

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____Леонт'єв П.В.
_____2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: «**Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу**»
(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:
Доцент:

Кулінченко Г.В.

Дипломник:
студент групи СУ-81

Савенко А.В.

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	1		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-81 6.151.19 ПЗ	Пояснювальна записка	46		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A2	СУ-81 6.151.19 A2	Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A3	СУ-81 6.151.19 K2	Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу. Схема кінематики	1		

					СУ-81 6.151.19.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Савенко А.В.			Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу. Відомість проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кулінченко Г.В.					2	46
Реценз.						СумДУ, СУ-81		
Н. Контр.								
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____Леонт'єв П.В.

_____2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Савенко Арсену Володимировичу

1. Тема проєкту: Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу.
Затверджено наказом ректора університету. № 0360-VI від « 17 » травня 2022 р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту «31» травня 2022 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації, функціональна схема автоматизації, вибір технічних засобів автоматизації, створення SCADA системи.
5. Перелік графічних матеріалів: 24 рисунків, 2 таблиці, 2 додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	14.04.2022 – 17.04.2022

2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень.	18.04.2022 – 25.04.2022
3	Розробка основних схем автоматизації.	26.04.2022 – 05.05.2022
4	Вибір обладнання	06.05.2022 – 16.05.2022
5		17.05.2022 – 22.05.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	23.05.2022 – 31.05.2022

7. Дата видачі завдання “14” квітня 2022р.

Керівник проекту:

Доцент:

Кулінченко Г.В.

До виконання прийняв:

студент групи СУ-81

Савенко А.В

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизованого позиціонування екструдера
будівельного принтера радіального типу

Розробник:
студент групи СУ-81

Савенко А.В.

Погоджено:
Доцент:

Кулінченко Г.В.

1. Назва і галузь застосування: система позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу; будівельні підприємства, підприємства по виготовленню вантажних підйомників.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0360-VI від 17 травня 2022 р.;

3. Мета і призначення проекту: Провести аналіз існуючих систем, розробити функціональні схеми автоматизації; Створити систему автоматизованого позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу.

4. Джерела розроблення: конструкторська та технічна документація отримана під час проходження переддипломної практики.

5. Режим роботи об'єкта: режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. Умови експлуатації СК: температура навколишнього середовища 0...45°C; відносна вологість повітря до 95%; запиленість – висока ступінь; параметри живлення ~220В±5%, 50Гц.

7. Технічні вимоги: Система автоматизації повинна забезпечити:

7.1. Надійне керування технологічним процесом у будь-якому режимі.

7.2. Точність позиціонування екструдера не менше 1мм.

7.3. Контроль тиску в напорній магістралі гідравлічної системи підйому в діапазоні 0-20 бар з точністю до 1%.

7.4. Контроль швидкості переміщення екструдера у просторі з точністю 1мм/с.

7.5. Клас захисту елементів системи не нижче IP54.

7.6. Використання фільтру для гідравлічної системи підйому, для уникнення забруднення або пошкодження розподільника, клапана і давачів.

7.7. Використання гідравлічної рідини, труби та номінальний тиск згідно ISO 10763.

7.8. Безпечність машини, аварійна зупинка згідно ISO 13850.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Аналіз відомих технічних рішень.	14.04.2022 – 17.04.2022
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації.	18.04.2022 – 25.04.2022
3	Розробка схем автоматизації.	26.04.2022 – 05.05.2022
4	Вибір технічних засобів автоматизації	06.05.2022 – 16.05.2022
5	Розробка інтерфейсу користувача (НМІ)	17.05.2022 – 22.05.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	23.05.2022 – 31.05.2022

9. Додатки: Додаток А - Функціональна схема автоматизації; Додаток Б - Схема кінематики.

РЕФЕРАТ

Савенко Арсен Володимирович. Система автоматизованого керування позицією екструдера будівельного принтера радіального типу. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2022 р.

Дипломний проект містить 46 аркушів пояснювальної записки, 24 рисунків, 2 таблиці, 2 додатків. При виконанні дипломного проекту було використано 12 літературних джерел.

Даний дипломний проект спрямований на створення і опис системи автоматизованого керування позицією екструдера будівельного принтера радіального типу. Розроблено технічне завдання. Розроблено основні технічні креслення та алгоритми роботи. В ході проекту була розроблена система автоматизованого керування позицією екструдера будівельного принтера радіального типу, призначена для досягнення точного позиціонування екструдера і покращення динаміки роботи будівельного принтера радіального типу.

Ключові слова: система керування, гідравліка, тиск, кроковий двигун, позиціонування.

ABSTRACT

Savenko Arsen Volodymyrovych. Automated position control system for radial-type construction printer extruder. Diploma project. Sumy state University. Sumy, 2022.

The diploma project contains 46 pages of explanatory notes, 24 figures, 2 tables, 2 appendices. 12 literary sources were used in the implementation of the diploma project.

This diploma project focuses on the creation and description of an automated position control system for a radial-type construction printer extruder. A requirement specification has been developed. Basic technical drawings and operating algorithms have been developed. In the course of the project, an automated positioning control system for a radial-type construction printer extruder has been developed, designed to achieve accurate positioning of the extruder and to improve the dynamics of the radial-type construction printer.

Key words: control system, hydraulics, pressure, stepper motor, position control.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

Автоматизація позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу

Керівник проєкту:

Доцент:

Кулінченко Г.В.

Виконав:

студент групи СУ-81

Савенко А.В.

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	2
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	2
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	5
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДІВЕЛЬНОГО ПРИНТЕРА РАДІАЛЬНОГО ТИПУ	5
1.1 Будівельний принтер радіального типу як об'єкт технологій.....	5
1.2 Конструкція, елементний склад, призначення елементів	6
1.3 Технологічний процес. Задачі автоматизації.....	7
1.4 Аналіз об'єкта управління	9
РОЗДІЛ 2	16
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	16
2.1 Характеристика об'єкта автоматизації.....	16
2.2 Опис функціональної схеми. Елементний склад.....	19
2.3 Контури регулювання технологічних параметрів	19
РОЗДІЛ 3	26
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	26
3.1 Давачі та виконавчі механізми	26
3.1.1. Давач кута повороту FNC 30B 6630V360-R2	26
3.1.2. Давач тиску FOX TR52	26
3.1.3. Диференційний давач тиску ATEK Sensor Technologies BFT 210	27
3.1.4. Давач сили струму ACS712	27
3.1.5. Позиційний давач CJ12A3-4-Z-BX	27
3.1.6. Кроковий двигун LC110H3185.....	28
3.1.7. Драйвер крокового двигуна LCDA2260H	29
3.1.10 Електромагнітний гідравлічний розподільник ДУ-6 4WE6E-6XCG24N9Z5L	32
3.1.11 Електромагнітний клапан LUEN 40	33
3.1.12 Реле коннектор BTR Relais R274, 4 Wechsler, 24 V DC	34
3.2 Технологічний контроллер та панель оператора.....	34
РОЗДІЛ 4	37
SCADA система будівельного принтера радіального типу	37
4.1 Архітектура SCADA системи.....	37
4.2 Вибір програмного середовища.....	37
4.3 Канали зв'язку	39
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САК – Система автоматичного керування;

СУ – Система управління;

ВМ – виконуючий механізм;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – промисловий комп'ютер;

ТЗА – технічні засоби автоматизації.

Д – датчик;

ПЗ – програмне Забезпечення;

КК – контур керування;

ОУ – об'єкт управління;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ВСТУП

На сьогоднішній день людство має велику кількість глобальних проблем таких, як глобальне потепління, перенаселення, забруднення джерел питної води і багато інших. Виходячи з цих проблем, ми можемо говорити про те, що проблеми пов'язані між собою і доповнюють одна одну. Тому, якщо вирішити хоча б одну з глобальних проблем, ми вплинемо на всі інші. Оглядаючи проблему перенаселення планети ми виділили потребу в будівництві нових житлових приміщень. На даний момент однією з передових розробок є будівельний принтер радіального типу. Він має ряд переваг перед застарілими методами будівництва таких, як висока швидкість зведення будівель, компактність, енергоефективність і відсутність потреби в великій кількості робітників.

Звичайно будівельний принтер радіального типу не є ідеальним і має ряд недоліків, які потрібно вирішити для підвищення робочих характеристик і ефективності застосування.

Яскраві приклади використання роботизованої техніки у будівництві ми можемо спостерігати у таких країнах, як Китай, ОАЕ, США. В Китаї активно використовують принтери радіальних і порталних типів для будівництва багатоповерхівок, тому проводиться постійне вдосконалення технологій роботизованого будівництва.

У нашому випадку в якості ОУ був обраний будівельний принтер радіального типу.

Під час роботи принтера важливими параметрами є точність позиціонування екструдера і динаміка переміщень платформи у просторі. Збільшення точності позиціонування як і покращення динаміки переміщень дозволить збільшити точність пошарового нанесення будівельного розчину і збільшить енергоефективність.

Завданням збільшення точності позиціонування і покращенням динаміки займається система автоматизованого керування позиціонуванням екструдера будівельного принтера радіального типу, розробка якої описана в даному проєкті.

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДІВЕЛЬНОГО ПРИНТЕРА РАДІАЛЬНОГО ТИПУ

1.1 Будівельний принтер радіального типу як об'єкт технологій

Процес зведення житлових і технічних будівель потребує високої точності тому, що в залежності від точності укладення формуються технічні і експлуатаційні параметри побудови. Класичні методи будівництва передбачають великі витрати електроенергії, потребують великої кількості будівельних і людських ресурсів. Також використання класичних методів зазвичай потребує багато часу на виконання побудови і відповідно супроводжується великою кількістю людських помилок, які в подальшому формують показники безпечної експлуатації будівлі [2, 3]. Для вирішення цих проблем запропоновано використання будівельного 3Д принтера радіального типу. Будівельні принтери - це роботизовані комплекси, які дають змогу виконувати побудову споруд методом пошарового нанесення будівельного матеріалу керуючись програмним забезпеченням. Якість роботи принтера також залежить від точності позиціонування екструдера, динаміки переміщень екструдера, якості будівельного розчину. Використання високоточної автоматики і впровадження системи керування позицією екструдера дає змогу збільшити точність позиціонування екструдера, покращити показники динаміки переміщень.

Після повного аналізу предметної області, розгляду існуючих моделей будівельних роботизованих комплексів і автоматизованих машин, було прийняте рішення обрати будівельний принтер радіального типу в якості об'єкта автоматизації.

Принтер складається з трьох частин: гідравлічна система підйому поворотної платформи, поворотна платформа і стріла. Кожна з цих частин виконує переміщення або поворот по своїй осі в циліндричній системі координат, формуючи кінцеву позицію екструдера, який закріплений на кінці стріли принтера і виконує дозування будівельного розчину.

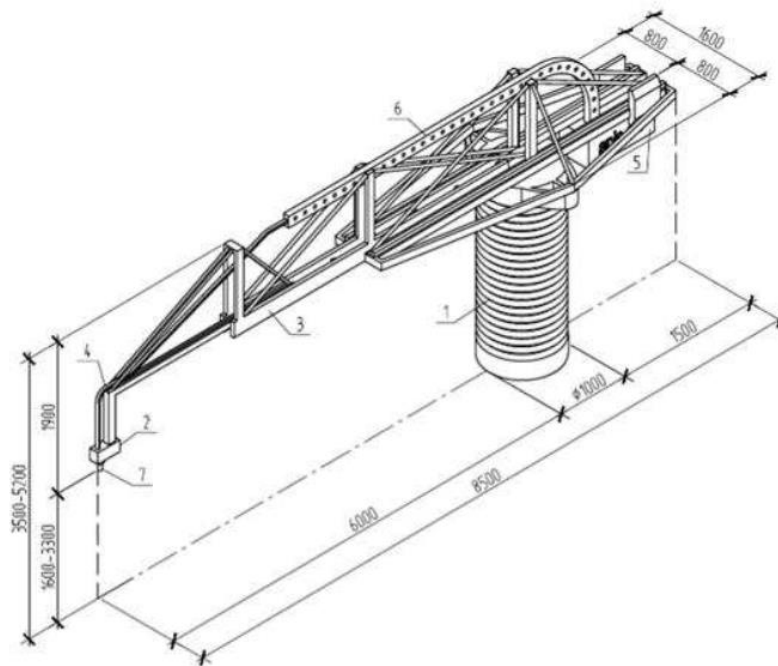


Рисунок 1.1 Загальний вигляд будівельного принтера радіального типу

- 1 – Підйомно -поворотна опорна частина; 2– Екструдер; 3 – Стріла;
 4 –Бетонопровід; 5–Керована противага; 6– Система ультразвукового контролю будівельного розчину

Технологія побудови споруд за допомогою будівельного принтера радіального типу полягає в пошаровому нанесенню будівельного розчину по заздалегідь заданому маршруту переміщення екструдера. Переміщення екструдера в циліндричній системі координат відбувається завдяки зміни висоти підйому платформи принтера, зміни кута повороту платформи і зміни довжини виліту стріли яка закріплена на поворотній платформі.

1.2 Конструкція, елементний склад, призначення елементів

Для підвищення якості виконання будівлі, потрібно збільшити показники точності і динаміки позиціонування екструдера, точність дозування будівельного розчину, оптимізація енерговитрат. Виходячи з конструктивних параметрів і обладнання обраного нами будівельного принтера можна сказати, що проектування базується на основних принципах кінематики переміщень і законів гідравліки.

Переміщення екструдера відбувається по трьом координатам, за кожен з яких підповідає певний механізм. За підйом екструдера і відповідно стріли на якій він закріплений відповідає гідравлічна система підйому платформи. Висота підйому залежить від тиску в гідравлічній системі який створений завдяки подачі гідравлічної рідини насосом вал якого приводить в рух

електропривод. Поворот стріли принтера виконується завдяки механічній передачі обертального моменту на поворотну платформу на яку закріплена стріла. Довжина виліту стріли змінюється за рахунок переміщення електроприводом телескопічних секцій. Для утримання сталої точки опори принтера, на стрілу закріплені противаги, переміщення яких залежить від довжини виліту стріли.

Елементний склад будівельного принтера радіального типу включає в себе:

Підйомний механізм на основі гідравлічних приводів. Складається з трьох гідравлічних приводів, трубопроводу, насосу, розподільника, зворотнього клапану, клапана зкидання тиску, фільтра, резервуару з гідравлічною рідиною, клапану зливної магістралі. Робочі параметри механізму залежать від параметрів компонентів. Виходячи з того, що параметри компонентів є сталими, динаміка переміщень штоку гідроциліндрів і відповідно висота підйому стріли залежить від тиску в системі, який виникає за рахунок подачі гідравлічної рідини в поршньову порожнину гідроприводів. Витрати рідини залежать від параметрів насосу і швидкості обертання валу.

