

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Факультет заочної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою системотехніки та
інформаційних технологій

_____ Худoley Г.М.

«__» _____ 2022 р.

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

" Система управління технологічним процесом
полива плівки на підшарово-лакувальній машині"

Керівник роботи

Сердюк І.В.

Бакалаврант:
студент групи СУз-81Ш

Гусар Д.Ю.

Шостка 2022 р.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ	5
2. ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ	11
3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	13
5 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА...	52
ВИСНОВОК	68
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	69

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ -автоматизоване робоче місце

АСУ ТП - автоматизована система управління технологічним процесом.

ВМ- виконавчий механізм.

ЛРЗ – лінія рівного згасання

ЕП- електро -пневматичний перетворювач

ОУ – об'єкт управління.

ПЛК – програмований логічний контролер.

САР – система автоматичного регулювання.

ТП – технологічний процес.

ПК – персональний комп'ютер.

ПЧ - перетворювач частоти.

ЦФ – цифровий фільтр.

ШІМ – широко імпульсна модуляція.

ВСТУП

Бакалаврська робота присвячена створенню системи управління процесом поливу плівки на машині підшарово-лакувальною (МПЛ).

Плівка з адгезійним шаром використовується в різних галузях промисловості (у будівництві, медицині, харчової промисловості). Основою плівки служить негорюча, прозора та хімічностійка плівка на яку наносять наступні функціональні шари. Товщина основи не є однаковою для всіх плівок. У більшості випадків вона знаходиться в діапазоні 50-350 мкм. Це пов'язано з двома взаємопротилежними вимогами: збільшення товщини основи позитивно впливає на розміру стійкість плівки при її обробці, монтажі та збереженні, але - зростає розсіювання випромінювання в товщі основи. Найуживанішими і фактично стандартними є плівки товщиною 100 мкм.

Машина підшарово-лакувальна призначена для нанесення адгезійних шарів на гнучку основу, дублювання та намотування в рулон.

Можливе просочування рулонних матеріалів. Нанесення адгезійних шарів здійснюється методом валика, що накидає.

Існуюча технологія поливу має такі недоліки:

- нерівномірний рух основи;
- недостатній контроль та управління процесу поливу, сушіння та очищення через застарілі прилади контролю та управління.

Всі ці недоліки призводять до нерівномірної товщини покриття, розриву основи, тобто погіршують якість виробу.

Для усунення цих недоліків у роботі пропонується:

1. Створення сучасної системи управління з урахуванням мікроконтролера.
2. Створення автоматизованого робочого місця оператора для централізованого керування.
3. Замінити застарілу контрольно-вимірвальну апаратуру та виконавчі механізми на сучасні

Проведення цих заходів дозволить покращити якості регулювання, покращить ергономіки праці операторів процесу, зберігати інформацію про перебіг технологічного процесу та аварійні ситуації.

Основний зміст викладено у наступних розділах: конструкторсько-технологічний аналіз об'єкта управління, аналіз інформаційних потоків об'єкта автоматизації, вибір каналів управління, сигналізації та блокувань, вибір засобів автоматизації, розрахункова частина.

1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Нанесення розчинів адгезійних шарів на ПЕТФ основу.

На машині встановлено поливний вузол з метою нанесення адгезійного шару (підшару) на один бік полотна ПЕТФ плівки та горизонтальне сушіння, що забезпечує послідовне сушіння адгезійних шарів. Спочатку машину заправляють для зручності вузької (600мм) ПЕТФ плівкою, згідно зі схемою заправки.

Основа з розмотування (рис. 1.1) проходить по роликах нерухомого валу механізму склейки, де відбувається склеювання кінця рулону, що розмотується, з початком нового за допомогою липкої стрічки. Полотно основи механізму склейки підтримується вакуумом. Безперервна робота машини забезпечується з допомогою використання основи обсягом 40 метрів магазину запасу.

Основа проходить через систему валиків розмотки, механізм склейки, магазин запасу.

Магазин запасу призначений для забезпечення безперервної подачі основи в тракт машини при зміні рулонів на розмоточній машині. Місткість магазину запасу 40 метрів. Магазин запасу виконаний у вигляді окремого вузла, що встановлюється в отворі правого каркаса.

На рамі, що встановлюється на шини, закріплені - нерухомий блок роликів і вертикальні напрямні. По напрямних переміщається каретка, що складається з щік із закріпленими на них петлеутворюючими роликами та напрямними роликами.

Каретка врівноважена вантажами, пов'язаними з нею за допомогою ланцюгової передачі.

Для гальмування каретки при різкому збільшенні швидкості (наприклад, обрив основи в тракті) служить привід уловлювача, що складається з електроприводу, обгінної муфти і пов'язаний з кареткою ланцюговою передачею

Для забезпечення прискореного заповнення магазину основою служить регулятор, що складається з датчика сільсини з редуктором, пов'язаний з кареткою ланцюговою передачею.

Для стопоріння каретки у верхньому положенні є клямки з приводом від пневмоциліндра.

У нижньому положенні при заправці основи каретка стопориться ручним фіксатором. На направляючій встановлені кінцеві вимикачі, що спрацьовують від упору при підході каретки у верхнє та нижнє крайні положення.

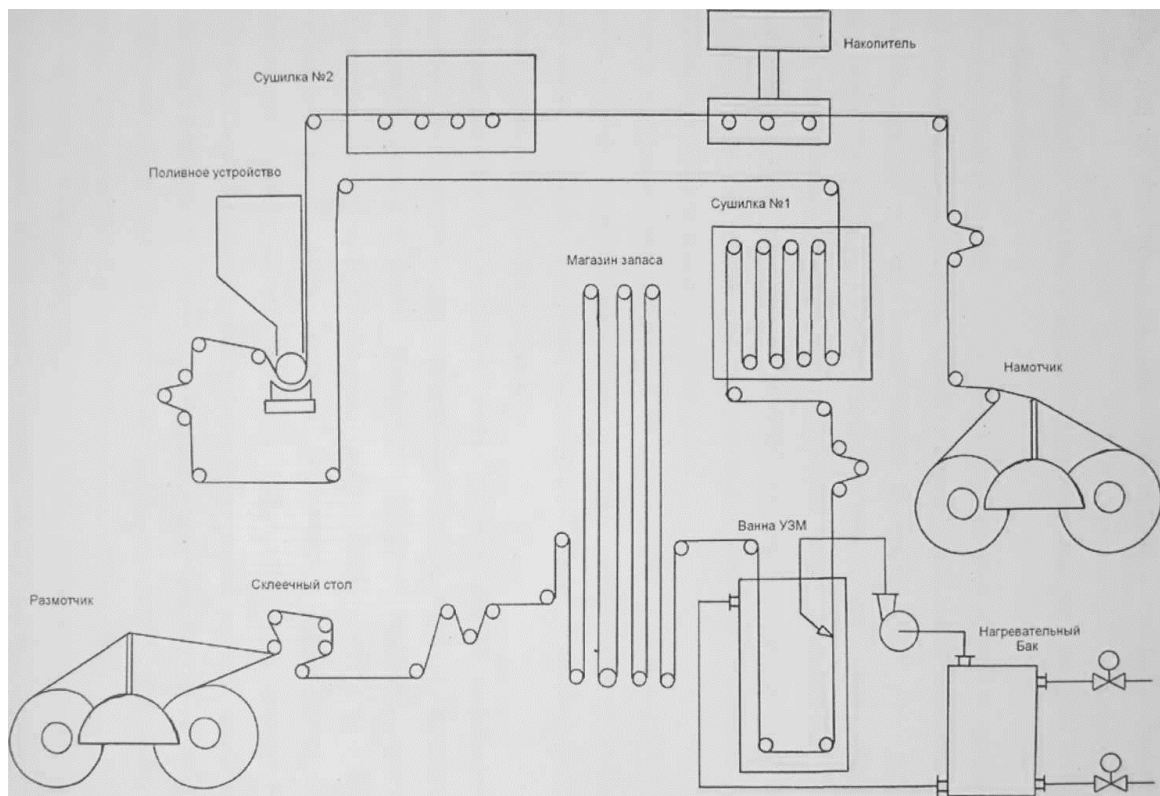


Рисунок 1.1 - Схема машины МПЛ.

