

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломного проекту

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань **0507 Електротехніка та електромеханіка**

(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки **050702 Електромеханіка**

(код і назва напряму підготовки)

спеціальність **6.05070204**

(код і назва спеціальності)

Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

освітній рівень **бакалавр**

(назва освітнього рівня)

Кваліфікація **фахівець у галузі електротехніки**

(код і назва кваліфікації)

на тему: **Електропривод підйому козлового крану**

Виконавець: Студент 4 курсу, групи **ЕМ-14-1**

Тарасенко Б.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Колб А.А.		
розділів:			
Автоматизований електропривод	Колб. А.А..		
Дослідження динаміки	Боровик Р.О.		
Охорона праці	Голінько В.І.		
Економічний	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Електроприводу
(повна назва)

_____ Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище,
ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект

Бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

студенту ЕМ-14-1 Тарасенку Богдану Станіславовичу
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту **Електропривод підйому козлового крану**

затверджена наказом ректора ДВНЗ "НТУ "Дніпровська політехніка" від
№ _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Автоматизований електропривод</i>	Розрахувати навантаження та обрати двигун. Обрати силове електричне обладнання. Розрахувати САР	30.10.17-14.11.17
<i>Дослідження динаміки</i>	Змодельовати, дослідити та проаналізувати роботу та динаміку САР	04.12.17-20.01.18
<i>Розділ «Охорона Праці»</i>	Зробити аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	10.03.18-24.03.18
<i>Розділ «Техніко-економічне обґрунтування»</i>	Встановити економічну доцільність прийнятих технічних рішень. Розрахувати капітальні та експлуатаційні витрати.	15.03.18-23.04.18

Завдання видав

_____ (підпис)

Колб. А.А.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Тарасенко Б.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ЕК _____

РЕФЕРАТ

Проект состоит из 68 с. пояснительной записки, 14 рисунков, 4 таблиц, источников использованной литературы 23, листов чертежей 5.

Объект детальной разработки: электропривод механизма подъема козлового крана ККС-10.

Цель работы: разработать автоматизированный электропривод, который отвечает технологическим требованиям и техническому заданию.

Выбранные элементы силовой части (двигатель 4МТКМ 200LA6, частотный преобразователь Altivar 71, серии ATV 71HD22N4). Рассчитаны параметры системы векторного управления скоростью двигателя.

Осуществлен расчет переходных процессов в режимах пуска и торможения с нагрузкой с использованием пакета MATLAB.

Рассчитаны параметры уставок защит для силовых цепей и цепей управления. Выполнен анализ опасных и вредных производственных факторов проектируемого объекта.

Определены капитальные и эксплуатационные затраты для внедряемого оборудования.

КОЗЛОВОЙ КРАН, СИСТЕМА ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СХЕМА ВЕКТОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ, ВЫБОР СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РАСЧЁТ САР, АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА, РАСЧЁТ КАПИТАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

					БИТ.ПД.14.04.Р.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Проект складається з 68 стор., пояснювальної записки, 14 малюнків, 4 таблиць, джерел використаної літератури 23, листів креслень 5.

Об`єкт детальної розробки: електропривод механізму підйому козлового крана ККС-10.

Мета роботи: розробити автоматизований електропривод, який відповідає технологічним вимогам і технічному завданню.

Вибрані елементи силової частини (двигун 4МТКМ 200LA6, перетворювач частоти Altivar 71, серії ATV 71HD22N4).

Розраховані параметри системи векторного регулювання швидкості.

Здійснений розрахунок перехідних процесів у режимах пуску та гальмування з навантаженням з використанням пакету MATLAB.

Розраховані параметри уставок захисту для силових ланцюгів та ланцюгів управління. Виконано аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого об`єкту .

Визначено капітальні та експлуатаційні затрати для впроваджуваного обладнання

КОЗЛОВИЙ КРАН, СИСТЕМА ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ – АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, СХЕМА ВЕТКОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ, ВИБІР СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ, РОЗРАХУНОК САР, АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЦТВА, РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ.

					ЕП.ПД.16.12.Р.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

A project consists of 68 with. explanation message, 14 pictures, 4 tables, sources of used literature 23, sheets of drawings 5

Object of working-out: of electric-drive of the mechanism of rise gantry crane KKS-10

Target of work: to develop automated of electric-drive which answers the technological requirements and requirement specification.

Chosen elements of power part (the engine 4MTKM 200LA6, frequency converter Altivar 71, sulfurs i ATV 71HD22N4). Parameters of system of vector management are calculated by speed of the engine.

The calculation of transitional processes in the modes of starting and braking with loading with the use of the MATLAB package is carried out.

The parameters of settings defences for power circuits and management chains are expected. The analysis of hazardous and harmful production factors of the projected facility.

The capital and operating costs for the implemented equipment are determined.

GANTRY CRANE, SYSTEM FREQUENCY CONVERTER – ASYNCHRONOUS ENGINE, VECTOR SPEED REGULATION SCHEME, CHOISE OF POWER EQUIPMENT, CAP CALCULATION , ANALYSIS OF HARMFUL FACTORS OF PRODUCTION, CALCULATION OF CAPITAL AND OPERATING COSTS.

					ЕП.ПД.16.12.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1.Назначение крана.....	10
1.2.Техническая характеристика крана	11
1.3.Типовая схема производства силикатного кирпича.....	12
1.4.Состав оборудования крана	15
1.5 Краткое описание последовательности операций при работе на кране .	18
1.6.Исходные данные для проектирования	19
1.7. Технологические требования к электроприводу механизма подъема крана	19
2.АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД	20
2.1.Выбор системы управления элетктроприводом	20
2.2.Расчёт мощности и выбор приводного электродвигателя.....	24
2.3.Характеристика электродвигателя.....	26
2.4.Выбор преобразователя частоты	27
2.5 Расчет диаграммы нагрузки привода	31
2.6. Проверка заранее выбранного двигателя на условия нагрева и перегрузочной способности.....	37
2.7.Расчет параметров объекта управления.....	38
2.8 Расчет параметров САР.....	42
3.ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	44
3.1. Исследование динамики электропривода на ЭВМ.....	44
4.ОХРАНА ТРУДА	49
4.1. Анализ вредных и опасных факторов	49
4.2. Выбор и обоснование мероприятия для создания безопасных условий труда	50

					ЕП.ПД.16.12.С.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Инструкция по охране труда, при монтаже и эксплуатации системы	51
4.4. Пожарная профилактика	53
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	57
5.1. Введение	58
5.2 Расчёт капитальных затрат	59
5.3 Расчёт эксплуатационных затрат	61
5.4 Расчёт амортизационных отчислений	61
5.5 Расчет годовых затрат на эксплуатацию и обслуживание	62
5.7 Расчет стоимости потребленной электроэнергии	63
Вывод	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ	67

ВВЕДЕНИЕ

Цель данного проекта разработка электропривода механизма подъема козлового крана ККС-10, с автоматической системой управления отвечающей требованиям технического задания.

Электрификация исполняет ведущую роль в развитии всех отраслей хозяйств, и является стержнем развития экономики. Энергетика Украины за предыдущие годы развития образовала мощные энергетические базы. Дальнейший рост производства электроэнергии намечается получить за счет нетрадиционных источников энергии.

Развитие электроэнергетики предполагает сложную совокупность мер по изменению производства, которые можно назвать менее материальными, но более надежными и долговременными изделиями, повышение КПД энергетических установок, уменьшение потерь энергии и материалов.

В развитии промышленности наиболее важными задачами являются: широкая механизация трудоемких работ и автоматизация производственного процесса. Их значительная роль принадлежит подъемно-транспортному оборудованию и в первую очередь кранам, как основного способа внутрицехового транспорта, незаменимого при подъеме и перемещении грузов на складах, строительных участках, в цехах, в портах, а также при осуществлении различных монтажных операций.

Продуктивность промышленных предприятий в значительной мере зависит от надежности работы и продуктивности кранов. В тоже время эффективность работы кранов ощутимо зависит от качественных показателей оборудования крана. Грузовые краны, грузоподъемность. 3,2 – 500 т. применяются при работе на складах, монтаже и ремонте оборудования на различных предприятиях.

Значительную роль в решении этой задачи определяет привод механизмов кранов, который должен обеспечить необходимое движение рабочих органов крана. Существенные преимущества асинхронного

					ЕП.ПД.16.12.В.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двигателя определяют несомненную перспективность системы ПЧ-АД. Которая позволяет использовать широкий диапазон скоростей и обеспечить сохранность ответственных грузов, безопасность работы, экономичность и высокую производительность крана, а также снизить затраты при обслуживании.

					ЕП.ПД.16.12.В.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Назначение крана

Грузоподъемный кран ККС-10 служат для погрузочно-разгрузочных работ, перемещения грузов в технологической цепи производства или строительства и выполнения ремонтно-монтажных работ с крупногабаритными агрегатами.



Рис.1.1. Внешний вид крана ККС-10

1.2. Техническая характеристика крана

Наименование параметра	Значение параметра
Характеристика крана	
Грузоподъемность главного крюка	10 т
Скорость подъема главного крюка	15 м/мин
Высота подъема главного крюка	10 м

					ЕП.ПД.16.12.С.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вес главного крюка	0,25т
Диаметр барабана лебедки главного крюка	400 мм
Вес тележки с механизмами	2,255 т
Режим работы крана средний	С
Продолжительность включения крана %	40%
Скорость движения тележки	40 м/мин
Скорость движения крана	36 м/мин
Скорость движения тележки	40 м/мин
Пролет крана	32 м
Мощность двигателя привода тележки	3 кВт
Мощность двигателя привода моста (2 шт.)	7,5 кВт
Коэффициент устойчивости: грузовой с учетом действия на кран всех дополнительных нагрузок	5,96
грузовой без учета действия на кран дополнительных нагрузок	6,2
собственной	10,7
Давление колеса крана а рельс (наибольшее)	20000 кгс
Характеристика механизма подъема	
Диаметр барабана	400 мм
Диаметр блоков полиспаста	360 мм
Число ветвей полиспаста	6
КПД полиспаста	0,92
Мощность двигателя привода подъема	22 кВт

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3 Типовая схема производства силикатного кирпича

Производством силикатного кирпича называют процессы получения фасонных изделий путем засыпки сырья (песок + известь) в пустотелую форму, воспроизводя форму и размеры будущего изделия.

Схемой технологического процесса производства кирпича силосным способом (рис.1) предусмотрены добыча и подача песка, дробление и разлом извести, смешивание песка с молотой известью и гашение полеченной смеси, прессование кирпича и запарка его в автоклавах.

Песок доставляют из карьера автомобильным или железнодорожным транспортом и через приемные устройства подают в расходный склад открытого типа или бункера. В приемном отделении из бункеров песок ленточным питателем 14 и конвейером 13 подается для очистки от камней, включений комьев глины на грохот 12 или вибрационное сито, а конвейером 6 песок подается в бункер 5 на совместный помол с известью и в бункер 15 для подготовки силикатной смеси.

На большинстве предприятий известь приготавливают непосредственно на месте. В этом случае из карьера известняковый камень доставляют на заводы, которые оборудованы печами обжига 1 и помольным отделением для тонкого измельчения извести. В помольном отделении и на транспортных коммуникациях, как и в отделении для приема и складирования сырья, используют дробилки 3, конвейеры 2, 4, 17, 20, 22, трубные (шаровые) мельницы 8, питатели 9, пневмонасосы 10.

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

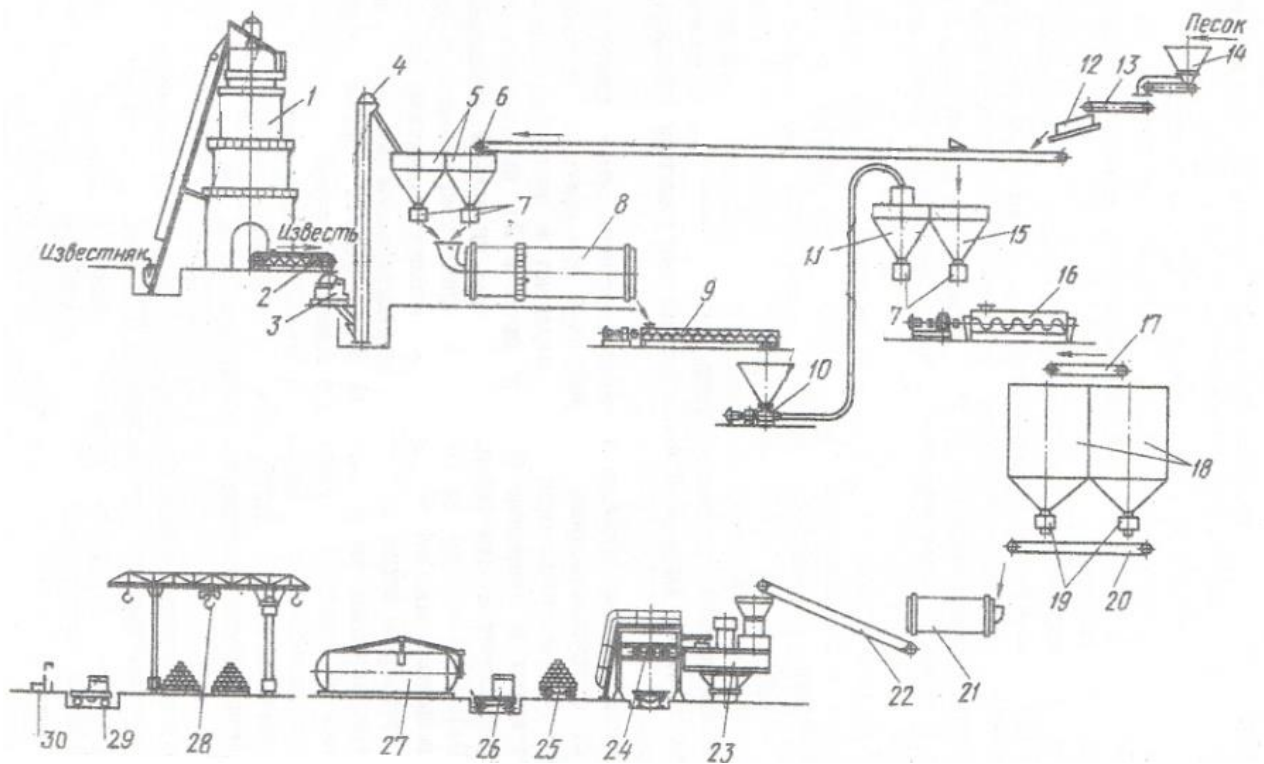


Рис.1.2. Типовая схема производства силикатного кирпича:

1 – печь обжига извести, 2 – скребковый конвейер, 3 – дробилка, 4 – вертикальный ковшовый конвейер, 5,15 – бункер, 6,13,20,22 – ленточные конвейеры, 7,19 – тарельчатые питатели (дозаторы), 8 – мельница для помола извести с песком, 9 – винтовой питатель, 10 – двухкамерный пневмонасос, 11 – бункер известково-песчаной смеси, 12 – грохот, 14 – питатель, 16 – смеситель, 17 – ленточный реверсивный конвейер, 18 – силосы (реакторы), 21 – стержневой смеситель, 23 – пресс, 24 – автомат-укладчик, 25 – вагонетка, 26 – электропередаточная тележка, 27 – автоклав, 28 – кран, 29 – электропередаточный мост, 30 – установка по очистке платформ автоклавных вагонеток.

В смесеприготовительном отделении, относящемся к основному технологическому комплексу, осуществляют следующие технологические процессы:

- дозирование сырьевых компонентов – песка, извести или известково-кремнеземистого вяжущего вещества, добавок, воды;

- перемешивание отдозированных компонентов в смесителе;

- гашение силикатной смеси в реакторах;

Вторичное перемешивание гашенной смеси с доувлажнением в смесителях (растерателях);

- транспортирование готовой смеси в формовочное отделение.

