач освіти IV курсу, групи Е -41
спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

_____ Розводовський А. С.

Керівник роботи _____ Ю.Л. Новосилецький

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2025 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення " Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук "

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

Галузь знань 14 "Електрична інженерія"

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
освітньо-кваліфікаційний рівень фаховий молодший бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
І.В. Нездвєцька
" " 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧА ОСВІТИ

Розводовського Артема Станіславовича

1. Тема проекту: " Автоматизації багатоцільового токарного верстата ТМЦ-200."

керівник проекту **Новосилецький Юрій Леонідович,**

затверджені наказом навчального закладу від "03" грудня 2024 року № 495-н

2. Строк подання студентом проекту "10" червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту: характеристика та обстеження підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Загальна частина.

2. Розрахункова частина.

3. Охорона праці.

4. Економічна частина.

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

1. Електропривод с ПЧ. Схема електрична функціональна.

2. Блок регулятора швидкості. Схема електрична принципова

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ1	Новосилецький Ю.Л. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ2	Новосилецький Ю.Л. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ3	Нездвецька І.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ4	Мельничук В.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
ГЧ та технічна документація.	Новосилецький Ю.Л. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	

7. Дата видачі завдання “27” січня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ.	05.05.2025р.	
2.	Розділ 1.	12.05. 2025р.	
3.	Розділ 2.	19.05. 2025р.	
4.	Розділ 3.	24.05. 2025р.	
5.	Розділ 4.	26.05. 2025р.	
6.	ГЧ1. Електропривод с ПЧ схема електрична функціональна	02.06. 2025р	
7.	ГЧ2. Блок регулятора швидкості. Схема електрична принципова	09.06. 2025р	

Здобувач освіти _____ Розводовського А. С.

Керівник проекту _____ Новосилецький Ю.Л.

[illegible]

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 59 листів пояснювальної записки, яка включає шість розділів та графічну частину виконану на 2 листах формату А1 креслярського паперу.

У першому розділі описана загальна частина дипломного проекту.

У другому розділі описана розрахункова частина проекту.

У третьому розділі розкриті основні аспекти охорони праці.

У четвертому розділі розрахована економічна частина та економічна ефективність впровадження автоматизації.

ЗМІСТ

1 Загальна частина	6
1.1 Технологічний розділ	7
1.1.1 Аналіз технологічного процесу	7
1.1.2 Опис промислової установки	9
1.1.3 Аналіз існуючих схем електроприводу	11
1.1.4 Формулювання вимог до автоматизованого електроприводу та автоматизації промислової установки	12
2 Розрахункова частина	14
2.1 Вибір електродвигуна і проектування силової схеми перетворювача	14
2.2 Розрахунок параметрів і вибір силових елементів електроприводу	17
2.3 Вибір апаратів захисту та комутації	26
2.4 Проектування електричної функціональної схеми електроприводу	27
2.5 Проектування системи автоматизації виробничої установки	29
2.6 Склад та принцип функціонування пристрою	30
3 Охорона праці	33
3.1 Вимоги безпеки до виробничого устаткування і робочих місць	34
3.2 Електробезпека	36
3.3 Дотримання вимог виробничої санітарії	39
3.4 Пожежна безпека	40
3.5 Охорона довкілля	41
4 Економічна частина	43
4.1 Розрахунок економії від впровадження автоматизації	43
4.2 Розрахунок економічної ефективності від впровадження автоматизації	56
4.3 Висновок про економічну доцільність проекту автоматизації	57
Висновок	58
Список використаних джерел	59

					ДП 14.104.1.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Розвадовський			Зміст	Літ.	Арк.	Акресив	
Перевір.		Новосилецький					5	1	
Реценз.									
Н. Контр.		Антипчук							
Затверд.		Нездівцька				ЖАТФК зр. Е-41			

ВСТУП

Можна виділити найбільш перспективні напрями розвитку електроприводів.

Використання спеціальних досконаліших виконавчих двигунів. Для верстатів потрібні двигуни, здатні забезпечити необхідні статичні і динамічні характеристики на усьому діапазоні регулювання швидкості, який досягає десятків тисяч.

Вдосконалення напівпровідникової елементної бази. Створюються перспективніші, повністю керовані транзисторні силові перетворювачі. Безперервне підвищення міри інтеграції напівпровідникових пристроїв виражається в створенні силових напівпровідникових модулів, що дозволяє підвищити надійність перетворювача, зменшити його розміри і спростити монтаж.

Збільшення об'єму інформації, що поступає в систему електроприводу. Таким чином, подальше вдосконалення електроприводу тісно пов'язане з проблемою створення датчиків зворотного зв'язку, що мають однакові метрологічні характеристики на усьому діапазоні регулювання швидкості.

Розвиток систем цифрового і мікропроцесорного управління електроприводом. Застосування мікропроцесорів дозволяє створити нові системи управління електроприводом верстатів, що значною мірою збільшить функціональність устаткування.

Наближення джерела руху до виконавчого органу. Ця тенденція і в приводі подання верстата і в приводі головного руху призводить до спрощення конструкції механічної частини приводу, збільшення її жорсткості, поліпшення динамічних якостей і підвищення кінематичної точності проміжних передач.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Развадовський			Вступ				Літ.	Арк.	Акрюшив		
Перевір.		Новосилецький									6	1	
Реценз.									ЖАТФК зр. Е-41				
Н. Контр.		Антипчук											
Затверд.		Нездівецька											

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний розділ

1.1.1 Аналіз технологічного процесу

Токарні багатоцільові верстати призначені для високопродуктивної обробки в автоматичному режимі заготівель типу тіл обертання в умовах дрібносерійного та серійного виробництва.

Застосування даних верстатів доцільно при обробці заготівель малих та середніх розмірів, для яких необхідне виконання токарних, а також свердлильних та фрезерних операцій, що йдуть за токарною обробкою, в обсязі, що не перевищує 20-25% від загальної кількості операцій.

Більше 70% деталей типу тіл обертання після токарної обробки ще фрезерують. Такі операції можна проводити на багатоцільових токарних верстатах, так як вони мають розширені технологічні можливості. Верстати забезпечують додатковими пристосуваннями: свердлильними шпинделями, багатошпиндельними свердлильними голівками та голівками для обробки отворів та поверхонь під прямим кутом. Часто такі верстати мають дві револьверні голівки. У одній з них встановлюється нерухомий інструмент, в іншій фрези, які автоматичний зчіплюються з допоміжним приводом. Обробку можна проводити як уздовж осі, так і в поперечному напрямку. У багатоцільових токарних верстатах є керування поворотом на певний кут індексації шпинделя, що дозволяє зупиняти і закріплювати шпиндель у будь-якому заздалегідь запрограмованому положенні по куту повороту.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Развадовський			Загальна частина		Літ.	Арк.	Акресив
Перевір.		Навасилецький						7	7
Реценз.							ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.		Антипчук							
Затверд.		Нездівцька							

Крім токарної обробки на багатоцільових токарних верстатах можна виконувати такі операції :

- фрезерування плоских та об'ємних поверхонь;
- свердління отворів, осі яких можуть бути розташовані паралельно або перпендикулярно до осі деталі, а також під кутом;
- нарізування різьблення на торцевих або циліндричних поверхнях;
- розточування співвісних ступінчастих отворів, розташованих під довільним кутом до осі деталі, а також нарізування великих різьблень;
- шліфування;
- зубонарізання.

Процес різання на токарних верстатах здійснюється при обертальному головному русі, що повідомляється оброблюваній заготовці, і при прямолінійному (поступальному) русі подачі, що повідомляється різцю. Елементами режиму різання при точенні заготовки є швидкість різання, подання та глибина різання.

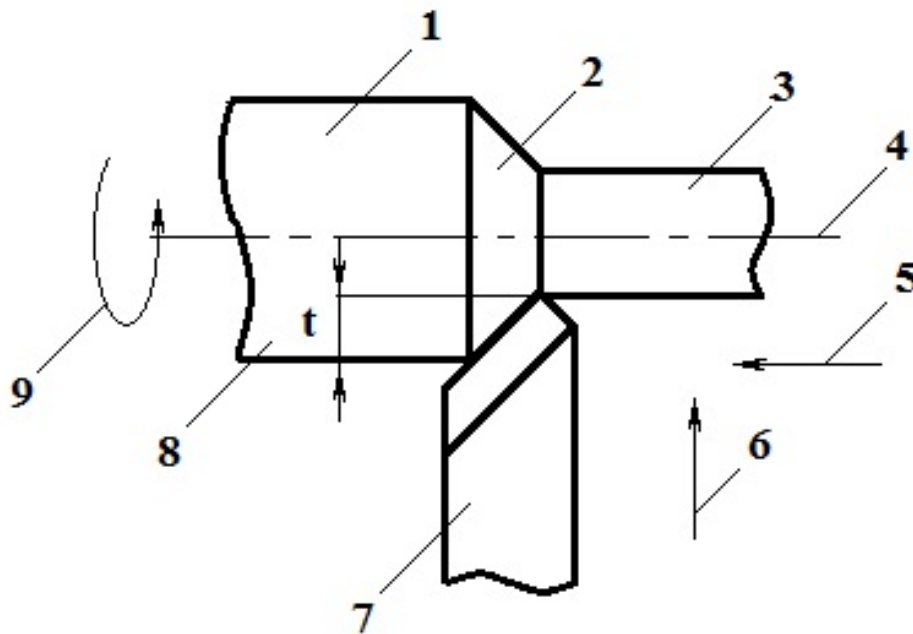


Рисунок 1.1-Процес токарної обробки.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Основні поверхні заготівлі та основні рухи, що здійснюють процес різання, показані на малюнку: 1 - поверхня, що обробляється, 2 - поверхня різання, 3 - оброблена поверхня, 4 - вісь обертання заготівлі, 5 - поздовжня подання, 6 – поперечна подання, 7 - різець, 8 - заготівля, 9 - головний (обертальний) рух, t - глибина різання

Стійка тенденція розширення номенклатури деталей, часта змінюваність виробів, що випускаються, при великому числі їх модифікацій зумовило зростання попиту на токарні багатоцільові верстати, що забезпечують повну комплексну обробку деталей за одночасної переналагодження з однієї деталі на іншу. Використання таких верстатів суттєво полегшує управління виробництвом та скорочує виробничий цикл обробки.

1.1.2 Опис промислової установки

Токарний багатоцільовий верстат ТМЦ- 200 призначений для повної токарної обробки заготівель типу фланців, а також прорізування різних канавок, фрезерування лисичок і пазів, фрезерування різьблення фрезою і т. д., тобто можна вести обробку обертовим інструментом паралельно і перпендикулярно осі.

До складу верстата входять такі вузли: передня та задня бабки, супорт, санчата, каретка з інструментом, ланцюговий магазин на 16 інструментальних блоків, двозахватний автооператор, інструмент.

Кінематична схема верстата представлена у графічній частині аркуша 1.