При зміні рулонів на розмотувальній машині подача основи в тракт здійснюється за рахунок зменшення довжини петель основи при переміщенні каретки з роликami петлеутворюючими з крайнього верхнього положення вниз. Команда на відкриття засувки дається при гальмуванні основи на столику склеєчному від встановленого на ньому мікроперемикача.

Зміна рулонів на розмотувальній машині повинна бути зроблена до того моменту, коли каретка з петлеутворюючими роликami переміститься в крайнє нижнє положення і спрацює кінцевий вимикач нижнього положення, що дає сигнал на відключення електроприводу машини.

Переміщення каретки вниз здійснюється з допомогою зусилля, створюваного натягом основи. З положенням каретки заблоковано положення ротора сельсинного датчика регулятора, причому переміщення каретки з крайнього нижнього крайнє верхнє положення відповідає куту повороту ротора сельсина на 60° .

Сельсинний датчик видає керуючий сигнал у схему електроприводу збільшення швидкості приводу розмотує машини з метою заповнення магазину основою. Швидкість переміщення каретки зменшується в міру наближення її до крайнього верхнього положення і стає практично рівною нулю в момент спрацювання кінцевих вимикачів,

що дають сигнал спрацьовування засувки і припинення прискореної роботи приводу розмотує машини.

З магазину запасу основа надходить у ультразвукову ванну, де поверхні основи очищаються від забруднення, і сушарку машини попередньої обробки.

Ванна ультразвукова призначена для безперервного очищення поверхні від забруднень перед нанесенням покриттів. Як миючий розчин може бути використана дистильована вода або спиртовий розчин.

Гідросистема УЗМ призначена для підігріву миючої рідини, що використовується в ультразвуковій ванні до 60...80°C, автоматичної підтримки заданої температури та очищення рідини від механічних забруднень.

Рівень у ванні УЗМ не повинен опускатися нижче 150 мм

Постійна температура у ванні УЗМ підтримується за допомогою окремого нагрівача, що являє собою бак із встановленим у ньому електричним нагрівачем. Причому рівень нагрівального баку не повинен опускатися нижче, ніж 150 мм.

Сушарка №1 призначена для видалення вологи з поверхні основи після миття в ультразвуковій ванні. Спосіб сушіння струменевий. Витрата повітря 1600 м³/год. Температура повітря до 150°C.

Складається із двох повітроводів, закріплених на рамах правого каркасу.

Повітропроводи з'єднуються між собою трубами з отворами для подачі повітря на поверхню основи. Транспортування основи здійснюється за допомогою напрямних роликів, закріплених на рамах, які, у свою чергу, встановлені на перекладах правого каркасу. Натяг основи підтримується одному рівні з допомогою системи натягу.

Датчик натягу призначений для вимірювання величини натягу основи в процесі її проходження трактом машини з видачею сигналу в схему електроприводу для коригування роботи електродвигунів.

Промита і висушена основа, проходячи по роликах тягне і підтримує тракту, надходить у поливний вузол. При просуванні стрічкопротяжним трактом основа проходить через ряд регуляторів натягу, датчиків натягу і коригувальних пристроїв, які служать для забезпечення заданого натягу основи і для запобігання її зміщення в поперечному напрямку.

Поливна машина призначена для нанесення покриття на одну зі сторін основи.

На підставі, встановленому на окремому фундаменті в отворі каркасу, закріплена станина

пристрою для нанесення покриття, що складається з двох литих стійок, пов'язаних між собою за допомогою 4х стяжок.

На стійках встановлені траверси із закріпленими на них напрямними, за якими на кульках, що знаходяться в сепараторах, може переміщатися в обидві сторони на 50мм, за переміщенням полотна основи, верхня частина пристрою. З цією метою на траверсі встановлено гідроциліндр, шток якого шарнірно пов'язаний із верхньою частиною пристрою.

Переміщення відбувається автоматично за переміщенням основи, сигнал на переміщення надходить від датчика положення кромки, встановленого у верхній частині пристрою.

Крім того, передбачається керування положенням пристрою у неавтоматичному режимі. Верхня частина пристрою складається з кронштейнів, на яких по напрямних переміщуються повзуни з опорами валика, що накидає.

Регулювання початкового положення повзунів проводиться гвинтовими пристроями для регулювання зазорів з лімбами квінти яких пов'язані зі штоками гідроциліндрів переміщення повзунів.

Накидаючий вал занурений у кювету із розчином. Кювета шарнірно закріплена на важелях і може займати два положення у просторі. Переміщення здійснюється гідроциліндром із ходом поршня 48мм.

Точне положення кювети регулюється за допомогою гвинтів-упорів, встановлених на важелях.

У підшипникових опорах стояків, закріплених на станині, встановлений купальний вал.

Точне регулювання купаючого валу у двох напрямках здійснюється гвинтовим пристроєм з лімбом.

Як рушій основи на ділянці нанесення покриттів використовується рольганг, закріплений на рамі, яка кріпиться до поперечок каркасів.

Вакуум у рольгангу вручну підтримується лише на рівні близько 0,02 Мпа.

Зчеплення основи з валиком рольганга здійснюється за рахунок сил тертя, що виникають за наявності зниженого тиску в камері рольганга. Як джерело зниженого тиску використовується вентилятор, всмоктувальний патрубок якого з'єднується з камерою рольганга через повітропровід.

Обертання приводного валу рольгангу і валика, що накидає, здійснюється приводами, пов'язаними з ними за допомогою клинопасових передач.

На поливному вузлі наноситься проміжний шар. До складу поливного вузла входять: система живлення, бачок напірний, перетворювач, повітропідготовка, повітропровід,

золотникові розподільники.

Всі ці пристрої служать для живлення робочої машини робочими розчинами, робочою рідиною гідроциліндрів, повітрям для пневматичного датчика положення крайки основи. При поливі основи коливання швидкості основи не повинні бути більше 1%. Машина поливна працює в режимі валика, що накидає. Рівень у кюветі підтримується за допомогою вставних перегородок. Нанесення розчину на поверхню основи здійснюється при обертанні валика, що накидає. Поливна машина має датчик натягу та регулятор натягу.

Далі, після поливного вузла основа надходить у сушарку №2. Сушарка призначена для видалення поверхні основи вологи. Спосіб сушіння струменевий. Температура повітря, що сушить, не більше 100 °С, повинна підтримуватися в межах 90-100°С. Тиск в сушарці №2 близько 0,02 МПа.

Пройшовши зону сушарки №2, основа надходить на накопичувач. Накопичувач призначений для забезпечення безперервної роботи машини при зміні рулонів на намотувальній машині шляхом створення запасу основи. Корисна ємність накопичувача – 40 метрів основи. Накопичувач виконаний у вигляді окремого вузла, що встановлюється правому каркасі.

На рамі, що є збірною конструкцією з прокатних профілів, закріплені чотири вертикальні стійки, що служать для напрямку руху каретки. У щоках каретки, пов'язаних між собою стяжками та розпірками, встановлені петлеутворюючі ролики.

Каретка переміщається напрямними на роликах.

У нижній частині рами закріплено нерухомий блок роликів. Каретка врівноважена вантажами, що переміщуються в шахтах і пов'язаними з нею за допомогою ланцюгової передачі для гальмування каретки при різкому збільшенні швидкості, служить привід уловлювача, конструкція якого аналогічна приводу уловлювача магазину запасу.

Для забезпечення спорожнення накопичувача служить регулятор, що видає сигнал на прискорене обертання приводу намотувальної машини. Пристрій регулятора аналогічний регулятору магазину запасу.

Для стопоріння каретки в нижньому положенні при заправці основи служить ручний фіксатор.

На одній із напрямних встановлений кінцевий вимикач, що спрацьовує при підході каретки у крайне крайне положення.

Принцип роботи накопичувача аналогічний принципом роботи магазину запасу.

Нормальне положення каретки з петлеутворюючими роликами нижнє. При зупинці

приводу намотувальної машини для знімання сердечника, основа, що надходила з машини, приймається накопичувачем при переміщенні каретки з крайнього нижнього в крайнє верхнє положення.

Після накопичувача, основа надходить на намотник.

Машина намотувальна складається з намотника та пристосування для поділу рулонів.

Намотчик є двопозиційною рольною зіркою, що має ряд вузлів, аналогічних про машину розмотує.

Намотування політої основи в рулон на намотувальній машині проводиться за допомогою приводу, встановленого на станині.

2. ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ

Аналіз технологічного процесу дозволяє виділити найбільш суттєві параметри контролю, сигналізації та керування процесу полива плівки на підшарово-лакувальній машині.