Более всего распространена технологическая схема участка дозирования с непрерывным процессом и применением дозаторов непрерывного действия (или питателей) 7, 9 для песка, извести или другого вяжущего и воды. В этом случае применяют смеситель непрерывного действия.

В зависимости от типа оборудования для гашения извести различают силосный и барабанный способы производства силикатного кирпича. Особенность силосного способа – тщательная подготовка смеси, предусматривающая ее двухступенчатое смешивание в двухвальных смесителях непрерывного действия 16. В силосном участке смесе-приготовительного отделения устанавливают несколько силосов 18 с периодической загрузкой и выгрузкой или реакторов непрерывного действия.

После гашения силикатную смесь вторично перемешивают в смесителе 21 с доувлажнением до требуемой при прессовании влажности. Далее готовую силикатную смесь передают в прессовое отделение и распределяют в приемные бункера прессов 23, на которых кирпич-сырец прессуют с относительно, высоким удельным давлением (до 37 МПа). Со стола пресса готовый кирпич-сырец снимают и укладывают на автоклавные вагонетки 25 автоматами-укладчиками 24.

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В прессовом отделении электропередаточными мостами 26 выполняют транспортные операции, связанные с подачей к прессу порожних вагонеток и откаткой груженных вагонеток в автоклавное отделение. В этом отделении установлены автоклавы 27 тепловлажностной обработки кирпича-сырца, в которых давление повышают до 0,8...1,6 МПа для ускорения физико-химических процессов твердения силикатного кирпича.

Автоклавное отделение со складом готового кирпича - завершающий участок в общем технологическом комплексе производства.

На складах готового кирпича применяют краны 28 грузоподъемностью 5 ... 10 т, которые оборудованы захватными устройствами для пакетной погрузки кирпича в транспортные средства.

На заводах организован пооперационный контроль на всех стадиях производства.

1.4 Состав оборудования крана

Огромное значение в технологическом процессе изготовления силикатного кирпича имеют козловые краны, которые исполняют роль транспортных механизмов.

Козловыми кранами называться грузоподъемные приспособления, предназначенные для горизонтального и вертикального перемещения грузов на небольшие расстояния (в пределах цеха, участка и т.д.).

По грузоподъемности козловые краны делятся на:

- а) малые 5-10 тонн;
- б) средние 10-32 тонн;
- в) крупные до 500 тонн.

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мост крана представляет собой металлическую сварную конструкцию. На конечных балках моста установлены ходовые колеса (4 шт.), которые перемещаются по рельсам подкранового пути, закрепленных на подкрановых балках. Приводными выполняют не менее половины всех ходовых колёс. Вдоль моста проложены рейки, по которым перемещается на четырех колесах тележка с грузоподъемной лебедкой. Привод механизма подъема и опускания груза включает в себя лебёдку механизма подъема. На барабан лебедки наматываются канаты с подвешенным к ним на блоках грузозахватным устройством (грейфером).. Крутящий момент, создаваемый электродвигателем передается на редуктор через муфту. Редуктор предназначен для уменьшения числа оборотов и увеличения крутящего момента на барабане. Барабан предназначен для преобразования вращательного движения привода в поступательное движение каната

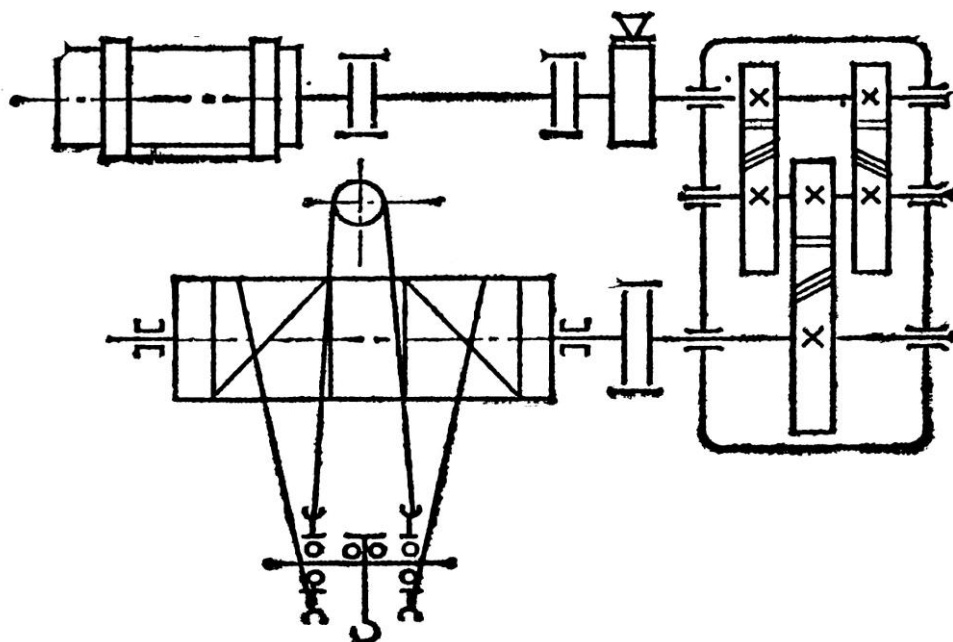


Рис.1.3. Кинематическая схема механизма подъема козлового крана:

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1 — двигатель; 2 — муфта; 3 — тормоз; 4 — редуктор; 5 — барабан.

Привод механизмов крана осуществляется от электродвигателей через редукторы. Управление краном проводится с кабины с помощью контролеров, с помощью которых осуществляется переключение режимов работы электродвигателей механизмов крана (скорость, реверс, торможение), установлена панель освещения и сигнализации, панель измерительных приборов и защитная панель. Аппаратура управления краном (контакты, промежуточное реле, реле времени) установлена в шкафах, размещенных на мосту крана.

Электроэнергия к механизмам крана подводится с помощью скользящих токосъемников от главных троллеев, проложенных вдоль подкранового пути. Электроэнергия к тележке подводится с помощью гибкого кабеля, подвешенного на тросе. Вводное устройство электроэнергии — защитная панель. Для эксплуатации и ремонта электрооборудования предусмотрен выход оператора на мост крана через люк кабины.

Таким образом, в козловом кране есть три механизма: механизм подъема, механизм перемещения тележки и механизм перемещения моста. Каждый механизм имеет электромеханическое тормозное устройство 3, которое устанавливается соединенной муфте 2 между двигателем 1 и редуктором 4 или на специальном тормозном шкиве, размещенном на свободном конце вала электродвигателя. (рис.2). На рис.2 представлена кинематическая схема механизма подъема козлового крана.

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Краткое описание последовательности операций при работе на кране

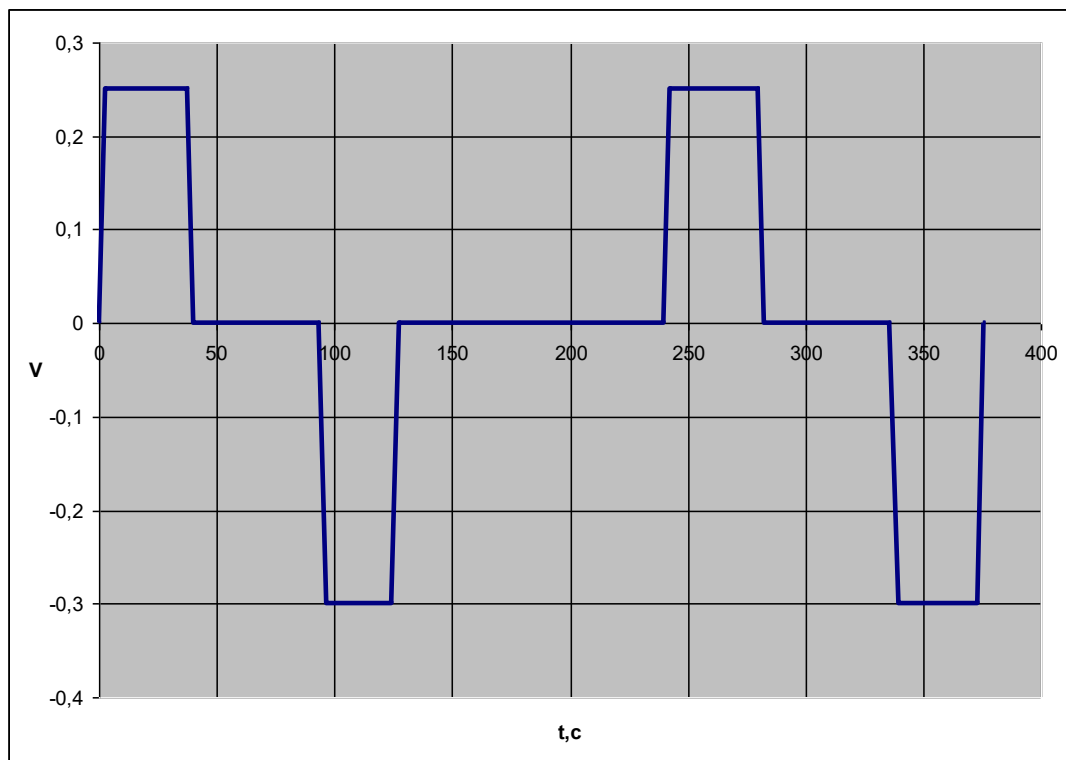


Рис.1.4. Цикл работы крана

Козловой кран представляет собой мост, перемещающийся по крановым путям на ходовых колесах, которые установлены на концевых балках. Пути укладываются на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонны цеха. Механизм передвижения крана установлен на мосту крана. Управление всеми механизмами происходит из кабины прикрепленной к мосту крана. Питание электродвигателей осуществляется по цеховым троллеям. Для подвода электроэнергии применяют токосъемы скользящего типа, прикрепленные к металлоконструкции крана. В современных конструкциях мостовых кранов токопровод осуществляется с помощью гибкого кабеля. Привод ходовых колес осуществляется от электродвигателя через редуктор и трансмиссионный вал.

1.6. Исходные данные для проектирования

Наименование параметра	Значение параметра
1	2
Грузоподъемность главного крюка	10 т
Скорость подъема главного крюка	15 м/мин
Высота подъема главного крюка	10 м
Вес главного крюка	0,25т
Диаметр барабана лебедки главного крюка	400 мм
Режим работы крана средний	С
Продолжительность включения крана %	40%
Скорость движения тележки	40 м/мин

1.7. Технологические требования к электроприводу механизма подъема крана

При разработке электропривода крана должны быть соблюдены следующие требования в отношении его характеристик:

- обеспечение заданной рабочей скорости механизма при статических моментах на валу при подъеме и спуске;
- возможность реверсирования;
- обеспечение минимального времени переходного процесса;
- обеспечение плавности пуска и регулирования;
- ограничение максимального значения момента.

					ЕП.ПД.16.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

2.1. Выбор системы управления электроприводом.

Для приведения в движение различных производственных механизмов используются преимущественно электрические двигатели. Электродвигатель, его система управления и механическая часть (редуктор) передающая движение от двигателя к производственному механизму, образует систему электрического привода.

Механическая часть привода служит для согласования скоростей движения двигателя и рабочего механизма; а также при необходимости для преобразования одного вида движения в другое, (например, вращательного в поступательное).

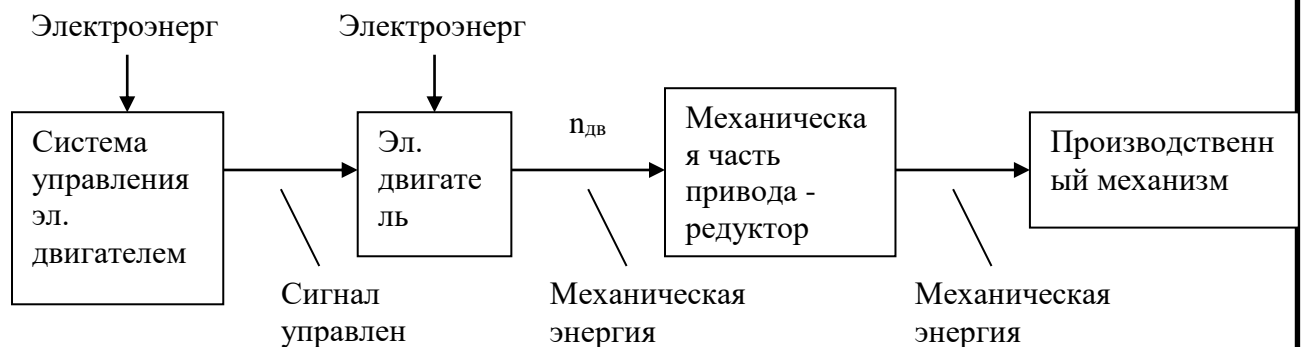


Рис.2.1. Функциональная схема электрического привода.

Принципиально для регулирования скорости движения рабочего органа механизма могут быть использованы различные способы, из которых наиболее важными являются следующие:

- а) Воздействие на механическую часть привода, например, изменением ее передаточного отношения с помощью вариаторов, коробок передач и т.д. при постоянной скорости вращения двигателя $n_{дв}$. Под передаточным отношением понимается величина равная $i = \frac{n_{дв}}{n_{мех}}$, где $n_{мех}$ - скорость вращения входного вала механизма.

б) Так называемое электрическое регулирование, под которым подразумевается изменение скорости вращения двигателя с помощью системы управления при неизменном передаточном отношении редуктора.

В настоящее время наиболее прогрессивным и перспективным является электрическое регулирование привода. Этот способ обладает рядом преимуществ, среди которых следует отметить возможность автоматизации производственных процессов, экономичность, плавность регулирования и т.д. Во многих случаях применение электрического способа регулирования позволяет существенным образом упростить или даже исключить кинематическую передачу от двигателя к входному валу производственного механизма, что упрощает конструкцию и уменьшает размеры электропривода.

Основными техническими показателями регулирования являются следующие:

- 1) Предел изменения скорости вращения (диапазон регулирования D) под которым понимается отношение максимальной скорости вращения к минимальной $D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$. Диапазон регулирования скорости, требуемый по условиям работы механизма оказывает существенное влияние на выбор способа регулирования. При этом необходимо учитывать изменение жесткости механических характеристик при регулировании скорости.
- 2) Плавность регулирования характеризуется скачком скорости при переходе с одной характеристики двигателя на другую.
- 3) Экономичность регулирования, характеризуется капитальными затратами, связанными с созданием систем электропривода и потерями электрической энергии, которые имеют место при регулировании скорости.

Экономически выгодным является такой регулируемый электропривод,

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

который удовлетворяет всем техническим требованиям производственного механизма и относительно быстро окупается.

4) Направление возможного изменения скорости вращения двигателя.

5) Допустимая нагрузка двигателя при его работе на регулировочных характеристиках. Нормальным режимом работы двигателя при различных скоростях считается такой, при котором его нагрев не будет превосходить заданного нормативного нагрева, что обеспечивает нормальную эксплуатацию электрической машины в течение определенного интервала времени (обычно 15-20 лет). Перегрев двигателя резко сокращает срок его службы из-за быстрой порчи изоляции обмотки, а недоиспользование двигателя по нагреву ухудшает энергетические показатели КПД и $\cos \varphi$.

При выборе метода регулирования скорости необходимо учитывать возможные эксплуатационные характеристики электродвигателя механизма подъема.

Для осуществления автоматического регулирования предусматриваются управляемые преобразователи и регуляторы, позволяющие автоматически под воздействием обратных связей осуществлять регулирование координат электропривода, в нашем случае момента и скорости. Наиболее широко используются электромашинные и вентильные управляемые преобразователи напряжения постоянного тока и частоты переменного тока и соответствующие системы ЭП: система генератор – двигатель (Г-Д); система тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д); система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Также скорость и момент можно изменять путем реостатного регулирования. Выбор рационального способа регулирования из возможных является важной задачей, которая решается при проектировании электропривода.

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Все вышеперечисленные системы имеют ряд преимуществ и недостатков, анализ которых при учете предъявляемых технических требований и специфики производственного механизма позволяет осуществить правильный выбор системы регулирования.