Головешці рух. Шпиндель VI отримує обертання електродвигуна М1 або через дві зубчасто-ременні передачі $z_1 - z_2$, $z_3 - z_4$ при включенні муфти М1 або через перебір $z = 51-93$, $z = 22-122$. Перебір використовують для отримання кругової подачі шпинделя по координаті С. Перемикання діапазонів проводять гідроциліндрами Ц1, Ц2. У приводі головного руху передбачено гальмівний

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрій. Для затискання заготовлі застосовують механізований ключ із окремим приводом.

Хрестовий супорт А переміщається по двох взаємно перпендикулярних осях двигунів постійного струму М2, М3. Двигун М2 поздовжньої подачі (вісь Z) безпосередньо пов'язаний з ходовим гвинтом V, двигун М3 поперечної подачі (вісь X) - з ходовим гвинтом VI. На ходових гвинтах встановлені датчики зворотнього зв'язку.

На супорті закріплена інструментальна голівка, куди можна встановлювати блоки з нерухомими інструментами, що обертаються. Інструмент, який може працювати як у осьовому, так і в радіальному щодо головного шпинделя напрямку, отримує обертання від електродвигуна М4 через зубчасті пари $z = 36-48$, $z = 20-30$ при включеній муфті М2 в інструментальному блоці для осьової обробки або через передачі $z = 36-48$, $z = 20-30$, $z = 24-24$ у блоці б для радіальної обробки. Інструментальні блоки встановлюють на V - подібні виступи інструментальної голівки. Затискач блоку гідроциліндром Ц3 здійснюється через Т- подібні пази у блоці. До блоку прикріплено планку, за яку він захоплюється автооператором.

Задня бабка має гідроциліндр Ц4 для переміщення пінолі. Затискач пінолі та закріплення бабки на станині здійснюється тарілчастими пружинами, а розтискання гідроциліндрами.

Пристрій автоматичної зміни інструменту складається з магазину Д та автооператора Г. Автооператор витягує інструментальний блок із магазину, переносити його до інструментальної голівки та встановлює блок у голівку. Автооператор має гідроприводи для повороту, вертикального та горизонтального переміщення захватних губок. Захоплювальні губки приводяться в дію гідроциліндрами Ц6 та Ц7. Переміщення правої та лівої частини автооператора проводяться гідроциліндрами Ц8, Ц9, поворот автооператора - штоком циліндра Ц5.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ланцюговий магазин має місткість 16 блоків. Магазин наводиться в обертання двигуном М5 через черв'ячну пару $z = 1-60$ і дві зірочки $z = 6$. Т- подібний паз блоку надівається на Т- подібний виступ пристосування па ланці магазину і фіксується під дією пружин, розфіксація здійснюється гідроциліндром. Як відліковий пристрій при виборі інструменту використовують систему сельсинів С1-С3, пов'язаних з магазином через ряд зубчастих передач.

1.1.3 Аналіз існуючих схем електроприводу

Для верстатів токарних багатоцільових, в яких головний рух є обертальним, потрібна зазвичай сталість потужності у більшій частині діапазону зміни швидкостей і тільки в області малих швидкостей- сталість моменту, що дорівнює найбільшому допустимому за умовою міцності механізму головного руху. Для отримання необхідної швидкості різання на багатоцільових токарних верстатах слід приймати її зміни в діапазоні від 80:1 до 100:1. При цьому бажано мати по можливості плавну її зміну для того, щоб у всіх випадках забезпечити найбільш придатну швидкість різання.

У токарних верстатах малих розмірів пуск, зупинка та зміна напрямку обертання шпинделя часто виробляються за допомогою фрикційних муфт. Двигун залишається підключеним до мережі і обертається в одному напрямку.

У головних приводах верстатів широкого призначення малих та середніх розмірів основним типом приводу є привід від асинхронного короткозамкнутого двигуна. Асинхронний двигун конструктивно добре поєднується з коробкою швидкостей верстата, надійний в експлуатації та не потребує спеціального догляду. Для безступінчастого регулювання швидкості обертання органів верстата застосовують асинхронні двигуни з незалежним збудженням та двигуни постійного струму, які дозволяють змінювати частоту обертання в діапазоні 10:1.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для головного приводу деяких верстатів токарних застосовуються багатошвидкісні асинхронні двигуни. Використання такого приводу є доцільним, якщо воно призводить до спрощення коробки швидкостей або коли потрібно перемикання швидкості шпинделя на ходу.

Асинхронний двигун із короткозамкненим ротором є найбільш компактним, надійним та економічним в експлуатації, що зберігає приблизно постійну частоту обертання при змінах навантаження від мінімального (при холостому ході) до номінального.

У якості джерела руху в приводах подань можуть застосовуватися окремі електродвигуни : асинхронні, ступінчасто регульовані, нерегульовані, змінного і постійного струму, регульовані безступінчасто.

1.1.4 Формулювання вимог до автоматизованого електроприводу та автоматизації промислової установки

У багатоцільових верстатах частота обертання шпинделя має регулюватися автоматично. Для багатоцільових верстатів характерні широкий діапазон розмірів оброблюваних отворів, матеріалів, попередня та остаточна обробка, застосування різних інструментів.

Це веде до необхідності забезпечення широкого регулювання частот обертання шпинделя. Для призначення оптимальної швидкості різання регулювання частот обертання має бути безступінчастим.

Таким чином, до приводів головного руху пред'являються такі вимоги:

- 1) діапазон регулювання повинний охоплювати швидкості, необхідні як високопродуктивної чистової обробки сучасними інструментами, так позиціонування шпинделя;
- 2) привід повинний забезпечувати тривалий режим роботи за повного використання номінальної потужності;

					ДП 14.104.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

3) безступінчасте регулювання частоти обертання та можливо менша кількість механічних діапазонів перемикання частот обертання;

4) мінімальний година розгону та гальмування для забезпечення мінімальних витрат часу при різьбонарізуванні та позиціонуванні шпинделя.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики багатоцільового токарного верстата ТМЦ-200

Найменування параметра	Величина параметра
Максимальний діаметр оброблюваної заготівлі, мм	250
частота обертання головного шпинделя, об/хв	50-3000
частота обертання інструментального шпинделя об/хв	100- 3000
робочі подання супортів подовжнього і поперечного, мм/хв	5-1000
швидкість швидкого переміщення подовжнього поперечного супортів, мм/хв	10 000
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Частота обертання двигуна головного руху, об/хв	3000
Напруга, В	380
Частота струму, Гц	50

Проаналізувавши вимоги до електроприводу і технічні характеристики верстата (Таблиця 1.1), віддамо перевагу асинхронному двигуну.

2 Розрахункова частина

2.1 Вибір електродвигуна і проектування силової схеми перетворювача

Зробимо вибір асинхронного електродвигуна за умови, що: $U_H=380$ В, $P_H=11$ кВт, $n_H=3000$ об/хв. На підставі сформульованих вимог до автоматизованого електроприводу багатоцільового токарного верстата вибираємо асинхронний двигун 4АС132М2У3, технічні характеристики якого представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики двигуна 4АС132М2У3

Потужність P_H , кВт	11
Ковзання S_H , %	4,8
Момент інерції $J_{дв}$, кг·м ²	0,023
ККД, %	84
$\cos\phi$	0,89
Синхронна Частота обертання n_0 , об/хв	3000
I_H	7,5
Діапазон D	100
mk	2,2

Проведемо розрахунок механічної частини електроприводу.

Номінальний момент електродвигуна :

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} \quad (2.1)$$

Номінальна кутова швидкість обертання валу двигуна :

$$\omega_H = (1 - s) \cdot \frac{\pi n_0}{30} = (1 - 0.048) \cdot \frac{3.14 \cdot 3000}{30} = 298,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (2.2)$$

					ДП 14.104.1.001 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Розвадовський			Розрахункова частина	Літ.	Арк.
Перевір.		Новосилецький					Аркушів
Реценз.							14
Н. Контр.		Антипчук				ЖАТФК зр. Е-41	
Затверд.		Нездівецька					
							18

Тоді:

$$M_H = \frac{11000}{298,9} = 36,8 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.3)$$

Максимальна кутова швидкість обертання валу двигуна :

$$\omega_{\max} = 2 \cdot \omega_H = 2 \cdot 298,9 = 597,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.4)$$

$$\max=2 \cdot \omega_H=2 \cdot 298,9=597,8 \text{ рад/з}; \quad (2.5)$$

Мінімальна кутова швидкість обертання валу двигуна :

$$\omega_{\min} = \frac{\omega_{\max}}{D} = \frac{597,8}{100} = 5,98 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (2.6)$$

Приведений момент механічного передання :

$$M'_{\text{мех}} = \frac{M_{\text{мех}}}{i}; \quad (2.7)$$

$$i = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{max.шт}}} = \frac{3000}{3000} = 1; \quad (2.8)$$

$$M'_{\text{мех}} = \frac{0,4 \cdot 36,8}{1} = 14,72 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.9)$$

Момент навантаження, приведений до валу двигуна :

$$M'_{\text{нав}} = \frac{M_{\text{нагр}}}{i} = \frac{M_H}{i} = \frac{36,35}{1} = 36,8 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.10)$$

Максимальний момент:

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\max} = 2,2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 2,2 \cdot 36,8 = 81 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad M_{\max}=2,2 \cdot M_{\text{НОМ}}=2,2 \cdot 36,8=81 \text{ Н} \cdot \text{М};$$

$$M_{\max} = 2,2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 2,2 \cdot 36,8 = 81 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (2.11)$$

Пусковий момент:

$$M_{\Pi} = 2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 36,8 = 73,6 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (2.12)$$

Мінімальний момент:

$$M_{\min} = 1,6 \cdot M_{\text{НОМ}} = 1,6 \cdot 36,8 = 58,9 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (2.13)$$

Момент інерції механізму :

$$J_{\text{мех}} = 2 \cdot J_{\text{дв}} = 2 \cdot 0,023 = 0,046 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.14)$$

Виходячи з вимог, що пред'являються до системи управління електроприводом, виберемо принципову схему силового ланцюга. Силовий ланцюг міститиме некерований випрямляч, автономний інвертор напруги, фільтр і гальмівний резистор.

Некерований випрямляч складатиметься з шести діодів VD1 - VD6.

Для зменшення пульсацій, між некерованим випрямлячем і автономним інвертором буде встановлений ємнісною фільтр Сф.

Автономні інвертор напруги складатиметься з шести транзисторних ключів. Кожна обмотка електродвигуна підключається через відповідний ключ до позитивного і негативного виводам випрямляча. У вихідних каскадах інвертора в якості ключів будемо використовуватися силові IGBT -транзистори VT2 - VT7. В порівнянні з тиристорами вони мають більш високу частоту перемикання, що дозволяє

виробляти вихідний сигнал синусоїдальної форми з мінімальними спотвореннями.