Механізм повороту платформи стріли. Поворотна платформа закріплена на підйомному механізмі за допомогою підшипників, тому має змогу виконувати поворот. Складається механізм з трьох основних компонентів: поворотної платформи, редуктора і електроприводу. Так, як для повороту платформи необхідно прикласти до неї великий обертальний момент, використовується редуктор. Він дає змогу зменшити оберти і збільшити обертальний момент.

Механізм зміни довжини виліту стріли. Механізм має легку металічну конструкцію і має вигляд стріли підйомного крану. Складається з телескопічних секцій, які переміщуються, противаги і екструдера закріпленого на кінці найменшої секції. Секції змонтовані на рейках тому легко переміщуються. Механізм переміщення секцій базується на основі ремінного механізму, рух якого приводиться електроприводом.

Для всіх систем переміщення використовується електропривод на базі крокового двигуна.

1.3 Технологічний процес. Задачі автоматизації

При зведенні будівлі за допомогою будівельного принтера радіального типу є забезпечення контролю переміщення екструдера в циліндричній системі координат з високою точністю і дозування будівельного розчину. Згідно параметрів технологічного процесу, максимальне відхилення позиції екструдера від заданого становить 3 сантиметри в момент подачі будівельного розчину. Якщо відхилення становить більше норми, то виникають зсуви кладки, що сильно впливає на якість відбудови і подальшу експлуатацію споруди. Також важливим параметром при роботі принтера є температура навколишнього середовища. Цей параметр напряму впливає на швидкість загустіння будівельного розчину, що потребує зменшення швидкості переміщення екструдера або використання розчину іншого складу.

Отже **основними вимогами** до виконання роботи будівельним принтером радіального типу є забезпечення високої точності позиціонування екструдера, оптимальна динаміка переміщень

екстудера, яка дає змогу забезпечити переміщення із заданою швидкістю на викликаючи великих перешкод у вигляді вібрацій і механічних перенавантажень на конструктивні елементи систем і забезпечення точного дозування будівельного розчину.

Технологічний процес будування за допомогою будівельного принтера радіального типу ілюструє технологічний алгоритм робочого циклу.

Перший етап – підготовка і формування будівельного розчину в зовнішньому механізмі змішування.

Другий етап – позиціонування екстудера на початкову позицію задану програмно з комп'ютера диспетчера. Цей етап включає роботу по підйому, повороту платформи стріли і зміну виліту стріли, що формують кінцеву позицію екстудера у просторі. В той час система виконує контроль точності позиції.

Третій етап – зміна позиції екстурдера у просторі по програмно заданій траєкторії і подача будівельного розчину з точним дозуванням.

На підставі викладеного вище можемо зазначити задачі автоматизації позиціонування екстудера будівельного принтера радіального типу

- Досягнення високої точності позиціонування екстудера
- Підтримка оптимальної динаміки переміщень екстудера
- Точне дозування будівельного розчину

1.4 Аналіз об'єкта управління

Будівельний принтер радіального типу має три основних систем, які забезпечують переміщення екструдера у просторі. Всі системи мають механічний зв'язок між собою і складають єдиний механізм переміщення екструдера по трьом напрямкам в циліндричній системі координат. Зображення прототипу будівельного принтера радіального типу на базі якого проводився аналіз зображено на Рис. 1.2.



Рисунок 2.2 Прототип будівельного принтера радіального типу

Першою для аналізу була обрана система підйому поворотної платформи стріли. Дана система виконує задачу по підйому поворотної платформи, на яку закріплена стріла принтера вагою близько **1000** кілограмів. Тому для підйому великого вантажу в якості підйомного мехізму використовується гідравлічний привод. Гідравлічний привод – це система яка побудована на принципі переміщення штоків гідравлічних циліндрів за рахунок утворення тиску в їх поршневіх порожнинах через подачу гідравлічної рідини насосом по системі гідропроводів, клапанів і розподільників. Головним керованим елементом є насос який створює тиск за рахунок витрат гідравлічної рідини. Вторинними керованими елементами є гідравлічний розподільник, клапан

зливної магістралі. Також в системі є клапан скидання тиску, який запобігає виникненню пошкоджень елементів через перевищення максимального тиску, бак з гідравлічною рідиною, зворотній клапан і фільтр. Загальна схема зображена на Рис. 1.3.

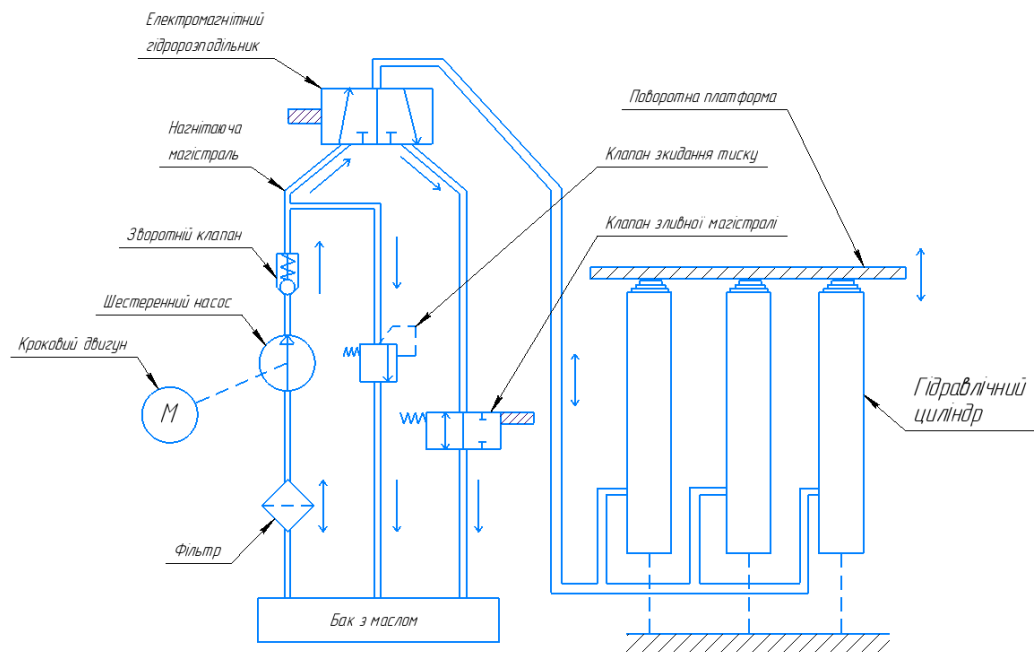


Рисунок 3.3 Загальна схема гідравлічного приводу підйому платформи

При проведенні аналізу реального прототипу будівельного принтера радіального типу ми розглянули систему підйому і її конструктивні елементи. Гідравлічні приводи підйому платформи зображені на Рис. 1.4.



Рисунок 4.4 Механізм підйому поворотної платформи

Виходячи з основної задачі керування, система підйому платформи має забезпечити можливість точного позиціонування екструдера по Z координаті. Так, як екструдер має жорсткий

механічний зв'язок зі стрілою, то задача механізму зводиться до точного позиціонування висоти поворотної платформи. Для досягнення максимальної дискретності переміщення і утримання висоти платформи потрібно виконувати дозування гідравлічної рідини завдяки покрокового обертання валу насосу і відповідною комутацією електромагніта розподільника і клапана зливної магістралі [5]. Для того щоб обрати електричну машину, яка буде виконувати поворот валу насоса було розглянуто декілька загальновідомих типів машин.

В подібних системах підйому платформ на базі гідравлічних циліндрів часто використовується асинхронна машина, але даний тип механотронного модуля не задовольняє вимоги, так як має великий пусковий момент, вихід із синхронізму, низькі динамічні характеристики які не дають змогу ефективно відпрацьовувати нестационарні механічні збурення об'єкту. Всі ці фактори не задовольняють головну задачу малого дозування рідини.

Наступним варіантом було розглянуто двигун постійного струму. Даний тип двигуна має жорстку механічну характеристику, можливість утримувати різкі механічні збурення, але даний тип двигуна не є надійним і майже не використовується в гідравлічних системах підйому. Також двигун постійного струму не може забезпечити точне переміщення валу і не може забезпечити сталість позиції ротору. Тому дана електрична машина не задовольняє поставлені задачі.

Ще одним варіантом двигуна в якості приводу насоса ми розглянули двигун постійного струму безколекторного типу (ДПСБ). Даний тип двигуна виключає проблеми з колекторного-щітковим механізмом, які присутні у вище розглянутому типі машини, тому є більш надійним, але для послідовної комутації обмоток використовуються напівпровідникові засоби і давачі положення, які не підходять для використання в умовах підвищеної вологості, запиленості і підвищеної температури навколишнього середовища. Наступними недоліками є відсутність утримуючого момента, що виключає можливість утримання сталості позиції ротора. Для вирішення даної проблеми можна додатково використовувати певні типи гальмів, але це ускладнює експлуатацію даної машини. Тому даний тип двигуна також не має змогу виконати вимоги точного дозування і утримання сталої позиції ротора.

Електричною машиною яка виключає недоліки ДПСБ є кроковий двигун. Він має доволі жорстку характеристику, яка дає змогу відпрацьовувати збурень різного типу, має утримуючий момент, який забезпечує сталість позиції ротора навіть без живлення обмоток і дає змогу покрокового керування повороту валу, що також виконує задачу точного дозування. Недоліками даного двигуна є необхідність в використанні додаткового обладнання для послідовної комутації обмоток, входження в резонанс і пропуску кроків. Дані проблеми можна вирішити за допомогою використання програмних і апаратних засобів. Отже, використання крокового двигуна в якості приводу насосу гідравлічної системи підйому повністю задовольняє поставлені вимоги. [1]

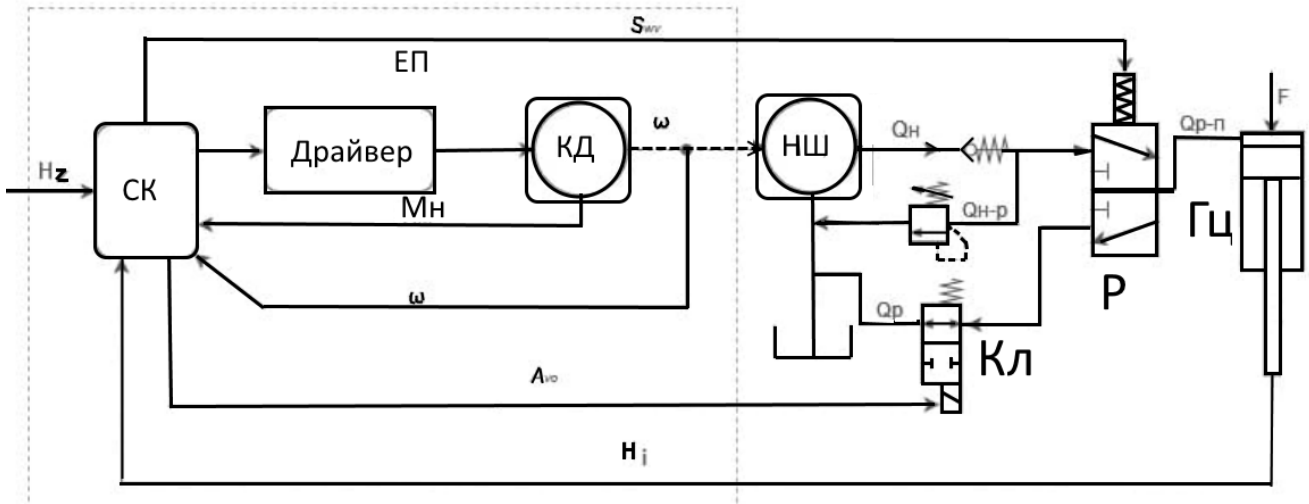


Рисунок 5.5 Структурна схема моделі каналу керування по координаті «Z»

Для отримання даних про роботу системи підйому платформи з використанням крокового двигуна в якості приводу насоса на основі структурної схеми моделі каналу контуру керування підйому платформи зображеної на Рис. 1.5 була розроблена математична модель в середовищі Matlab/Simulink, яка зображена на Рис. 1.6.

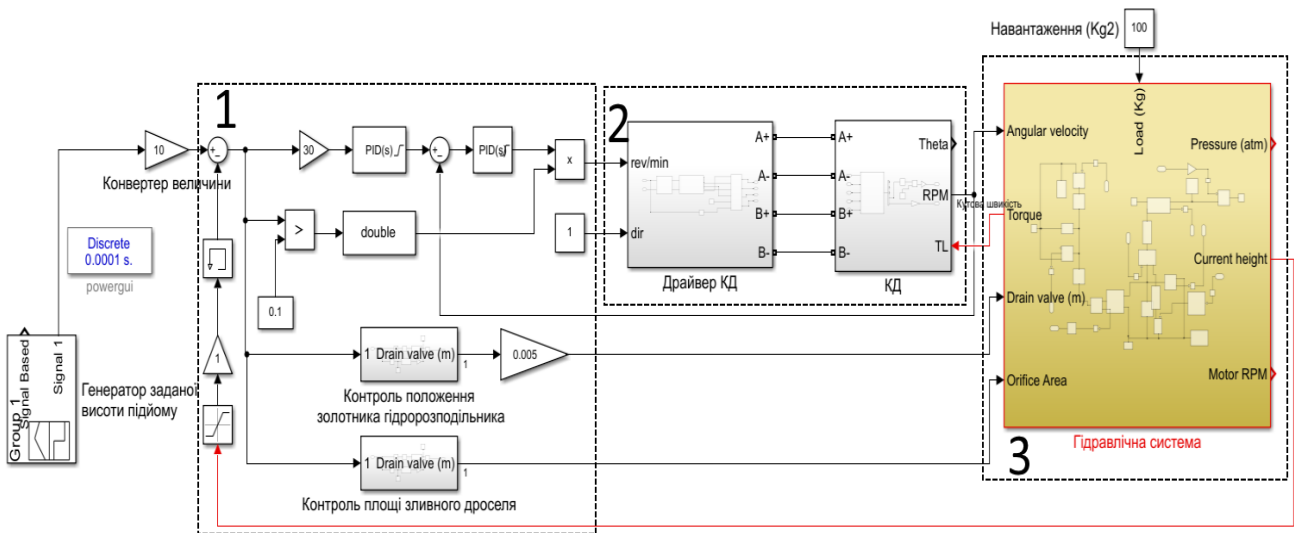


Рисунок 6.6 – Математична модель контуру керування підйомом платформи будівельного принтера

Після проведення моделювання було отримано результати роботи системи і її елементів у часі. Відповідно до осцилограми на Рис. 1.7 ми бачимо, що переміщення штоків має певну динаміку і не є моментальним. Швидкість переміщення штоків залежить від навантаження на платформу і швидкості обертання валу насоса. Також на осцилограмі зображено зміну тиску у часі і добре видно, що в моменти зрушення платформи і її зупинки відбуваються скачки, які впливають на динаміку

переміщення, точність позиціонування. Також можна побачити що динаміка переміщень не є оптимальною за часом.