Провівши аналіз інформаційних потоків було складено схему інформаційно - матеріальних потоків процесу поливу плівки (рис. 2.1). При виборі каналів управління визначаються, формалізуються та конкретизуються функції управління, взаємозв'язок процесу з іншими процесами, параметр управління та значення, на якому він має підтримуватись. Аналізується характер та відхилення об'єктовальних впливів на ОУ. Результат цього аналізу представлено у таблиці 2.1.

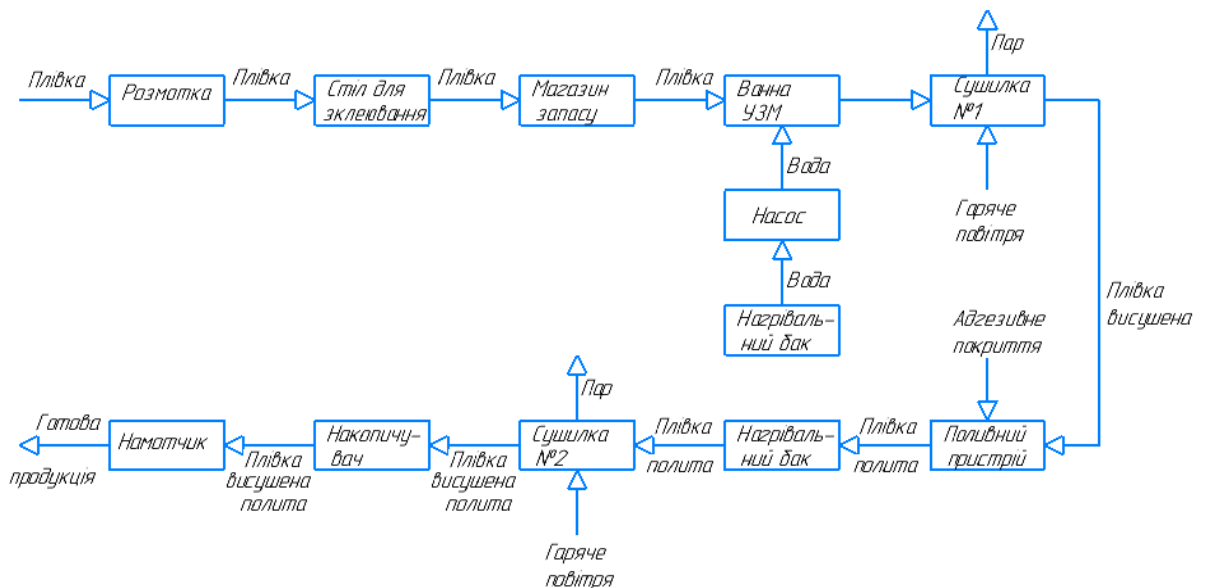


Рисунок 2.1 - Схема інформаційно-матеріальних потоків процесу поливу плівки.

Таблиця 2.1 – Параметри контролю, керування, сигналізації ТП полива плівки на підшарово-лакувальній машині.

Позиція	Контрольовані параметри	Точка технологічного процесу	Функція	Величина (діапазон вимірів)	Точність	Спосіб регулювання
1	Температура води	Ванна УЗМ	Контроль, реєстрація	(60 - 80)°С	1,0%	-
2	Температура води	Лінія подачі води у ванну УЗМ	Контроль, керування, реєстрація	(60 - 80)°С	1,0%	Управління за допомогою нагрівача
3	Рівень води	Ванна УЗМ	Керування, контроль, сигналізація,	150-450мм	1,0%	Управління оборотами двигуна
4	Рівень води	Нагрівальний бак	Контроль, керування, сигналізація	150-450мм	1,0%	Управління клапаном

Позиція	Контрольований параметр	Точка технологіч-	Позиція	Контрольований параметр	Точка технологіч-	Позиція
5	Тиск	Поливний пристрій	Керування, контроль	-0,02 МПа	1,0%	Управління за допомогою вакуумного насоса
6	Температура повітря	Сушарка №1	Керування, контроль, сигналізація,	150 °С	0,5%	Управління клапаном
7	Температура повітря	Сушарка №2	Керування, контроль, сигналізація,	(90 – 110) ° С	0,5%	Управління клапаном
8	Витрата повітря	Сушарка №1, сушарка №2	контроль, реєстрація, керування, сигналізація	0 - 1600м'/год	0,5%	Управління клапаном
9	Тиск	Сушарка №1, Сушарка №2	контроль, реєстрація	0,02 МПа	0,5%	-
10	Швидкість обертання	Вал поливного пристрою	контроль, керування, реєстрація	86 об/хв	0,5%	Управління оборотами двигуна
11	Натяг	Перед: - намотником; -сушаркою 1; -магазином запасу; -поливним пристроєм	Контроль, реєстрація	0.1кН	0,5%	Управління за допомогою ПЧ
12	Довжина	Вузол намотування	контроль, реєстрація	0..99999м	0,5%	-
13	Швидкість проходження основи у тракті	Поливний пристрій МПЛ	Контроль, керування,	3-30 м/хв.	1,0%	Управління за допомогою ПЧ

3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1. Вибір каналів керування, сигналізації та блокувань.

Як об'єкт управління розглянемо поливний пристрій МПЛ.

За технологічним регламентом необхідно підтримувати температури у сушарці на постійному рівні. Для регулювання температури в сушарках необхідно керувати витратою потоку гарячого повітря, що надходить у сушарки. Також у сушарках необхідно контролювати тиск.

Для отримання якісного продукту необхідно регулювання натягу основи в чотирьох точках тракту - перед магазином запасу, перед сушаркою №1, перед поливним вузлом (для якісного нанесення шару) і перед намотчиком для рівного намотування основи.

У схемі управління розподільників дозаторів має бути блокування, що розмикає контакт із схеми електроприводу. Контакт замкнений при працюючому електроприводі. Увімкнення електродвигунів неможливе при зупиненій машині. У разі відключення приводу машини автоматично вимикаються електродвигуни розподільників дозаторів. Для отримання однакової товщини политого шару необхідний контроль та управління швидкістю обертання валика, що накидає.

Для забезпечення більш якісного процесу поливу та намотування плівки повинна бути можливість регулювання та контролю величини вакууму в рольгангах.

У нагрівачі повинна підтримуватись постійна температура 60...80°C. Для реалізації цієї можливості регулювання температури необхідно керувати увімкненням/вимкненням електричного нагрівача, що обігріває УЗМ. Температура на виході нагрівача УЗМ підтримується незмінною. Також для запобігання аваріям контролюється та сигналізується рівень у нагрівачі УЗМ.

У ванні УЗМ необхідний контур підтримки заданого рівня (150мм). При зниженні рівня нижче заданого необхідний автоматичний долив кількості води, що бракує. У ванні УЗМ потрібна можливість контролювати температуру.

3.2 Локальні контури управління та опис каналів контролю та управління.

3.2.1 Контур контролю та реєстрації температури води у ванні УЗМ.

Розглянемо контур контролю температури води у ванні УЗМ (рис.3.1)

Контур №1 складається з датчика температури (поз. 1а), при зміні температури на виході датчика виробляється сигнал 4-20мА. Цей сигнал на поступає на ПЛК (поз. 1б), далі мікроконтролер передає дані за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається реєстрація та контроль показників зміни температури води у ванні УЗМ.

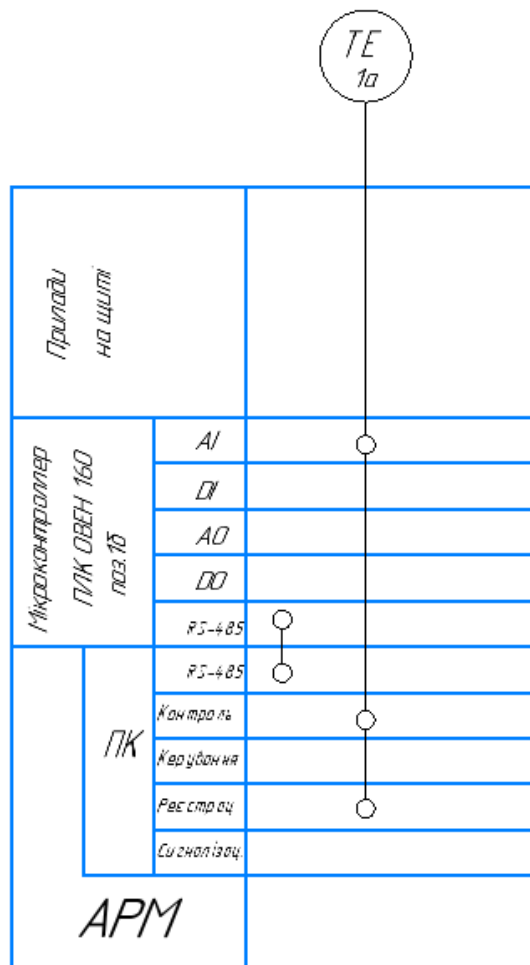


Рисунок 3.1. Робота контролю та реєстрації температури води у ванні УЗМ.