При зупинці електродвигуна зростає постійна складова струму, що віддається назад в мережу живлення через ПЧ, для розсіювання цієї енергії включено в ланцюг гальмівний резистор R_T

Спроекована силова схема перетворювача представлена на рисунку 2.1

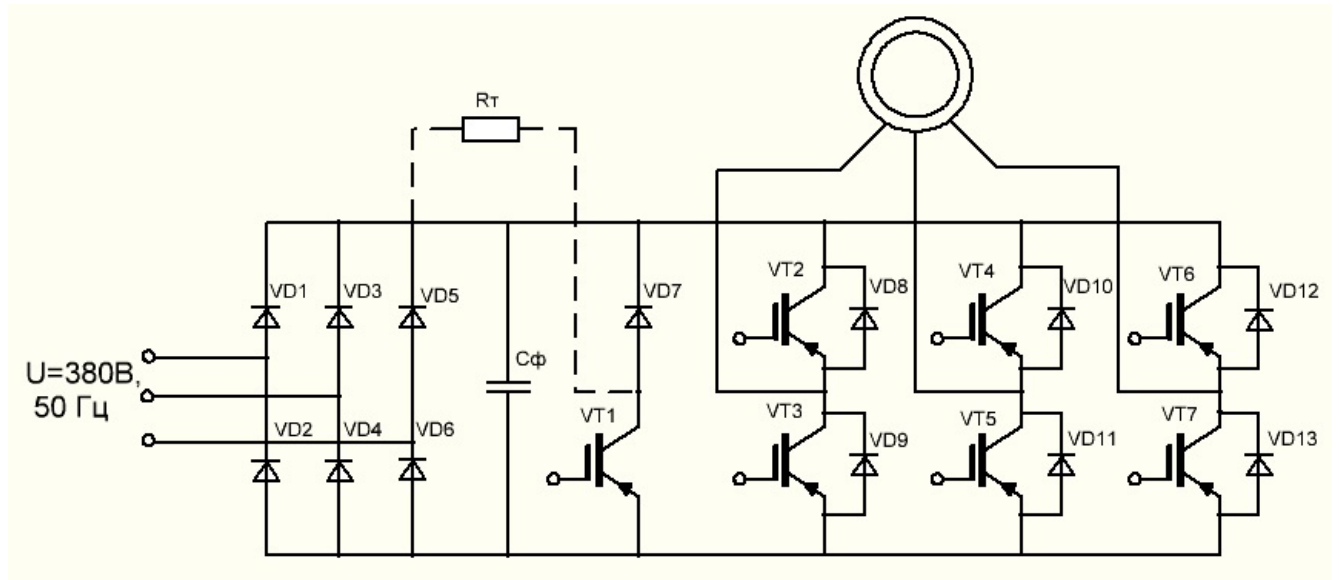


Рисунок 2.1 - Силовая схема перетворювача

2.2 Розрахунок параметрів і вибір силових елементів електроприводу

Визначимо втрати в двигуні.

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot (1 - \eta_{\text{НОМ}})}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{11000 \cdot (1 - 0,84)}{0,84} = 2095 \text{ Вт} \quad (2.15)$$

$$\Delta P_{\text{МХ}} = 0,075 \cdot \Delta P_{\text{НОМ}} = 0,075 \cdot 2095 = 157,12 \text{ Вт} \quad (2.16)$$

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = 0,075 \cdot 2095 = 157,12 \text{ Вт}; \quad (2.17)$$

$$\Delta P_{\text{СТ}} = 0,25 \cdot \Delta P_{\text{НОМ}} = 0,25 \cdot 2095 = 523,75 \text{ Вт}$$

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = 0,25 \cdot 2095 = 523,75 \text{ Вт}; \quad (2.18)$$

$$\Delta P_{\text{доб}} = 0,03 \cdot \Delta P_{\text{НОМ}} = 0,03 \cdot 2095 = 62,85 \text{ Вт} \quad (2.19)$$

$$\Delta P_{\text{пост}} = \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{МХ}} + \Delta P_{\text{доб}} = 523,75 + 157,12 + 62,85 = 743,72 \text{ Вт} \quad (2.20)$$

$$\Delta P_{\text{пер.НОМ}} = \Delta P_{\text{НОМ}} - \Delta P_{\text{пост}} = 2095 - 743,72 = 1351,3 \text{ Вт} \quad (2.21)$$

Момент холостого хода :

$$M_0 = \frac{\Delta P_{\text{МХ}} + \Delta P_{\text{доб}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{157,12 + 62,85}{298,9} = 0,74 \text{ Н}; \quad (2.22)$$

$$\Delta P_{\text{пер.2НОМ}} = M_{\text{э.НОМ}} \cdot \omega_0 \cdot S_{\text{НОМ}} P_{\text{пер.}} \quad (2.23)$$

$$M_{\text{э.НОМ}} = M_0 + M_{\text{НОМ}} = 0,74 + 36,8 = 37,54 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.24)$$

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (2.25)$$

$$\Delta P_{\text{пер.2НОМ}} = 36,99 \cdot 314 \cdot 0,036 = 565,8 \text{ Вт} \quad (2.26)$$

$$\Delta P_{\text{пер.1НОМ}} = \Delta P_{\text{пер.НОМ}} - \Delta P_{\text{пер.2НОМ}} = 1351,3 - 565,8 = 785,5 \text{ Вт};$$

Визначимо струм статора :

$$I_{1\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{НОМ}}} = \frac{11000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,89 \cdot 0,84} = 22,4 \text{ А}; \quad (2.27)$$

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Активний опір статора

$$R_1 = \frac{\Delta P_{\text{пер.1ном}}}{3 \cdot I_{1\text{ном}}^2} = \frac{785,5}{3 \cdot 22,4^2} = \frac{392,69}{1505,3} = 0,52 \text{ Ом}; \quad (2.28)$$

Опір ротора :

$$\begin{aligned} R &= 0,5 \cdot S_{\text{ном}} \left[A \cdot S_{\text{ном}} - 2 \cdot R_1 + \sqrt{(A \cdot S_{\text{ном}} - 2 \cdot R_1)^2 - (R_1 + X_K)^2} \right] = \\ &0,5 \cdot 0,048 \left[256,6 \cdot 0,048 - 2 \cdot 0,52 + \sqrt{(256,6 \cdot 0,048 - 2 \cdot 0,52)^2 - (0,52 \cdot 2,8)^2} \right] = \\ &= 0,024 \cdot [11,2768 + 10,78] = 0,024 \cdot 22,057 = 0,53 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

Індуктивний опір статора і ротора :

$$X_1 \approx X = \frac{X_K}{2} = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ Ом}; \quad (2.29)$$

Критичне ковзання двигуна :

$$S_K = \frac{R}{\sqrt{R_1^2 + X_K^2}} = \frac{0,53}{\sqrt{0,52^2 + 2,8^2}} = \frac{0,53}{\sqrt{0,27 + 7,84}} = \frac{0,53}{2,8} = 0,18; \quad (2.30)$$

Струм холостого ходу :

$$I_o = I_{1\text{ном}} \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{\text{ном}}} = 22,4 \cdot \sqrt{1 - 0,89} = 7,39 \text{ А}; \quad (2.31)$$

Приведений струм ротора :

$$I_{2\text{ном}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{пер.2ном}}}{3 \cdot R}} = \sqrt{\frac{565,8}{3 \cdot 0,53}} = 18,3 \text{ А}; \quad (2.32)$$

					ДП 14.104.1029 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Активний опір взаємної індукції :

$$R_{\mu} = \frac{\Delta P_{\text{ст}}}{3 \cdot I_0^2} = \frac{523,75}{3 \cdot 7,39^2} = 3,2 \text{ A}; \quad (2.33)$$

Індуктивний опір взаємної індукції :

$$X_{\mu} = \frac{U_{\phi, \text{ном}}}{I_0} \cdot \sin \varphi - X_1 = \frac{220}{7,39} \cdot 0,992 - 1,4 = 28,1 \text{ Ом}; \quad (2.34)$$

Індуктивність статора :

$$L_1 = \frac{X_1 + X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1,4 + 28,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,09 \text{ Гн}; \quad (2.35)$$

Індуктивність ротора :

$$L_2 = \frac{X_2 + X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1,4 + 28,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,09 \text{ Гн}; \quad (2.36)$$

Взаємна індукція:

$$L_{12} = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{28,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,089 \text{ Гн}; \quad (2.37)$$

Еквівалентний опір ланцюга статора :

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= R_1 + R_2 \cdot \left(\frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right) = 0,52 + 0,53 \cdot \left(\frac{0,089^2}{0,09^2} \right) = \\ &= 0,52 + 0,53 \cdot \left(\frac{0,0079}{0,0081} \right) = 0,52 + 0,53 \cdot 0,98 = 1,04 \text{ Ом}; \end{aligned} \quad (2.38)$$

Еквівалентна індуктивність ланцюга статора :

$$L_{\Sigma} = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} = 0,09 - \frac{0,089^2}{0,09} = 0,09 - \frac{0,0079}{0,09} = 0,08 \text{ Гн}; \quad (2.39)$$

Сумарний момент інерції ЕП :

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$J_{\Sigma} = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех}} = 0,023 + \frac{7,5 \cdot 0,023}{1} = 0,1725 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad (2.40)$$

Зробимо вибір силових ключів інвертора.

Як силові ключі використовуються модулі IGBT, до складу якого входять біполярні транзистори з ізольованими затворами і зворотні діоди.

Попередній вибір.

Номінальний фазний струм статора :

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{3 \cdot U_{1\phi.\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{11000}{3 \cdot 220 \cdot 0,84 \cdot 0,89} = 22,3 \text{ А}; \quad (2.41)$$

Середній струм через силовий ключ:

$$I_{\text{н.ср}} \geq k_z \cdot I_{\text{мах}} \quad I_{\text{н.ср}} \geq k_z \cdot I_{\text{мах}} \quad (2.42)$$

де k_z - коефіцієнт запасу враховує перевантаження по струму при комутації ключа, $k_z=2$;

$I_{\text{мах}}$ - амплітудне значення струму:

$$I_{\text{мах}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном}} = \sqrt{2} \cdot 22,3 = 31,2 \text{ А}; \quad (2.43)$$

де $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм двигуна, А.