Рисунок 7.7 – Осцилограма висоти підйому штоків і тиску в системі в залежності від заданого значення

Під час різкого росту тиску механічне навантаження на вал двигуна збільшується прямопропорційно тиску і відповідно зростає струм в обмотках двигуна. В подальшому для вирішення проблем різкого накиду навантаження на вал.

Наступним етапом було проведено **аналіз системи повороту платформи**. Система є поворотним механізмом, який нерухомою частиною закріплений на підйомній платформі штоків гідроприводу, а то поворотної частини, яка має вигляд шестерні, закріплена стріла. Поворотна платформа має змогу виконувати поворот на 360° по осі φ і приводиться в рух через механічну передачу від крокового двигуна. Діаметр платформи є значно більшим за діаметр валу КД тому при обертанні валу обертальний момент на поворотну платформу передається за співвідношенням 128:1. Тобто за 128 обертів валу КД, поворотна платформа зробить один повний оберт.

По причині великої ваги поворотного об'єкта, тобто стріли яка закріплена на поворотну платформу, швидкість обертання обмежується за для забезпечення стійкості системи і своєчасного реагування на зміну задач керування. Аналогом, який ми обрали для порівняння є поворотна платформа для автомобілів, яка зображена на Рис. 1.8.

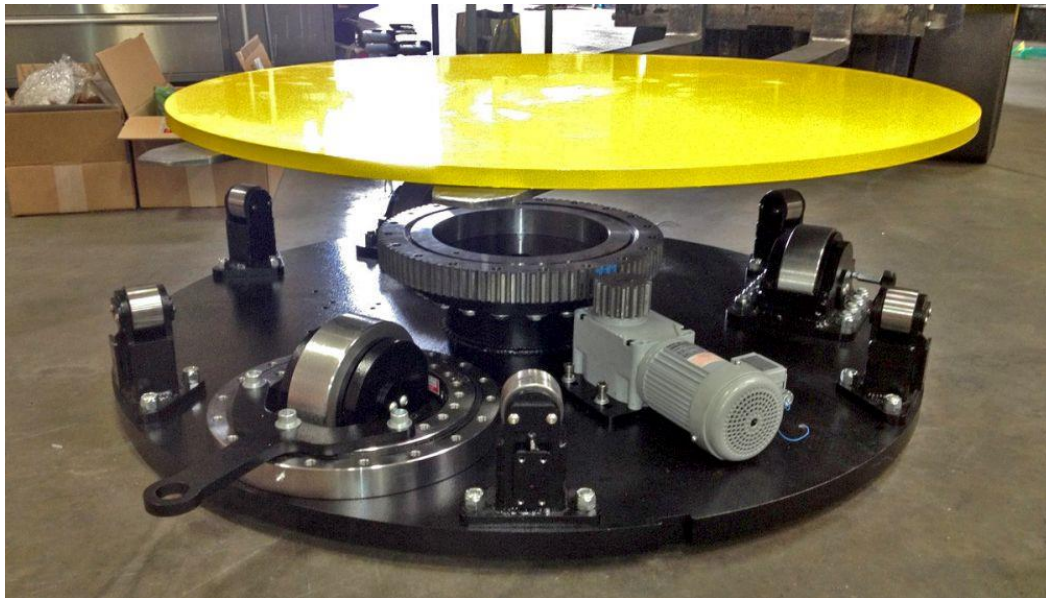


Рисунок 8.8 – Моторизована поворотна платформа для автомобіля

Дана система має аналогічний принцип дії як і система поворота платформи стріли. Виходячи з того, що максимальна швидкість поворота платформи автомобіля становить 6 обертів за хвилину, відповідно до документації виробника, то опираючись на велику довжину стріли і меншу стійкість конструкції ми вирішили обмежити швидкість обертання платформи стріли до 3 об/хв, тому максимальна швидкість, яку повинен забезпечити двигун системи повороту становить 384 об/хв. Також важливим параметром роботи системи є необхідність забезпечити обертальний момент валу редуктора, який дозволяє виконати обороти платформи і утримати позицію. Виходячи з коефіцієнта передачі момента 1:20 і ваги навантаження на платформу з урахуванням тертя поворотної платформи необхідний для виконання задач повороту і утримання платформи мінімальний обертальний момент повинен становити 4 Н*м . В якості двигуна приводу повороту в автомобільній платформі обраний асинхронний двигун, але в нашому випадку стоїть задача точного позиціонування, тому в якості двигуна ми обрали кроковий двигун. Аналогічно з задачею точного дозування у контурі підйому платформи, розглянуті нами типи електричних машин не задовольняють задачі керування, окрім крокового двигуна, який має змогу покрокового переміщення і утримання позиції.

Конструкція будівельного принтера радіального типу також включає в себе систему зміни довжини виліту стріли на якій закріплений екструдер, який відповідно виконує роботу по дозуванню будівельного розчину. Дана система формує одну з трьох координат переміщення екструдера і грає важливу роль в роботі принтера. Система зміни довжини виліту стріли представляє собою металеву конструкцію у вигляді довгої балки із рухомими секціями (ТСРС), переміщення яких виконує механізм переміщення. Стріла закріплена жорстко на поворотній платформі, тому кут повороту платформи відповідає куту поворотної платформи. Керування механізмом переміщення і відповідно довжиною виліту секцій відбувається за рахунок повороту його валу. В якості

електричної машини для повороту валу механізму переміщення було розглянуто варіанти асинхронної машини, ДПС і ДПСБ, але виходячи з того, що дані машини не задовольняють головну задачу точного позиціонування і утримання положення валу, то був обраний кроковий двигун, який дає змогу точного переміщення валу і його утримання. Відповідно до задачі точності позиціонування з точністю 1мм і досягнення оптимальної динаміки були проведені розрахунки для визначення коефіцієнтів передачі на реальному прототипі ОУ. Механізм переміщення виконує роль перетворювача обертального переміщення в лінійне і має коефіцієнт перетворення 1:20, тобто за один повний оберт валу механізму переміщення виліт стріли збільшується на 20мм, відповідно 1мм переміщення стріли дорівнює 18° кута повороту валу. Відношення працює як при збільшенні так і зменшенні довжини виліту в залежності від напрямку обертання валу. Відповідно до особливостей конструкції ОУ, таких як зміна габаритів під час роботи, для утримання позиції точки опори об'єкта на стрілі додатково розташовані балансири, які мають таку саму систему і механізми переміщення як і у ТСПС, але рух балансира є протинаправлений руху секцій, що дає змогу утримувати кут нахилу конструкції і положення екструдера по Z координаті. Вимоги до точності позиціонування балансира відповідають вимогам точності позиціонування екструдера по r координаті. Відповідно до конструктивних особливостей швидкість переміщення екструдера і балансира обмежується бм/хв, відповідно швидкістю обертання валу 300об/хв. Для переміщення секцій стріли і балансиру, виходячи з конструктивних параметрів механізмів переміщення, ваги рухомих елементів і тертя рухомих деталей, на вал механізму переміщення необхідно прикласти обертальний момент не менше 3 Н*м. Також виходячи з задачі утримання позиції важливим параметром є утримування кута повороту механізму переміщення. Загальна схема системи зміни довжини виліту стріли і позиціонування балансира зображена на Рис. 1.9.

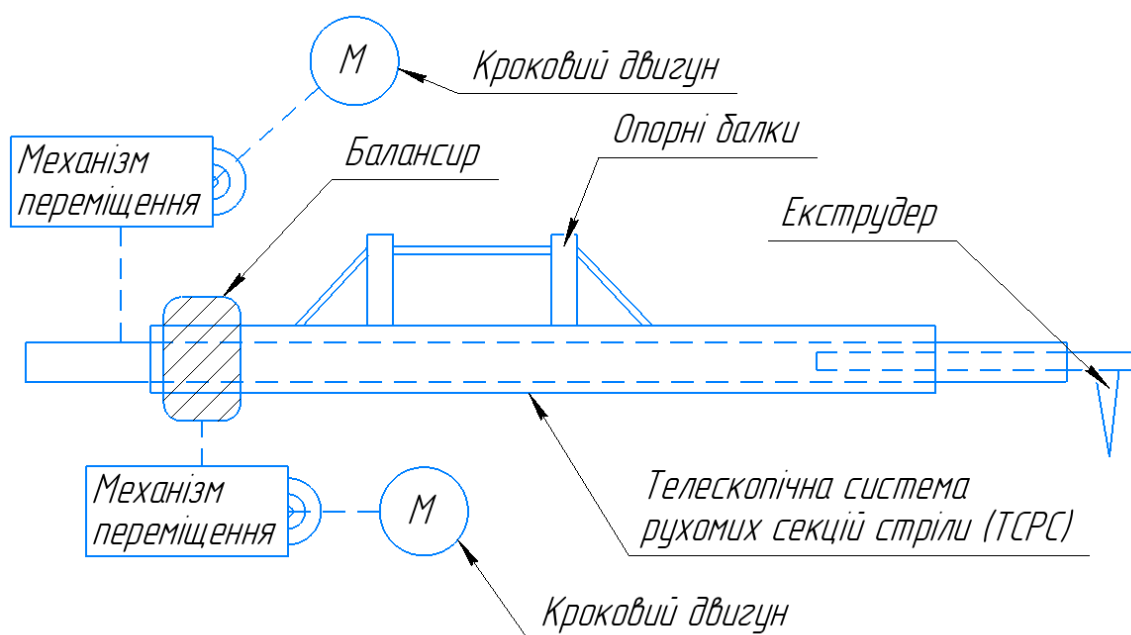


Рисунок 9.9 Загальна схема системи зміни довжини виліту стріли і позиціонування балансира

1.5 Висновки. Постановка задач проектування

Отже, проблема ефективного використання будівельного принтера радіального типу з мінімальними енергетичними і ресурсними затратами є актуальною і виходячи з даного твердження було проаналізовані методи вирішення ефективного використання і визначено ряд проблем таких, як низька точність позиціонування екструдера і низька динаміка переміщень. Для вирішення даних проблем було прийняте рішення розробити власну систему автоматизації для будівельного принтера радіального типу.

На підставі вищевикладеного поставимо наступні задачі проектування, що належать вирішенню в рамках проекту.

Задача 1. Розробити функціональну схему автоматизації будівельного принтера радіального типу, здійснити вибір технічних засобів автоматизації.

Задача 2. Розробити локальні системи управління електроприводами виконавчих механізмів.

Задача 3. Розробити алгоритм роботи технологічного контролера.

РОЗДІЛ 2

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Характеристика об'єкта автоматизації

Головними характеристиками об'єкта є точність позиціонування екструдера та динаміка переміщень екструдера. Виходячи з того, що обраний нами об'єкт складається з трьох основних частин робота яких формує позиції екструдера у просторі, можна сказати що кожна з частин має свої показники точності і динаміки переміщень.

Підйомний механізм на основі гідравлічних приводів можна описати за допомогою математичної моделі [3].

$$Q_{\text{РЦ}}^{\text{П}} = \frac{dP_{\text{ЦРН}}}{dt} k_{\text{УПРП}} + \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{dz}{dt} + k_{\text{ПЕРП}} (P_{\text{ЦРН}} - P_{\text{РСЦ}})$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = (P_{\text{ЦРН}} - P_{\text{РСЦ}}) \cdot \frac{\pi D^2}{4} - \sigma_{\text{Ц}} \frac{dz}{dt} - (R_{\text{РП}} + R_{\text{ГРШ}} + k(P_{\text{ЦРН}} + P_{\text{РСЦ}})) \cdot \text{sign} \frac{dz}{dt} - F$$

Рисунок 10.1 Математична модель гідравлічної системи підйому платформи

QП – витрати рідини від розподільвача до порожнини циліндра, z – переміщення штоку гідроциліндра; m – приведена до штока маса рухомих частин гідроциліндра; D – діаметр поршня; d – діаметр штока; σЦ - коефіцієнт в'язкого тертя; RTP II та RTP III – сила сухого тертя в ущільненнях відповідно поршня та штока; F – сила навантаження на штоку гідроциліндра; kУПР – коефіцієнт пружності порожнин із рідиною; kПЕР II – коефіцієнт перетікань порожнин з рідиною, kПЕР III – коефіцієнт перетікань рідини в порожнинах між штоком і поршнем, PЦРН – тиск між циліндром і розподільником, PРСЦ – тиск між зливним портом розподільника і циліндром.