Так, в настоящее время продолжает успешно применяться система Г-Д. Ее основными достоинствами являются отсутствие искажений потребляемого из сети тока и относительно небольшое потребление реактивной мощности. При применении синхронного двигателя в преобразовательном агрегате путем регулирования тока возбуждения можно обеспечить работу ЭП с $\cos\varphi$ для компенсации реактивной мощности, потребляемой другими установками.

К сожалению, системе Г-Д присущи несколько серьезных недостатков, определяемых необходимостью трехкратного электромеханического преобразования энергии. Как следствие – низкие массогабаритные и энергетические показатели, и благоприятные регулировочные возможности достигаются ценой существенных затрат дефицитной меди, высококачественной стали и труда. Наряду с этим характерен низкий общий КПД системы.

Система ТП-Д в настоящее время используется довольно широко она довольно экономична, обладает высоким быстродействием (постоянная времени T_n при полупроводниковой СИФУ не превосходит 0,01 с), имеет довольно высокий КПД. Потери энергии в тиристорах при протекании номинального тока составляет 1-2% номинальной мощности привода.

Недостатками тиристорного преобразователя является изменяющийся в широких пределах $\cos\varphi \approx \cos\alpha$, и значительное искажение формы потребленного из сети тока.

Рассматривая способ реостатного регулирования нельзя не отметить его низкую точность и диапазон регулирования, невысокую плавность, а

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

также массогабаритные показатели (наличие резисторов, коммутирующей аппаратуры) и снижение КПД при увеличении диапазона регулирования. Однако данный способ привлекателен своей простотой и невысокими затратами на реализацию.

Поэтому в дипломной работе я разрабатываю замену реостатного регулирования механизма подъема козлового крана системой ПЧ-Д.

Существенные преимущества асинхронного двигателя определяют несомненную перспективность системы ПЧ-АД. Регулирование частоты представляет собой технически более сложную задачу, чем регулирование выпрямленного напряжения, так как, как правило, требует дополнительных ступеней преобразования энергии. Ощутимым преимуществом частотного регулирования, является возможность обеспечить большую частоту включений и торможений, быстроту протекания переходных процессов и хорошие энергетические показатели электропривода. Все эти компоненты являются приоритетными при повторно-кратковременном режиме работы механизма.

2.2. Расчет мощности и выбор приводного электродвигателя

-Расчет мощности по наибольшей нагрузке.

За расчетную нагрузку в данном случае принимаем наибольшую массу поднимаемого груза $m_r=10$ т, соответствующую номинальной грузоподъемности крана.

- Необходимая мощность двигателя при установившемся движении

$$N = \frac{m_z v_n}{6120 \eta_m} = \frac{10000 \cdot 15}{6120 \cdot 0,84} = 29,178, \text{ кВт}$$

где v_n - скорость подъема, м/мин

m_z - номинальная масса поднимаемого груза, кг

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η_m - КПД механизма

- Расчет по эквивалентной нагрузке.

При этом расчете по табл.15 ([12] стр.21) принимаем коэффициенты использования крана:

$k_n=0,5$ – при работе с грузами

$k_p=0,2$ – при работе с полной нагрузкой

$Z_{вк}=120$ – число включений в час

$\psi_{cp} = 1,55$ - коэффициент пусковой перегрузки двигателя

$t_{вк}=2,778$ – время одного включения (разгона), с

- определим отношение времени работы двигателя при пусках ко времени установившегося движения:

$$k_{\text{вк}} = \frac{Z_{\text{вк}} \cdot t_{\text{вк}}}{3600} = \frac{120 \cdot 2,778}{3600} = 0,093$$

- определим коэффициент приведения к эквивалентной нагрузке:

$$\varphi_s = \sqrt{(0,4k_n + 0,6)k_b + k_{\text{вк}} \psi_{cp}^2} = \sqrt{(0,4 \cdot 0,2 + 0,6) \cdot 0,5 + 0,093 \cdot 1,55^2} = 0,75$$

- определим эквивалентную нагрузку:

$$P_3 = m_2 \cdot \varphi_s = 10000 \cdot 0,75 = 7500 \text{ кгс,}$$

- определим необходимую мощность двигателя:

$$N = \frac{P_3 \cdot v_n}{6120 \cdot \eta_m} = \frac{7500 \cdot 15}{6120 \cdot 0,84} = 21,883, \text{ кВт}$$

- определим время подъема:

$$t_n = \frac{H}{v_n} = \frac{10}{0,25} = 40, \text{ с}$$

H – высота подъема

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- определим время спуска:

$$t_c = \frac{H}{v_c} = \frac{10}{0,3} = 33,333, \text{ с}$$

- определим расчетную продолжительность работы двигателя:

$$ПВ_p = \frac{2 \cdot t_n + 2 \cdot t_c}{t_u} \cdot 100 = 39,964 \%$$

$$t_u = 367 - \text{ время цикла}$$

- определим мощность приведенную к стандартной продолжительности включения двигателя:

$$N_k = N \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_n}} = 21,873, \text{ кВт}$$

Исходя, из этого расчета окончательно выбираем двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4МТКМ 200LA6.

2.3. Характеристика электродвигателя.

Количество на механизм	1
Тип	4МТКМ 200LA6
Мощность, кВт	22
ПВ, %	40
Частота вращения, об/мин	975
Номинальное напряжение, В	380
КПД	0,9
Коэффициент мощности $\cos(\varphi)$	0,9
Момент инерции двигателя	0,4
Перегрузочная способность двигателя	2,4
Количество пар полюсов	3

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.4. Выбор преобразователя частоты

Выбираем преобразователь частоты Altivar 71, серии ATV 71HD22N4, для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором мощностью 22 кВт серии 4МТКМ 200LA6



Рис.2.1 Внешний вид преобразователя частоты

Выбор преобразователя производим исходя из номинальной мощности двигателя.

Краткие сведения об Altivar 71:

Применение:

Серия преобразователей частоты Altivar 71 отвечает самым строгим требованиям применений благодаря использованию разнообразных законов управления двигателем и многочисленным функциональным возможностям.

Она адаптирована для решения наиболее сложных задач электропривода:

- момент и повышенная точность при работе на очень низкой скорости и улучшенные динамические характеристики с алгоритмами векторного управления потоком в разомкнутой или замкнутой системе привода;
- расширенный диапазон выходной частоты для высокоскоростных двигателей;

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- параллельное включение двигателей и специальные приводы с использованием скалярного закона управления;
- точность поддержания скорости и энергосбережение для разомкнутого привода с синхронным двигателем;
- плавное, безударное управление несбалансированными механизмами с помощью системы адаптации мощности (Energy Adaptation System # ENA).

Многофункциональность преобразователя Altivar 71 увеличивает производительность и гибкость использования машин для многочисленных применений.

Подъемно-транспортное оборудование:

- Управление тормозом, адаптированное для приводов перемещения, подъема и поворота.
- Весоизмерение.
- Подъем с повышенной скоростью.
- Контроль состояния тормоза.
- Управление воздействием концевых выключателей окончания хода.
- Выбор слабины тросов.

Погрузочно-разгрузочные операции:

- Минимальное время реакции при отработке команд: $(2 \pm 0,5)$ мс.
- Задание по импульсному или дифференциальному аналоговому входу.
- Управление по основным коммуникационным сетям.
- Позиционирование по концевым выключателям окончания хода с оптимизацией работы на нижней скорости.
- Мультипараметрирование путем переключения комплектов параметров.

Фасовочно-упаковочное оборудование:

- Полоса пропускания до 50 Гц.
- Минимальное время реакции при изменении задания: $(2 \pm 0,5)$ мс.
- Управление по встроенной шине CANopen.
- Простое позиционирование с помощью концевых выключателей окончания хода.

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Текстильные машины:

- Высокое разрешение при цифровом задании скорости (1/32000).
- Точность поддержания скорости вне зависимости от нагрузки при использовании синхронного двигателя.
- Расширенная полоса пропускания.
- Функция управления намоткой.
- Подключение к промежуточному звену постоянного тока.

Деревообрабатывающие машины:

- Выходная частота до 1600 Гц.
- Быстрая управляемая остановка при обрыве сетевого питания.
- Управление по встроенной шине CANopen.
- Защита двигателя от перенапряжений.

Технологическое оборудование:

- Пидрегулятор.
- Высокое разрешение задающего сигнала.
- Регулирование скорости или момента.
- Подключение к основным коммуникационным сетям.
- Раздельное питание цепей управления.
- Тормозной модуль с рекуперацией энергии в сеть.
- Подключение к общей сети постоянного тока.

Лифты:

- Управление тормозом, адаптированное для комфортного движения кабины.
- Обработка сигнала весового датчика.
- Соответствие реле нормам безопасности лифтов EN 81-13-2-2-3.
- Подключение к шине CANopen.
- Управление с контролем исправности выходного контактора.
- Функция эвакуации пассажиров из кабины.

Серия преобразователей частоты Altivar 71 предназначена для двигателей мощностью от 0,37 до 500 кВт с тремя типами сетевого питания:

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- однофазное, 200 – 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт, UL типа 1/IP 20, (ATV 71H...M3);
- трехфазное, 200 – 240 В, от 0,37 до 75 кВт, UL типа 1/IP 20, (ATV 71H...M3 и ATV 71H...M3X);
- трехфазное, 380 – 480 В, от 0,75 до 500 кВт, UL типа 1/IP 20, (ATV 71H...N4).

Преобразователь частоты Altivar 71 имеет встроенные протоколы Modbus и CANopen, а также значительные функциональные возможности.

Функциональность преобразователя может быть увеличена с помощью дополнительных карт расширения входов/выходов, коммуникационных карт и интерфейсных карт датчика обратной связи по скорости, [5 см. стр. 8].

Вся серия ПЧ соответствует международным стандартам МЭК/EN 61800-5-1, МЭК/EN 61800-2, МЭК/EN 61800-3, имеет сертификаты e, UL, CSA, DNV, C-Tick, NOM 117, ГОСТ и отвечает директивам по защите окружающей среды (RoHS, WEEE и т.д.).

Преобразователь частоты Altivar 71 включается в цепь безопасности производственных установок. Он обладает защитной функцией блокировки ПЧ, исключающей несанкционированный пуск двигателя. Эта функция соответствует стандартам по машинам EN 954-1 категории 3, электрическим установкам МЭК/EN61508 SIL2 и силовым электроприводам МЭК/EN 61800-5-2.

Электромагнитная совместимость ЭМС:

Уменьшение гармонических составляющих тока и соблюдение электромагнитной совместимости были учтены при разработке данной серии преобразователей частоты.

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оснащение ПЧ ATV 71H...M3 и ATV 71H...N4 встроенными фильтрами, учитывающими требования ЭМС, упрощает их установку и уменьшает затраты на приведение преобразователей в соответствие с маркировкой с е.

Преобразователи ATV 71H...M3X поставляются без фильтров ЭМС. Предлагаемые на заказ, эти фильтры могут быть установлены самостоятельно для уменьшения уровня излучения.

2.5. Расчет диаграммы нагрузки привода

- определим угловую частоту вращения двигателя:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 975}{60} = 102,102, \text{ рад/с}$$

- определим синхронную частоту вращения:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,72, \text{ рад/с}$$

n_0 – ближайшее большее из стандартного ряда

- определим передаточное число редуктора:

$$i = \frac{\omega_n \cdot D_0}{2 \cdot v_n} = \frac{102,102 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,25} = 81,681$$

- определим номинальный момент двигателя:

$$M_H = 10^3 \cdot \frac{P}{\omega_n} = 10^3 \cdot \frac{22}{102,102} = 215,471, \text{ Нм}$$

P – мощность двигателя

- определим максимальный момент двигателя:

$$M_{\max} = M_n \cdot \lambda = 215,471 \cdot 2,4 = 517,131, \text{ Нм}$$

- Расчет статических моментов:

При подъеме номинального груза:

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$M_{nz} = \frac{10^3 \cdot (m_z + m_0) \cdot 9.81 \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i \cdot \eta_m} = \frac{10^3 \cdot (10000 + 250) \cdot 9.81 \cdot 0.4}{2 \cdot 81.681 \cdot 0.84} = 293,103, \text{ Нм}$$

m_0 – вес грузозахватного устройства

При тормозном спуске номинального груза:

$$M_{cz} = \frac{10^3 \cdot (m_z + m_0) \cdot 9.81 \cdot D_{\delta} \cdot \eta_m}{2 \cdot i} = \frac{10^3 \cdot (10000 + 250) \cdot 9.81 \cdot 0.4 \cdot 0.84}{2 \cdot 81.681} = 206,814,$$

Нм

При подъеме пустого грузозахватного устройства:

$$M_{no} = \frac{10^3 \cdot m_0 \cdot 9.81 \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i \cdot \eta_0} = \frac{10^3 \cdot 250 \cdot 9.81 \cdot 0.4}{2 \cdot 81.681 \cdot 0.17} = 35,324, \text{ Нм}$$

$\eta_0=0,17$ – КПД приложенной нагрузке

При спуске пустого грузозахватного устройства:

$$M_{co} = \frac{10^3 \cdot m_0 \cdot 9.81 \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i \cdot (2\eta_0 - 1)} = \frac{10^3 \cdot 250 \cdot 9.81 \cdot 0.4}{2 \cdot 81.681 \cdot (2 \cdot 0.17 - 1)} = -9,099, \text{ НМ}$$

- Расчет динамических моментов:

При работе с грузом

определим момент инерции тормозного шкива:

$$j_{ш}=0,3j_{дв}=0,12, \text{ кгм}^2$$

определим момент инерции муфты:

$$j_{м}=0,15j_{дв}=0,06, \text{ кгм}^2$$

$$j_{п.д.г.} = \frac{10^3 \cdot (m_z + m_0) \cdot v_n^2}{\omega_n^2} = \frac{10^3 \cdot (10 + 0,25) \cdot 0,25^2}{102,102^2} = 0,061, \text{ кгм}^2$$

$$j_{эг} = K(j_{дв} + j_{ш} + j_{м}) + j_{п.д.г.} = 1,15(0,4 + 0,12 + 0,06) = 0,728, \text{ кгм}^2$$

$K=1,15$ – коэффициент, который учитывает момент инерции редуктора и барабана

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

При работе без груза

$$j_{\Sigma 0} = K(j_{\text{дв}} + j_{\text{ш}} + j_{\text{м}}) + j_{\text{п.д.о.}} = 1,15(0,4 + 0,12 + 0,06) = 0,668, \text{ кгм}^2$$

$$j_{\text{п.д.о.}} = \frac{10^3 m_0 \cdot v_n^2}{\omega_n^2} = \frac{10^3 \cdot 0,25 \cdot 0,25^2}{102,102^2} = 1,499 \cdot 10^{-3}, \text{ кгм}^2$$

- определим гранично-допустимое ускорение двигателя:

$$\left(\frac{d\omega}{dt} \right) = \frac{2 \cdot i \cdot a}{D_6} = \frac{2 \cdot 81,681 \cdot 0,09}{0,4} = 35,248, \text{ рад/с}^2$$

$a = 0,09 \text{ с}$ – ускорение

- определим динамический момент системы при подъеме груза:

$$M_{\text{дин}} = j_{\text{эг}} \frac{2 \cdot i \cdot a}{D_6} = 0,728 \cdot \frac{2 \cdot 81,681 \cdot 0,09}{0,4} = 26,775, \text{ Нм}$$

- определяем среднее пусковой момент двигателя:

$$M_{\text{ср.п}} = M_{\text{шт}} + M_{\text{дин}} = 293,103 + 26,775 = 319,879, \text{ Нм}$$

- определим время разгона:

а) При подъеме груза

$$t_{\text{р.пз}} = j_{\text{эг}} \cdot \left[\frac{(\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}})}{(M_{\text{ср.п}} - M_{\text{нг}})} \right] = 0,728 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{(319,879 - 293,103)} \right] = 2,664, \text{ с}$$