3.2.2 Контур контролю та керування температури води на лінії подачі води у ванну УЗМ .

Розглянемо контур контролю, керування та реєстрації температури води у ванні УЗМ (рис.3.2). Контур №2 складається з датчика температури (поз. 2а), при зміні температури на виході датчика виробляється сигнал 4-20мА. Цей сигнал на поступає на ПЛК (поз. 1б), далі мікроконтролер передає дані за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація та керування показників зміни температури води у ванні УЗМ. Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, який подається на твердотільне реле NS, яке вмикає нагрівач Е1.

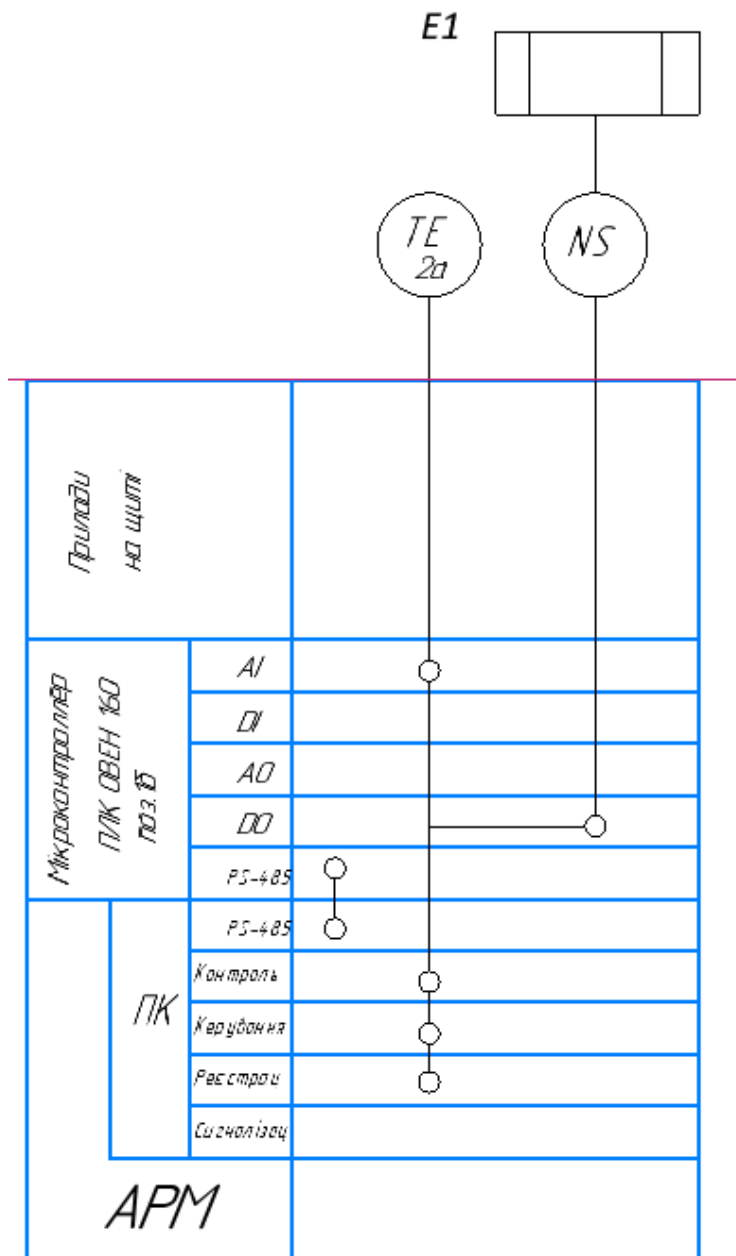


Рисунок 3.2. Робота контуру контролю, керування та реєстрації температури води у ванні УЗМ.

3.2.3 Контур контролю, сигналізації та керування температури та витрати повітря в сушарці №1.

Розглянемо контур контролю, керування та сигналізації температури та витрати повітря в сушарці №1 (рис.3.3). Контур №3 №4 складається з датчика температури (поз. 3а), при зміні температури на виході датчика виробляється сигнал 4-20мА, а також з витратоміра повітря (поз.4а). Ці сигнали поступають на ПЛК (поз. 1б), а далі мікроконтролер передає дані по зміні температури та витраті повітря за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація та керування показників у сушарці №1 .

Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, який подається на перетворювач сигналу FY(поз.4б) , далі сигнал надходить на регулюючий орган (поз.4в), який регулює витрати повітря в сушарці №1. надходить на орган регулювання (поз.6д).

Також ПЛК передає сигнал, про зміну температури повітря, на АРМ, сигнальною лампою НЛ1 та сигнальним дзвінком НА1.

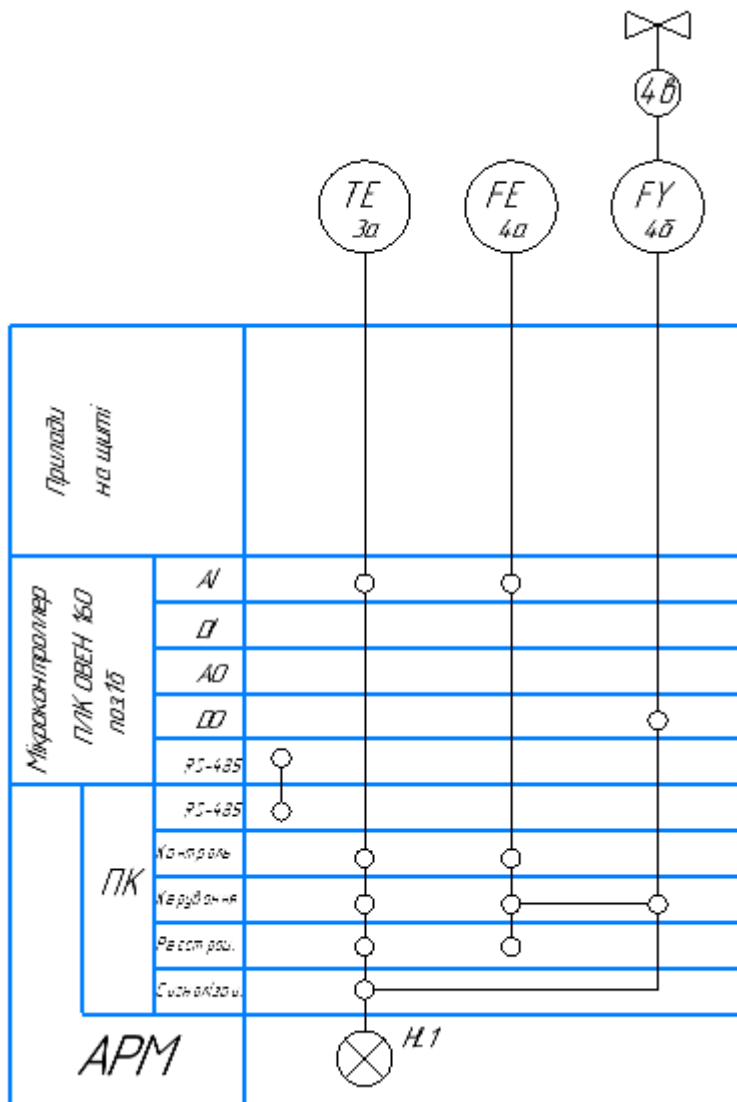


Рисунок 3.3. Робота контуру контролю, керування, сигналізації та реєстрації температури та витрати повітря в сушарці №1.

3.2.4 Розглянемо контур контролю, керування та сигналізації температури та витрати повітря в сушарці №2. Контур №5№6 будується аналогічно попередньому контуру №3№4 (див.п.3.2.3), на таких же засобах автоматизації.