Виходячи з математичної моделі гідравлічної системи можна сказати, що висота підйому штоків гідроприводів, відповідно і висота підйому платформи, залежить від тиску в гідравлічній системі, який утворюється за рахунок подачі гідравлічної рідини до поршньової порожнини гідроприводу через насос. Тому переміщення напряму залежить від параметрів компонентів гідравлічної системи і може керуватись завдяки обертанню валу насоса який виконує подачу рідини. Виходячи з цього для системи підйому платформи сформульовані наступні параметри впливу:

- Кут повороту валу електропривода насоса
- Швидкість перемикання гідравлічного розподільника
- Швидкість відкривання клапану зливної магістралі

Для механізму повороту платформи стріли можна визначити параметри впливу виходячи з конструктивних елементів механізму. Так, як механізм повороту складається з трьох основних компонентів, з яких тільки один є керованим, можна сказати що кут повороту платформи залежить від кута повороту валу приводу на базі крокового двигуна [6]. Але зважаючи на велику вагу платформи при швидкій зміні кута повороту виникає додаткова енергія, яку потрібно контролювати. Тому сформульовані наступні параметри впливу:

- Кут повороту валу приводу
- Швидкість обертання валу приводу

Для механізму зміни довжини виліту стріли можна визначити параметри впливу виходячи з того, що зміна довжини виліту стріли завдяки переміщенню секцій залежить від кута повороту валу ремінної системи. Зміну кута повороту виконує привод на базі крокового двигуна. Але якщо не виконувати балансування точки опори, виходячи к конструктивних особливостей принтера, кут

нахилу установки зміниться, що може пошкодити механічні компоненти стріли і принтера взагалі. Тому для виконання точного переміщення з балансуванням точки опори потрібно контролювати привод ремінного механізму переміщення секцій і привод переміщення балансиру. Отже параметри впливу наступні

- Швидкість і кут поворота валу приводу ремінного механізму переміщення секцій стріли
- Швидкість і кут повороту механізму переміщення балансиру

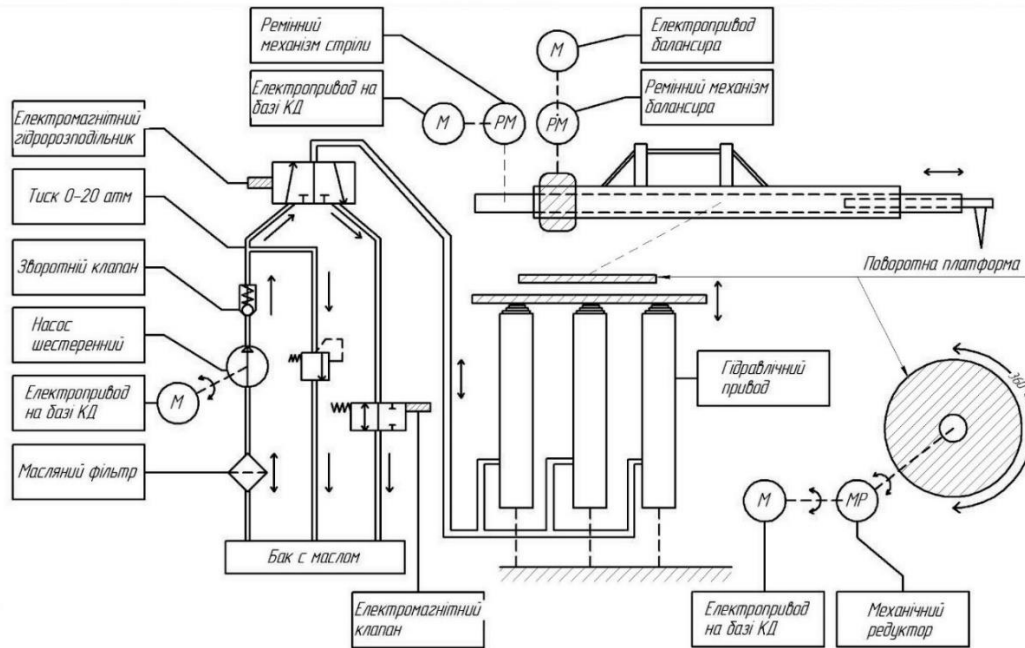


Рисунок 2.1 – Схема матеріальних та інформаційних потоків будівельного принтера радіального типу

Система управління будівельного принтера радіального типу повинна забезпечити точне переміщення екструдера і утримання його позиції під впливом збурень. Головною ціллю контролю позиції екструдера є дотримання контуру кладки будівельного розчину і уникнення зсувів. Отже система автоматизації повинна зібрати дані з датчиків, обробити та подати сигнали на виконавчі механізми які виконують роботу по переміщенню екструдера по заданій оператором траєкторії. Для цього наша система повинна виконувати такі функції:

- Збирання, аналіз, зберігання та виведення інформації про стан системи принтера і положення екструдера в реальному часі;
- Зчитування і обробка задачі переміщення екструдера з і комп'ютера оператора і формування керуючих впливів на виконавчі механізми;

Система управління повинна контролювати:

- Висоту підйому поворотної платформи стріли;
- Кут повороту платформи стріли;
- Довжину виліту стріли;
- Положення балансиру;

Система управління здійснює автоматичне регулювання:

- Швидкість і кут повороту привода насосу гідравлічної системи підйому;
- Положення золотника гідравлічного розподільника;
- Положення золотника гідравлічного клапану зливної магістралі;
- Тиск в нагнітаючій магістралі;
- Швидкість і кут повороту валу привода механізму повороту платформи стріли;
- Швидкість і кут повороту валу привода ремінного механізму переміщення секцій стріли;
- Швидкість і кут повороту валу привода ремінного механізму переміщення балансиру стріли;

Система управління забезпечує візуалізацію:

- Положення екструдера в реальному часі
- Прогрес виконання завдання
- Тиск в нагнітаючій магістралі гідравлічної системи підйому платформи

Структура технічних засобів системи управління поділяється на три окремих ієрархічних рівня управління:

- Нижній рівень включає в собі засоби контролю, такі як датчики та узгоджуючі пристрої і виконавчі механізми, які встановлені на технічному обладнанні об'єкта управління
- Середній рівень – програмовані логічні контролери і мікропроцесорні пристрої обробки і формування сигналів
- Верхній рівень – щит керування системою і комп'ютер оператора

На нижньому рівні відбувається перетворення і узгодження сигналів до уніфікованих і відбувається комутація виконавчих механізмів з силовими ланцюгами.

У середньому рівні відбувається наступні функції:

- Збір і обробка інформації з датчиків;
- Аналіз і обробка отриманої інформації з датчиків;
- Передача керуючих впливів у виді сигналів до виконавчих механізмів, відносно заданим алгоритмам автоматизації;
- Прийом від операторської станції командних сигналів та передача до неї обробленої інформації від контролера;

2.2 Опис функціональної схеми. Елементний склад

Функціональна схема автоматизації будівельного принтера радіального типу розроблена на базі схеми інформаційних та матеріальних потоків. Повні креслення та перелік елементів функціональної схеми автоматизації наведено кресленням СУ-81 6.151.19 А2.

До функціональної схеми автоматизації входять наступні контури управління:

- Контур позиціонування висоти платформи
- Контур повороту платформи стріли
- Контур зміни довжини виліту стріли
- Контур переміщення балансира

2.3 Контури регулювання технологічних параметрів

Контур позиціонування висоти платформи

На комп'ютері оператора формуються данні про завдання переміщення і передаються на ПЛК. Після того ПЛК збирає данні з давача положення і давача висоти підйому для, того щоб упевнитись в нульовому положенні платформи і також опитує давач швидкості обертання SE, давач сили струму живлення IE, давач тиску нагнітаючої магістралі PE і давач кута повороту вала GE. Наступним кроком ПЛК виходячи з давдання переміщення формує керуючий вплив і передає на драйвер крокового двигуна GCU. Драйвер виконує керування двигуном М, який виконує обертання вала гідравлічного насоса. При задачі переміщення платформи вгору, на підсилювач сигналу електромагнітного гідророзподільника Е подається керуючий вплив який переміщує золотник і відкриває магістраль від насоса до гідроприводів [4]. При зміні кута повороту гідравлічна рідина проходить від резервуару до насоса через фільтр, забруднення якого відображається на комп'ютері оператора виходячи з показників диференціального давача тиску PDE. Під час виникненню витрат через насос, у магістралі виникає тиск і відбувається переміщення платформи. При зміні задачі висоти платформи до меншої відносно плинної, драйвер GCU перестає живити КД. Кут повороту вала КД підтримується за рахунок зворотного зв'язку по давачу кута повороту вала GE у випадку відхилення кута повороту. Реалізацію данного контуру продемонстровано на рис. 2.2.

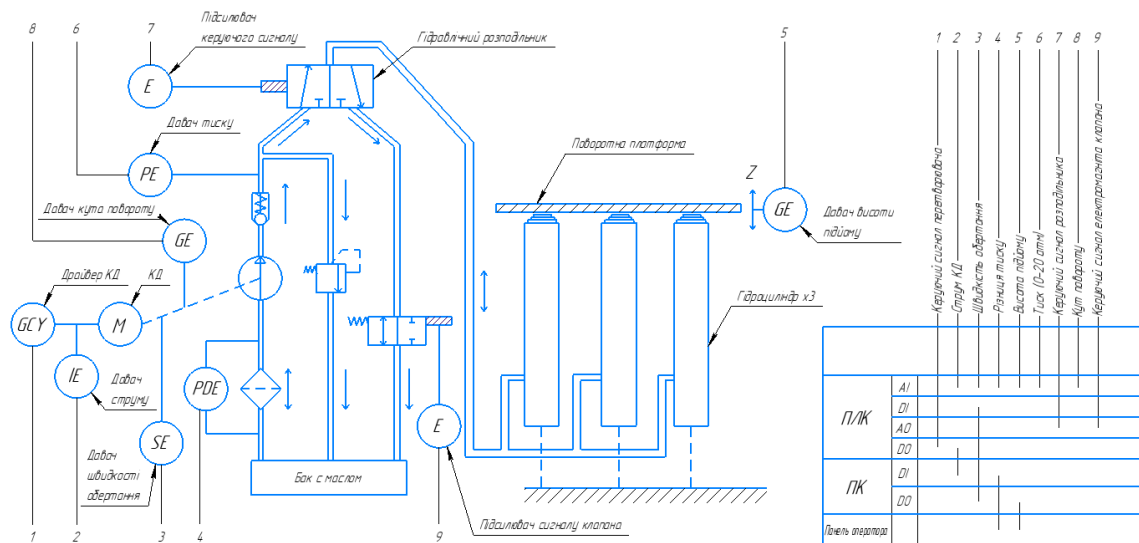


Рисунок 2.2 – Контур позиціонування висоти платформи

Контур повороту платформи стріли

Робота контуру починається з перевірки кута повороту платформи за допомогою давача положення GE який сигналізує про кут повороту платформи в 0 градусів відносно вісі напрямку принтера. Поворот платформи виконує кроковий двигун М, яким керує драйвер GCU. Керування драйвером виконує ПЛК, який отримує показники кута повороту вала КД з перерахунком на передаточне відношення шестерні платформи з давача кута повороту вала GE і отримує показники швидкості повороту з давача SE. Також для досягнення плавної динаміки повороту при великих

кутах відхилення використовується давач сили струму EL який відповідно відображає механічне навантаження на вал привода. Реалізація зображена на рис. 2.3.

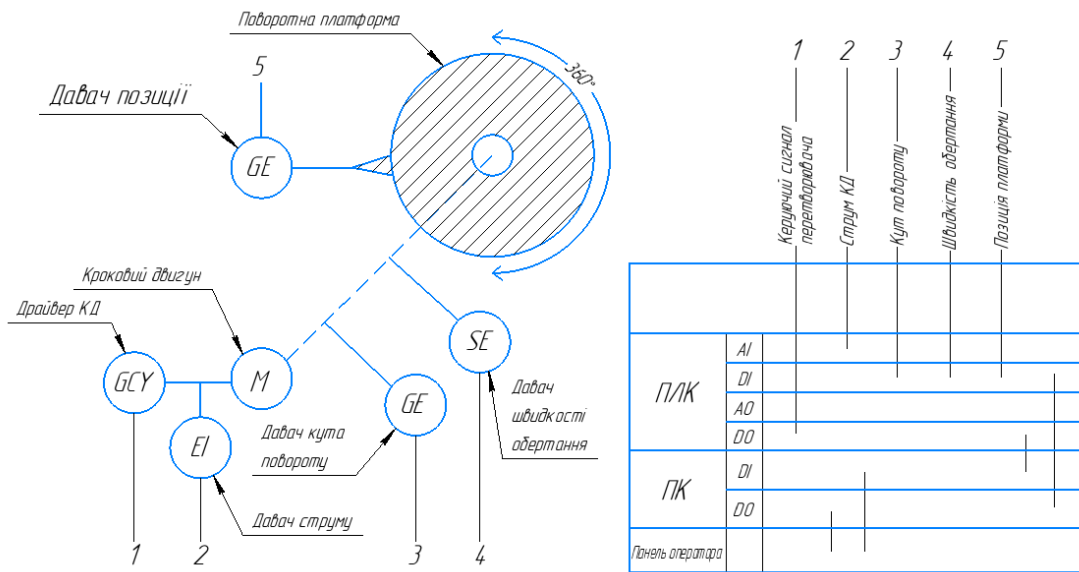


Рисунок 2.3 – Контур повороту платформи стріли

Контур зміни довжини виліту стріли

Задача контура керування довжиною виліту стріли полягає в формуванні керуючого впливу на драйвер КД GCU на основі заданого значення і даних з давача довжини виліту GEY, давача кута повороту і швидкості обертання валу КД, які формують зворотний зв'язок. Від панелі оператора до ПК надходять данні положення екструдера по R координаті яке він повинен зайняти. Ці данні передаються на ПЛК який проводить розрахунки і формує керуючий вплив на драйвер КД, який комутує обмотки КД і відбувається поворот валу. На валу КД утворюється обертальний момент з подальшою передачею на вал механізму переміщення і за рахунок цього відбувається переміщення секцій стріли. Схему контуру зображено на Рис. 2.4.

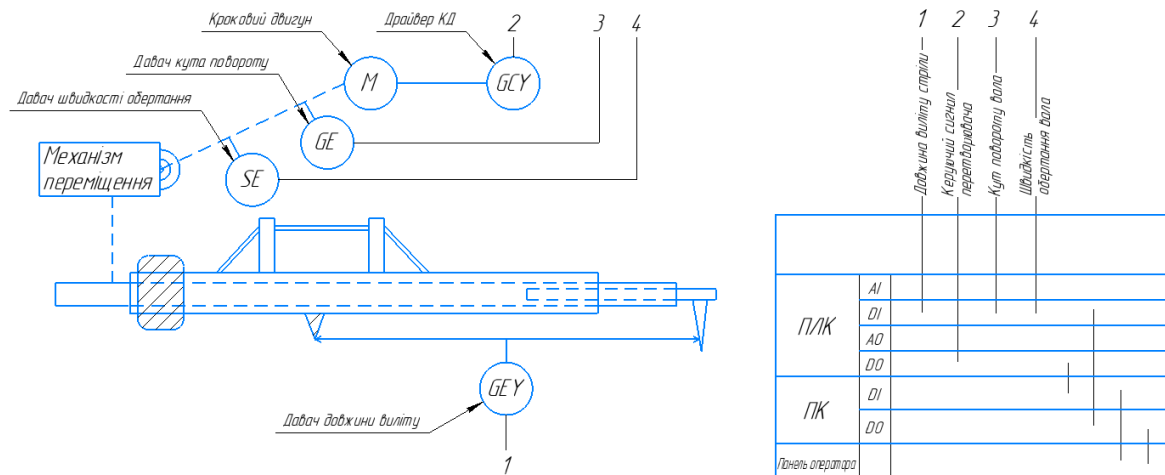


Рисунок 2.4 – Контур зміни довжини виліту стріли

Контур переміщення балансиру

Контур керування переміщенням балансира виконує роботу по керуванню положенням блоку який закріплений на рейках стріли. Балансир приводиться в рух за рахунок обертання валу механізму переміщення. Так як задача позиціонування балансира є важливою для досягнення точної позиції екструдера, було прийнято рішення виконати автоматизації приводу механізму переміщення за рахунок використання датча позиції GEY балансиру і датчів кута повороту і швидкості обертання валу КД. Використання датчів дає змогу сформувати зворотній зв'язок для розрахунку керуючих впливів на драйвер КД GCU, який виконує комутацію обмоток КД. Вал КД має жорсткий механічний зв'язок з валом механізму переміщення, тому керування кутом повороту валу двигуна і його швидкістю дає змогу забезпечити точне позиціонування і оптимальну динаміку переміщення балансира. Функціональна схема контуру зображена на Рис. 2.5.