Вираження (2.43) набере вигляду:

$$I_{\text{н.ср}} \geq 2 \cdot 31,3 = 62,6 \text{ А};$$

Робоча напруга на силовому ключі:

$$U_{\text{раб}} \geq U_{\text{мах}} + \Delta U_{\text{п.н}} \quad U_{\text{раб}} \geq U_{\text{мах}} + \Delta U_{\text{п.н}}; \quad (2.44)$$

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $U_{\max}$ - амплітудне значення напруги в силовому ланцюзі інвертора, В

$\Delta U_{\text{п.н}}$ - комутаційне перенапруження на ключі, В

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{л}} = 1,4 \cdot 380 = 537,4 \text{ В}; \quad (2.45)$$

де $U_{\text{л}}=380 \text{ В}$ - лінійна напруга мережі

З урахуванням рекомендацій приймається значення перенапруження

$$U_{\text{п.н}} = 600 \text{ В}.$$

Вираження набирає вигляду:

$$U_{\text{раб}} \geq 537,4 + 600 = 1137,4 \text{ В}; \quad (2.46)$$

На підставі виразів і по каталогу вибираються силові модулі SKM 40GD123D у вигляді півмосту із зворотними діодами з наступними технологічними параметрами. Технічні параметри силових модулів представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Технічні параметри силових модулів SKM 40GD123D

Параметри	Значення
Напруга колекторно- емітерного переходу, В	1200
Середній робочий струм, А	25
Напруга насичення колектор-емітер	2,5
Тривало допустимий струм колектора, при температурі корпусу 25°C	40
Тривало допустимий струм колектора, при максимальній температурі корпусу	25
Втрати енергії при включенні	3,8

Діюче значення струму :

$$I_d = \frac{I_{\text{н}}}{\sqrt{3}} = \frac{22,4}{1,73} = 12,94 \text{ А}; \quad (2.47)$$

Визначимо діюче значення струму через вентиль:

$$I_{в.ср} = \frac{I_n}{3} = \frac{22,3}{3} = 7,46 A; \quad (2.48)$$

Заздалегідь виберемо вентиль по співвідношенню:

$$K_{зо} \cdot K_{зрі} \cdot I_{в.ср} \leq I_{TAVm} \quad (2.48)$$

де $K_{зо}$ - коефіцієнт, що враховує відхилення умов роботи вентилів від номінальних. Приймаємо $K_{зо} = 1,1$

$K_{зрі}$ - коефіцієнт запасу по струму в робочому режимі

$K_{зрі} = 1,25 \div 1,62$ $K_{зрі} = 1,25 \div 1,62$. Приймаємо $= 1,4$.

$$1,1 \cdot 1,4 \cdot 7,46 = 11,49 \leq I_{TAVm}$$

З довідника вибираємо діоди типу Д122- 40 при природному охолодженні з охолоджувачем О221- 60.

Для вибраного тиристора розраховуємо максимальний допустимий середній струм при заданому режимі і умовах роботи :

$$I_{TAVm} = \frac{\sqrt{U_{T(TO)}^2 + 4 \cdot K_{\phi i}^2 \cdot r_T \cdot (T_{jm} - T_a) / R_{thja}} - U_{T(TO)}}{2 \cdot K_{\phi i} \cdot r_t}; \quad (2.49)$$

де $U_{T(TO)}$ - порогова напруга 1,35В

$K_{\phi i} \cdot r_t$ коефіцієнт форми струму

$$K_{\phi i} = \frac{i_d}{i_{в.ср}} = \frac{12,94}{7,46} = 1,732; \quad (2.50)$$

r_t - диференційний опір $r_t = 5 \text{ мОм}$

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_{jm} - максимально допустима температура $T_{jm} = 125^{\circ}$

T_a - температура зовнішнього середовища $T_a = 40^{\circ}$

R_{thja} - тепловий опір переходу- середовище

$$R_{thja} = R_{thjc} + R_{thch} + R_{thha} \quad (2.51)$$

де R_{thch} - тепловий опір корпус-контактная поверхня охолоджувача

$$R_{thch} = 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{BT} \quad (2.52)$$

R_{thjc} - тепловий опір переходу- корпус

$$R_{thjc} = 1,3 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{BT} \quad (2.53)$$

R_{thha} - тепловий опір контактна поверхня охолоджувача - охолоджувальне середовище

$$R_{thha} = 2,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{BT}$$

$$R_{thja} = 0,2 + 1,3 + 2,8 = 4,3 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{BT}$$

$$\begin{aligned} I_{TAVm}^* &= \frac{\sqrt{1,35^2 + 4 \cdot 1,732^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (125 - 40)/4,3} - 1,35}{2 \cdot 1,732^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \\ &= \frac{\sqrt{1,83 + 4 \cdot 3 \cdot 0,005 \cdot 19,77} - 1,35}{2 \cdot 3 \cdot 0,005} = \\ &= \frac{1,73 - 1,35}{0,03} = 12,6 \text{ A}; \end{aligned} \quad (2.54)$$

Вибраний тиристор повинен задовольняти умові:

$$K_{зрі} \cdot I_{в.ср} \leq I_{TAVm} K_{зрі} \cdot I_{в.ср} \leq I_{TAVm}; \quad (2.55)$$

$$1,4 \cdot 7,46 = 10,44 \leq 12,6;$$

Умова виконується.

Максимально допустима напруга, що прикладається до вентиля, не повинна перевищувати допустимого значення імпульсної напруги, що повторюється :

$$K_{zu} \cdot K_c \cdot U_{обр.m} \leq U_{DRM} \quad K_{zu} \cdot K_c \cdot U_{обр.m} \leq U_{DRM}$$

$$K_{zu} = 1,3 \div 1,5 \quad (1,4)$$

$$K_c = 1,1;$$

$$U_{обр.m} = \sqrt{6} \cdot U_\phi = 2,4 \cdot 220 = 528 \text{ В};$$

$$1,4 \cdot 1,1 \cdot 528 = 813,12 \leq U_{DRM} \quad (2.56)$$

Зробимо вибір конденсаторів силового фільтра.

Знайдемо сумарну ємність силових конденсаторів фільтра.

$$C = \frac{U_d \cdot T_\Delta}{3 \cdot R_\Delta \cdot \Delta U_c}; \quad (2.57)$$

$$T_\Delta = \frac{L_\Delta}{R_\Delta} = \frac{0,003}{12} = 0,0002; \quad (2.58)$$

$$U_d = k_{cx} \cdot U_\phi; \quad (2.59)$$

де k_{cx} – коефіцієнт схеми для трифазної мостової схеми

$$k_{cx} = 2.34$$

U_ϕ – фазна напруга, $U_\phi = 220 \text{ В}$

$$U_d = 2,34 \cdot 220 = 514,8 \text{ В}; \quad (2.60)$$

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U_c = 0,1 \cdot U_d = 0,1 \cdot 514,8 = 51,48 \text{ В}; \quad (2.61)$$

$$C = \frac{514,8 \cdot 0,0025}{3 \cdot 12 \cdot 51,48} = \frac{0,1287}{1853,28} = 0,00026 \text{ Ф}; \quad (2.62)$$

$$U \geq \sqrt{2} \cdot U_d = \sqrt{2} \cdot 514,8 = 725,8 \text{ В}; \quad (2.63)$$

Враховуючи розраховані ємність та напругу вибираємо конденсатори силового фільтра марки В25835-К6254-К7.

Зробимо вибір гальмівного резистора.

При використанні двигунів потужністю 11 кВт рекомендується використовувати гальмівний резистор з опором 40 Ом і потужністю 2000 Вт. резисторів становлять 40 Ом, загальна потужність розсіювання резисторів 2 кВт.

2.3 Вибір апаратів захисту та комутації

Враховуючи номінальний струм двигуна ($I_n=22,3\text{А}$) вибираємо універсальний блок захисту електродвигунів УБЗ-301М.

Універсальний блок захисту електродвигунів УБЗ-301М призначений для постійного контролю параметрів напруги і діючих значень фазних/лінійних струмів трифазного електрообладнання 380 В/50

Блок захисту УБЗ-301М забезпечений трьома тороїдальними датчиками струму, два з яких - датчики фазного/лінійного струму, через які проходять силові фазні проводи. Третій датчик відрізняється збільшеним діаметром - диференціальний датчик струму, через який протягуються три силові дроти. Клемами блок включається паралельно контрольованій мережі. На виході – контакт, що замикає і розмикає. Вихідні клеми включаються до розриву ланцюга живлення котушки пускача. При спрацьовуванні блоку відключення навантаження проводиться

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

шляхом розриву ланцюга живлення котушки магнітного пускача через розмикаючі контакти.

Здійснює повний та ефективний захист електроустаткування відключенням від мережі та/або блокуванням його пуску в наступних випадках:

- неякісній мережній напрузі
- механічних перевантажень
- зникнення моменту на валу
- при неприпустимо низькому рівні ізоляції на корпус
- замиканні на "землю" обмотки статора під час роботи
- несиметричних перевантажень по фазних/лінійних струмах, пов'язаних з пошкодженнями всередині двигуна - захист від перекосів фазних струмів з подальшою заборною АПВ;

Таблиця 2.3 – Технічні параметри блоку захисту УБЗ-301М

Параметри	Значення
Число полюсів, Р	3
Частота мережі змінного струму, Гц	45-55
Номинальна лінійна напруга УН, В	380
Діапазон номінальних струмів, А	5-50

2.4 Проектування електричної функціональної схеми електроприводу

На підставі сформованих вимог і спроектованої силової схеми перетворювача, було віддано перевагу перетворювачу частоти Веспер Е2-8300-015Н.

Перетворювач Веспер Е2-8300-015Н є векторним перетворювачем частоти. Може працювати як у режимі векторного, і у режимі скалярного управління.

Функціональна схема перетворювача частоти Веспер Е2-8300-015Н наведена у графічній частині аркуша 2.

Регулююча частина будується в системі координат d, q як двоканальна система з двоконтурними підсистемами стабілізації швидкості (з регуляторами швидкості РС і струму РТq) і потягосцеплення ротора АТ (з регуляторами

потокосцеплення РПт і струму РТd). Блок поділу БД на виході РС компенсує використання операції перемноження для формування моменту АТ. Для отримання сигналів зворотних зв'язків у силовій частині електроприводу передбачаються датчики струмів (ДТ1, ДТ2) і напруг (ДН1, ДН2), а також датчик швидкості ДС, що встановлюється на валу АТ.

Перетворення сигналів, пропорційних струмів та напруг трифазної системи до системи координат α , β здійснюється за допомогою обчислювачів ортогональних струмів (ВОТ) та напруг (ВОН). Блок компенсації БК, з урахуванням наявності паралельних зворотних зв'язків по складових струму статора, потокосцеплення і швидкості, призначений для компенсації впливу внутрішніх перехресних зворотних зв'язків АТ. В якості пристроїв, що задають використовують задатчик інтенсивності (ЗІ), що формує завдання $U_{3.c}$ на контур швидкості, і задатчик ослаблення поля (ЗОП), що формує залежний від сигналу $U_{3.c}$ сигнал завдання $U_{3.p}$ на модуль вектора потокосцеплення ротора.

Силова частина містить такі блоки:

Некерований випрямляч (НВ) перетворює змінну напругу мережі живлення в імпульсну напругу однієї полярності.

Автономний інвертор напруги (АІН) здійснює перетворення випрямленої напруги в трифазну змінну напругу потрібної частоти і амплітуди, яке прикладається до обмоток статора електродвигуна. Інвертор складається із шести транзисторних ключів. Кожна обмотка електродвигуна підключається через відповідний ключ до позитивного і негативного висновків випрямляча.

Для зменшення пульсацій, між некерованим випрямлячем та автономним інвертором встановлено ємнісний фільтр Сф.

ЕМІ фільтр - пристрій зменшення електромагнітних перешкод, випромінюваних у мережу під час роботи перетворювача частоти. Пригнічує перешкоди в діапазоні 0,1 ... 30 МГц, що утворюються на затискачах перетворювача, що живлять, і перешкоджає їх поширенню в мережу.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрична принципова схема блоку регулятора швидкості представлена в графічній частині.