где $\omega_{\text{нач}} = 0$ - начальная скорость

$\omega_{\text{кон}} = \omega_n = 102,102$ - конечная скорость

б) При тормозном спуске груза

$$t_{\text{р.сз}} = j_{\text{эг}} \cdot \left[\frac{(\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}})}{M_{\text{сз}}} \right] = 0,728 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{206,814} \right] = 0,345, \text{ с}$$

в) При подъеме грузозахватного устройства

$M_{\text{сп}} = (1,15 \div 1,25) \cdot M_n$ - средний пусковой момент при подъеме и опускании грузозахватного устройства

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$M_{cn} = 1,15 \cdot M_n = 1,15 \cdot 102,102 = 247,792, \text{ Нм}$$

$$t_{p.no} = j_{\varepsilon o} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_{cn} - M_{no}} \right] = 0,668 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{247,792 - 35,324} \right] = 0,308, \text{ с}$$

г) При спуске грузозахватного устройства

$$t_{p.co} = j_{\varepsilon o} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_{cn} + M_{co}} \right] = 0,668 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{247,792 - 9,099} \right] = 0,274, \text{ с}$$

- определяем время торможения:

Время торможения для различных режимов определяется с учетом момента, который развивается только механическим тормозом. Момент тормоза M_T определяется максимальным статическим моментом $M_{c,max}$ приведенным к тормозному валу и коэффициенту Запаса K_T .

$$M_m = K_m \cdot M_{c2} = 2,36 \cdot 206,814 = 488,08, \text{ Нм}$$

где K_T – коэффициент запаса

Время торможения

а) При подъеме груза

$$t_{m.nz} = j_{\varepsilon z} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_m + M_{c2}} \right] = 0,728 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{488,08 + 206,814} \right] = 0,103, \text{ с}$$

б) При спуске груза.

$$t_{m.c2} = j_{\varepsilon z} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_m - M_{c2}} \right] = 0,728 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{488,08 - 206,814} \right] = 0,254, \text{ с}$$

в) При подъеме грузозахватного устройства

$$t_{m.no} = j_{\varepsilon o} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_m + M_{co}} \right] = 0,668 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{488,08 - 9,099} \right] = 0,137, \text{ с}$$

г) При спуске грузозахватного устройства

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{m.co} = j_{\varepsilon o} \cdot \left[\frac{(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_m - M_{co}} \right] = 0,668 \cdot \left[\frac{(102,102 - 0)}{488,08 + 9,099} \right] = 0,132, \text{ с}$$

- определяем расстояния пройденные грузом и грузозахватным устройством во время пусков и торможений.

а) При подъеме груза

$$S_{p.nz} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{p.nz} = \frac{0,25}{2} \cdot 2,664 = 0,333, \text{ м}$$

$$S_{m.nz} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{m.nz} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,103 = 0,013, \text{ м}$$

б) При спуске груза

$$S_{p.cz} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{p.cz} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,345 = 0,043, \text{ м}$$

$$S_{m.cz} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{m.cz} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,254 = 0,032, \text{ м}$$

в) При подъеме грузозахватного устройства

$$S_{p.no} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{p.no} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,308 = 0,039, \text{ м}$$

$$S_{m.no} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{m.no} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,137 = 0,017, \text{ м}$$

г) При спуске грузозахватного устройства

$$S_{p.co} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{p.co} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,274 = 0,034, \text{ м}$$

$$S_{m.co} = \frac{v_n}{2} \cdot t_{m.co} = \frac{0,25}{2} \cdot 0,132 = 0,016, \text{ м}$$

- определяем расстояние пройденные грузом или грузозахватным устройством с установившейся скоростью.

а) При подъеме груза

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$S_{y.nz} = H - S_{p.nz} - S_{m.nz} = 10 - 0,333 - 0,013 = 9,654 \text{ , м}$$

б) При спуске груза

$$S_{y.cz} = H - S_{p.cz} - S_{m.cz} = 10 - 0,043 - 0,032 = 9,925 \text{ , м}$$

в) При подъеме грузозахватного устройства

$$S_{y.no} = H - S_{p.no} - S_{m.no} = 10 - 0,039 - 0,017 = 9,944 \text{ , м}$$

г) При спуске грузозахватного устройства

$$S_{y.co} = H - S_{p.co} - S_{m.no} = 10 - 0,034 - 0,017 = 9,949 \text{ , м}$$

- определяем время работы с установившейся скоростью и время паузы

а) При подъеме груза

$$t_{y.nz} = \frac{S_{y.nz}}{v_n} = \frac{9,654}{0,25} = 38,617 \text{ , с}$$

б) При спуске груза

$$t_{y.cz} = \frac{S_{y.cz}}{v_n} = \frac{9,925}{0,25} = 39,701 \text{ , с}$$

в) При подъеме грузозахватного устройства

$$t_{y.no} = \frac{S_{y.no}}{v_n} = \frac{9,944}{0,25} = 39,778 \text{ , с}$$

г) При спуске грузозахватного устройства

$$t_{y.co} = \frac{S_{y.co}}{v_n} = \frac{9,949}{0,25} = 39,795 \text{ , с}$$

- определяем время работы

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_p = t_{p.nz} + t_{y.nz} + t_{m.nz} + t_{p.cz} + t_{y.cz} + t_{m.cz} + t_{p.no} + t_{y.no} + t_{m.no} + t_{p.co} + t_{y.co} + t_{m.co} = 2,664 + 38,617 + 0,103 + 0,345 + 39,701 + 0,254 + 0,308 + 39,778 + 0,137 + 0,274 + 39,795 + 0,132 = 162,105, c$$

- определяем время паузы

$$t_{паузы} = t_{ц} - \frac{t_p}{4} = 367 - \frac{162,105}{4} = 326,474, c$$

2.6. Проверка заранее выбранного двигателя на условия нагрева и перегрузочной способности.

- определим фактическую продолжительность включения:

$$ПВ\%_{\phi} = \frac{t_{p.nz} + t_{y.nz} + t_{p.cz} + t_{y.cz} + t_{p.no} + t_{y.no} + t_{p.co} + t_{y.co}}{t_{ц}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{2,664 + 38,617 + 0,345 + 39,701 + 0,308 + 39,778 + 0,274 + 39,795}{367} \cdot 100 = 39,8$$

- определим эквивалентный момент:

$$M_{\text{эп}} = \sqrt{\frac{M_{cp.n}^2 \cdot t_{p.nz} + M_{nz}^2 \cdot t_{y.nz} + M_{cz}^2 \cdot t_{p.cz} + M_{cz}^2 \cdot t_{y.cz} + M_{cn}^2 \cdot t_{p.no} + M_{no}^2 \cdot t_{y.no} + M_{cn}^2 \cdot t_{p.co} + M_{co}^2 \cdot t_{y.co}}{t_{p.nz} + t_{y.nz} + t_{p.cz} + t_{y.cz} + t_{p.no} + t_{y.no} + t_{p.co} + t_{y.co}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{319,879 \cdot 2,664 + 293,103 \cdot 38,617 + 206,814 \cdot 0,345 + 206,814 \cdot 39,701 + 247,796 \cdot 0,308 + 35,324 \cdot 39,778 + 247,792 \cdot 0,274 + 9,099 \cdot 39,795}{2,664 + 38,617 + 0,345 + 39,701 + 0,308 + 39,778 + 0,274 + 39,795}} =$$

$$= 182,726, Нм$$

- определим эквивалентный момент, соответствующий продолжительности включения данного двигателя:

$$M_c = M_{\text{эп}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ\%_{\phi}}{ПВ_{кат}}} = 182,726 \cdot \sqrt{\frac{39,8}{40}} = 182,269, Нм$$

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Выбранный двигатель подходит по условиям нагрева поскольку:

$$M_c \leq M_n$$

$$182,269 \leq 215,471, \text{ Нм}$$

Проверку на перегрузочную способность проводим по условию:

$$1,3 \cdot M_{\text{мах.нагр}} \leq (0,8 \div 0,85) M_{\text{мах}}$$

$$1,3 \cdot 319,879 \leq 0,85 \cdot 517,131$$

$$415,84 \leq 439,56$$

где $M_{\text{мах.нагр}}$ – максимальный момент с диаграммы нагрузки;

$M_{\text{мах}}$ – максимальный момент двигателя.

2.7. Расчет параметров объекта управления

Целью векторного управления является разделение каналов управления ротором и потокосцеплением.

Структурная схема АД в системе отчета, связанной с вектором потокосцепления ротора приведена на рис.2.2.

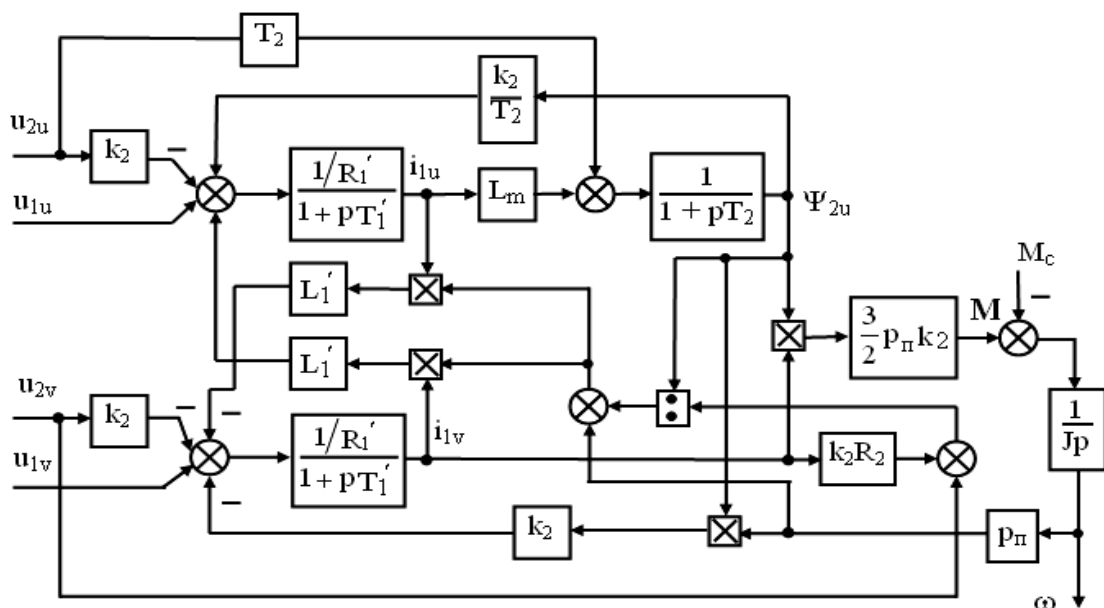


Рис.2.3. Структурная схема асинхронного двигателя в системе отсчета, связанной с вектором потокосцепления ротора ψ_2

Расчет параметров асинхронного двигателя:

Исходные данные двигателя:

- номинальная мощность двигателя

$$P_n = 22 \text{ (кВт)}$$

- номинальное фазное напряжение электродвигателя

$$U_{\text{фн}} = 380 \text{ (В)}.$$

- синхронная скорость вращения поля статора

$$n_0 = 1000 \text{ (об/мин)}$$

- номинальная скорость вращения двигателя

$$n_n = 975 \text{ (об/мин)}.$$

- номинальное скольжение электродвигателя.

$$S_n = 0,023$$

- номинальный КПД электродвигателя

$$\eta_n = 90\%.$$

- номинальный коэффициент электродвигателя.

$$\cos\varphi_n = 0,9$$

- номинальная частота питающей сети

$$f = 50 \text{ (Гц)}.$$

Расчет необходимых параметров:

- определим угловую частоту питающей сети

$$\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f = 314 \text{ (рад/с)}$$

- определим число пар полюсов электродвигателя

$$P_n = \frac{3000}{n_0} = \frac{3000}{1000} = 3.$$

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- номинальная угловая частота вращения двигателя

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 975}{30} = 104,72 \text{ (рад/с)}$$

Для того чтобы перейти к абсолютным единицам необходимо определить базовое сопротивление:

$$Z_\sigma = \frac{U}{I_\phi} = \frac{380}{23,825} = 15,95 \text{ , Ом}$$

где U – номинальное напряжение двигателя;

I_ϕ – номинальный фазный ток статора

- определим фазный ток статора:

$$I_\phi = \frac{P}{\cos(\phi) \cdot КПД \cdot 3U} = \frac{22 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 3 \cdot 380} = 23,825 \text{ , А}$$

- определим активные и реактивные сопротивления статора и ротора в абсолютных единицах:

$$r_1 = R_1 \cdot Z_\sigma = 0,05 \cdot 15,95 = 0,797 \text{ , Ом}$$

$$r_2 = R_2 \cdot Z_\sigma = 0,024 \cdot 15,95 = 0,383 \text{ , Ом}$$

$$x_1 = X_1 \cdot Z_\sigma = 0,11 \cdot 15,95 = 1,755 \text{ , Ом}$$

$$x_2 = X_2 \cdot Z_\sigma = 0,14 \cdot 15,95 = 2,233 \text{ , Ом}$$

$$x_m = X_m \cdot Z_\sigma = 4,1 \cdot 15,95 = 65,395 \text{ , Ом}$$

где R_1 – активное сопротивление статора;

R_2 – активное сопротивление ротора;

X_1 – реактивное сопротивление статора;

X_2 – реактивное сопротивление ротора.

- определяем значения индуктивностей:

$$L_1 = \frac{x_1 + x_m}{\omega_0} = \frac{1,755 + 65,395}{104,72} = 0,641 \text{ , Гн}$$

$$L_2 = \frac{x_2 + x_m}{\omega_0} = \frac{2,233 + 65,395}{104,72} = 0,646 \text{ , Гн}$$

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$L_m = \frac{x_m}{\omega_0} = \frac{65,395}{104,72} = 0,624, \text{ Гн}$$

- определим коэффициент электромагнитной связи ротора

$$K_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0,625}{0,646} = 0,966$$

- определим индуктивность рассеивания обмотки статора:

$$L_{1\sigma} = \frac{x_1}{\omega_0} = \frac{1,755}{104,72} = 0,017$$

- определим индуктивность рассеивания обмотки ротора:

$$L_{2\sigma} = \frac{x_2}{\omega_0} = \frac{2,233}{104,72} = 0,021$$

- определим эквивалентную индуктивность рассеивания двигателя:

$$L_{11} = L_{1\sigma} + K_2 \cdot L_{2\sigma} = 0,017 + 0,966 \cdot 0,021 = 0,037$$

- определим эквивалентное активное сопротивление двигателя:

$$R_{11} = r_1 + K_2^2 \cdot r_2 = 0,797 + 0,966^2 \cdot 0,383 = 1,154$$

- определим эквивалентную электромагнитную постоянную времени обмотки статора:

$$T_1 = \frac{L_{11}}{R_{11}} = \frac{0,037}{1,154} = 0,032$$

- определим электромагнитную постоянную времени обмотки ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{r_2} = \frac{0,646}{0,383} = 1,687$$

- определим номинальное потокосцепление двигателя:

$$\psi = \frac{M_n}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_\phi \cdot p \cdot K_2} = \frac{215,471}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 23,825 \cdot 3 \cdot 0,966} = 1,471$$