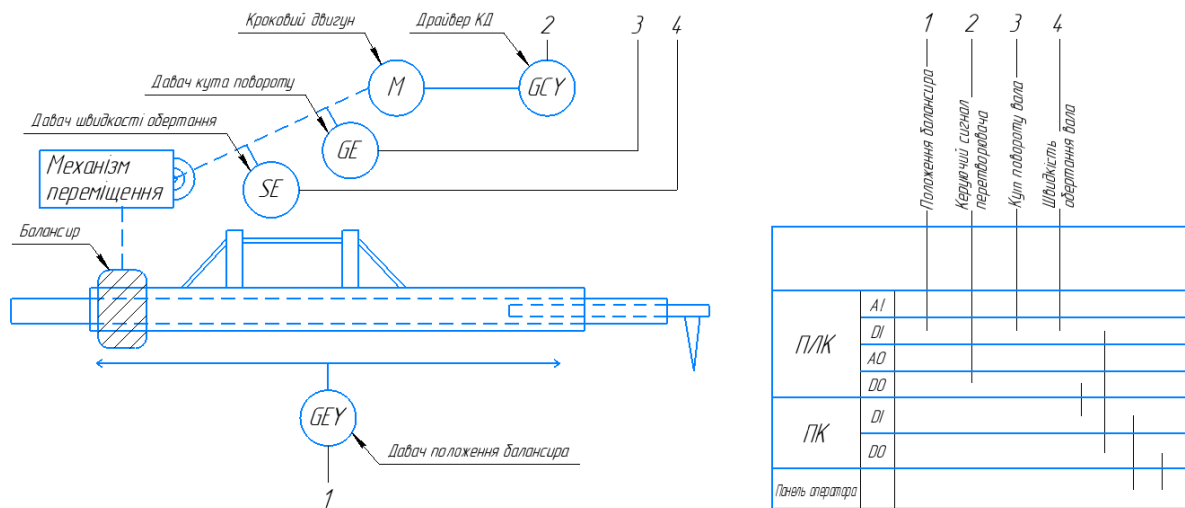


Рисунок 2.5 – Контур переміщення балансиру

Для досягнення точності позиціонування платформи в 1мм необхідно сформувані вимоги до датчів. Виходячи з розрахунків на основі математичної моделі зображеної на Рис. 2.1. і параметрів компонентів можна сказати, що чим менший кут повороту валу насоса і робочий об'єм насоса, тим менше переміщення штоків. Враховуючи, що система підйому в якості гідравлічного насоса використовує модель НШ-32 з робочим об'ємом 32см^3 , то максимальний кут повороту для переміщення штоків на 1мм становить близько 50° з урахуванням кількості гідравлічних циліндрів системи. Також існує необхідність використання датча швидкості обертання валу КД для керування динамікою переміщень. На основі проведених розрахунків і симуляції роботи системи в середовищі Matlab/Simulink час переміщення штоків на 1м займає 27.5с зі швидкістю обертання валу КД в 300 об/хв, тобто КД виконує 137.5 обертів для підйому платформи на 1м. При різному навантаженні платформи можна досягти різної динаміки за рухунок збільшення швидкості

обертання. Максимальна швидкість обертання валу, яка може забезпечити плавну динаміку переміщення становить 1500 об/хв. Керування швидкістю і кутом повороту двигуна також потрібно виконувати на основі тиску в нагнітаючій магістралі так, як в моменти зрушення і зупинки штоків виникає різкий скачок тиску, які відповідно збільшують механічне навантаження. Головним давачем на основі якого базується формування керуючого впливу є давач висоти підйому платформи. Виходячи з особливостей конструкції і умов експлуатації в якості давача необхідно використовувати метод отримання даних на основі лінійних переміщень елементів. Використання методів лазерного або ультразвукового вимірювання унеможлиблюється через умови експлуатації ОУ.

Для досягнення точності позиціонування екструдера в 1мм по осі φ відносно заданої позиції потрібно сформулювати вимоги до давачів. Виходячи з конструкції стріли яка закріплена на поворотну платформу, максимальна довжина виліту становить порядку 8м, тому максимальний кут повороту для переміщення екструдера на 1мм становить 0.007° . Для досягнення максимально малого доступного кута переміщення було використано понижаючий редуктор, який дає змогу збільшити обертальний момент і зменшити кут повороту. Виходячи з задачі точного позиціонування і використання редуктора з механізмом повороту, максимальну точність яку повинен забезпечувати давач становить порядку 0.14° . Максимальна швидкість обертання є малою і становить приблизно 1об/хв.

Для виконання роботи контурами керування переміщення балансира і довжини виліту стріли з точністю позиціонування 1мм відносно заданих координат є обов'язковою наявністю давачів довжини виліту, кута повороту вала і швидкості обертання. Виходячи з точності переміщення в 1мм і зважаючи на умови подальшої експлуатації ОУ доцільним є використання механічних давачів, на яких вплив зовнішніх факторів є мінімальним, відносно давачів лазерного і ультразвукового типу. Даний давач має забезпечувати аналоговий вихідний сигнал 0-5В або 4-20мА відповідно до зміни довжини виліту і позиції балансира, або імпульсний дискретний сигнал, який означає переміщення на вказану давачем відстань.

Також в контурі керування підйомом платформи використовуються засоби зворотнього зв'язку по тиску такі, як диференціальний давач тиску змонтований на фільтрі для вимірювання рівня забруднення і давач тиску нагнітаючої магістралі. Давач тиску нагнітаючої магістралі формує дані про тиск в трубопроводі між насосом і гідроциліндрами, тому використовується в якості зворотного зв'язку для відпрацювання різких змін тиску. Діапазон тиску в напорній магістралі становить від 0 бар до 20 бар, максимальна похибка повинна складати не більше 3%, так як в інших випадках зміни тиску не будуть ефективно відпрацьовані. Давач повинен мати аналоговий тип вихідного сигналу в діапазоні 0-5В або 4-20мА.

В парі з давачем тиску працює давач сили струму. Використання давача сили струму дає змогу отримати інформацію про механічне навантаження на валу КД, яке прямопропорційне сили струму в обмотках двигуна. Інформація про навантаження на вал КД дає змогу виконувати керування швидкості обертання КД і обмежувати. Так, як кроковий двигун на великій швидкості і моменту навантаження не може в повній мірі виконувати поворот валу і не виконує переміщення на заданий кут. Під час моделювання роботи системи підйому, максимальний струм в обмотках КД становив 18А, тому діапазон вимірювання давачем становить від 0 до 20А.

Таблиця 2.1 – таблиця вхідних сигналів

	№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Точність	Кількість точок	Тип сигналу
Контур підйому	1	Струм КД	0-20 А	0.4А	1	Аналоговий 0-5 В
	2	Швидкість обертання	0-1200 об/хв	1 об/хв	1	Дискретний 5В
	3	Різниця тиску	0-20 бар	0.15 бар	1	Аналоговий 4-20 мА
	4	Висота підйому	0-8 м	0.5мм	1	Дискретний 5В
	5	Тиск	0-20 бар	1%	1	Аналоговий 4-20 мА
	6	Кут повороту	0-360°	0.1°	1	Дискретний 5В
Контур поворота	7	Струм КД	0-20 А	0.4А	1	Аналоговий 0-5 В
	8	Кут повороту	0-360°	0.07°	1	Дискретний 5В
	9	Швидкість обертання	0-500 об/хв	1 об/хв	1	Дискретний 5В

	10	Позиція		-	1	Дискретний 5В
Контур виліту	11	Довжина виліту стріли	0-8	1 мм	1	Дискретний 5В
	12	Кут повороту	0-360°	0.1°	1	Дискретний 5В
	13	Швидкість обертання	0-500 об/хв	1 об/хв	1	Дискретний 5В
Контур балансира	14	Положення	0-4 м	-	1	Дискретний 5В
	15	Кут повороту	0-360°	0.1°	1	Дискретний 5В
	16	Швидкість обертання	0-500 об/хв	1 об/хв	1	Дискретний 5В

По таблиці вхідних сигналів, а також опираючись на функціональну схему автоматизації складемо таблицю вихідних сигналів, яка стане базовою для підбору відповідних виконавчих механізмів в КСА див. табл. 2.2

	№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Кількість точок	Тип сигналу	Виконавчий механізм
Контур підйому	1	Керуючий сигнал перетворювача	0..1	1	Дискретний 0-5В	Кроковий двигун через драйвер
	2	Керуючий сигнал електромагнітного розподільника	0..1	1	Дискретний 0-5В	Електромагніт через підсилювач сигналу
	3	Керуючий сигнал електромагнітного клапана	0..1	1	Аналоговий 0-5В	Електромагніт через підсилювач сигналу

Контур поворота	4	Керуючий сигнал перетворювача	0..1	1	Дискретний 0-5В	Кроковий двигун через драйвер
Контур виліта	5	Керуючий сигнал перетворювача	0..1	1	Дискретний 0-5В	Кроковий двигун через драйвер
Контур балансира	6	Керуючий сигнал перетворювача	0..1	1	Дискретний 0-5В	Кроковий двигун через драйвер

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Давачі та виконавчі механізми

3.1.1. Давач кута повороту FNC 30B 6630V360-R2

Для вимірювання кута повороту валу було обрано давач серії FNC 30B а саме FNC 30B 6630V360-R2. Він буде використовуватись в роботі кожного з контурів. Для контуру підйому платформи використано дві одиниці однакових давача. Один розміщений на валу КД в якості давача кута повороту і давача швидкості обертання. Інший буде розміщений на нерухомій частині підйомного механізму і механічно пов'язаний з перетворювачем лінійного переміщення в обертальний рух. При підйомі платформи кут повороту валу енкодера буде змінюватись. В контурі повороту платформи даний давач закріплений на валу КД для виміру кута повороту платформи. В контурах зміни довжини виліту стріли і переміщення балансира використовується в якості давача кута повороту і швидкості обертання валу КД, який приводить в рух механізм переміщення. Також використовується як давач виліту стріли в парі з лінійно-обертальним перетворювачем і давачем позиції балансира. Давач має рівень захисту IP57, який відповідає умовам експлуатації системи. Максимальна частота обертання валу енкодера становить 10000 обертів за хвилину, напругу живлення від 4.75В до 30В постійного струму. Має дискретний вихідний сигнал у виді імпульсів частотою до 300кГц. Даний давач є енкодером інкрементального типу і є багатооборотним. Кут вимірювання становить 0-360°. Так, як на повний оберт енкодер має 4096 імпульсів, точність вимірювання кута повороту становить 0.087°. Виходячи з задач керування і таблиці вхідних сигналів можна говорити, що даний давач повністю задовольняє вимоги [7].

3.1.2. Давач тиску FOX TR52

В якості давача тиску в гідравлічній магістралі було обрано давач серії FOX а саме FOX TR52. Даний давач буде розміщено на трубопроводі нагнітаючої магістралі гідравлічної

системи підйому платформи. Відповідно до паспортних даних датчика, номінальний вимірюючий тиск становить від 0 до 20 бар. Максимальний вимірювальний тиск становить 50 бар. Вихідний сигнал датчика знаходиться в діапазоні 4-20 мА відповідно до вимірюючого тиску. Робоча температура датчика становить від -20 до +80°C. Нелінійність і гістерезис при робочій температурі +20°C становлять менше 1%. Максимальне відхилення показників становить 2% в залежності від робочої температури. Номінальна напруга живлення датчика становить 11-28В постійного струму при підключенні через два проводи, або 11-28В змінного струму через чотири проводи. Виходячи з вимірювального діапазону і умов експлуатації, даний датчик повністю задовольняє вимоги [8].

3.1.3. Диференціальний датчик тиску ATEK Sensor Technologies BFT 210

Виходячи з задачі вимірювання різниці тиску на масляному фільтрі гідравлічної системи підйому, було прийняте рішення використання диференціального датчика тиску. Була обрана модель датчика серії BFT а саме BFT 210. Даний датчик дає змогу вимірювати різницю тиску в діапазоні від мБар до 25 Бар. Це п'єзорезистивний датчик на основі MEMS. Він має аналоговий вихід 0-5В або 4-20мА. Номінальна напруга живлення датчика становить 24В постійного струму. Максимальна похибка вимірювання становить 0.5% повної шкали, що говорить про велику точність вимірювання. Максимальна і мінімальна робоча температури становлять відповідно 85°C і -25°C. Тип електричного підключення DIN43650. [9]

3.1.4. Датчик сили струму ACS712

Виходячи з того, що для отримання оптимальної динаміки підйому і повороту платформи потрібно виконувати керування також на основі механічного навантаження на вал двигуна, було прийняте рішення використання датчика струму в обмотках КД, так як струм прямо пропорційний механічному навантаженню. Для отримання інформації величини струму в обмотках КД був обраний модуль ACS712, який побудований на основі датчика Allegro ACS712. Діапазон вимірювання складає 0-30А змінного або постійного струму. Датчик модуля є лінійним і має аналоговий вихід 0-5В. Максимальна похибка вимірювання становить 1.5% при температурі середовища 25°C. Робочий діапазон температури становить від -40°C до 80°C. Номінальна напруга живлення 5В.

3.1.5. Позиційний датчик LJ12A3-4-Z-VX

Так, як в якості датчика кута повороту був обраний енкодер інкрементального типу, виникла задача формування точки відліку підрахунку імпульсів енкодера. В якості датчика позиції був обраний безконтактний індуктивний кінцевий датчик LJ12A3-4-Z-VX. Для системи підйому платформи він монтується на нерухомій частині гідпроциліндрів і спрацьовує при наближенні платформи стріли на відстань ближче 4мм. У випадку з системою повороту платформи, він спрацьовує коли закріплений на платформі феромагнітний елемент стає в початкову позицію

відліку яка відповідає куту в нуль градусів по координаті φ . Давач має дискретний вихід з напругою 12В, яка відповідає номінальній напрузі живлення. Максимальна частота відгуку давача становить 0.5кГц. Даний давач має клас захисту IP67, тому може використовуватись в складних умовах експлуатації. Обраний нами давач задовольняє всі необхідні параметри для подальшого використання в системі.