Регулятор швидкості (РС) перетворює сигнал неузгодженості між напругою завдання U_z та напругою датчика швидкості U_{oc} . Регулятор швидкості виконаний на трьох операційних підсилювачах та є двокаскадним. Перший каскад виконаний на двох операційних підсилювачах DA1 та DA2. Структура першого каскаду і відповідний вибір елементів, що входять до його складу, забезпечують термостабільність характеристик електроприводу за рахунок компенсації теплового дрейфу операційного підсилювача DA1 паралельно включеним прецизійним операційним підсилювачем DA2. Останній реалізований на структурі «модулятор-демодулятор» і відрізняється практично відсутністю дрейфу. Конденсатор C5 включений паралельно, конденсатори C6, C7 та резистор R18 забезпечує стандартну схему включення операційного підсилювача. Елементи R11, R12, R14 та C3, C4 призначені для забезпечення сталої роботи DA1. Другий каскад на DA3 служить отримання необхідного коефіцієнта посилення РС. Обидва каскади охоплені зворотним зв'язком (резистори R17, R20 ємність C8), що відповідає ПІ-регулятору. Налаштування РС здійснюється змінним резистором R17 і вибором відповідного значення конденсатора C8.

РС має два входи: вхід задає сигналу U_z і вхід сигналу зворотного зв'язку по швидкості U_{oc} . З обох входів передбачені фільтри: R2, R6 і C2 - по першому входу і R1, R3, R4 і C1 - по другому входу. За допомогою змінного резистора R5, за рахунок зміни коефіцієнта передали ланцюги зворотного зв'язку, здійснюється регулювання максимальної швидкості.

Сигнал із виходу РС надходить на вхід РТ. Ланцюг, що складається з контакту, що розмикається, S1 резистора R15, охоплює РС н РТ разом і служить для захисту електроприводу, оскільки різко зменшує коефіцієнти передачі. При нормальній роботі електропривода ланцюг розірваний за допомогою контакту реле S1, що входить до складу схеми захисту, і не впливає на роботу електроприводу.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Ланцюжок з резисторів R4, R19 діодів ДЗ, Д4 забезпечує захист входу операційного підсилювача DA3.

2.5 Проектування системи автоматизації виробничої установки

Як пристрій програмного управління, найбільш доцільним є застосування мікроконтролерної системи.

Застосування мікроконтролерів у системі управління значно збільшує функціональні можливості електроприводів. З одного боку дозволяє істотно розширити набір лінійних і нелінійних законів, що реалізуються, і алгоритмів управління приводом. З іншого боку, вносить такі особливості, властиві цифровим системам, як імпульсний характер процесів отримання, тобто, наявність квантування за часом і за рівнем, а також наявність запізнення в каналі управління, необхідного для обробки інформації та формування сигналів, що управляють.

Мікроконтролерна система управління має ряд властивостей, які визначають нові позитивні якості електроприводів:

1) Розвинені арифметичні та логічні можливості, які дозволяють реалізувати складні лінійні та нелінійні закони управління, перерахунок координат з однієї системи в іншу у багатозв'язному електроприводі, алгоритми адаптивного управління.

2) Наявність пам'яті забезпечує можливість формування поточного управління з урахуванням накопиченої інформації про координати системи за попередній час та реалізацію принципів самоконтролю приводу, за рахунок наявності в пам'яті програм тестового контролю та діагностики.

3) Програмованість, яка дозволяє створювати на основі мікропроцесорних систем багаторежимні та багатофункціональні приводи.

Як пристрій програмного управління багатоцільовим токарним верстатом ТМЦ-200 вибираємо мікроконтролер Atmel AVR XMEGA

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.6 Склад та принцип функціонування пристрою

Мікроконтролери Atmel AVR XMEGA є мікроконтролерами загального призначення і можуть використовуватися в широкому числі застосувань, у тому числі контролери автоматизації, системи управління електроприводами, побутове електрообладнання, комунікаційне обладнання, вимірювальні прилади.

Мікроконтролери XMEGA інтегрують такі ресурси: внутрішньосистемно-програмована Flash-пам'ять з можливостями читання під час запису, внутрішні EEPROM і SRAM, чотириканальний DMA-контролер, восьмиканальна система подій та програмований багаторівневий контролер переривань, до 78 ліній введення-виведення або 32-бітний лічильник реального часу (RTC), до 8 універсальних 16-бітних таймерів-лічильників з режимами порівняння та можливостями широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), до восьми інтерфейсів USART, до чотирьох I2C- та SMBUS-сумісних інтерфейсів TWI, до чотирьох інтерфейсів SPI, прискорювачі алгоритмів AES та DES, до двох 8-канальних 12-бітових аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП, ADC) з опціональним диференціальним входним підсилювальним каскадом з програмованим посиленням, до двох 2-канальних 12-бітових цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП, DAC), до чотирьох аналогових компараторів з віконним режимом, таймер з окремим внутрішнім генератором точні внутрішні генератори з функціями фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ, PLL) і розподілу частоти, а також програмований супервізор живлення (BOD)

Структурна схема мікроконтролера XMEGA наведена в графічній частині. Мікроконтролер XMEGA містить такі блоки:

- центральний процесорний пристрій (CPU);
- контролер енергонезалежної пам'яті;
- контролер переривань;
- контролер шини; контролер ПДП;
- контролер зміни подій;

- прискорювачі криптографічних алгоритмів AES та DES;
- цифро-аналогові перетворювачі DAC;
- блок управління генераторами;
- блок інтерфейсу PDI; блок інтерфейсу JTAG.

Як центральний процесор використовується 8-бітне мікропроцесорне ядро, побудоване на принципах RISK-архітектури. Основою цього блоку служить арифметико-логічний пристрій, який підключений до регістрів загального призначення. Регістрів загального призначення всього 32 вони мають байтовий формат, тобто кожен з них складається з восьми біт.

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

Flash-пам'ять варта зберігання послідовності команд, управляючих функціонуванням мікроконтролера, і має 16-ти бітну організацію.

Енергонезалежна пам'ять даних (EEPROM) використовується для довгострокового зберігання різної інформації, яка може змінюватися в процесі функціонування мікроконтролерної системи.

Цифро-аналогові перетворювачі (DAC) служать для отримання чисельного значення напруги, поданого на його вхід. Цей результат зберігається у регістрі даних АЦП. Який із висновків мікроконтролера буде входом АЦП, визначається числом, занесеним у відповідний регістр.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення, охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Правовою основою організації роботи по охороні праці в Україні є конституція. Вона гарантує права громадян на здорові і безпечні умови праці, право на відпочинок, охорону здоров'я і право на сприятливе довкілля.

Положення Конституції конкретизовані в Трудовому кодексі, а також постановках, наказах, розпорядженнях державних органів, міністерств і відомств.

Згідно із конституцією контроль за дотриманням законодавства про працю здійснюють спеціально уповноважені державні органи, діючі відповідно до законодавства.

Статтями Трудового кодексу України передбачений механізм реалізації права працівників на здорові і безпечні умови праці через обов'язок наймача забезпечувати такі умови. Законодавчо регламентована діяльність служби охорони праці. Цією статтею визначено, що для організації роботи і здійснення контролю по охороні праці наймачі вводять посаду фахівця з охорони праці або створюють відповідну службу з числа осіб, що мають необхідну підготовку.

Окрім цього, передбачають обов'язки працівників з питань охорони праці, а також їх відповідальність за порушення законодавства про працю і норм охорони праці. Тут же, законодавчо визначено, що державний нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю здійснюють спеціально уповноважені на те державні органи, а право громадського контролю з цих питань надає профспілкам.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Розвадовський			Вступ	Літ.	Арк.
Перевір.		Нездвєцька					Аркуші
Реценз.							33
Н. Контр.		Антипчук				ЖАТФК зр. Е-41	
Затверд.		Нездвєцька					
							10

Незалежно від займаної посади, професії і кваліфікації усі учасники виробничого процесу проходять інструктаж по охороні праці, яка буває наступних видів : ввідний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий.

Трудове законодавство і нормативне регулювання питань охорони праці є важливими елементами правового забезпечення соціально-економічних стосунків в суспільстві і створення здорових і безпечних умов праці.

3.1 Вимоги безпеки до виробничого устаткування і робочих місць

Загальні вимоги безпеки до виробничого устаткування сформульовані в ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки», де говориться, що виробниче устаткування повинне забезпечувати безпеку працюючих, введенні в експлуатаційною документацією.

Робоче місце - це просторова зона, оснащена необхідними технічними засобами (основним і допоміжним устаткуванням, технологічним і організаційним оснащенням, засобами забезпечення сприятливих умов праці), в якій здійснюється трудова діяльність працівника або групи працівників, що спільно виконують виробниче завдання, згідно ДСТУ 2226-93 «Термінів і визначення».

Персонал, допущений до роботи на верстаті, а також до його наладки і ремонту зобов'язаний отримати інструктаж по техніці безпеки і ознайомиться із загальними правилами експлуатації і ремонту верстата і вказівками по безпеці праці, які міститися в цьому посібнику, керівництво по експлуатації електроустаткуванням і експлуатаційній документації по тій, що додається до пристроїв і комплектуючих виробів, що входять до складу верстата.

Роботи по наладці, технічному обслуговуванню і ремонту устаткування проводять працюючі, такі, що мають відповідну кваліфікацію, пройшли в установленому порядку навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці.

Розробляються і затверджуються графіки технічного обслуговування і ремонту устаткування відповідно до експлуатаційних документів організацій -

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

виготівників устаткування і діючими в галузях економіки положеннями про планово-запобіжний ремонт устаткування.

Здача устаткування в ремонт і приймання з ремонту оформляються актом, за винятком випадків проведення поточного ремонту.

Порядок підготовки устаткування до ремонту і його проведення визначаються технологічними інструкціями на ремонт устаткування. Перед початком робіт по ремонту устаткування наводиться в такий стан, при якому унеможливується мимовільного включення і приведення його в дію.

Установка, монтаж і перестановка устаткування проводяться відповідно до технологічного планування.

Устаткування встановлюється на міцних фундаментах або підставах, вивіряється і закріплюється.

Перед введенням в експлуатацію нового (модернізованого) або встановленого на інше місце устаткування проводиться перевірка його відповідності вимогам по охороні праці комісією з приймання устаткування в експлуатацію, призначеного наказом. За результатами перевірки складається акт введення устаткування в експлуатацію.

Введення в експлуатацію нового (модернізованого) або встановленого на інше місце устаткування здійснюється тільки при відповідності устаткування вимогам по охороні праці. Датою введення устаткування в експлуатацію вважається дата підписання акту комісією з приймання устаткування в експлуатацію.

Кожна одиниця устаткування повинна мати індивідуальний інвентарний номер.