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.8 Расчет параметров САУ

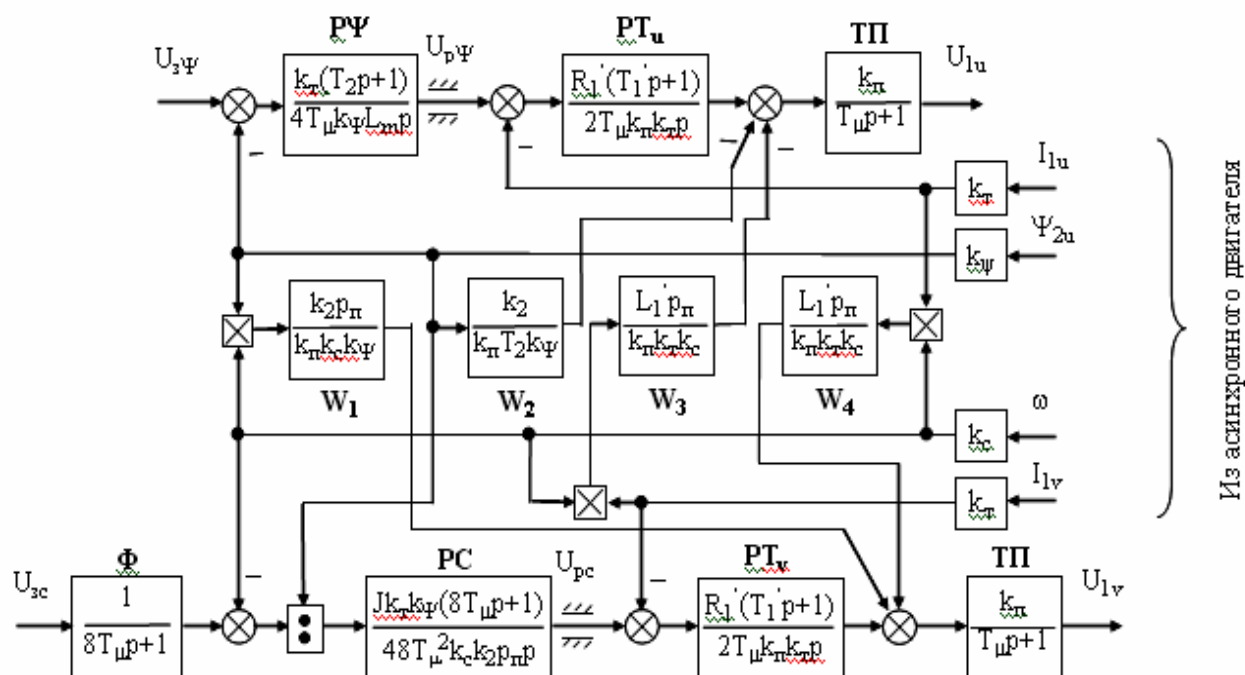


Рис.2.4. Структурная схема векторной системы управления скоростью асинхронного двигателя

- максимальное напряжение в системе управления:

$$U_y = 10 \text{ , В}$$

- определим коэффициент передачи датчика скорости:

$$K_c = \frac{U_y}{\omega_0} = \frac{10}{104,72} = 0,095$$

- определим коэффициент передачи датчика тока:

$$K_t = \frac{U_y}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot I_\phi} = \frac{10}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 23,825} = 0,148$$

- определим коэффициент передачи датчика потокосцепления:

$$K_\psi = \frac{U_y}{\psi} = \frac{10}{1,471} = 6,798$$

- определим коэффициент передачи силового преобразователя:

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$K_p = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{U_y} = \frac{\sqrt{2} \cdot 380}{10} = 53,74$$

$T_\mu = 0,001$ - постоянная времени силового преобразователя

Передачная функция регулятора потокосцепления:

пропорциональная часть

$$W_\psi(p) = \frac{K_t \cdot T_2}{4 \cdot T_\mu \cdot K_\psi \cdot L_m} = \frac{0,148 \cdot 1,634}{4 \cdot 0,001 \cdot 6,798 \cdot 0,624} = 14,252$$

интегральная часть

$$W_\psi(p) = \frac{K_t}{4 \cdot T_\mu \cdot K_\psi \cdot L_m} = \frac{0,148}{4 \cdot 0,001 \cdot 6,798 \cdot 0,624} = 8,722$$

Передачная функция регулятора тока:

Пропорциональная часть

$$W_{pm}(p) = \frac{R_{11} \cdot T_1}{2 \cdot T_\mu \cdot K_p \cdot K_t} = \frac{1,154 \cdot 0,032}{2 \cdot 0,001 \cdot 53,74 \cdot 0,148} = 2,321$$

интегральная часть

$$W_{pm}(p) = \frac{R_{11}}{2 \cdot T_\mu \cdot K_p \cdot K_t} = \frac{1,154}{2 \cdot 0,001 \cdot 53,74 \cdot 0,148} = 72,546$$

Передачная функция регулятор скорости:

пропорциональная часть

$$W_{pc}(p) = \frac{j_{\Delta\sigma} \cdot K_t \cdot K_\psi \cdot 8 \cdot T_\mu}{48 \cdot T_\mu^2 \cdot K_c \cdot K_2 \cdot p} = \frac{0,4 \cdot 0,148 \cdot 6,798 \cdot 8 \cdot 0,001}{48 \cdot 0,001^2 \cdot 0,095 \cdot 0,966 \cdot 3} = 243,629$$

интегральная часть

$$W_{pc}(p) = \frac{j_{\Delta\sigma} \cdot K_t \cdot K_\psi}{48 \cdot T_\mu^2 \cdot K_c \cdot K_2 \cdot p} = \frac{0,4 \cdot 0,148 \cdot 6,798}{48 \cdot 0,001^2 \cdot 0,095 \cdot 0,966 \cdot 3} = 3,045 \times 10^4$$

$$W_1 = \frac{K_2 \cdot p}{K_p \cdot K_c \cdot K_\psi} = \frac{0,966 \cdot 3}{53,74 \cdot 0,095 \cdot 6,798} = 0,084$$

					ЕП.ПД.16.12.02.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1. Исследование динамики электропривода на ЭВМ.

Математическая модель электропривода разрабатывается исходя из структурной схемы САР, параметров электропривода и регуляторов, рассчитанных в разделе «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД». Целью исследования динамики ЭП есть проверка качества переходных процессов в САР.

Для исследования работы привода с помощью ЭВМ пользуемся пакетом MATLAB 6.5, который дает возможность создать модель системы автоматического регулирования и исследовать переходные процессы привода.

На основании структурных схем приведенных на рисунках 2.2, 2.3 и проведенных расчетов в п. 2.7-2.8 составляем модель привода, она приведена на рис. 3.1. и рис. 3.2.

Проанализировав полученные графики переходных процессов можно сказать, что требования предъявляемые к электроприводу и изложенные выше (обеспечение заданной рабочей скорости механизма при статических моментах на валу при подъеме и спуске, обеспечение минимального времени переходного процесса, ограничение максимального значения момента) выполнены.

					ЕП.ПД.16.12.С.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

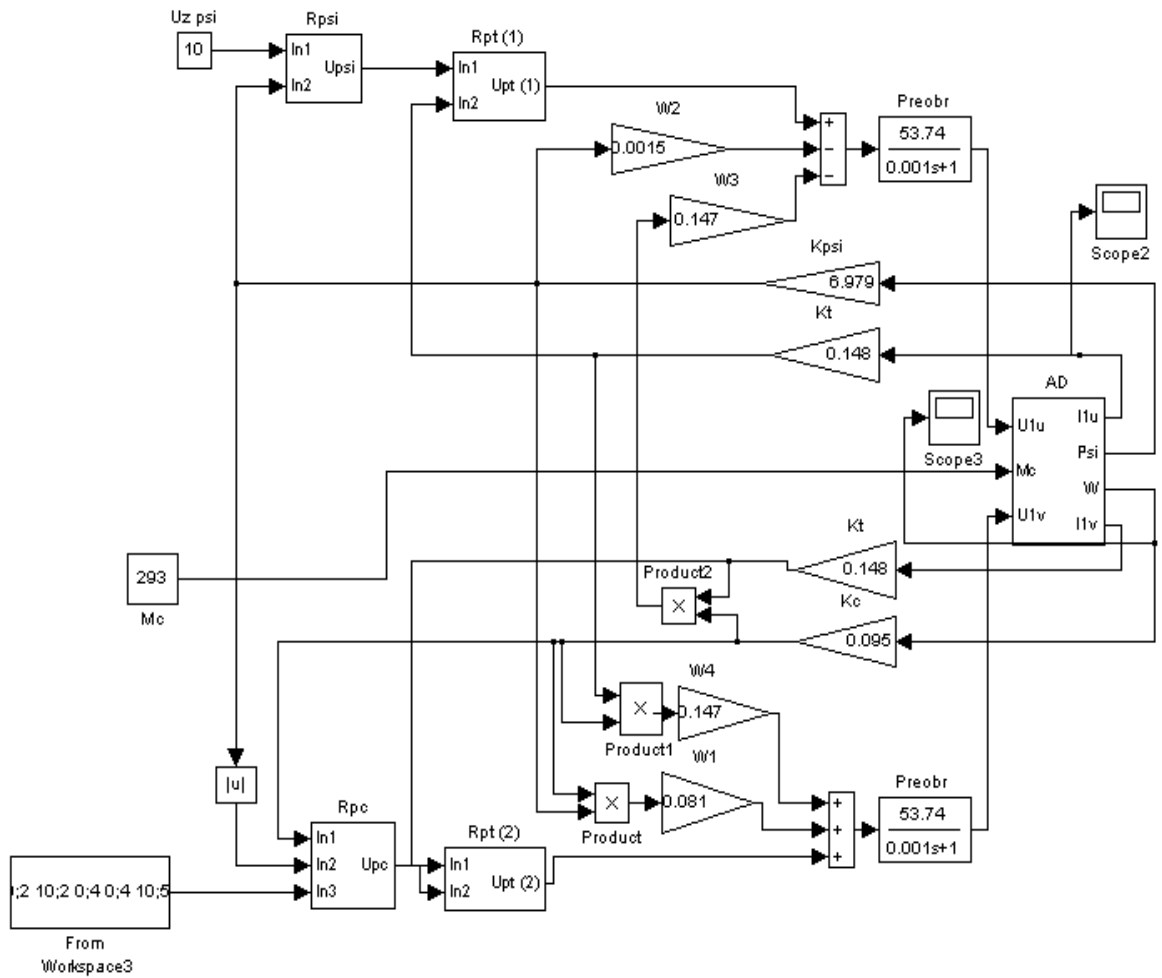


Рис.3.1. Структурная схема векторной системы управления скоростью асинхронного двигателя

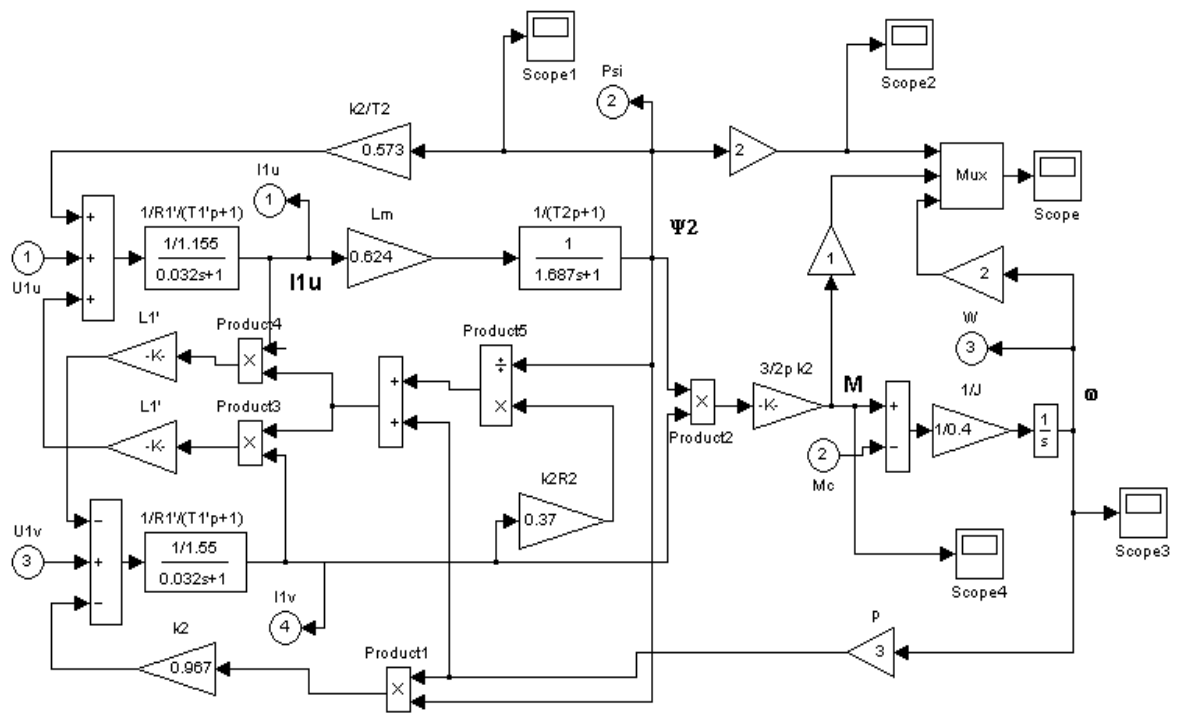


Рис. 3.2 Структурная схема АД в системе отсчета, связанная с вектором потокоцепления ротора ψ_2