3.2.5 Контур контролю та реєстрації тиску в сушарці №1 .

Розглянемо контур контролю та реєстрації тиску в сушарці №1 (рис.3.4). Контур №7 складається з датчика тиску (поз.7а) , який виробляє сигнал 4 - 20 мА, що подається ПЛК (поз. 1б), а далі мікроконтролер передає дані по зміні тиску за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль та реєстрація показників тиску у сушарці №1

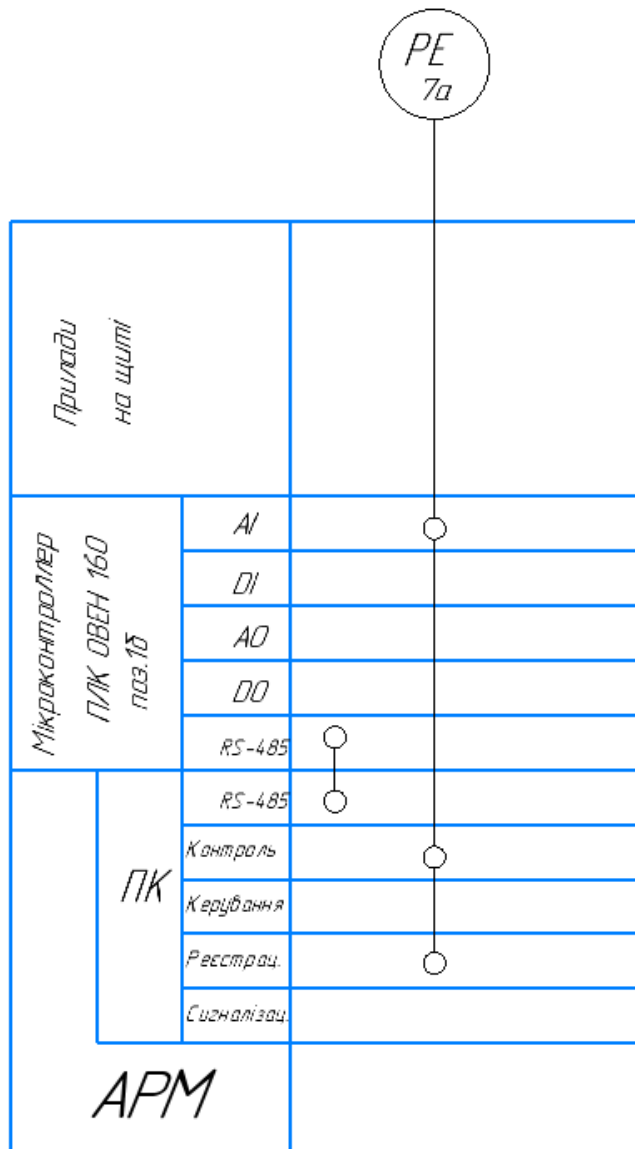


Рисунок 3.4. Робота контролю та реєстрації тиску в сушарці №1.

3.2.6 Контур контролю та реєстрації тиску в сушарці №2.

Розглянемо контур контролю та реєстрації тиску в сушарці №2. Контур №9 будується аналогічно попередньому контуру №7 (див.п.3.2.5), на таких же засобах автоматизації.

3.2.7 Контур керування та контролю тиску в поливному пристрої .

Розглянемо керування та контролю тиску в поливному пристрої рис.3.5. Контур №8 складається з датчика тиску в рольгангу поливного пристрою (поз.8а). Необхідна

величина вакууму встановлюється за допомогою системи керування вакуумною установкою СКВУ(поз.8б), яка передає сигнал на ПЛК (поз. 1б), далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, що подається на двигун вакуумного насосу М7.

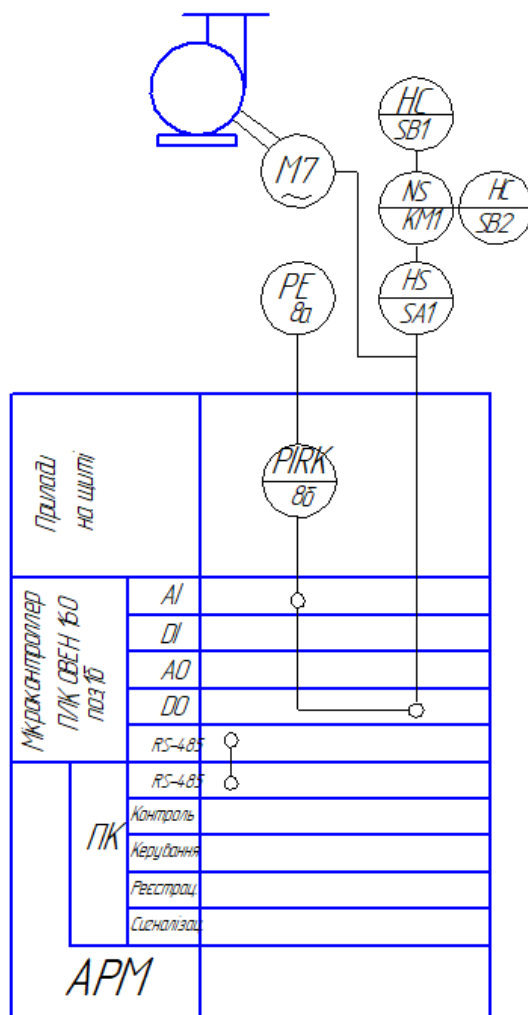


Рисунок 3.5. Робота керування та контролю тиску в поливному пристрої.

3.2.8 Контур контроль, керування, реєстрації та сигналізації рівня .

Розглянемо контроль, керування, реєстрації та сигналізації рівня води в ванні УЗМ рис.3.6. Контур №10 складається з датчика рівня (поз.10а), який при зміні рівня води виробляє сигнал 4 - 20 мА, ПЛК (поз. 1б), а далі мікроконтролер передає дані за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація, сигналізація та керування показників рівня в ванні.

Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, що подається на двигун насоса М5. Також ПЛК передає сигнал, про зміну температури повітря, на АРМ. Якщо рівень у ванні падає нижче заданого (150мм), то загориться світлодіод HL3 "Рівень

низький" та вмикається насос для доливання води. Якщо рівень у ванні досягає аварійного значення (50мм), загориться світлодіод HL4 "Рівень аварійний» та сигнальним дзвінком НА1.

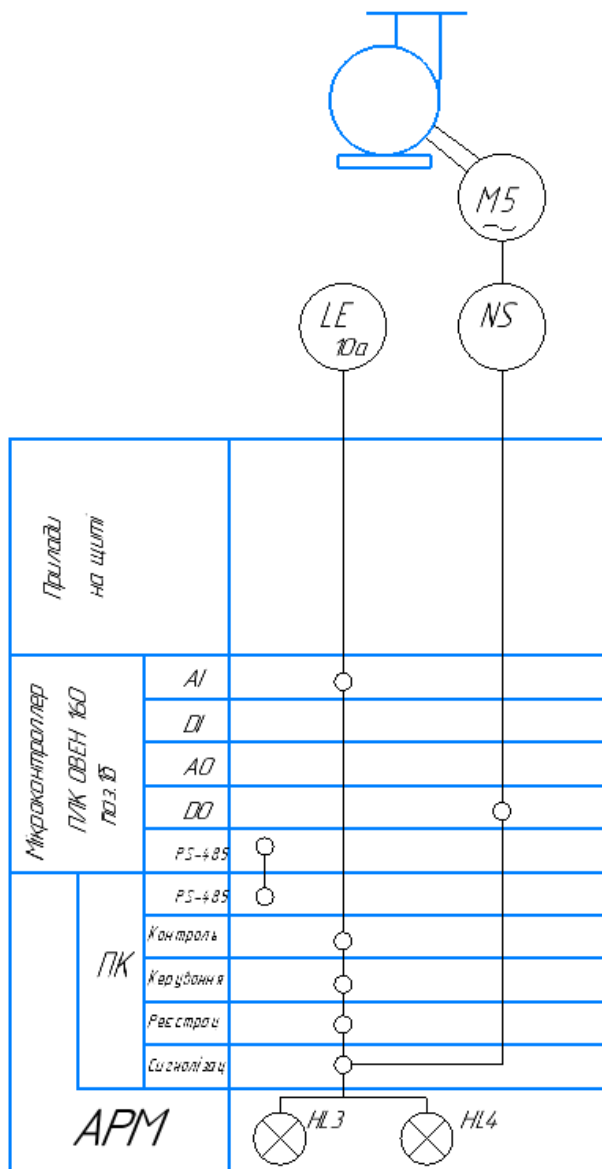


Рисунок 3.6. Робота контроль, керування, реєстрації та сигналізації рівня води в ванні УЗМ.