Безпека при експлуатації устаткування забезпечується шляхом:

– використання устаткування за призначенням відповідно до вимог експлуатаційних документів організації - виготівника устаткування;

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- експлуатації устаткування працюючими, такими, що мають відповідну кваліфікацію по професії, пройшли в установленому порядку навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці;
- проведення своєчасного і якісного технічного обслуговування, і ремонту, випробувань, оглядів, технічних оглядів устаткування в порядку і терміни, встановлені експлуатаційними документами організації - виготівника устаткування, державними стандартами і технічними умовами на устаткування конкретних груп, видів, моделей (марок), правилами пристрою і безпечної експлуатації устаткування і іншими нормативними правовими актами;
- виведення із експлуатації небезпечного устаткування.
- впровадження безпечного устаткування, досконаліших конструкцій (захисних, запобіжних, блокувальних і обмежувальних), гальмівних пристроїв, облаштувань автоматичного контролю і сигналізації, дистанційного керування;

3.2 Електробезпека

Електробезпека - це система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики, згідно ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. У відповідності ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту електробезпека повинна забезпечуватися: технічними способами і засобами захисту, конструкцією електроустановок, організаційними і технічними заходами.

В якості засобів і методів захисту від поразки електричним струмом застосовують:

- ізоляцію струмоведучих частин;
- подвійну ізоляцію - на випадок ушкодження робочої ізоляції;

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- повітряні лінії, прокладення кабелів під землею;
- обгороджування електроустановок;
- засоби індивідуального захисту і інші.
- мала напруга для освітлення в умовах підвищеної небезпеки;
- ізоляція робочого місця;
- заземлення або занулення не струмоведучих частин електроустановок;
- вирівнювання електричних потенціалів;
- автоматичне відключення електроустановок;
- блокувальні пристрої, що автоматично відключають напругу електроустановок, при знятті кожухів і обгороджувань;
- застережливу сигналізацію при появі напруги на корпусі установки, напису, плакати, знаки;

Для захисту працівників від електротравм застосовуються засоби захисту. Засоби індивідуального і колективного захисту - технічні засоби, використовувані для запобігання або зменшення дії на працівників і (чи) небезпечних виробничих чинників, а також для захисту від забруднення. Відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом, працюючих залежно від характеру їх застосування підрозділяють на дві категорії: засоби колективного захисту і засоби індивідуального захисту.

До засобів колективного захисту відносять: захисні пристрої; облаштування автоматичного контролю і сигналізації; ізолюючі пристрої і покриття; облаштування захисного заземлення і занулення; облаштування автоматичного відключення; облаштування вирівнювання потенціалів і пониження напруги; облаштування дистанційного керування; запобіжні пристрої; громовідводи і розрядники; плакати і знаки безпеки.

До засобів індивідуального захисту : діелектричні рукавички, діелектричні чоботи і галоші, що ізолюють підставки, діелектричні килимки і доріжки.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Для захисту персоналу від ушкодження електричним струмом, неструмоведучих частини електроустановок, які можуть виявитися під напругою, мають бути заземлені або занулені.

Вимоги до заземлення і занулення електроустаткування визначені ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Захисне заземлення або занулення повинні забезпечувати захист людей від поразки електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції.

Згідно ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом захисне заземлення - умисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Схема захисного заземлення і занулення в трифазній установці представлена на рисунку 3.1

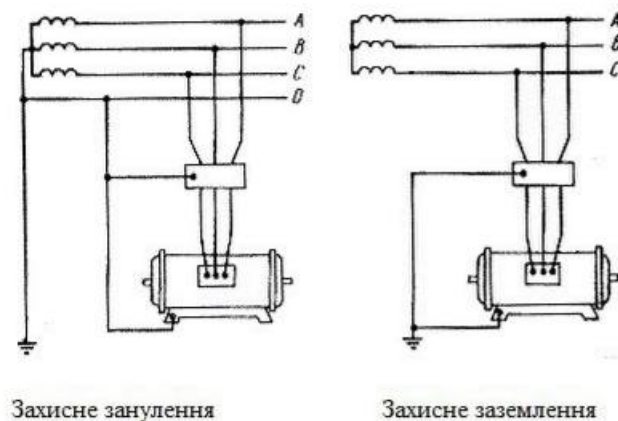


Рисунок 3.1 - Схема захисного занулення і заземлення

Захисне заземлення - умисне електричне з'єднання неструмоведучих частини електроустановки із заземляючим пристроєм. Призначено для захисту людини від дотику до корпусу електроустановки або інших її частин, що виявилися під напругою.

Захисне занулення — умисне електричне з'єднання неструмоведучих частин електроустановки з нульовим захисним провідником. Це призводить до того, що замикання будь-якої з фаз на корпус електроустановки перетворюється на коротке замикання цієї фази з нульовим дротом. Струм в цьому випадку виникає значно більший, ніж при використанні захисного заземлення. Швидке і повне відключення пошкодженого устаткування — основне призначення занулення.

3.3 Дотримання вимог виробничої санітарії

Виробнича санітарія - система організаційних, санітарно-гігієнічних заходів, технічних засобів і методів, що запобігають або зменшують дію на працюючих шкідливих виробничих чинників до значень, що не перевищують допустимі ДСТУ 7748:2015 Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги.

Виробнича санітарія включає оздоровлення повітряного середовища і нормалізація параметрів мікроклімату в робочій зоні, захист робітників від шуму, вібрації, і забезпечення нормативів освітлення.

Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначені ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги. Вони є обов'язковими для усіх промислових підприємств. Відповідно до вимог, шум в приміщенні не повинен перевищувати допустимих норм 80 дБ.

ДСТУ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги, причиною вібрації є що виникають при роботі машин і агрегатів нерівномірні силові дії.

Для зменшення вібрації використовують наступні методи: організаційно профілактичні, заходи по зниженню вібрації в джерелі (віброізоляція, віброгашення, вібропоглинання), використання засобів індивідуального захисту (беруші, навушники, або при сильному шумі шоломи.)

Відповідно до вимог ДСТУ EN 482:2016 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

482:2012+A1:2015, IDT) нормується оптимальні і допустимі умови мікроклімату (температура повітря, його вологість, а також швидкість в робочій зоні).

У відповідності в ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюють залежно від характеристики зорової роботи.

Виробниче освітлення вибирається залежно від точності зорової роботи, яскравості фону, системи освітлення, контрасту об'єкту і фону.

Гігієнічна оцінка виробничого освітлення полягає у вимірі і розрахунку фізичної освітленості на робочій поверхні порівнянні її з нормативними значеннями, яке вказане у будівельних або галузевих нормах освітленості робочих місць, залежно від виду робіт.

3.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека - цей стан об'єкту, при якому унеможлиблюється пожежі, а у випадках його виникнення запобігає дія на людей небезпечних чинників пожежі, і забезпечується захист матеріальних цінностей, згідно ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні вимоги».

Згідно ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення приміщення по вибухонебезпеці і пожежонебезпеки діляться на наступні категорії: А, Б, В1-В4, Г1, Г2, Д.

Причинами виникнення пожеж можуть бути порушення технологічних процесів і несправність устаткування, зокрема несвоєчасний ремонт устаткування, порушення технологічних інструкцій, введення в технологію виробництва матеріалів без урахування їх пожежонебезпечних властивостей, утворення значних електростатичних зарядів. Пожежі можливі в результаті порушення правил технічної експлуатації електроустановок, наприклад, перевантажень електричних мереж і коротких замикань в них, неприпустимих опорів в місцях з'єднання і контактів провідників, іскріння, застосування електроустаткування, що не відповідає класу пожежної зони.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Будівлі і приміщення мають бути забезпечені первинними засобами пожежогашінні. Для їх розміщення на території підприємств встановлюють спеціальні щити. На щитах розміщується ручний пожежний інвентар для гасіння пожеж.

До первинних засобів пожежогашінні відносяться вогнегасники, внутрішні пожежні крани, пожежний інвентар (ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, азбестові полотна, повсть, кошма) і пожежний інструмент (багри, ломи, сокири та ін.).

3.5 Охорона довкілля

Охороною довкілля називається комплекс заходів, спрямованих на запобігання негативного впливу людської діяльності на природу, забезпечення сприятливих і безпечних умов життєдіяльності людини. В умовах науково-технічного прогресу найважливішим завданням людства є охорона найважливіших елементів довкілля (повітря, вода, ґрунт), які із-за шкідливих промислових викидів і відходів піддаються найсильнішому забрудненню.

Охорона довкілля є діяльністю органів громадських об'єднань, інших юридичних осіб і громадян, спрямованих на збереження і відновлення природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, запобігання забрудненню, деградації, ушкодженню, виснаженню, руйнуванню, знищенню і іншій шкідливій дії на довкілля господарської і іншій діяльності людини і ліквідації її наслідків.

Охорона довкілля на підприємстві визначила низку заходів для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємствами :

- виявлення, оцінка, постійний контроль і обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу, а також створення технологій і техніки, що охороняють і зберігають природу і її ресурси.
- розробка правових законів, спрямованих на охоронні заходи довкілля і матеріальне стимулювання виконаних вимог і профілактики комплексу природоохоронних заходів.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- профілактика екологічного стану шляхом виділення спеціально відведених територій (зон).

Попит на енергетичні ресурси постійно росте, в той же час підвищуються тарифи на них, скорочуються запаси корисних (нафта, газ, вугілля) копалини, погіршується екологія країни - усе це надає особливе значення енергозбереженню.

Для підвищення енергетичної ефективності на підприємствах необхідно проводити наступні технічні заходи:

- регулярні енергетичні обстеження підприємства;
- організація обліку споживання енергоресурсів;
- підвищення рівня експлуатації і технічного обслуговування устаткування;
- модернізація устаткування і технологічних процесів;
- заміна існуючого устаткування на нове, менш енергоємне, і впровадження нових технологій;

Значного підвищення економії енергоресурсів на підприємстві можна добитися шляхом проведення наступних заходів :

- Оцінка існуючих і потенційних джерел енергії;
- Аналіз використання енергії у минулому, сьогодні, майбутньому;
- Визначення приміщень, устаткування, систем, процесів, персоналу, що істотно впливають на використання енергії;
- Визначення поточної ефективності установок, устаткування, систем і процесів з виявленим значним використанням енергії;

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економії від впровадження автоматизації

Використання у виробничому процесі частотного перетворювача Веспер ЕЗ - 8300-015Н необхідно оптимізувати не лише з точки зору його технічних характеристик (надійність, довговічність, ремонтпридатність), але і з економічної точки зору. Цей аспект проблеми виникає у зв'язку з тим, що витрати, пов'язані з експлуатацією електроприводу, у тому числі здійсненням налагоджувальних робіт, кінець кінцем, є частиною грошових витрат підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Відповідно до «Основних положень по складу витрат, що включаються в собівартість продукції (робіт, послуг)» витрати на наладку і експлуатацію виробничого устаткування будуть включені в собівартість кінцевої продукції, відіб'ються на ціні реалізації і у результаті на фінансовому результаті діяльності підприємства. У зв'язку з цим істотне значення має розрахунок собівартості налагоджувальних робіт, і виявлення можливостей мінімізації витрат підприємства в цьому напрямі.