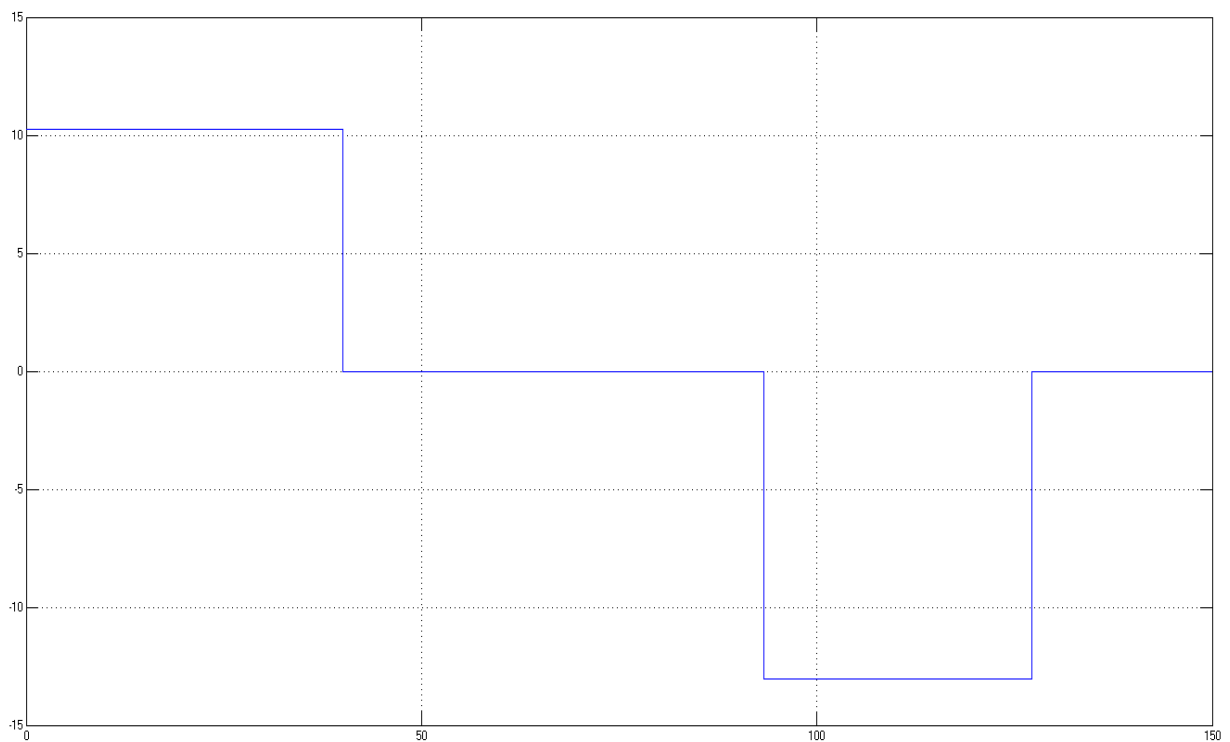


Рис.3.3. Диаграмма задания на скорость

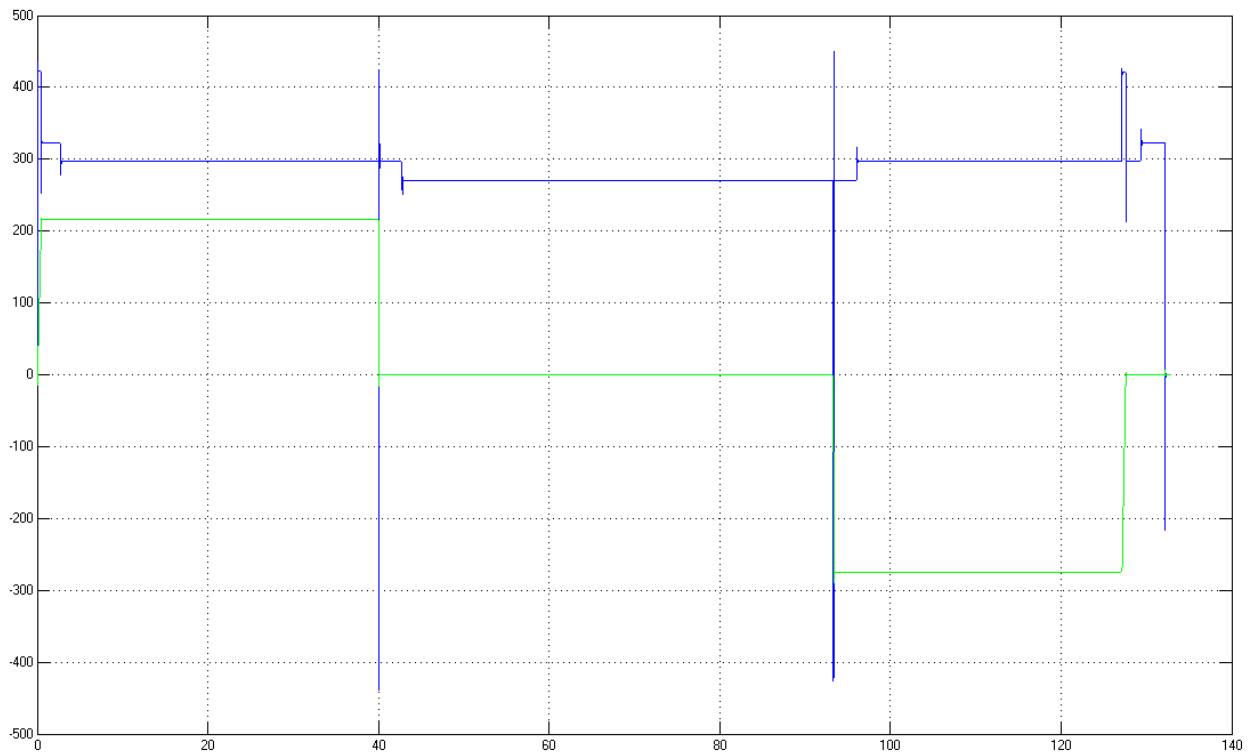


Рис.3.4. Диаграмма отработки заданного воздействия системой

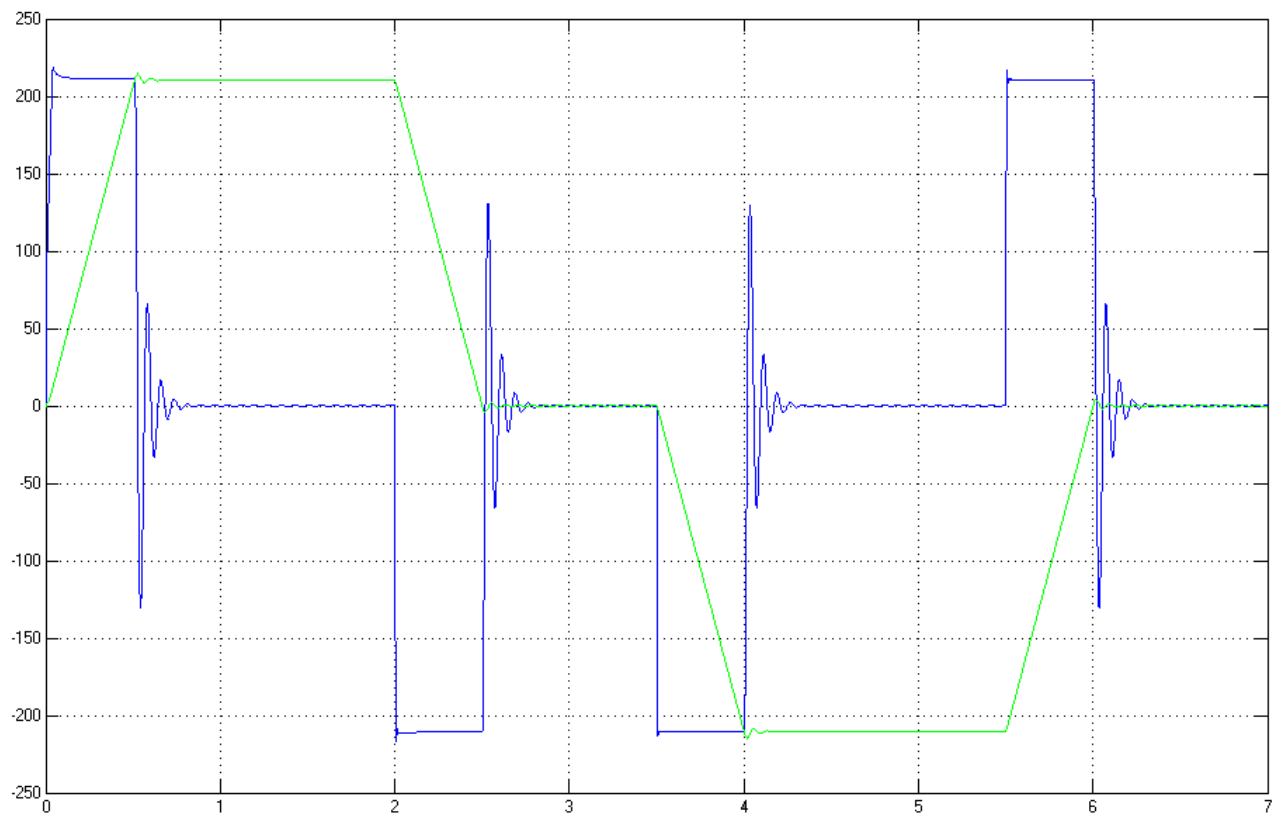


Рис.3.5. Увеличенный участок работы крана при $M_c=0$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.16.12.03.ПЗ

Арк.

47

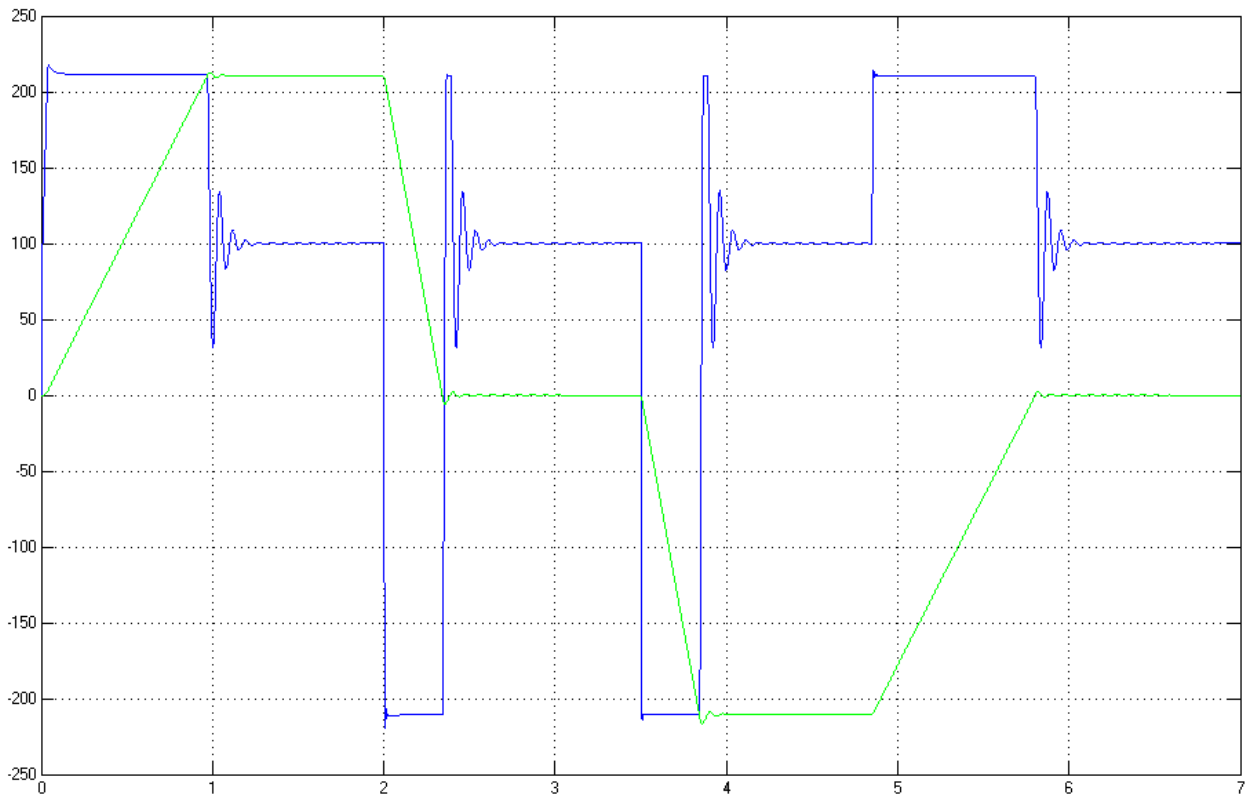


Рис.3.6. Увеличенный участок работы крана при Мс

4. Охрана труда

4.1 Анализ вредных и опасных факторов

Грузоподъемный кран ККС-10 относится к опасным производственным объектам. Наиболее травмоопасными факторами являются механические и электрические. Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические.

К опасным физическим производственным факторам на кранах относятся: движущиеся части механизмов, механизмы подъёма и передвижения, перемещаемые грузы. К вредным производственным факторам относятся: повышенная или пониженная температура рабочей зоны; высокая скорость движения воздуха (например, 15 м/с); влажность воздуха, недостаточная освещённость рабочих мест, проходов и проездов. В зависимости от вида трудовой деятельности работника существуют различные опасные факторы: например, для электромонтёра, обслуживающего ремонт электрооборудования крана есть опасность поражения электрическим током; для стропальщика – опасность получить травму от перемещаемого оборудования или груза, от применяемых в работе приспособлений: крюков, стропов, при неправильных действиях в процессе своей работы; для крановщика – опасность опрокидывания крана в случае ошибочных действий при сильной ветровой нагрузке, а значит, смертельная опасность для него и работников, находящихся в рабочей зоне крана.

Согласно ПУЭ [17, стр. 25] данное помещение (кабина крана) относится к классу особо опасных по поражению электрическим током, так как имеется 2 признака повышенной опасности:

- Наличие токопроводящих полов (железо).
- Возможность одновременного прикосновения к металлоконструкции здания соединённых с землей и корпусам электроаппаратов.

					ЕП.ПД.16.12.С.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Выбор и обоснование мероприятия для создания безопасных условий труда

Большее значение в охране труда имеет техника безопасности, представляющая собой систему организационных мероприятий и технических средств, предотвращающие воздействие на работающих с опасными производственными факторами, а также производственно-санитарная система организационных мероприятий и тех средств, предотвращающие вредные производственные факторы.

Вследствие того что на кране применяются нефтепродукты в воздухе появляются вредные вещества, поэтому по очистке воздуха применяются следующие мероприятия:

1 – запрет по хранению на кране запасов смазочного масла, керосина и обтирочных концов, которые необходимо немедленно удалять;

2 – запрет на применение для очистки механизмов бензина, ацетона и других, легко воспламеняющихся жидкостей, а следует их заменять керосином;

3 – применение естественной, приточной, вытяжной, приточно-вытяжной вентиляции, а также пылеотделителей.

Негативным факторами, также влияющими на организм человека, являются шум и вибрация. При длительном воздействии шума у человека снижаются острота слуха и зрения, повышается кровяное давление, ухудшается деятельность органов дыхания, происходит ослабление внимания, памяти.

Мероприятия по снижению шума:

1 – применение, по возможности, малошумного производственного оборудования;

2 – выполнение своевременного и качественного ремонта машинного оборудования, так как причиной недопустимого шума является износ трущихся деталей, подшипников, неточная сборка машин при ремонтах;

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3 – применение индивидуальных средств защиты от шума, а также уплотнений конструкций, кожухов для источников шума и т.д.

Мероприятия по снижению вибрации:

1- установка упругих элементов между вибрирующей машиной (механизмом) и основанием;

2 – применение вибропоглощений путем нанесения на вибрирующую поверхность слоя резины, мастик или пластмасс;

3 – применение индивидуальных средств защиты от вибраций: обувь на виброгасящей подошве, виброгасящие рукавицы (перчатки).

Все места, откуда возможно падение людей, должны быть ограждены. Вход на кран допускается только по специально для этого устроенной лестнице с перилами. Инструменты, материалы и оборудование поднимать на кран следует только при помощи пеньковой веревки.

4.3 Инструкция по охране труда, при монтаже и эксплуатации системы

При монтаже и эксплуатации оборудования крана руководствуются «Правилами техники безопасности» и «Правилами строения и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин».

Для защиты людей от поражения электрическим током в соответствии с ПУЭ должна быть использована одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, использование малых напряжений и разделительных трансформаторов и т.д.

В кабине управления, которая является рабочим местом для крановщика, не должно быть электрических аппаратов или проводников, которые не имеют надежных изоляционных или металлических ограждений, которые полностью исключают любую возможность прикосновения к токоведущим частям.

Для обеспечения безопасного обслуживания электрических машин, установленных на кране, ПУЭ [17, стр. 41] регламентирует расстояние между корпусами машин и другими частями электрооборудования. Проход

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

для обслуживания электрических машин должен быть не менее 1 м, в противоположной стороне от прохода расстояние от корпуса электрической машины к другому электрооборудованию должно быть не менее 0,3 м.

Рабочее напряжение электродвигателей кранов должна быть не более 440 В при постоянном токе, и не более 500 В при переменном токе.

Кабели подвешивают на тросах или располагают в коробках (каналах).

Высота подвеса троллейных кабелей должна исключать возможность случайного прикосновения и от уровня пола или земли должно быть не менее 3,5 м при 500 В, а при напряжении более 500 В – 7 м.

Крышка люка, ведущая с кабины крановщика на мост крана должна быть оборудована устройством блокировки, которое автоматически отключает напряжение на троллеях моста при открытии люка для выхода на мост.

Пуск крана после остановки, вызванной перерывом в подаче электроэнергии или закрытием люка кабины должен быть возможен только с места управления краном в кабине, при этом выполнено условие: все рукоятки управления или маховики контроллеров должны быть установлены в нулевое положение.

Контакты приборов и аппаратов, которые установлены для обеспечения безопасности, должны работать только на разрыв цепи.

Пусковые аппараты ручного управления, которые используются на грузоподъемных устройствах, должны иметь приспособление для самовозврата в нулевое положение.

Кабины управления кранов, аппаратные кабины, кабины где установлены механизмы должны иметь электрическое освещение, которое исполняется так, что бы при отключении электрооборудования крана освещение осталось включенным.

Рабочее освещение на кранах должно исполняться напряжением не выше 220 В.

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Чтоб избежать опасности перехода напряжения на конструктивные части электрооборудования кранов все конструктивные части должны быть заземлены. Заземляющие соединения металлических частей электрооборудования с конструкциями механизма исполняют с помощью специальных заземляющих устройств. К внутренним частям, что подлежат заземлению, относятся: металлические конструкции, рейки и другие узлы, связанные с креплением аппаратуры, вторичные обмотки измерительных трансформаторов.

При управлении грузоподъемными устройствами с пола, корпуса кнопочного управления должны быть изготовлены из изоляционного материала. Если кнопка управления имеет металлический корпус, то она должна быть заземлена двумя проводниками (трос на который крепится корпус и жила кабеля).