3.2.9 Контур керування, контролю та сигналізації рівня в нагрівальному баку.

Розглянемо контроль, керування та сигналізацію рівня води в нагрівальному баку рис.3.7. Контур №11 складається з датчика рівня (поз.11а), який при зміні рівня води виробляє сигнал 4 - 20 мА, ПЛК (поз. 16), а далі мікроконтролер передає дані за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація, сигналізація та керування показників рівня в ванні. Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, який

подається на перетворювач сигналу LY (поз.11б), далі сигнал надходить на регулюючий орган (поз.11в), який регулює рівень води.

Також ПЛК передає сигнал, про зміну рівня води в нагрівальному баку, на АРМ, сигнальною лампою HL5 та сигнальним дзвінком HA1.

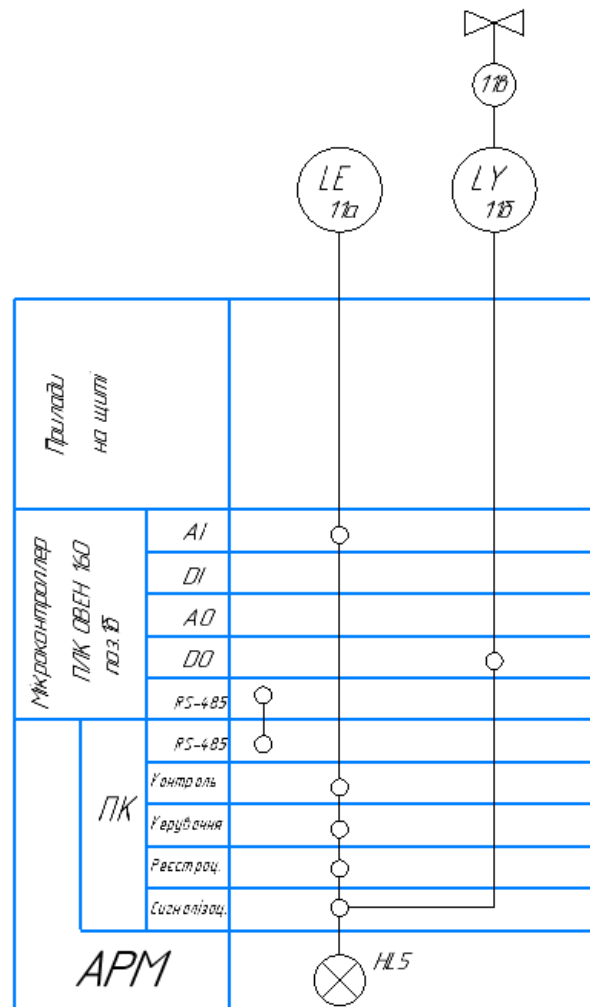


Рисунок 3.7. Робота контроль, керування та сигналізацію рівня води в нагрівальному баку.

3.2.10 Контур регулювання, контролю та реєстрації натягу та проходження основи в тракті.

Розглянемо контур регулювання, контролю та реєстрації натягу та проходження основи в тракті рис.3.8. Схема автоматизації передбачає управління, контроль і реєстрацію натягу та швидкості проходження основи в тракті в 4 точках тракту машини: перед магазином запасу, перед сушаркою №1, перед поливним вузлом (для якісного нанесення шару) і перед намотником для рівного намотування основи. Контур №12 складається з силовимірною тензорезисторного датчика (поз.12а) та енкодера (поз.13а), які передають сигнал на , ПЛК (поз. 1б). Мікроконтролер передає дані за допомогою

інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація та керування показників натягу основи. Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, який подається на перетворювач частоти SYC (поз.13б), далі сигнал подається на двигун насоса М1.

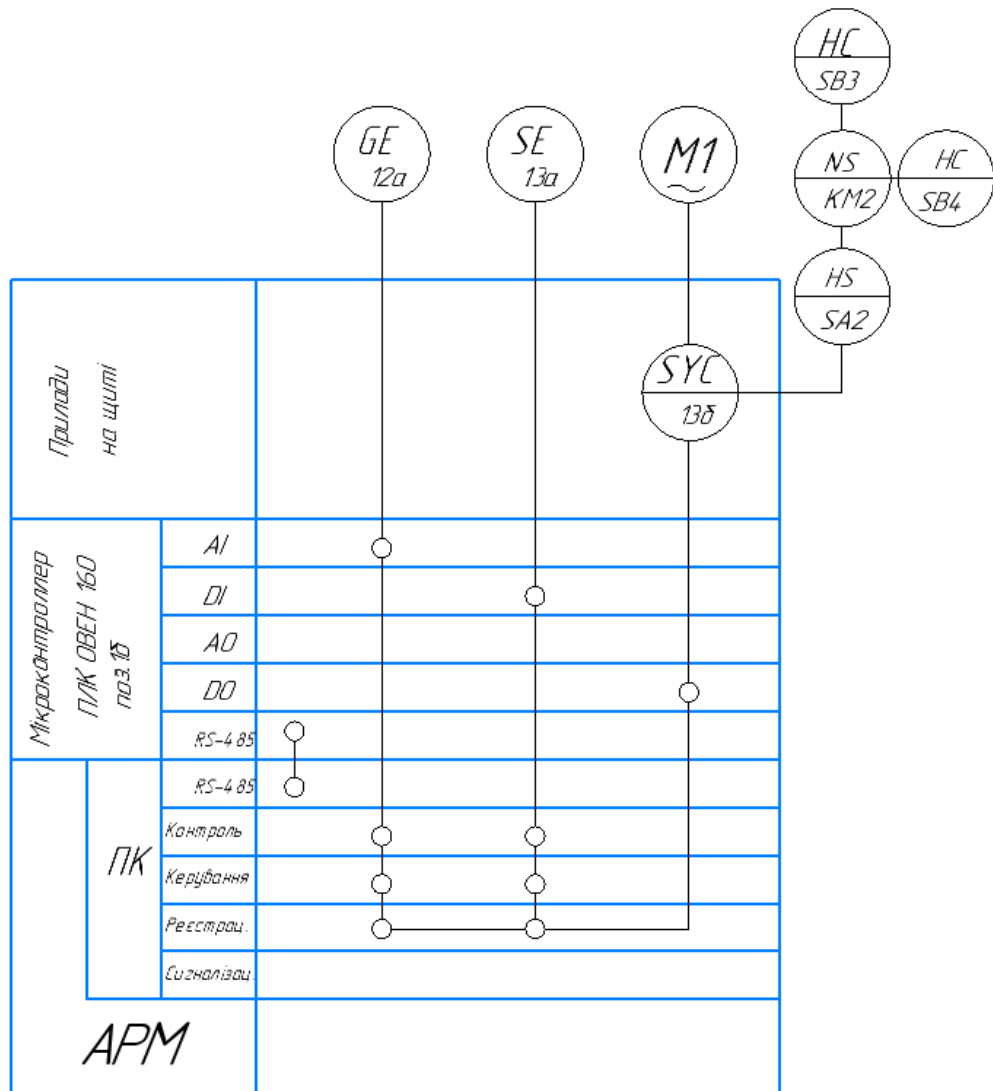


Рисунок 3.8. Робота контуру регулювання, контролю та реєстрації натягу та проходження основи в тракті.

3.2.11-3.2.13 Контури регулювання, контролю та реєстрації натягу та проходження основи в тракті.

Розглянемо контури №№14, 19 регулювання, контролю та реєстрації натягу та проходження основи в тракті. Ці контури будується аналогічно контуру №12 (див.п.3.2.10), на таких же засобах автоматизації.

3.2.14 Контур регулювання, контролю та реєстрації швидкість обертання поливного валу.

Контур №20 (рис 3.9) складається з енкодера (поз.20а), який передають сигнал на ПЛК (поз. 1б). Мікроконтролер передає дані по швидкість обертання поливного валу за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контроль, реєстрація та керування показників швидкості обертання поливного валу. Далі мікроконтролер виробляє керуючий сигнал величиною 0-5 мА, який подається на перетворювач частоти SYC (поз.20б), далі сигнал подається на двигун насоса МЗ.