Для ухвалення оптимальних управлінських і фінансових рішень, необхідно знати склад витрат підприємства. Аналіз витрат дозволяє визначити:

- ефективність витрат,
- уточнити оптимальний розмір витрат,
- перевірити господарські показники
- ведення рахунково-облікових операцій;
- сприяти виробленню тактичних рішень по регулюванню і контролю витрат
- сприяти виробленню стратегічних рішень по регулюванню і контролю витрат.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Розвадовський			Економічна частина	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Мельничук						43	14
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41			
Н. Контр.		Антипчук							
Затверд.		Нездівецька							

Аналіз витрат виявляє різні види витрат і визначає шляхи їх регулювання. Знання структури витрат і тенденції їх змін сприяє вжиттю заходів по підвищенню ефективності і поступовому зниженню витрат.

Величину і структуру витрат, що утворюють собівартість налагоджувальних робіт, найдоцільніше визначати відповідно до калькуляційної класифікації. Угрупування витрат по статтях калькуляції здійснюється залежно від їх функціональної ролі у виробничому процесі. Типова класифікація витрат на машинобудівних підприємствах рекомендована Основними положеннями по плануванню, обліку і калькуляції собівартості на промислових підприємствах, розробленими Міністерством промисловості республіки. Витрати, пов'язані із здійсненням налагоджувальних робіт, доцільно групувати залежно від їх економічної ролі в процесі виробництва. Виходячи з цього витрати підрозділяються на основні і накладні. Основні витрати пов'язані безпосередньо з процесом виробництва, а накладні витрати - з організацією, управлінням, технічною і технологічною підготовкою виробництва і його обслуговуванням. Структура витрат, сформована по статтях калькуляції, дає можливість встановити трудомісткість і матеріаломісткість вироблюваних налагоджувальних робіт; визначити питому вагу кожної групи витрат і розробити конкретні заходи по мінімізації цього виду витрат.

Налагоджувальні роботи є послугою виробничого призначення, і відповідно до законодавства Республіки Білорусь розрахунок повної собівартості робіт по установці перетворювача частоти може бути проведений по наступних статтях витрат :

					ДП 14.104.1.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Розрахунок повної собівартості налагоджувальних робіт автоматизованого електроприводу

№	Статті витрат
1.	Матеріальні витрати 1.1. Вартість частотного перетворювача 1.2. Вартість комплектуючих виробів
2.	Трудові витрати 2.1. Основна заробітна плата 2.2. Додаткова заробітна плата 2.3. Відрахування від заробітної плати
3.	Накладні витрати 3.1. Комунальні послуги 3.2. Послуги зв'язку 3.3 Амортизація 3.4. Послуги банку 3.5. Транспортні послуги (у тому числі по вивезенню сміття) 3.6. Придбання предметів постачання і витратних матеріалів 3.7. Інші витрати (перевірка інструменту, сертифікація, санітарно-гігієнічні послуги, пожежна сигналізація)
4.	Разом собівартість

Заздалегідь визначаємо трудомісткість монтажу і наладки частотного перетворювача. Техніко-економічні розрахунки витрат, що становлять вартість установки частотного перетворювача, проводимо з урахуванням розрахунків трудомісткості. Трудомісткість монтажних робіт визначається за схемою, відповідно до операцій, що проводяться, процедур і етапів.

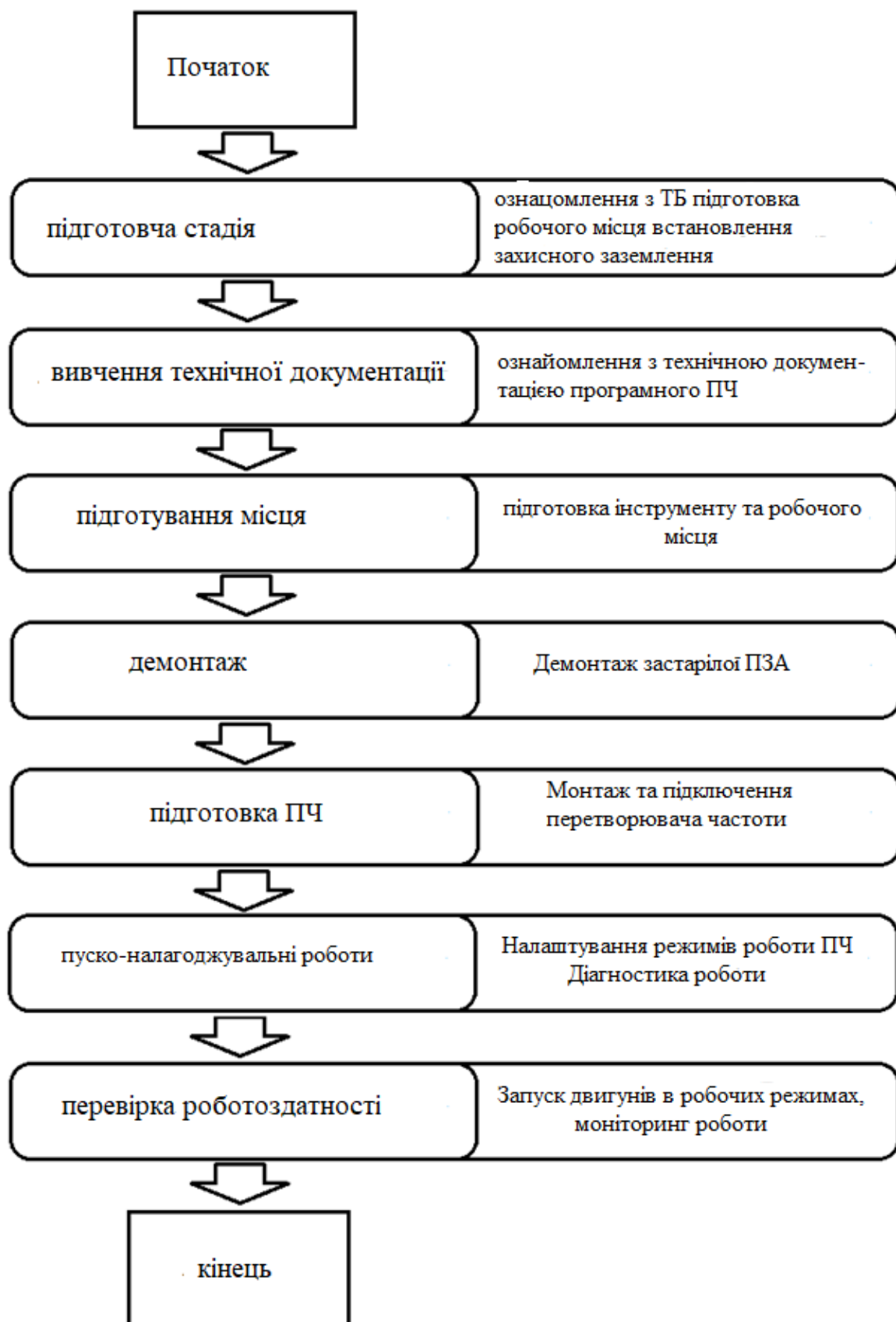


Рисунок 4.1 - Трудомісткість налагоджувальних робіт

Розрахунок трудомісткості монтажу і наладки електроприводу «Веспер Е2 - 8300-015Н» приведений в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Розрахунок трудомісткості

Найменування процесів, операцій	Трудомісткість наладки одного етапу	Кількість етапів	Загальна трудомісткість, година
Підготовчий етап.	15 хв	4	1
Вивчення технічної документації	30 хв	1	0,5
Підготовка місця	15 хв	1	0,25
Демонтаж	60 хв	1	1
Установка ПЧ	60 хв	1	1
Пуско-налагоджувальні роботи	15 хв	2	0,5
Перевірка працездатності	30 хв	1	0,5
Разом:			4,75 годин

Вартість матеріальних ресурсів, що включаються у витрати на виробництво налагоджувальних робіт по елементу «Матеріальні витрати», формується, виходячи з фактично проведених витрат на купівлю цих матеріальних ресурсів. При

розрахунку вартості матеріальних ресурсів враховується вартість покупних комплектуючих виробів і матеріалів. Вартість приймається по діючих прейскурантах.

Таблиця 4.3 - Вартість перетворювача частоти

Найменування замінюваного елемента	Ціна за одиницю, грн.	Кількість замінюваних елементів, шт.	Загальна сума, грн.
Веспер Е2 - 8300-015Н	70600	1	70600
Разом:			70600

Таблиця 4.4 - Вартість комплектуючих виробів

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Кількість виробів, шт.	Сума, грн.
Муфта кабельна кінцева внутрішньої установки ПКВтп-3х- 1	11600	1	11600
Дюбель-цвях	150	6	900
Разом:			12500

У статтю витрат «Матеріальні витрати», крім того, входить вартість електроенергії витраченою в процесі виробництва монтажу і наладки. Вартість витрат на електричну енергію розраховується по наступній формулі:

$$C_{EE} = C_{KB\tau\cdot\tau} \cdot N \cdot T_{np} ; \quad (4.1)$$

де $СкВт\cdot ч$ - вартість одного кіловата електричної енергії, рівна 32,768 грн.;

N - споживана потужність, кВт;

$T_{нр}$ - трудомісткість робіт.

Витрати на електричну енергію складаються з витрат на споживану енергію електроінструменту ($N_{п}=0,65$ кВт), осцилографа ($N_{о}=0,34$ кВт), лампи місцевого освітлення ($N_{л}=0,1$ кВт), а також витрати на споживану енергію двигуна ($N_{д}=11$ кВт) і перетворювача частоти ($N_{пч}=2,2$ кВт).

Зважаючи на малу енергоємність вказаних приладів, вартістю електричної енергії можна нехтувати

Результати наведених вище розрахунків зводимо в загальну таблицю 9.

Таблиця 4.5 - Калькуляція матеріальних витрат

Найменування витрат	Індекс	Вартість, грн.
Частотний перетворювач	СПЧ	70600
Комплектуючі виробів	Ски	1250
Разом:		71850

- У статтю витрат «Трудові витрати» включаються загальна заробітна плата того, що налягоджує і відрахування від заробітної плати.
- Загальна заробітна плата того, що налягоджує визначається як сума основної заробітної плати і додатковою:

$$ЗП_{заг} = ЗП_{осн} + ЗП_{дод}; \quad (4.2)$$

Основна заробітна плата ($ЗП_{осн}$) - плата за фактично відпрацьований час; додаткова ($ЗП_{дод}$) - плата за невідпрацьований час, тобто відпускні, винагорода за вислугу років, надбавки за високу професійну майстерність і так далі

Основна заробітна плата визначається як твір середньої тарифної ставки, тарифного коефіцієнта відповідного розряду і трудомісткості виконання монтажу і наладки.

$$ЗП_{осн} = T_{ч} \cdot T_{с} \cdot K_{пр}; \quad (4.3)$$

де $T_{ч}$ - Годинна тарифна ставка того, що налагоджує

$T_{с}$ - трудомісткість виконання робіт;

$K_{пр}$ - коефіцієнт преміювання, рівний 1,4.