3.1.6. Кроковий двигун LC110H3185

Обраний нами кроковий двигун LC110H3185 є трьохфазним КД гідбридного типу. Дану модель ми використовуємо в якості електричної машини в приводі гідравлічного насосу, тому що двигун має великий обертальний момент, який становить 16 Н*м при номінальній швидкості обертання і доволі велику максимальну швидкість обертання в 1200 об/хв. Під час вибору виконуючого механізму для обертання валу насоса, було розглянуто ще декілька варіантів двигунів, такі як 86BYG250H і 34HS4802. 86BYG250H має обертальний момент в 8.5 Н*м і максимальну швидкість обертання в 700 об/хв. Виходячи з цих даних можна сказати, що даний двигун відповідає вимогам до електричної машини приводу насоса, але так, як максимальне навантаження на вал може становили до 14 Н*м, двигун не має змогу подолати такий момент навантаження навіть на швидкості обертання валу значно нижчій чим 300 об/хв, хоча двигун забезпечує поворот валу на 1.8°. Наступним двигуном було розглянуто двохфазний гібридний КД моделі 34HS4802. Даний двигун має максимальний кут кроку 1.8° і максимальний обертальний момент 12.5 Н*м при номінальній швидкості обертання валу, яка становить 600 об/хв. Даний двигун також не задовольняє поставлені вимоги, так як не зможе відпрацювати різкі зміни моменту навантаження навіть на мінімальній швидкості обертання валу. Ми використали LC110H3185 тому, що на швидкості, яка є максимальною для динаміки переміщення платформи він може відпрацювати нестационарні збурення і подолати момент навантаження більш ніж в 14 Н*м при швидкості обертання 300 об/хв, що задовольняє вимоги по швидкості обертання. Відповідно двигун має максимальний кут повороту в 1.2° при повнокроковому режимі комутації обмоток. Номінальний струм живлення КД становить 6А і максимально допустимий 8А, який відповідає роботі з навантаженням в 20 Н*м. Керування двигуном відбувається за рахунок послідовної комутації обмоток через драйвер. Максимальна швидкість обертання валу двигуна становить 1200 об/хв, тому що двигун є високооборотним і призначений для верстатів з програмно-числовим управлінням. На Рис. 3.1 зображено двигун і драйвер LCDA2260H. Двигун має три контакти підключення проводів живлення.

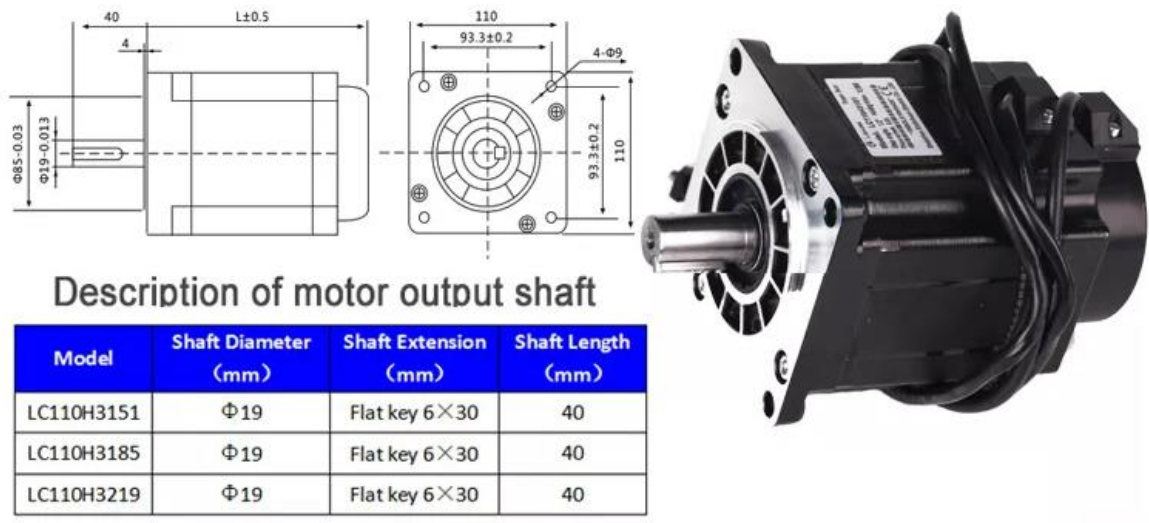


Рисунок 3.1 Кроковий двигун LC110H3185 і його габарити

Двигун також має вбудований енкодер на 1000 позицій, відповідно з точністю 0.36°.

3.1.7. Драйвер крокового двигуна LCDA2260H

Після того, як ми обрали кроковий двигун для обертання валу насоса, виникла задача в додатковому апаратному забезпеченні, яке дає змогу керувати даним двигуном. Під час вибору драйвера КД було розглянуто два варіанти, такі як LCDA2260H і FMD2740C. Драйвер КД моделі і FMD2740C дає змогу виконувати керування трифазним КД гібридного типу завдяки послідовній комутації обмоток в повнокроковому, напівкроковому режимах роботи. Даний драйвер має напругу живлення від 12В до 40В постійного струму і максимальний струм живлення КД в 4А і максимальну частоту в 20кГц. Даний драйвер можна використовувати з КД моделі LC110H3185 у складі приводу насосу гідравлічної системи підйому, але він не задовольняє вимоги даної поделі КД відносно струму живлення, так як номінальний струм становить 6А, коли максимальний струм драйвера 4А, що унеможлиблює використання з обраним КД для виконання задач керування в повному обсязі. Наступним для вибору був обраний драйвер LCDA2260H. Дана модель драйвера є рекомендована виробниками для роботи з двигуном LC110H3185 тому, що він може забезпечити струм живлення двигуна до 8А і керувати двигуном. Драйвер вирішує проблему пропуску кроків, яка притаманна кроковим двигунам завдяки векторному методу управління обмотками на основі зворотного зв'язку з енкодером який вбудований в двигун. Також завдяки мікропроцесорному забезпеченню драйвера програмними засобами вирішується проблема входження двигуна в резонанс, що є важливо для точного позиціонування. Драйвер має 4 силових виходи для підключення КД, два входи живлення драйвера від мережі змінного струму амплітудою 220В частотою 50Гц, інтерфейс серії D-SUB для підключення енкодера, інтерфейс D-SUB DB 44 для отримання керуючого сигналу від ПЛК і також має додатково два входи живлення КД для відключення в мережу 220В змінного струму частотою

50Гц. Драйвер і його піни підключення зображено на Рис. 3.2. Також драйвер має порт для завантаження програмного забезпечення драйвера.

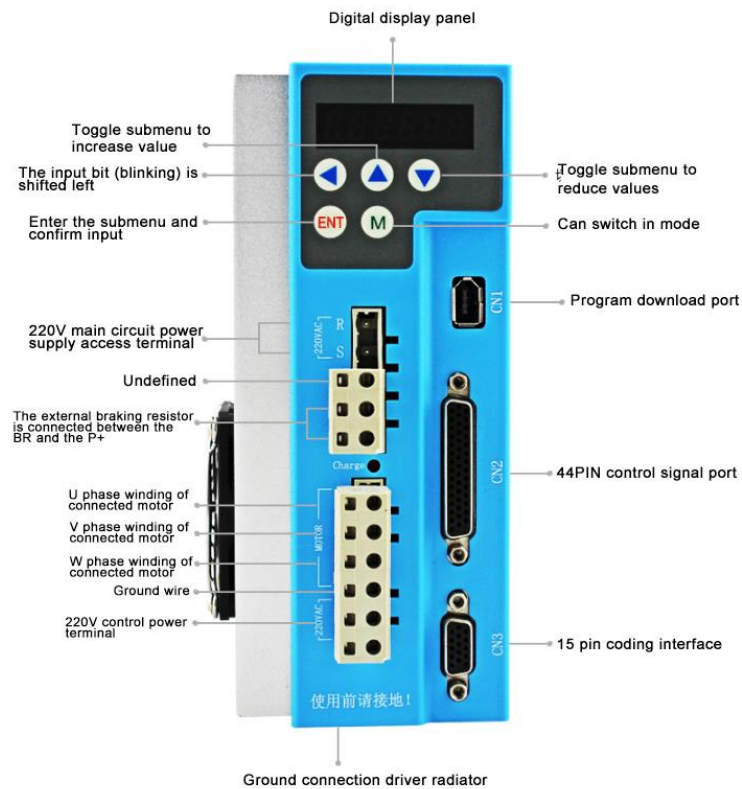


Рисунок 3.2 Драйвер LCDA2260H

Отже, обрана модель драйвера повністю задовольняє вимоги до керування КД моделі LC110H3185.

3.1.8 Кроковий двигун 86BYG250D

Відповідно до задачі вибору виконавчих механізмів систем повороту платформи, зміни довжини виліту стріли і переміщення балансира є необхідність обрати модель крокового двигуна, який може забезпечити виконання задач автоматизації. Виходячи з того, що мінімальний обертальний момент необхідний для переміщень секцій стріли і балансира становить 4 Н*м і 3 Н*м для системи поворота платформи і максимальна швидкість обертання валу 300 об/хв і 382 об/хв відповідно, ми розглянули декілька варіантів крокових двигунів. Першим ми розглянули КД моделі 34HS4802. Це двофазний гібридний двигун з величиною кроку 1.8° при повнокроковому керуванні. Даний двигун має максимальний обертальний момент 12.5 Н*м і струм живлення 5 А . Максимальна швидкість обертання становить 600 об/хв . Даний двигун відповідає вимогам до електричної машини системи повороту платформи і системи переміщення балансиру і секцій стріли, але так, як момент обертання даної моделі двигуна перевищує момент необхідний для виконання завдання, використання даної моделі не вважаю доцільним і оптимальним відносно енергозбереження. Тому до розгляду був обраний КД моделі 86BYG250B-14, номінальний струм живлення становить 4 А , утримуючий момент 4.5 Н*м . Даний двигун має номінальну швидкість $700-$

800 об/хв, але виходячи з даних в технічному паспорті обертальний момент до 6 Н*м дана модель може забезпечити тільки при швидкості обертання до 200 Об/хв, тому дана модель КД не задовольняє вимоги до швидкості обертання для використання в якості електричної машини приводу поворотної платформи стріли, і не задовольняє вимоги по швидкості для використання в приводі переміщення стріли і балансира. Більш потужним і швидким є модель серії 86BYG250D-14. Дана модель має значно більший утримуючий момент, який становить 8.5 Н*м, номінальний струм живлення 5.8А, повнокроковий кут повороту в 1.8° і максимальну швидкість обертання 200 об/хв при моменті навантаження 12 Н*м. Так, як максимальна швидкість КД, яка необхідна для повороту платформи зі швидкістю 3 об/хв складає 384 об/хв при моменті навантаження в 4 Н*м, даний двигун зможе повністю виконати задачу по повороту платформи. Для використання двигуна в якості електричної машини приводу механізму переміщення секцій стріли і балансира він також задовольняє вимоги по швидкості обертання, обертальному моменту і куту повороту вала.

3.1.9 Драйвер CW8060

В якості драйвера крокового двигуна 86BYG250D було обрано модель CW8060. Даний драйвер дає можливість виконувати керування КД методом комутації обмоток завдяки програмному і апаратному забезпеченню на основі задаючого сигналу на вході драйвера. Максимальний струм живлення КД, який може забезпечити драйвер складає 6А, виходячи з номінального струму живлення КД 86BYG250D, який складає 5.8А і механічного навантаження, даний драйвер забезпечує достатню силу струму. Напруга живлення драйвер складає 24В-80В постійного струму. Драйвер забезпечує як повнокроковий режим керування так і напівкрокові і мікрокрокові. Максимальна частота імпульсів становить 200кГц. Має захист від перегрівання, перенавантаження і неправильного підключення до КД. Діапазон робочої температури складає 15-40°C і максимальну вологість середовища <90%. Драйвер має два входи живлення VCC+ DC і GND DC, 4 контакти для підключення обмоток КД А+, А-, В+,В-, 2 контакти для надходження керуючих імпульсів кроків CP+,CP- амплітудою 5В і два контакти імпульсів напрямку обертання валу CW+ і CW-, також амплітудою 5В. Мінімальна довжина керуючого імпульсу 10 мкс. Драйвер має оптичну розв'язку, що гарантує уникнення перебігу великого струму до керуючого кола. Використання драйвера CW8060 повністю задовольняє вимоги до керування двигуном 86BYG250D і відповідає вимогам задач автоматизації. Драйвер CW8060 зображено на Рис. 3.3 разом з габаритною розміткою.

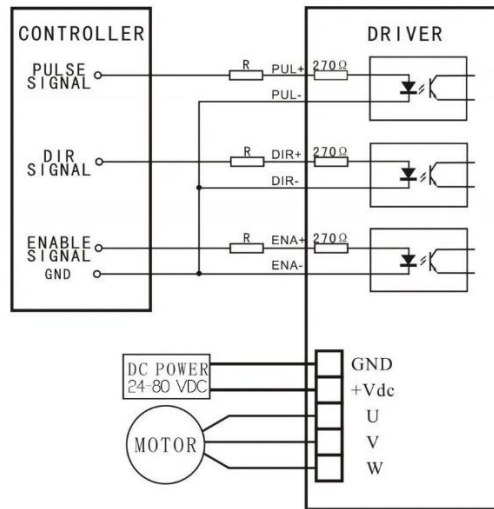


Рисунок 3.3 Схема підключення драйвера CW8060

3.1.10 Електромагнітний гідравлічний розподільник ДУ-6 4WE6E-6XCG24N9Z5L

Для зміни напрямку руху платформи потрібно змінювати напрямок потоку гідравлічної рідини в системі завдяки комутації потоків через гідравлічний розподільник. Виходячи з задач автоматизації по переміщенню і утримання висоти платформи на основі керуючих сигналів було прийняте рішення встановлення гідравлічного розподільника к електромагнітним переміщенням золотника. Дани тип розподільника комутує потоки через себе на основі положення золотника, яким керують електромагніти. Положення золотника напряму залежить від напрямку струму в електромагніті або його відсутністю. Першим для розгляду було обрано розподільник моделі ДУ-6 4WE6D-6XOF CG24N9Z5L за схемою D-OF. Даний розподільник має максимальні пропускні витрати 80 л/хв і 40 л/хв номінальні, діапазон робочого тиску 0-315 бар, що в декілька разів перевищує максимальний тиск в системі підйому платформи. Напруга живлення електромагнітів 24В. Даний давач відповідає задачам по комутації потоків по ряду параметрів, але він є двохпозиційним і не дає змогу комутувати потік рідини у напрямку від гідроциліндрів до баку по зливній магістралі, тому дана модель розподільника не задовольняє конструктивні і функціональні вимоги.