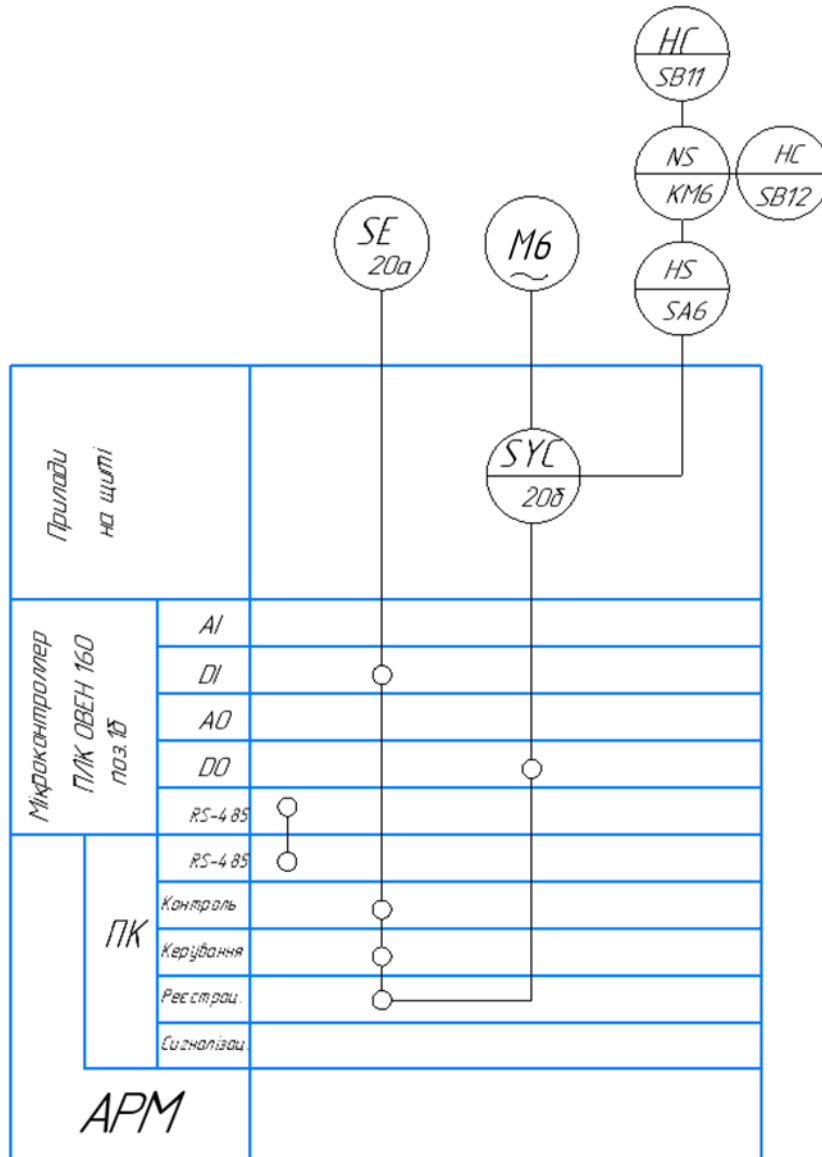


Рисунок 3.9. Робота контуру швидкості обертання поливного валу.

3.2.15 Контур контролю та реєстрації метражу політої плівки у вузлі намотування.

Контур №21 (рис 3.10) складається з енкодера (поз.20а), який передають сигнал на ПЛК (поз. 1б). Мікроконтролер тут працює, як лічильник імпульсів, передає дані по довжині політої плівки за допомогою інтерфейсу RS-485 на ПК, що знаходиться на

автоматизованому робочому місці АРМ, де відбувається контролю та реєстрації метражу політої плівки.

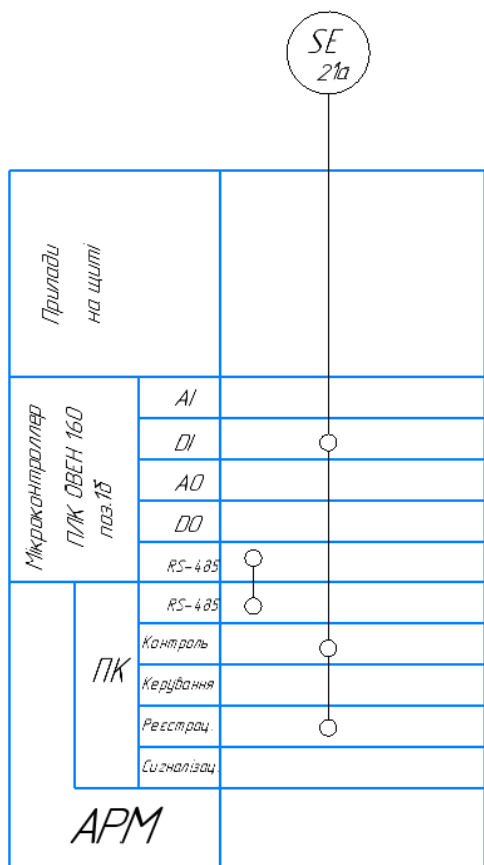


Рисунок 3.10. Робота контуру контролю та реєстрації метражу політої плівки.

3.3 Вибір засобів автоматизації.

Стійке та ефективне функціонування систем управління неможливе без точної первинної інформації про стан параметрів об'єкта регулювання. Завдання проекту, забезпечення функціонування системи в жорстких умовах експлуатації засобів автоматизації, вплив абразивних середовищ, вібраційних навантажень, впливу температури та вологості навколишнього середовища.

Створення та впровадження автоматизованих систем управління з використанням обчислювальної техніки висувають підвищені вимоги до засобів автоматизації.

Застосування автоматизованих систем управління неможливе без розвиненої бази контрольно-вимірювальних приладів, первинних перетворювачів, що здійснюють зв'язок цих систем з об'єктами управління, а також без надійних виконавчих механізмів. Отже, використання автоматизованих систем управління має супроводжуватися створенням досконалих і надійних засобів автоматизації.

Надійність роботи апаратури автоматизації знижує час простоїв, а також забрудненість технологічних апаратів та трубопроводів.

Після вибору регулюючих величин і каналів внесення регулюючих впливів, а також після вибору контрольованих та сигналізованих величин робимо вибір засобів автоматизації.

3.3.1 Вибір силовимірювальних тензорезисторних датчиків

Для контролю, керування та реєстрації натягу основи в тракці в контурах №№12, 14, 16, 18 даного ТП, виберемо датчики, які мають найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указаних контурів.

Таблиця 3.1 – Таблиця параметрів силовимірювальних тензорезисторних датчиків.

Датчик	9035ДСТ	4126ДСТ	С2
Номінальне зусилля, кН	0,5	100	0,5
Клас точності	0,1	0,25	0,1
Ступінь захисту оболонки	IP54	IP54	IP67
Напруга живлення.	12	12	12
Ціна, грн	400	600	600

Оскільки датчик 4126 ДСТ має номінальне зусилля 100,0 кН і категорію точності 0,25 він даватиме не досить точні показання. Оскільки ми будемо змінювати натяг до 0.1 кН, то ми вибираємо датчик 9035 ДСТ, тому що він має відповідні технічні характеристики і найнижчу ціну. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.11.

Також будемо використовувати нормуючий перетворювач для тензометричних датчиків ADN5/77 15/20 з наступними характеристиками:

- Напруга живлення, номінальна: - 30 В постійного струму.
- Напруга живлення, граничні значення: - від 20 до 36 В постійного струму.
- Виконання корпусу – IP 65.
- Потужність, не більше 4 Вт.
- Напруга живлення тензодатчиків, що забезпечується перетворювачем - $(5 \pm 0,1)$ постійного струму.
- - 110x60x40 мм.
- Діапазон робочих температур – від мінус 20 до плюс 50°C.
- Маса виробу, кг – не більше 0,4 кг;
- Діапазон тензочутливості первинних вимірювальних перетворювачів – 1,6...3 мВ/В.

Метрологічні характеристики:

- Основна наведена похибка трохи більше 0,03%.
- Додаткова похибка:
 - Додаткова похибка:
 - від зміни температури довкілля трохи більше 0,02 % на 10°C;
 - від зміни напруги живлення у діапазоні граничних значень не більше 0,01 %/В;
 - від зміни опору навантаження в діапазоні граничних значень не більше 0,05% струмового виходу.