Розряди робіт встановлюються відповідно до «Єдиного тарифно-кваліфікаційного довідника». Налагоджує, що здійснює монтаж і наладку приватного перетворювача, відповідно до ЕТКС тарифікується по 4-у розряду.

Годинна тарифна ставка того, що налагоджує 4 розряди розраховується по формулі

$$T_{ч} = \frac{T_{ср} \cdot k \cdot K_{отр}}{T_{ср}}; \quad (4.4)$$

де $T_{ср}$ - середня тарифна ставка першого розряду;

k - Тарифний коефіцієнт того, що налагоджує 4-го розряду;

$K_{отр}$ - галузевий коефіцієнт.

Для диференціації праці працівників в різних галузях промисловості, що виконують певні технологічні види робіт, встановлені галузеві коефіцієнти заробітної плати. Вони показують, в скільки разів тарифні ставки на певних видах технологічних робіт в цій галузі вище за тарифні ставки по

$T_{ср}$ - середнє число годин роботи в травні 2014, оскільки на підприємстві встановлений п'ятиденний сорокагодинний робочий тиждень, тривалість зміни - 8 годин, кількість робочих днів в травні - 20, те середнє число годин роботи в місяць складає 160 годин.

Розрахуємо годинну тарифну ставку:

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ч}} = \frac{1340000 \cdot 1,57 \cdot 1,7}{160} = 22352 \text{ грн};$$

Знаючи розмір годинної тарифної ставки, трудомісткість монтажу і наладки частотного перетворювача, коефіцієнт преміювання, розрахуємо основну заробітну плату:

$$ЗП_{\text{осн}} = 22352 \cdot 4,75 \cdot 1,4 = 14864 \text{ грн}; \quad (4.5)$$

Далі слід розрахувати додаткову заробітну плату.

Додаткова заробітна плата визначається по формулі:

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot \frac{K_{\text{доп}}}{100}; \quad (4.6)$$

$$ЗП_{\text{доп}} = 14864 \cdot \frac{15}{100} = 2229 \text{ грн};$$

де $K_{\text{доп}}$ - відсоток додаткової заробітної плати, рівний 15%

Знаючи основну і додаткову заробітну плату, розраховуємо загальну:

$$ЗП_{\text{заг}} = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}; \quad (4.7)$$

$$ЗП_{\text{заг}} = 14864 + 2229 = 17093 \text{ грн};$$

У статтю витрат «Трудові витрати» також включаються обов'язкові відрахування по встановлених нормативах до фонду соціального захисту населення. Відрахування проводяться від усіх видів оплати праці працівників, зайнятих у виробництві, незалежно від джерел виплат, окрім тих, на які страхові внески не

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

нараховуються. Розрахуємо відрахування на соціальні потреби. У елементі «Відрахування на соціальні потреби» відбиваються обов'язкові відрахування по встановлених нормативах до фонду соціального захисту населення і державного фонду сприяння зайнятості. Відрахування проводяться від усіх видів оплати праці працівників. Зайнятих у виробництві, незалежно від джерел виплат, окрім тих, на які страхові внески не нараховуються.

$$O_{\text{сн}} = ЗП_{\text{общ}} \cdot 0,34; \quad (4.8)$$

$$O_{\text{сн}} = 17093 \cdot 0,34 = 581,62 \text{ грн};$$

Знаючи усі елементи витрат по статті «Трудові витрати», складаємо калькуляцію витрат по цій статті.

Таблиця 4.6 - Калькуляція трудових витрат

Найменування витрат	Сума, грн.
Основна заробітна плата	14864
Додаткова заробітна плата	2229
Відрахування на соціальні потреби	581,62
Разом:	17674,62

Провівши розрахунки основних витрат на монтаж і наладку, проведемо розрахунок накладних витрат. До них відносяться: витрати на зміст, експлуатацію і поточний ремонт будівель, споруд і устаткування; відрахування на соціальне страхування і інші обов'язкові платежі; Накладні витрати розраховуються в відсотковому відношенні до величини основної заробітної плати. Розрахунок накладних витрат проведемо по формулі:

$$З_{\text{н}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot \frac{К_{\text{зн}}}{100}; \quad (4.9)$$

де $K_{\text{зн}}$ - коефіцієнт накладних витрат дорівнює 50÷60%;

Величина накладних витрат складе:

$$З_{\text{н}} = 14864 \cdot \frac{60}{100} = 8918 \text{ грн};$$

Розрахувавши основні і накладні витрати, складаємо калькуляцію вартості монтажу і наладки частотного перетворювача ВЕСПЕР Е2- 8300- 015Н. Калькуляція, в даному випадку, визначається витратами у вартісній формі, на монтаж і наладку частотного перетворювача. Калькуляція складається з матеріальних, трудових і накладних витрат. Зведемо витрати в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 - Калькуляція собівартості монтажу і наладки частотного перетворювача

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Матеріальні витрати	71850
2	Трудові витрати	2229
3	Накладні витрати	8918
4	Разом собівартість	82 997

Аналіз цих розрахунків і структури собівартості показує, що витрати на придбання частотного перетворювача, і його заміна є виправданою по множині причинам:

- висока точність регулювання;
- рівний максимальному пусковий момент;
- плавні та ненаголошені розгін та гальмування двигуна;

- кероване гальмування та автоматичний перезапуск при пропаданні мережевої напруги;
- м'яке регулювання швидкості в межах від нуля до номінальної і навіть вище;
- стабілізація швидкості обертання при зміні навантаження;
- великий діапазон регулювання;
- висока якість регулювання;
- легкість в експлуатації та обслуговуванні;

З економічної точки зору, установка частотного перетворювача є виправданою, так як його використання забезпечує:

- високу економічність енергоресурсів;
- зниження споживання електроенергії у випадках змінного навантаження;
- зменшення зносу механічних та електричних деталей обладнання; плавні та не-наголошені розгін та гальмування двигуна;
- кероване гальмування та автоматичний перезапуск при пропаданні мережевої напруги;
- м'яке регулювання швидкості в межах від нуля до номінальної і навіть вище;
- стабілізація швидкості обертання при зміні навантаження;
- великий діапазон регулювання;
- висока якість регулювання;
- легкість в експлуатації та обслуговуванні;

З економічної точки зору, установка частотного перетворювача є виправданою, так як його використання забезпечує:

- високу економічність енергоресурсів;
- зниження споживання електроенергії у випадках змінного навантаження;
- зменшення зносу механічних та електричних деталей обладнання;

Дані про ціну обладнання взяті з документації та кошторисів підприємства.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4.2 Розрахунок економічної ефективності від впровадження автоматизації

Таблиця 4.7 - Калькуляція собівартості монтажу і наладки частотного перетворювача

№ п/п	Назва обладнання	Марка	Одиниці виміру	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
1.	Токарний багатопільовий верстат ТМЦ- 200	ТМЦ- 200	шт.	1	170000	170000
	Разом					170000

Термін окупності визначається по формулі:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} (p), \quad (4.10)$$

де В – витрати на автоматизацію, грн. (табл. 4. 6,4.7);

Е – сума економії, досягнутої за рахунок автоматизації, грн.;

$$T_{ок} = \frac{170000}{82997} = 2,048$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначають по формулі:

$$K = \frac{E}{B}; \quad (4.11)$$

$$K = \frac{82997}{170000} = 0,48$$

4.3 Висновок про економічну доцільність проекту автоматизації

В результаті автоматизації обробки металу впроваджено засоби автоматизації, які спростили процес і зробили його більш простим та економічним.

Порівнюючи фактичний термін окупності витрат на автоматизацію 4,0 з нормативним 6,7 років і коефіцієнт економічної ефективності 0,48 з нормативним 15 можна зробити висновок, що даний проект автоматизації є економічно вигідним і доцільним, тим більше в даний час стрімкого росту цін на енергетичні ресурси.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВОК

У цьому дипломному проекті був вироблений вибір системи автоматизації багатоцільового токарного верстата ТМЦ- 200. Проведений аналіз технологічного процесу, приведений опис технологічної установки. Так само був проведений аналіз існуючих схем електроприводу і сформульовані вимоги.

Був здійснений вибір електродвигуна і спроектована силова схема частотного перетворювача. Також вибрані силові елементи електроприводу і блок захисту. Спроектвані функціональна схема електроприводу, схема електрична принципова блоку управління електроприводу і структурна схема мікроконтроллера.

У економічній частині доведена доцільність використання спроектованого устаткування з економічної точки зору.

Розглянуті шкідливі виробничі чинники, пов'язані з експлуатацією промислової установки і електричного приводу до неї. Описані основні положення пожежно і електробезпеці.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Розвадовський			Висновок			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Новосилецький								57	1
Реценз.								ЖАТФК зр. Е-41			
Н. Контр.		Антипчук									
Затверд.		Незідвецька									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній. підручник / [Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г.] ; за ред. Є.Л. Жулая. – К. : Вища освіта, 2001. – 288 с.Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / Є.Л.Жулай, Б.В.Зайцев, Ю.М.Лавріненко; За ред. Є.Л.Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. 288 с.
2. Довідник сільського електрика / За ред. В.С.Олійника. – К.: Урожай, 1989. 264 с.
3. Електропривод сільськогосподарських машин. Методичні рекомендації щодо виконання курсової роботи. Укладачі: Іванів К.В., Семеген І.А., Бережани, Видавничо-редакційний центр БАТІ, 2203. 77 с.
4. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства: Підручник / І.І.Мартиненко, В.П.Лисенко і ін. – К.: Вища школа, 1999. 201 с.
5. Електроустаткування і автоматизація сільськогосподарських агрегатів та установок. Курсове і дипломне проектування. ГончарВ.Ф. – К.: Вища школа, 1977. 200 с.
6. Корчемний М., Форейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2201– 984с
7. Луковников А.В. Охорона праці. – Київ: Вища школа. Головне видавництво, 1981. 248 с.
8. Охорона навколишнього середовища в лісопромисловому комплексі. Навчальний посібник. / Апостол юк С.О., Мацюк Р.І., Сторожук В.М. – Львів, 2001. 200 с.

					ДП 14.104.1.001 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних літературних джерел		
Розроб.		Розвадовський					
Перевір.		Новосилецький					
Реценз.							
Н. Контр.		Антипчук					
Затверд.		Нездівцька			ЖАТФК зр. Е-41		
					Літ.	Арк.	Акресив
						58	2

9. Бібліотека журналу «Охорона праці». Охорона праці. Запитання та відповіді. — К.: 2000. 408 с.
10. Бедрій Я.І. Охорона праці. Навчальний посібник. — Київ: ЦУЛ, 2002.
11. Геврик Є.О., Пешко Н.П. Гігієна праці на виробництві: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. — К.: Чельга, Ніка — Центр, 2004. 280 с.
12. Екологія: основи теорії і практик. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. — Львів: „Новий світ - 2000”, „Магнолія ключ”, 2003. 296 с.
13. Єрмолаєв С.О., Мунтян В.О., Яковлєв В.Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / За ред. С.О. Єрмолаєва. — К.: Мета, 2003. 543 с.: іл.

					ДП 14.104.1001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		