Зону под монтируемым краном ограждают и вывешивают плакат: «Проход запрещен! Вверху работают». Работа с электроинструментом допускается лишь в резиновых перчатках и галошах; при этом инструмент должен быть заземлен. Электроэнергию к электроинструменту подводят по шланговому проводу с исправной изоляцией. В местах, где можно упасть, работают в предохранительном поясе. Электросварочные провода должны иметь надежную изоляцию. Запрещается использование смонтированных троллеев в качестве подводки электроэнергии при производстве работ. Категорически запрещается передвигаться по подкрановым путям.

4.5 Пожарная профилактика

Противопожарная защита промышленных предприятий представляет собой комплекс инженерно-технических мер, разрабатываемых при проектировании новых предприятий, и организационно-технических мероприятий, осуществляемых на действующих предприятиях.

В электроустановках причины пожаров и взрывов могут быть

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

электрического и неэлектрического характера.

Причинами электрического характера являются:

а) искрение в электрических аппаратах и машинах, а также искрение в результате электростатических разрядов и ударов молнии;

б) токи коротких замыканий и токовые перегрузки проводников, вызывающие их перегрев до высоких температур, что может привести к воспламенению их изоляции;

в) неудовлетворительные контакты в местах соединения проводов, когда вследствие большого переходного сопротивления при протекании электрического тока выделяется значительное количество тепла и резко повышается температура контактов;

г) электрическая дуга, возникающая между контактами коммутационных аппаратов часто как следствие неправильных операций с ними (например, отключение нагрузки разъединителем), а также при дуговой электросварке;

д) аварии с маслонаполненными аппаратами (выключатели, трансформаторы и др.), когда происходят выброс в атмосферу и воспламенение продуктов разложения минерального масла и смеси их с воздухом;

е) перегрузка и неисправность обмоток электрических машин и трансформаторов при отсутствии надлежащей защиты.

К причинам пожаров и взрывов неэлектрического характера можно отнести:

а) неосторожное обращение с огнем при проведении газосварочных работ;

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) неправильное обращение с газосварочной аппаратурой, с паяльными лампами и нагревателями для плавления кабельных масс и пропиточных составов;

в) неисправность котельных, производственных печей, отопительных приборов и нарушение режимов их работы;

г) неисправность производственного оборудования (перегрев подшипников и т. п.), нарушение производственного технологического процесса, в результате чего возможно выделение горючих газов, паров, пыли в воздушную среду;

д) курение в пожароопасных и взрывоопасных помещениях и установках;

е) самовозгорание некоторых материалов.

Для устранения причин пожаров и взрывов на производстве проводятся различные профилактические мероприятия - технические, эксплуатационные, организационные и режимные.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных норм при проектировании и сооружении зданий, устройстве отопления и вентиляции, выборе и монтаже электрооборудования, а также устройстве защиты от электростатических разрядов, молниезащиты и др.

Эксплуатационные мероприятия предусматривают правильную техническую эксплуатацию производственных агрегатов, котельных, компрессорных и других силовых установок и электрооборудования, правильное содержание зданий и территории предприятия.

К организационным мероприятиям относятся обучение произ-

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

водственного персонала противопожарным правилам, создание на предприятии добровольных пожарных дружин, издание необходимых инструкций и плакатов по противопожарной технике.

Режимными мероприятиями являются ограничение или запрещение в пожароопасных местах применения открытого огня, курения, производства электро- и газосварочных работ. Работы с огнеопасными и взрывчатыми веществами должны быть оформлены специальным нарядом.

При работе на кране применяются нефтепродукты, которые при определенных условиях могут загореться (машинное масло для смазки, керосин для промывки подшипников и очистки механизмов от старой смазки и т.д.), а также возможно самовозгорание при хранении более 8 часов (обтирочные концы, ветошь, пропитанная маслом).

					ЕП.ПД.16.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

5. Технико-экономическое обоснование

5.1. Введение

Дипломный проект посвящён модернизации и исследованию системы управления частотного регулирования главного электропривода козлового крана. Современные технологии позволяют выйти на качественно новый уровень использования и проектирования систем управления.

Совершенствование технологий производства, расширяет возможности производства электроприводов, и позволяют создавать их с более качественными и лучшими характеристиками.

Козловые краны относятся к наиболее распространённому типу подъемно-транспортного оборудования, и применяются для внутрицехового и внутрискладского транспорта во всех отраслях промышленности

Предполагается замена системы пускорегулирующие резисторы – Д на систему ПЧ-Д. Данное техническое решение увеличит надёжность работы системы в целом.

Исследуемый тип системы управления также пользуется большим спросом и чаще всего используется в электроприводах потому что обладает более низкой стоимостью и меньшими затратами при эксплуатации, вследствие более простой и надёжной конструкции.

В этом разделе будет проведен расчет капитальных затрат, а также расчет эксплуатационных расходов, состоящие из:

- амортизационных отчислений;
- определения годовых затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт;
- стоимости потребленной электроэнергии.

А также будут составлены соответствующие выводы из данного раздела.

					ЕП.ПД.16.12.С.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Расчет капитальных затрат проекта

Капитальные вложения - это средства, предназначенные для создания и приобретения основных фондов и нематериальных активов, подлежащих амортизации. В данном случае это денежные средства, предназначенные для приобретения электрооборудования, подлежащего амортизации, транспортно-заготовительные и складские расходы, монтаж и наладка системы управления.

Капитальные расходы ($K_{пр}$) на осуществление проектного варианта составляют:

$$K_{пр} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}$$

де $B_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – суммарная стоимость комплектующих изделий;

k - количество необходимых комплектующих;

$Z_{тзс}$ - транспортно-заготовительные и складские расходы;

$Z_{м}$ - расходы на монтажные работы;

$Z_{н}$ - расходы на регулировочные работы;

$Z_{пр}$ - другие единовременные вложения денежных средств

Таблица 5.2 – Сводка капитальных затрат, грн.

№	Наименование технических средств	Количество	Цена за единицу, Грн	Сумма, грн	Поставщик
1	Асинхронный электродвигатель 4 А200М6УЗ	1	15000	15000	«Укрگیпромез»
2	Преобразователь частоты, АТV61 серия HD, 22 кВт(380В)	1	11 365	11 365	«ООО Электромашсервис»
3	Zelio2 логический модуль 26вх./вых.24 серии SR3B261BD	1	5882	5882	«ООО Электромашсервис»
Всего				32247	грн

Расходы на монтажные работы:

численность работников (Ч) – 1;

часовая тарифная ставка монтажника 5 розряда(а) – 32,06 грн./ч;

время для выполнения работ(t)– 6 часов;

коэффициент, учитывающий размер доплат(K_d) – 1,1;

коэффициент, учитывающий отчисления на социальные мероприятия (K_{cs}) - 1,22;

коэффициент, учитывающий прочие расходы ($K_{инш}$)-1,

Согласно ст. 7 Закона Украины «О Государственном бюджете Украины на 2017 год» от 21.12.2016 г.. № 1801-VIII с 01.01.2017 г.. Минимальная заработная плата составляет 3200 грн. на 1 января 2017.

В нашем случае монтаж выполняет наладчик 5 разряда, а следовательно, его тарифная заработная плата с учетом тарифного коэффициента разряда (1,52) будет 5387 грн.

Находим часовую тарифную ставку: $5387/168 = 32,06$ грн. / ч

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$Z_M = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{cs} \cdot K_{инш}$$

$$Z_M = (1 \cdot 32,06 \cdot 6) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 283(\text{грн.})$$

расходы на наладку оборудования:

количество работников - 1;

часовая ставка наладчика 6 разряда - 36,19 грн. / ч ;

время выполнения работ – 4ч;

коэффициент, учитывающий размер доплат - 1,1;

коэффициент, учитывающий отчисления на социальные мероприятия - 1,22;

коэффициент учитывающий другие расходы - 1,1;

$$Z_H = (1 \cdot 36,19 \cdot 4) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 213(\text{грн.})$$

Расходы на демонтаж оборудования:

количество работников - 2;

временная ставка наладчика 4 разряда - 30,09 грн. / ч;

время выполнения работ - 3:00ч;

коэффициент, учитывающий размер доплат - 1,1;

коэффициент, учитывающий отчисления на социальные мероприятия - 1,22;

коэффициент, учитывающий прочие расходы - 1.1;

$$B_d = (2 \cdot 30,09 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 266(\text{грн.})$$

Транспортно-заготовительные расходы включены в стоимость электрооборудования так как фирмы «ООО Электромашсервис» и «Укрگیпромез» осуществляет его доставку.

Демонтированное оборудование было частично реализовано по цене:

Цд = 5800 грн;

Капиталовложения проекта составляют:

$$K_{np} = 32247 + 283,96 + 213,69 + 266,51 - 5800 = 27211(\text{грн.})$$

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

5.3 Расчёт эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты — это текущие затраты на эксплуатацию и обслуживание объекта проектирования за конкретный период (год), выраженные в денежной форме.

К основным эксплуатационным затратам относят:

- амортизационные отчисления (C_a);
- затраты на техническое обслуживание, ремонт оборудования и сетей (C_T);
- стоимость затрат на электроэнергию ($C_э$);

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$C = C_a + C_m + C_э;$$

$$C = 5442 + 7822 + 31303 = 44567 \text{ грн.}$$

5.4 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационная стоимость основных фондов:

$$\Phi_a = \Phi_n - Л$$

$$\Phi_a = 27211 - 0 = 27211 \text{ (грн.)}$$

где Φ_n - начальная (или переоцененная) стоимость объекта основных средств;

Л - расчетная ликвидационная стоимость основных средств. Если определить ожидаемую ликвидационную стоимость объекта основных средств сложно, то при прямолинейном методе амортизации разрешается считать ее равной нулю.

Норма амортизации H_a при прямолинейном методе постоянна в течение всего амортизационного периода и определяется по формуле:

$$H_a = \frac{\Phi_n - Л}{\Phi_n * T_k} * 100\%$$

где T_k - срок полезного использования (амортизационный период).

Электрооборудование относится к 4 группе основных средств с минимальным сроком полезного использования $T_k = 5$ лет.

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$N_a = \frac{27211,161452 - 0}{27211,161452 * 5} * 100\% = 20\%$$

Таблица 5.3. – Расчёт амортизационных отчислений

Наименование	Капитальные затраты, грн.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, грн
проектный вариант	27211	20	5442

5.5 Расчет годовых затрат на эксплуатацию и обслуживание

Годовые расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт электротехнического оборудования включают затраты на материалы и запасные части, заработную плату ремонтным рабочим и могут определяться по фактическим данным предприятия.

Расходы на текущий ремонт аппаратуры автоматики и систем автоматизации можно рассчитать по формуле

$$B_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi}),$$

где R - часовая ставка рабочих, выполняющих ремонт, грн;

t - трудоемкость одного ремонта (для малого принимаем 1,2 ч / шт.);

m - количество ремонтов в год;

R_Σ - суммарная категория сложности ремонта (принимаем 10);

S - стоимость однотипных заменяемых элементов, грн;

Π - количество однотипных заменяемых элементов, грн;

T - средний срок службы деталей одного типа, ч;

T_φ - число часов работы оборудования в год, часов.;

Номинальный годовой фонд рабочего времени электрооборудования составляет:

$$T_H = T_p * K_{зм} * t_{зм}$$

де K_{зм} - количество рабочих смен;

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$T_n = 245 * 1 * 8 = 1960 \text{ час.}$$

(245 рабочих дней, смена 8:00, работа в 1 смену)

Время на проведение ремонтных предупредительных работ

$$T_{п.рем.} = 6 * 8 = 48 \text{ час.}$$

Техническая остановка на обслуживание составляет примерно 1 час в смену есть 245 часов.

$$\text{Общее время обслуживания } T_{обсл} = 48 + 245 = 293 \text{ час.}$$

Общее время работы оборудования составляет:

$$T_p = 1960 - 293 = 1667 \text{ час.}$$

Общие затраты на эксплуатацию и ремонт составляют:

$$B_{т.р.} = 32,06 \cdot 1,2 \cdot 3 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1667 = 7822 \text{ грн}$$

5.5 Расчет стоимости потребленной электроэнергии

Стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования течение года, определяется исходя из его установленной мощности и годового фонда рабочего времени объекта проектирования по формуле:

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн}$$

где W_p - количество потребленной за год электроэнергии, кВт ч.;

C_e - тариф на электроэнергию по состоянию на конкретную дату, грн / кВт ч.

Цена электроэнергии для II класса потребителей по состоянию на 1.05.2017 составляет 2,29 грн / кВт • ч.

Годовой фонд рабочего времени объекта проектирования 1667 год.

Количество потребленной электроэнергии за год объекта проектирования:

$$W_p = P * T_p = 8,2 * 1667 = 13669,4 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования течение года, составляет:

$$C_e = 13669,4 * 2,29 = 31303 \text{ грн.}$$

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вывод

В данном разделе была определена общая стоимость капитальных затрат на внедрение разработанного технологического решения, которая составляет **27211** грн. Годовые эксплуатационные расходы будут составлять 44567 грн.

Расчет затратной части проекта осуществлял путем оценки сметной стоимости на все составляющие выполняемых работ и закупку оборудования.

Принимая во внимание использование новых технологий и возможность повышения надежности системы электропривода, объемы затрат на модернизацию можно считать оправданными.

					ЕП.ПД.16.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей дипломного проекта была разработка автоматизированного электропривода козлового крана.

Для решения поставленной задачи в проекте выполнен анализ технологической установки с точки зрения определений нагрузочных диаграмм и условий работы установки в целом.

Такие данные использованы для расчета рациональной величины мощности электродвигателя и его системы управления. На основании полученных результатов выполнен обоснованный выбор электродвигателя и подходящей к нему комплектной системы управления серии Altivar 71 компании Schneider Electric.

Проверку правильности выполненного проекта осуществлено путем математического моделирования динамической модели электропривода в среде программного продукта MatLab .

Результаты оценки полученных переходных процессов подтверждают работоспособность и качество отработки задания спроектированного электропривода.

В проекте также решались задачи охраны труда и объемов затрат на реализацию предлагаемого технического решения.

Раздел охраны труда характеризует производственную обстановку на предмет выявления вредных и опасных факторов влияния на работу оборудования и персонала. Исходя из приведенной характеристики сформулированное инженерное предложение по минимизации влияние выявленных факторов.

Затратная часть проекта осуществлялась путем оценки сметной стоимости на все составляющие выполняемых работ и оборудования. Принимая во внимание использование новых технологий и возможность повышения надежности системы электропривода, объемы затрат на обновление можно считать оправданными.

					ЕП.ПД.16.12.3.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опыт комплекса выполненных работ позволяет сделать следующие суммарные выводы. Существенные преимущества асинхронного двигателя определяют несомненную перспективность системы ПЧ-АД. Которая позволяет использовать широкий диапазон скоростей и обеспечить сохранность ответственных грузов, безопасность работы, экономичность и высокую производительность крана, а также снизить затраты при обслуживании.