Наступна модель для розгляду 4WE6E-6XCG24N9Z5L за схемою E. Навідміну від оглянутого раніше розподільника, ця модель має два електромагніти і являє собою трьох позиційний розподільник, який дає змогу комутувати як по нагнітаючій магістралі, так і зливній. Розподільник має повертаючу пружину, яка дозволяє закривати потоки до гідроциліндрів при відсутності живлення електромагнітів, що є важливим фактором енергозбереження. Позиція золотника розподільника змінюється за рахунок комутації електромагнітів, які розташовані

напроти один одного, тим самим для переміщення золотника в одну з крайніх позицій один з електромагнітів підключений до живлення, а інший ні. Максимальний тиск розподільника становить 315 бар, номінальні витрати становлять 40 л/хв і максимальні 80 л/хв, що задовольняє вимоги як до максимального тиску системи, так і витрат тому, що максимальні витрати при швидкості обертання валу 300 об/хв становлять 9 л/хв виходячи з параметрів насоса системи. Напруга живлення обмоток електромагнітів становить 24В і струм 0.5А. Виходячи з того, що струм комутації обмоток доволі великий, необхідно використати підсилюючий пристрій, який дає змогу гальванічно або оптично розв'язати між собою керуюче і силове коло, для уникнення пошкоджень ПЛК. Виходячи з технічних і робочих характеристик обраного нами розподільника, можна сказати, що він задовольняє вимоги автоматизації при умові використання підсилюючого пристрою.

3.1.11 Електромагнітний клапан LUEN 40

Відповідно до задач керування є необхідність забезпечити оптимальну динаміку переміщення платформи по Z координаті. Оптимальна динаміка підйому платформи зумовлюється контролем швидкістю обертання валу насоса системи підйому і перемиканням потоків гідравлічного розподільника. Для забезпечення оптимальної динаміки опускання платформи необхідно створити обмеження зони проходження гідравлічної рідини по зливній магістралі в динамічному режимі, відповідно керуючому сигналу. Тому стоїть задача обрати клапан або дросельну заслонку, які можуть забезпечити зміну площі проходження рідини по магістралі. Для розгляду був обраний електромагнітний клапан LUEN 40. Даний клапан є керованим за рахунок зміни частоти струму на електромагніті, який переміщує золотник клапана. Діапазон витрат, який може забезпечити даний клапан становить 0-40 л/хв. Напруга живлення даного електромагнітного клапана становить 12-24В постійного струму. Для комутації електромагніту необхідно використовувати підсилюючий пристрій з можливістю підсилення високочастотних сигналів. Даний клапан повністю задовольняє вимоги до клапану зливної магістралі.

3.1.12 Реле коннектор BTR Relais R274, 4 Wechsler, 24 V DC

Для комутації електромагнітів гідравлічного розподільника і клапана зливного магістралі є необхідність використати підсилювач сигналу. Виходячи з того, що потрібно комутувати три обмотки було взято до розгляду чотирьохканальний модуль на базі реле SRD-05VDC. Даний модуль використовує механічне реле з максимальним комутованим струмом 10А і напругою 250В. Даний модуль відповідає технічним вимогам до комутації згідно своїх параметрів, але виходячи з задачі точності позиціонування можна говорити, що частота перемикачів доволі велика і забезпечити швидку комутацію даний модуль не може. Також реле модуля мають ряд недоліків таких, як іскріння контактів, час перемикачів 10мс. Також модуль не має захисту від запилення і вологих середовищ, що унеможливує використання в системі управління реального прототипу ОУ. Виходячи з недоліків розглянутого релейного модуля було прийнято рішення розглянути пристрій комутації на основі напівпровідникових елементів. Тому ми розглянули реле коннектор моделі BTR Relais R274. Це промисловий пристрій призначений для комутації силових кіл за допомогою напівпровідникових ключів з оптичною розв'язкою. Максимальна комутувана напруга становить 24В потійного струму або 230В змінного і максимальна сила струму 5А. Потужність пристрою становить 150 Вт. Напруга керуючого сигналу 5В і наявність оптичної розв'язки дозволяє підключати пристрій напряму до ПЛК. Пристрій має захисний корпус від потрапляння пилу і вологи, що дає змогу використання пристрою в відповідних до будівельного принтера умовах. Діапазон робочих температур від 0°C до +55°C. Гістерезис і час перемикачів є мінімальними, так як в основі реле лежать напівпровідникові ключі. Даний пристрій комутації задовольняє всі вимоги.

3.2 Технологічний контролер та панель оператора

Для виконання обробки інформації отриманої з датчиків і формування керуючих впливів з поадышою передачею на виконавчі механізми, необхідно обрати ПЛК, який зможе забезпечити підключення всіх датчиків, виконавчих механізмів, має змогу формування зв'язку з ПК і задовольняє вимоги задач керування. Відповідно до кількості датчиків і виконавчих механізмів ОУ, використання одного ПЛК для всіх контурів не є доцільним в силу конструктивних особливостей і розміщенню датчиків і виконавчих механізмів. Також використанн декількох ПЛК створює модульну систему, яка виключає можливість повної зупинки роботи ОУ при несправності одного з ПЛК. Виходячи з того, що розроблена система автоматизації має чотири контура керування, на кожний контур можна використати один ПЛК, але виконавчі механізми і датчики контурів керування положенням балансира і контуру керування довжиною виліту стріли розташовані на стрілі, тому є доцільним використання для даних контурів одного загального ПЛК.

Для контуру підйому платформи ми обрали ПЛК моделі ОВЕН ПЛК73. Дана модель задовольняє всі технічні вимоги, а саме має 8 аналогових входів 4-20мА або 0-5В з АЦП

розрядністю 15 біт, який дозволяє ділити сигнал на 32768 позицій. Також для обробки дискретних сигналів з давачів кута повороту і швидкості обертання валу ПЛК має 8 дискретних входів з частотою до 15 кГц, яка повністю задовольняє діапазон частоти сигналів переміщення валу двигуна, або переміщення платформи. Для керування реле, яке комутує струм в електромагнітах розподільника і клапана зливної магістралі, ПЛК має 4 виходи типу Т, які забезпечують напругу 6В і струм 50мА. Функціональну схему ПЛК73 зображено на Рис. 3.4.

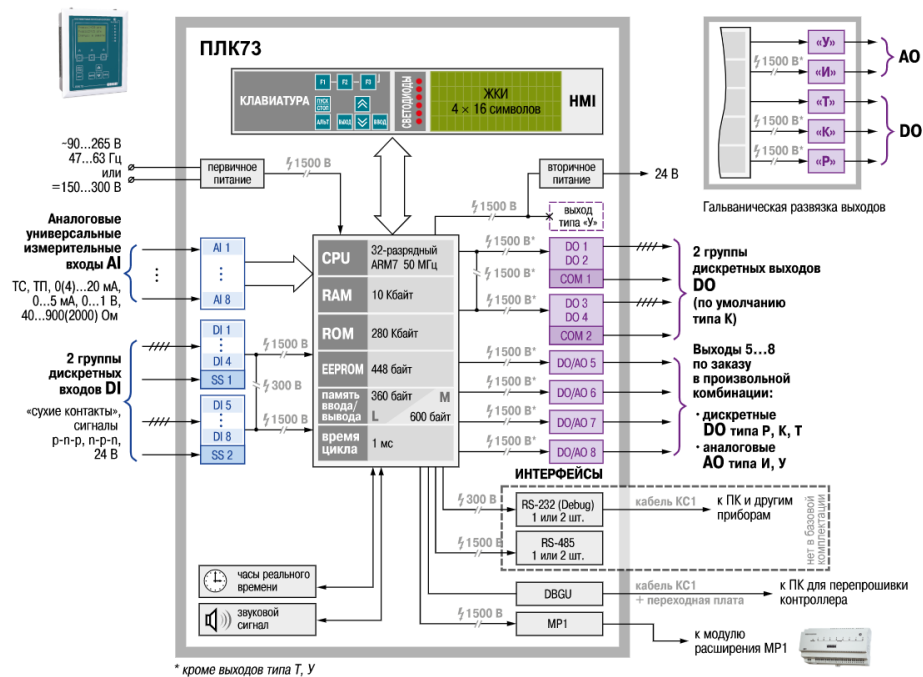


Рисунок 3.4 Функціональна схема ПЛК73

Переваги обраного нами ПЛК перед іншими представниками:

- Максимальна частота прийому сигналу дискретних входів 15кГц, в порівнянні з 1кГц на ОВЕН ПЛК150;
- Можливість програмно змінювати тип виходу з аналогового на дискретний і навпаки;
- Ведення архіву роботи обладнання або робота по задалегідь обумовленим сценаріями при підключенні до контролера USB-накопичувачів;
- Просте і зручне програмування в системі CODESYS v.2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- Підключення в SCADA систему по протоколу ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, GateWay, які можуть забезпечити віддалене керування;
- Надійність яку забезпечує клас захисту IP55;

Отже обрана модель ПЛК повністю дазозвольняє технічні і програмні вимоги до ПЛК контуру підйому платформи і дає можливість його використання в реальних умовах роботи ОУ.

Для контурів позиціонування балансиру і зміни довжини виліту стріли є необхідність обрати інший ПЛК, який буде виконувати задачі конкретно по збору даних з датчиків розміщених на стрілі принтера і формуванню керуючих впливів на виконавчі механізми контурів позиціонування балансиру і зміни довжини виліту стріли. Виходячи з задач керування, необхідної кількості вхідних і вихідних портів, які можуть забезпечити прийом сигналів з обраних датчиків і передачі керуючих сигналів на обрані виконавчі механізми, швидкості обробки інформації і можливості зміни програмного забезпечення був обраний ПЛК моделі ОВЕН ПЛК210-03-CS. Даний ПЛК має 12 швидких дискретних входи з частотою до 95кГц і 12 дискретних входи з частотою до 300Гц. Так, як максимальна частота імпульсів від енкадера довжини виліту стріли і енкадера положення балансиру становить 12.5кГц, якщо використовувати енкадер FNC 30В 2048 PPR, ПЛК повинен забезпечувати можливість отримувати імпульси і формувати вихідні імпульси для драйвера КД з частотою до 100кГц виходячи з максимальної швидкості обертання КД і характеристик обраного драйвера. Обраний ПЛК задовольняє вимоги тому, що має 8 швидких транзисторних дискретних виходи з частотою до 100кГц, які можуть забезпечити передачу керуючого сигналу до драйверу в повному обсязі. Також ПЛК має два порти для підключення по протоколу RS-485, 4 Ethernet порти для зв'язку з ПК. Обраний ПЛК повністю задовольняє технічні вимоги. Функціональна схема ПЛК ОВЕН ПЛК210-03-CS зображена на Рис. 3.5.

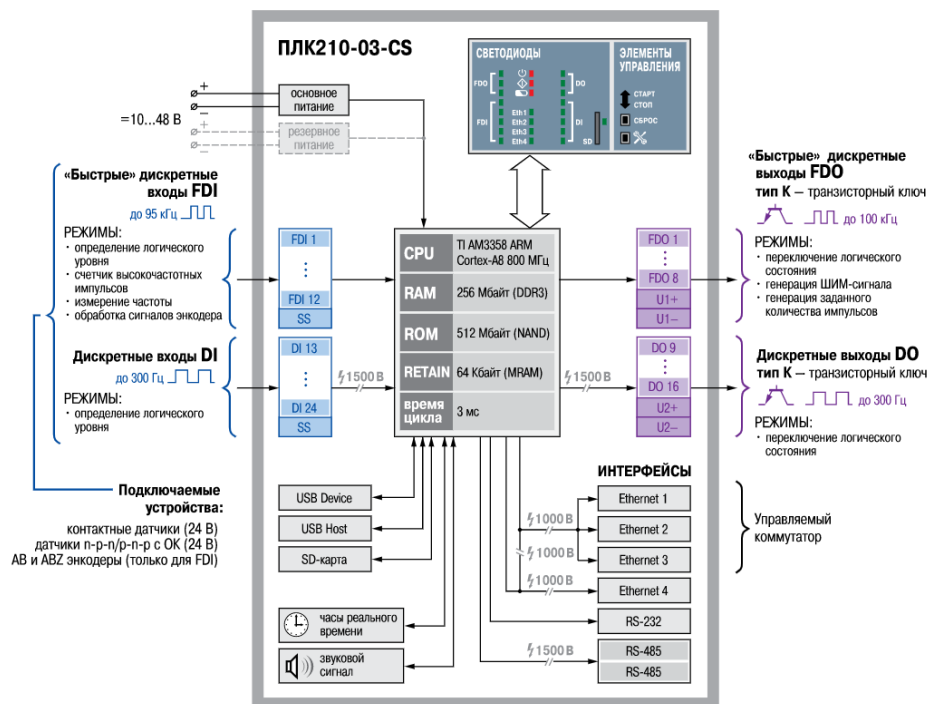


Рисунок 3.5 Функціональна схема ПЛК210-03-CS

РОЗДІЛ 4

SCADA система будівельного принтера радіального типу

4.1 Архітектура SCADA системи

Для керування роботою ОУ в реальному часі, збору, обробки і відображення інформації, було прийняте рішення створення автономної SCADA системи, яка дає змогу виконувати ці задачі і забезпечує операторний контроль технологічного процесу. Виходячи з того, що SCADA система має три основних структурних компонента таких, як віддалений термінал (RTU), диспетчерський пункт керування (MTU) і комунікаційну систему (CS) була розроблена структурна схема SCADA системи будівельного принтера радіального типу, яка зображена на Рис. 4.1. [10]

Для SCADA системи були сформовані наступні вимоги: забезпечення частоти оновлення даних про параметри технологічного процесу не менше ніж один раз в секунду, здатність працювати відповідно до умов експлуатації ОУ, візуалізація процесу в реальному часі, реалізація алгоритмів управління з передачею керуючого впливів на об'єкт. Виходячи з того, що обрані нами ПЛК, які є RTU пристроями працюють в реальному часі, то вони можуть забезпечити необхідну частоту обміну інформації. Також обрані RTU пристрої повністю задовольняють вимоги до умов експлуатації, указані в технічному завданні. Для виконання умов візуалізації технологічного процесу і реалізації алгоритмів управління, необхідно обрати програмне і апаратне середовище. Також для виконання задачі обміну інформації між рівнями системи, необхідно сформулювати вимоги до комунікаційної системи.