					ЕП.ПД.16.12.3.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

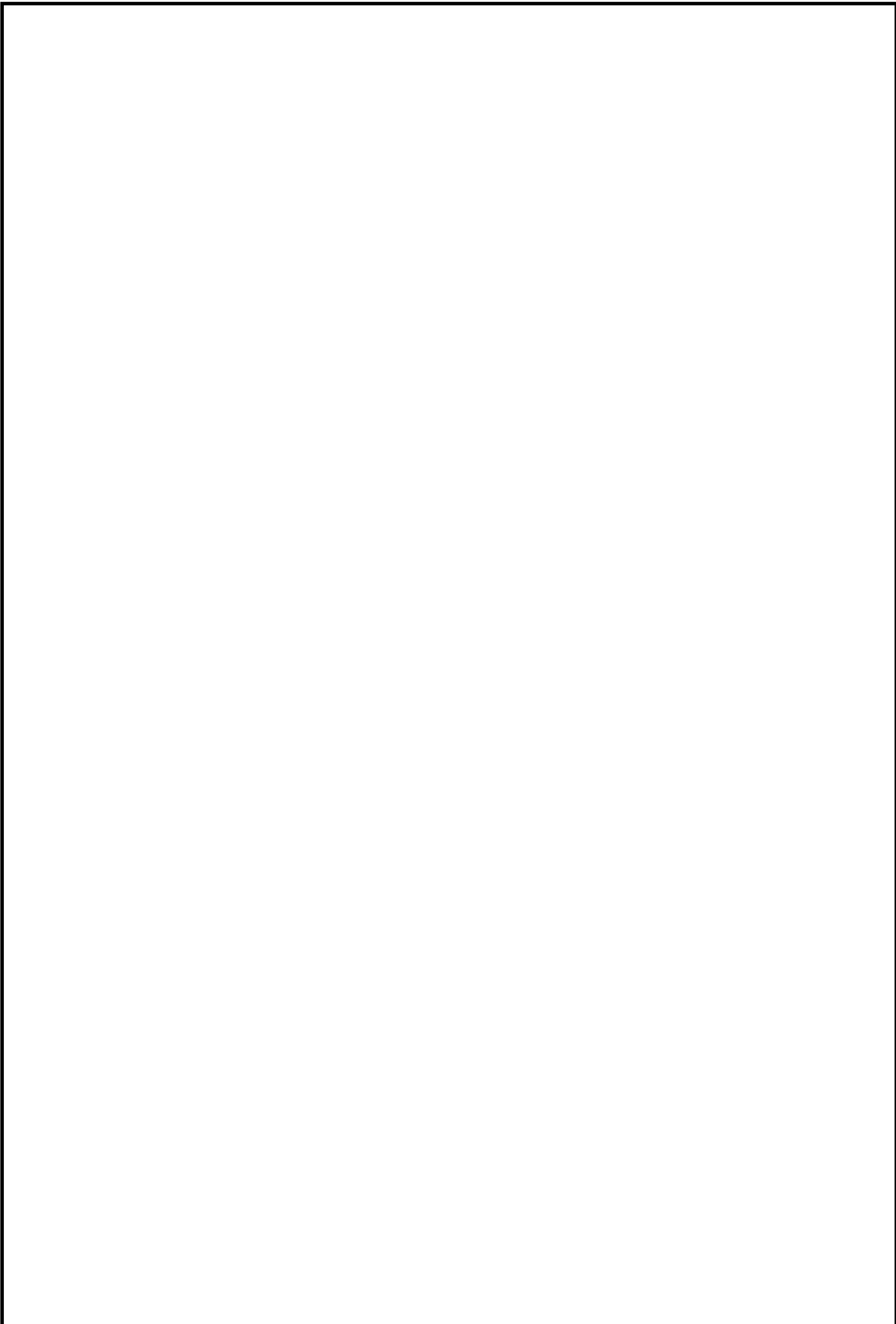
Список литературы

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
2. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
3. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергия, 1974.
4. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навчальний посібник / М.М. Казачковський. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 196 с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
6. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
7. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. – М.: Энергоиздат, 1982.
8. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.
9. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
10. Асинхронные электродвигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин и др. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
11. Крановый электропривод: Справочник / А. Г. Яуре, Е.М. Певзнер - Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
12. Мостовые краны общего назначения. – А.Б. Парницкий, А.П. Шабашов – 1961. – 283с

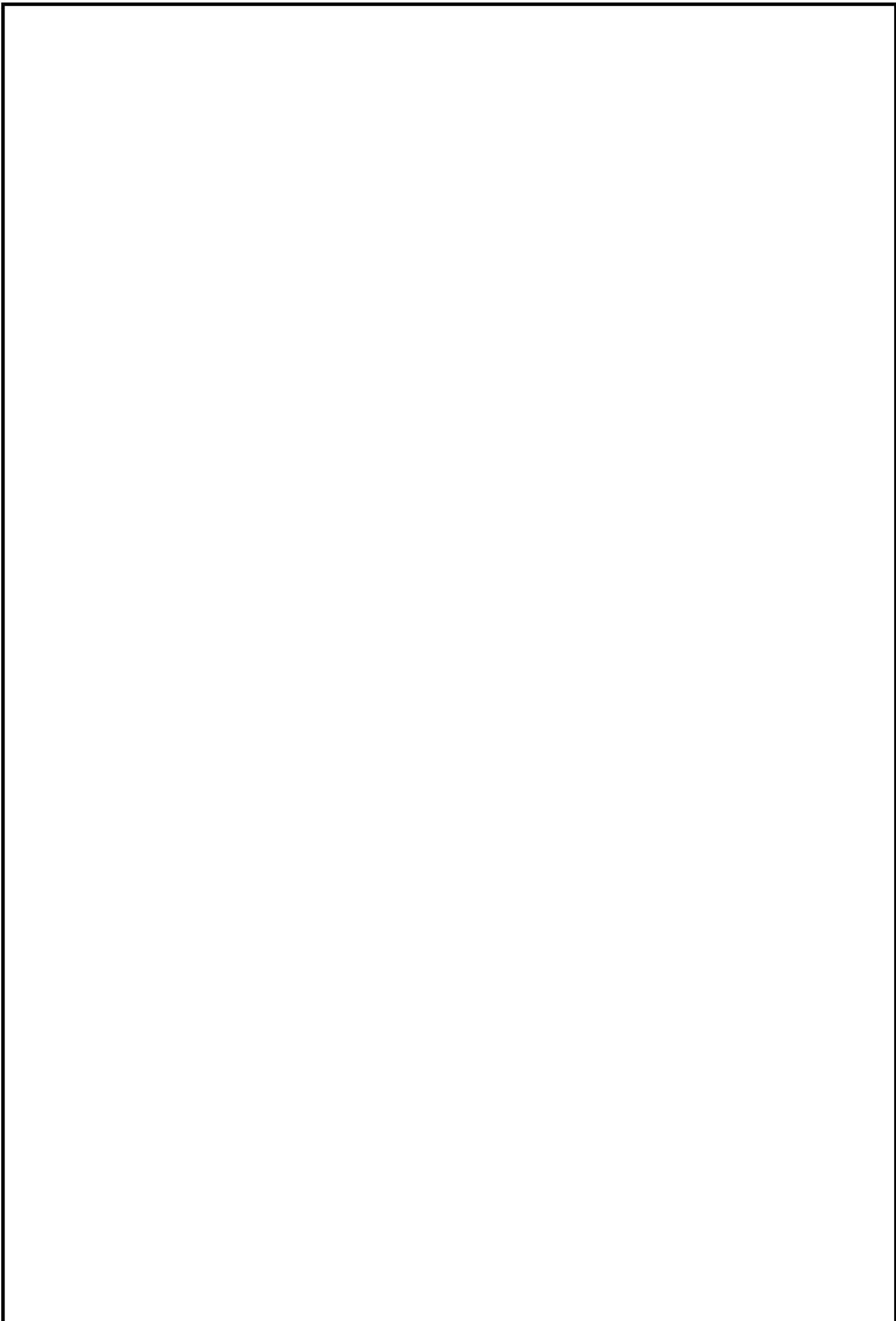
					ЕП.ПД.16.12.3.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Колб Ант.А., Колб А.А. Теория электроприводу: Навчальний посібник – Д., НГУ, 2006 – 511 с.
14. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – М. – Л.: Энергия, 1977. – 432 с.
15. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию (том 1) М., Энергоатомиздат, 1986-600 с.
16. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. -М.: Энергоатомиздат, 1984.-488с.
17. Охрана труда в электроустановках ПУЭ / Под ред. Б.А.Князевского. -М.: Энергоатомиздат, 1983.-226с.
18. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1982.-800с.
19. Правила устройства электроустановок М.: Энергоатомиздат, 1985.-640с.
20. ГОСТ 12.1.009.-76. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность, защитное заземление, зануление. М.: Издательство стандартов, 1983.-50 с.
21. Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта.
22. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов/ Под ред. В.К. Беклешова. -Г.: Высшая школа, 1991. - 176 с.
23. Скворцов Н. Н. Экономика гибких производственных систем. К.: Высшая школа, 1988.-54с.

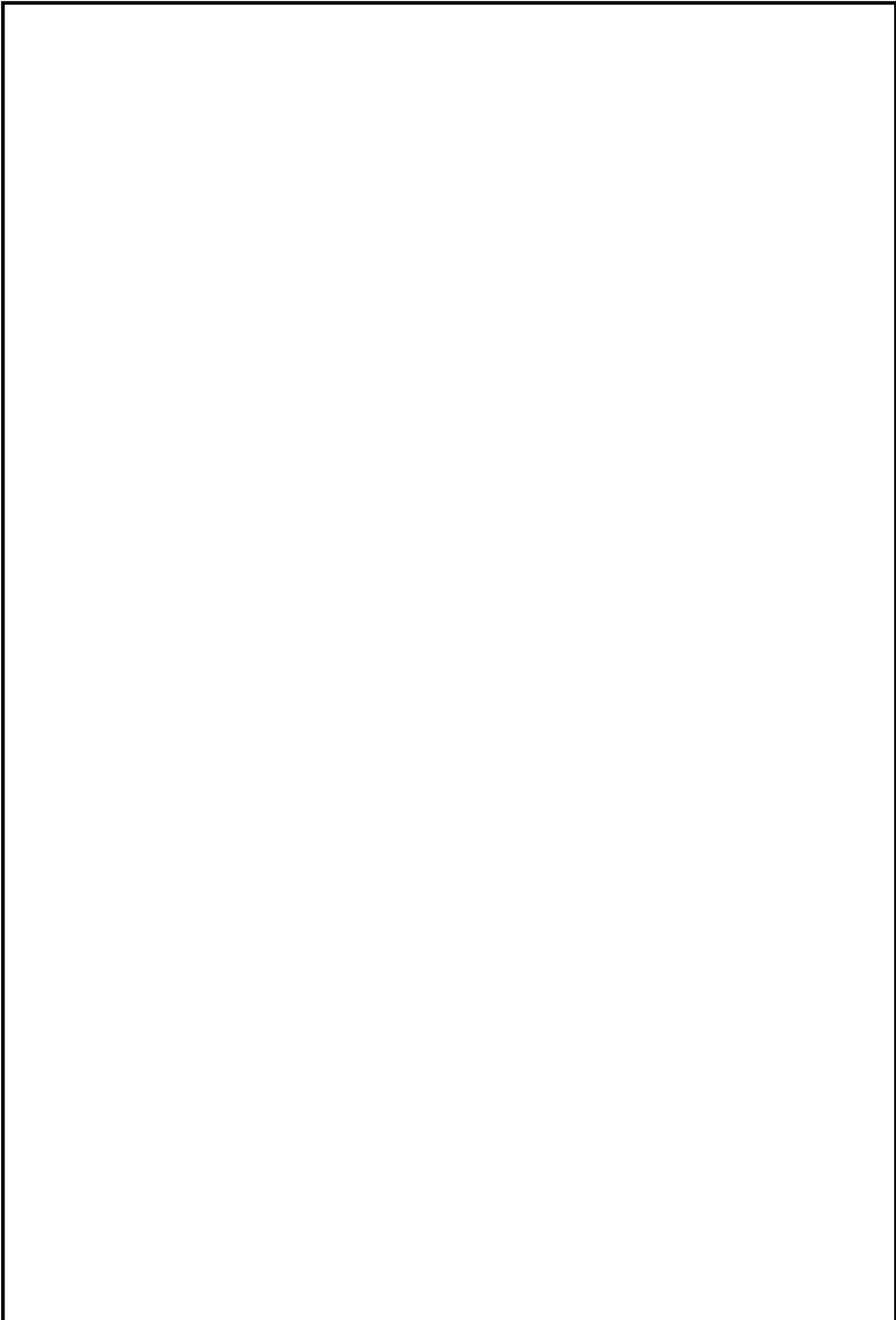
					ЕП.ПД.16.12.СЛ.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



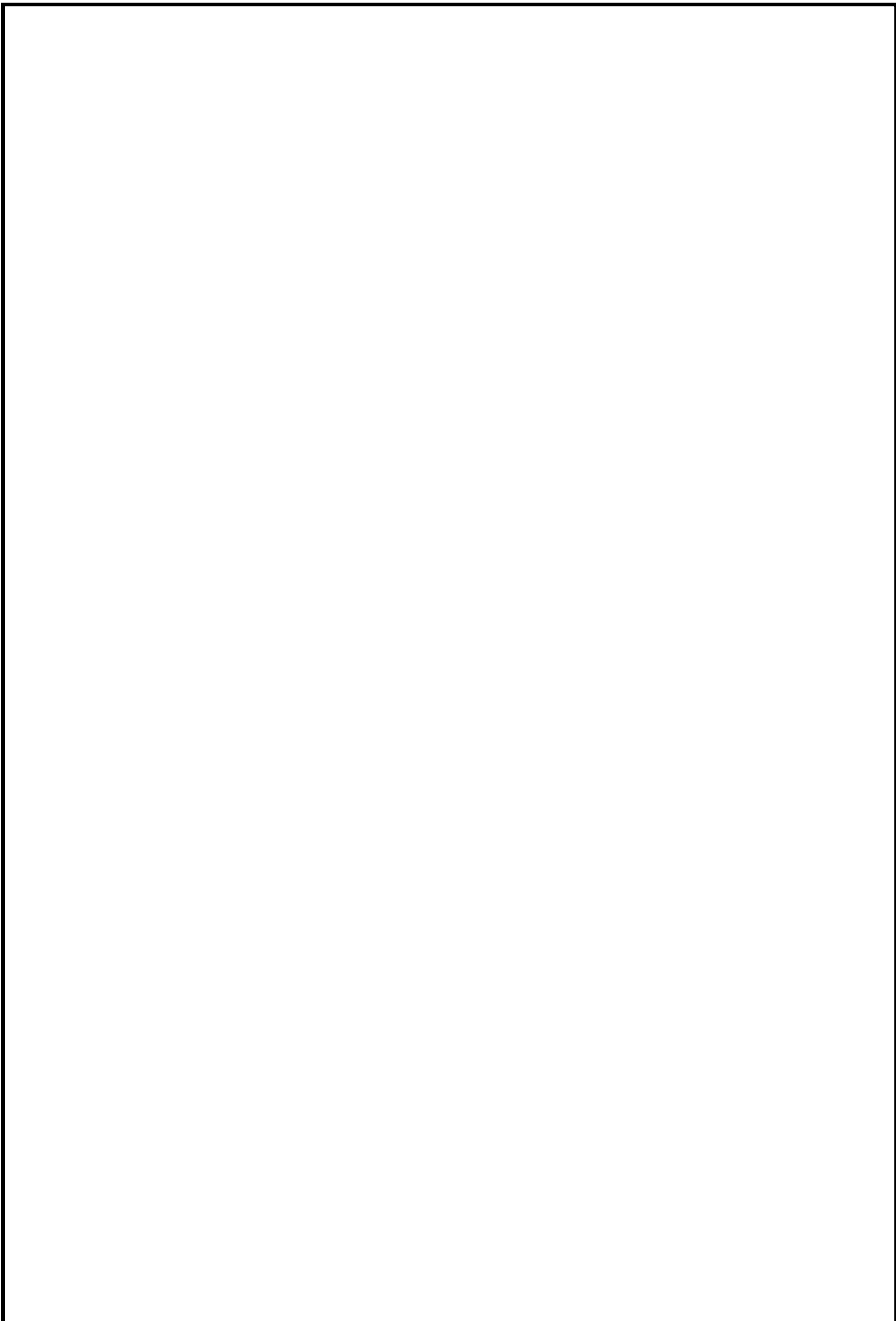
					ЕП.ПД.16.12.3.ПЗ	Арк.
						69
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



					ЕП.ПД.16.12.СЛ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



					ЕП.ПД.16.12.СЛ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71



					ЕП.ПД.16.12.СЛ.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72