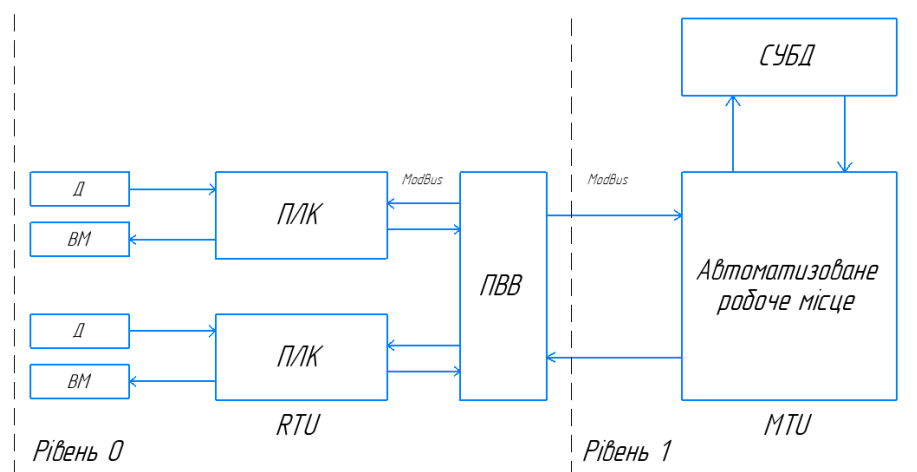


Рисунок 4.1 Структурна схема SCADA системи

4.2 Вибір програмного середовища

Для виконання задачі по реалізації алгоритмів керування і формування керуючих впливів, виходячи з параметрів апаратного забезпечення системи, в якості середовища розробки прикладних програм ПЛК було обрано CodeSys. Дане програмне середовище дає можливість створення

програмного забезпечення для ПЛК на п'ятьох мовах: IL, ST, SL, FBD, SFC. Дане програмне забезпечення має OPC сервер, який забезпечує узгодження з апаратною частиною ПЛК для обміну даними за протоколами Modbus, MQTT, SNMP і підтримка стандарту OPC-UA, як для реалізації алгоритмів обробки вхідних/вихідних сигналів, так і обмін даними із APM SCADA системи. Може забезпечувати підключення до 30 пристроїв підключених через Ethernet шлюз. Даний комплекс працює на базі операційних систем Windows або Linux, що дає змогу запуску на будь-якому пристрої з процесорною архітектурою i386, amd64 або armel (ARM).

Для візуалізації технологічного процесу на основі отриманих від RTU даних і операторного керування було обрано програмний комплект Simple Scada. Даний програмний комплекс дає можливість підключитись до RTU пристроїв за допомогою OPC сервера, що дає змогу обміну даними між рівнями системи. Комплекс автоматично ідентифікує змінні програмного середовища, що дає змогу відображення технологічного процесу. Також даний програмний комплекс дає можливість створення інтерактивних мнемосхем і відображення їх на панелі оператора. За допомогою програмного забезпечення Simple Editor була створена мнемосхема технологічного процесу будівельного принтера радіального типу з відображенням всіх технологічних параметрів. Мнемосхема зображена на Рис. 4.2.

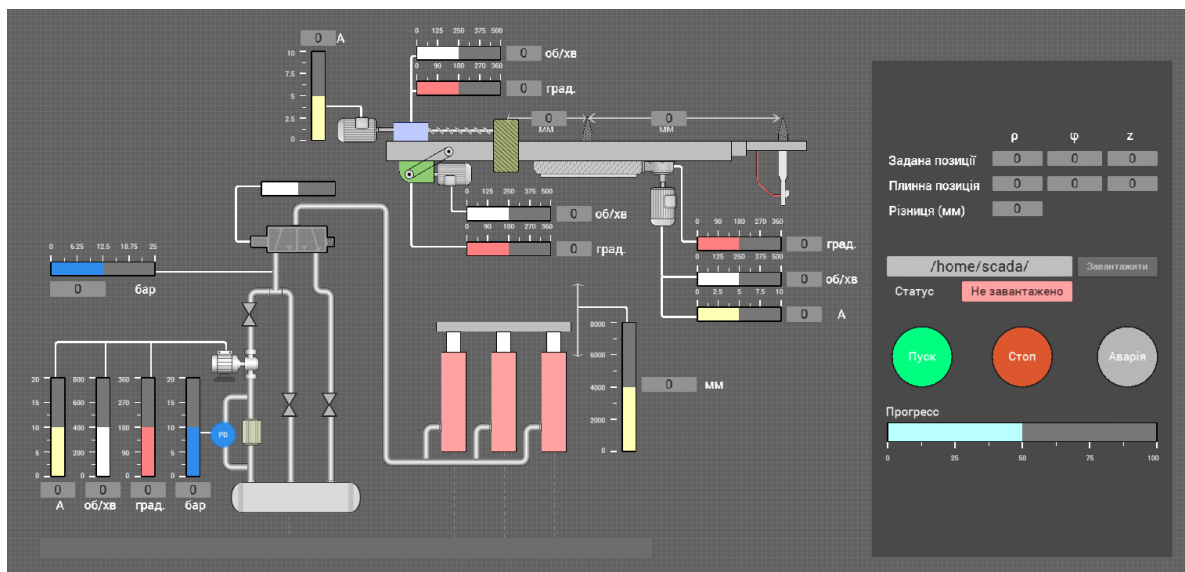


Рисунок 4.2 Мнемосхема технологічного процесу в середовищі Simple Scada

Для відображення мнемосхеми і взаємодії оператора з системою необхідно використати HMI інтерфейс СП315-Р . Обрана нами сенсорна панель оператора має Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45), RS-485, RS-232 що дає змогу підключення панелі до каналу зв'язку і обмін інформацією за протоколами Modbus RTU і Modbus ASCII. Діапазон робочих температур 0-50°C, клас захисту IP65 з ліцевої сторони і IP20 зі сторони портів підключення. Прикладне ПО конфігуратор СП300. Номінальна напруга живлення 24В і сила струму 0,75А. Завантаження ПО для відображення

технологічного процесу на мнемосхемі і інтерактивного керування відбувається за допомогою USB 2.0 В інтерфейсу. НМІ інтерфейс СПЗ15-Р зображений на Рис. 4.3.

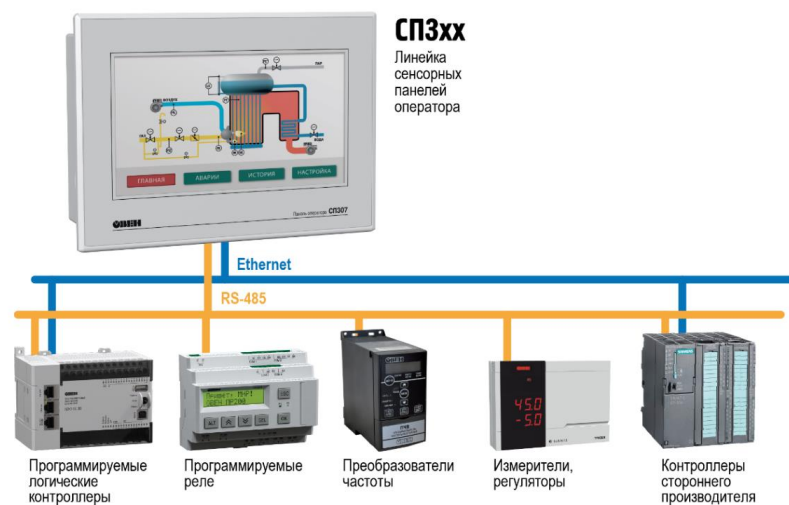


Рисунок 4.3 НМІ інтерфейс СПЗ15-Р

4.3 Канали зв'язку

Для обміну даних між рівнями SCADA системи необхідно сформувати канали зв'язку з узгодженням протоколів обміну з використанням програмних протоколів і апаратних інтерфейсів. Виходячи з того, що система є локальною і АРМ знаходиться на відстані не більше 20 метрів від об'єкта управління, не має необхідності використання дистанційних засобів зв'язку, тому що це супроводжується використанням додаткових апаратних засобів і не є доцільним. В якості апаратних засобів каналу зв'язку було прийнято рішення використовувати дротові мережі. Виходячи з умов експлуатації об'єкта керування, частоти обміну інформацією, наявних інтерфейсів і можливостей програмних засобів, для зв'язку RTU і MTU пристроїв, було обрано апаратний асинхронний інтерфейс RS-485 і комунікаційний протокол Modbus. Інтерфейс RS-485 підтримує до 32 прийомопередатчиків в одному сегменті мережі довжиною до 1200 метрів. На відстані до 100 метрів з використанням виті пари забезпечує швидкість передачі даних до 10 мб/с, що повністю задовольняє вимоги [11]. Комунікаційний протокол Modbus побудований на архітектурі Master-Slave і може використовуватись через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-232, RS-422. Протокол Modbus-RTU передбачає використання в мережі з одним MTU пристроєм і до 247 RTU пристроїв. Також протокол передбачає виявлення помилок в мережевих кадрах, що виключає передачу пошкодженої інформації. Максимальний розмір кадра за даним протоколом в варіанті Modbus-RTU становить 256 байтів. Використання апаратного інтерфейсу RS-485 і комунікаційного протокол Modbus дає змогу забезпечити обмін інформації між рівнями системи в реальному часі зі швидкістю 10 мб/с в реальних умовах експлуатації, тому відповідає вимогам до апаратних і програмних засобів каналу зв'язку.[11] Але, для підключення всіх RTU пристроїв в одну мережу з MTU необхідно

використати узгоджуючий пристрій, який дає змогу підключити не менше двох пристроїв з послідовним інтерфейсом RS-485 в мережу Ethernet. В якості такого пристрою було обрано перетворювач ЕКОН134. Даний пристрій забезпечує максимальну швидкість обміну даних в 115200 байт/с і робочий діапазон температур від -25 до +70 °С, що задовольняє умови експлуатації. Даний пристрій дає змогу підключити два пристроя по інтерфейсу RS-485 і має один Ethernet інтерфейс [12]. Функціональна схема ЕКОН134 зображена на Рис. 4.4.

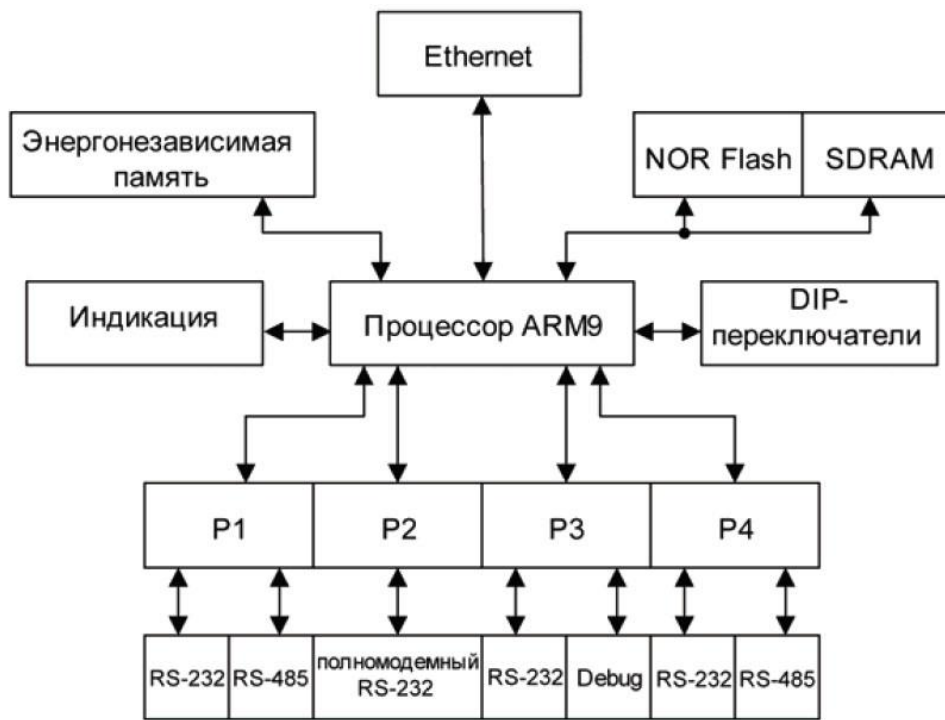


Рисунок 4.4 Функціональна схема ЕКОН134

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розроблено систему автоматизації позиціонування екструдера будівельного принтера радіального типу. А саме проведено аналіз об'єкта:

Розрахунок технічних і робочих характеристик, дослідження принципів роботи позиційних механізмів, створення математичної моделі контуру позиціонування платформи по висоті.

В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено кінематичну схему з елементами гідравліки. На основі кінематичної схеми розроблено функціональну схему автоматизації і сформовані вимоги до технічних засобів автоматизації. Розроблено наступні контури керування: контур позиціонування платформи по висоті; контур повороту платформи контур зміни довжини виліту стріли; контур позиціонування балансира.

Обрані технічні засоби автоматизації, які зможуть забезпечити позиціонування екструдера з точністю 1мм, а саме: датчі кута повороту, швидкості обертання, тиску; виконавчі механізми - двигуни, клапани, узгоджуючі пристрої; програмовані логічні контролери (ПЛК73 і ПЛК210-03-CS).

Для розробки SCADA запропоновано обрати середовище Simple Scada. Розроблені елементи SCADA системи для контурів позиціонування платформи по висоті, повороту платформи, зміни довжини виліту стріли, позиціонування балансиру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кулінченко Г.В., Леонтьєв П.В, Савенко А.В. Контур керування підйомом платформи будівельного 3D принтера на базі крокового двигуна //XX Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів», 2021. – м. Кременчук.
2. Edenhofer S., Radler S., Hob M., Von Mammen S. Self-organised construction with Revit // IEEE 1st International Workshops on Foundations and Applications of Self-Systems, FAS-W 2016.– 2016.– Pp. 160–161.
3. Labonnote N., Ronnquist A., Manum B., Ruther P. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities //Automation in Construction.– 2016.– Vol. 72.– Pp.347–366.
4. Гринчар Н.Г., Зайцева Н.А. Основы гидропривода машин Ч. 2// ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016.– Москва: – 565с.
5. Жданов А.В. Математическая модель распределителя позиционного гидропривода строительного дорожных машин// ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК, 2016. –№ 4 (148). –С.41 –44.
6. Кулинченко Г.В., Багута В.А., Коробов А.Г. Оценка характеристик мехатронно-го модуля на базе шагового двигателя// Вісник НТУ "ХПІ". – 2013. –№ 51 (1024). – С.43 – 53.
7. FNC 30B Clamping flange Series encoder[Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.dacpol.eu/index.php?controller=attachment&id_attachment=13353
8. TRASDUTTORE DI PRESSIONE, SEGNALE IN USCITA PROPORZIONALE PRESSURE TRANSMITTER, PROPORTIONAL OUTPUT SIGNAL datasheet [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.fox.it/Sites/615/WebExplorer/ECommerce/StrumentiDiMisura/PRESSIONE/PRESSIONE/Trasduttori%20Pressione/28%20-%20TR5.pdf>
9. АТЕК Sensor Technologies BFT 210 datasheet [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.alfasanayi.com/content/img/BFT/DS_BFT_002_BFT_210_Datasheet_EN_.pdf
10. Guráň M., Janota A., Holečko P. AUTOMATION OF SCADA SYSTEM DEVELOPMENT //Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering. – 2019. – Т. 12. – №. 2. – С. 73-77.
11. Kellers R. Home Automation Network MODBUS. – 2021.
12. Преобразователь интерфейса Ethernet–RS232/RS485 ЕКОН134– [Електронний ресурс]. 2021. - Режим доступу до ресурсу: https://owen.ru/uploads/24/re_ekon134_m01_2161.pdf