Розрахунковий термін служби перетворювача 10 років.



Рисунок 3.11- Тензорезистивний датчик 9035 ДСТ.

3.3.2 Вибір датчика температури

Для контролю, керування, та реєстрації температури води у ванні УЗМ та її лініях подачі води в контурах №№1, 2 та для контролю, керування, сигналізації та реєстрації температури повітря у сушилках 1 та 2 в контурах №№3, 4 даного ТП виберемо датчики, які мають найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указаних контурів.

Таблиця 3.2 – таблиця параметрів датчиків температури

Датчик	ДТС3105	ДТС014	ДТП015
Діапазон вимірювань, °C	-50..+120	-50..+150	-40..+600
НСХ	Pt1000	50M	L(XK)
Допустимий тиск	1,6 МПа	0ДМПа	ЮМПа
Ступінь захисту	IP54	IP54	IP54
Похибка, °C	(0,3+0,005 t)	(0,5 +0,005 t)	(0,3+0,005 t)
Ціна, грн	300	70	200

По діапазону температур всі датчики підходять, але ДТП015 даватиме менш точні показання, оскільки діапазон вимірювань у нього більший. Зробивши висновки, для контролю, керування, сигналізації та реєстрації температури повітря у сушилках 1 та 2, вибираємо датчик температури платиновий ДТС3105. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.12.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики ДТС3 105-РТ1000.В2.

Температура середовища	-50...+120 °C
Похибка	(0,3+0,005 t) °C
Допустимий тиск	1,6 МПа
Довжина монтажних частин:	70 мм, 120 мм, 220 мм
Тип сенсора	Pt1000 PCA1.2010.10L

Матеріал захисної арматури	12X18H10T
Схема підключення	2-х провідна
I Ступінь захисту	IP54



Рисунок 3.12- датчик температури платиновий ДТС3 105-PT1000.B2.

Для контролю, керування, та реєстрації температури води у ванні УЗМ та її лініях подачі води в контурах №№1, 2 виберемо нормуючий перетворювач НПТ1. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.13.

3.2.3 Вибір датчика рівня для контурів №10, №11.

Для контролю, керування, реєстрації та сигналізації рівня води в ванні УЗМ (поз.10а) та нагрівальному баку та в мірній ємності (поз.11а) даного ТП, виберемо датчик, який має найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указаних контурів.

Таблиця 3.5 – характеристики датчиків рівня

Тип датчика	Поплавковий магнітострикційний	Ультразвуковий рівнемір
Модель	NIVOTRACK	Prosonic M FMU40
Діапазон вимірів, м	0,5-10	до 5
Температура, °C	-40..+130	-40..+80
Вихідний сигнал	4. .20mA, HART	4. .20mA з HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus
<u>Ступінь захисту</u>	IP67	IP68
Тиск, МПа	2,5	0,2
I Похибка, мм L_	± 1	±2 або 0.2% від встановленого діапазону вимірювання
1 Ціна	7500	7000

Всі прилади проходять критерії відбору (придатні температура вимірюваної рідини, межа вимірювання, ціна), але ми робимо вибір на користь ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU40 так, як він має меншу ціну.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики нормуючого перетворювача НПТ1.

Номінальне значення напруги живлення (постійного струму)	24 В
Діапазон допустимої напруги живлення (постійного струму)	12-36В
Споживаний струм, не більше:	
- для робочого режиму	35 мА
- для режиму конфігурування (живлення здійснюється від USB-Host)	50 мА
Номінальний діапазон вихідного струму	0-20 мА, 4-20 мА
Функція перетворення вхідних сигналів	монотонно зростаюча або спадна
Нелінійність перетворення, не гірша	$\pm 0,1\%$
Розрядність аналого-цифрового перетворювача, не менше:	
- при роботі з термометрами опору	15 біт
- При роботі з термопарами	14 біт
Розрядність ЦАП не менше	11 біт
Опір кожного з'єднувального дроту, що з'єднує перетворювач з датчиками, не більше	100 Ом
Допустиме відхилення опорів проводів при трипровідній схемі підключення ТЗ, не більше	0,01% від R0
I Номінальне значення опору навантаження (при напрузі живлення 24 В)	250 Ом $\pm 5\%$
I Максимальний допустимий опір навантаження (при напрузі живлення 36 В) *)	1200 Ом
Пульсації вихідного сигналу	0,6%
Час встановлення робочого режиму	15 хв
Час встановлення вихідного сигналу після	1 с
Час безперервної роботи	Цілодобово
Інтерфейс зв'язку з ПК	USB2.0 Full Speed
габаритні розміри	98x82x22 мм
Маса, не більше	500 г
Середнє напрацювання на відмову, не	500 000 год
Середній термін служби, не менше	12 років
Ціна	700грн



Рисунок 3.13- нормуючий перетворювач НПТ1.

Вибраний датчик рівня буде застосований у контурах автоматичного регулювання рівня води у ванні УЗМ та контурі контролю та сигналізації рівня води в нагрівальному баку.

Принцип дії рівнеміра заснований на вимірі часу проходження хвилею відстані від датчика до рівня рідини. Саме на межі рідина-газ або газ-сипучі матеріали відбувається відображення хвилі. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.14.



Рисунок 3.14 – Датчик рівня Prosonic M FMU4.

3.2.4 Вибір лічильника метражу для контурів №21.

Для контролю та реєстрації метражу політої плівки у вузлі намотування (поз.21а) даного ТП, виберемо датчик, який має найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указанного контуру.

Лічильник метражу на базі енкодера Antonies ENC. Енкодер Antonies ENC має колесо з гумовим покриттям, яке притискається до полотна, яке видає на лічильник 1 імпульс на кожен метр пробігу по плівці.

Покази таймера відповідають вимірюваній кількості метрів плівки. До лічильника можна підключити виконавчий пристрій, який активуватиметься при досягненні заданої (запрограмованої у лічильнику) кількості матеріалу.

Таблиця 3.6 - Склад та характеристики лічильника метражу на базі енкодера Antonies ENC.

Найменування	Модель	Характеристики	живленн я	Ціна грн.
Енкодер із мірним колесом	ENC	1 імп./м Вихід: Комплементарні. вихід. Вихід NPN, відкритий колектор. Вихід за напругою. Час відгуку: макс. ІМКС Захист: IP50	5-24VDC	900
Цифровий лічильник- таймер	СТ6	2 індикатори по 6 розрядів, скидання, рахунок	100-240 VAC 24-60	750

Лічильник довжини СД-15.

Призначений для вимірювання довжини різних довгомірних плоских виробів, наприклад, плівки, стрічки транспортеру, паперу, листового металу.

Програмне забезпечення лічильника дозволяє виконувати такі функції:

- корекція залежно від діаметра лічильного ролика; корекція за результатами пробних вимірювань;
- програмування лічильника на 21 довжину, кожна з яких можна змінити;
- видача сигналу на виконавчі механізми і пристрої, що комутують, перед досягненням запрограмованої довжини (величина попередження встановлюється в метрах і сантиметрах і програмується користувачем), дана функція дозволяє реалізувати, наприклад, гальмування при перемотуванні електроприводом, подачу звукового або світлового сигналу;

- Видача сигналу після досягнення запрограмованої довжини, цей сигнал спалив керувати, наприклад, зупинкою, обрізкою, подачею звукового або світлового сигналу.

Табло лічильника має п'ять розрядів, три перші відображають метри, два останні – сантиметри. Таким чином точність, що відображається на табло, становить 1 см.

При обертанні лічильного ролика у протилежному напрямку, відлік довжини проводиться у зворотний бік, таким чином, випадковий рух кромки назад не впливає на точність виміру.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики лічильника СД-15

Точність виміру,	±0,
Електроживленн	220
вага, кг	3
Ціна, грн	260

Електронний лічильник метражу, швидкості стрічки, тканини, плівки МТ-511.

Прилад для вимірювання довжини та швидкості тканини, стрічки.

Таблиця 3.8 - Технічні характеристики лічильник метражу МТ-511

Діапазон підсумовування, м	99999
Межі вимірювання та визначення довжини,	0...999,99
Точність вимірювання довжини, м	0,001
Діапазон вимірювання швидкості, м/хв	0...999
Точність вимірювання швидкості, м	0,1
Діапазон установки імпульс, еквівалентів	0...5,0000
живлення	220 ±10 %, 50
Габаритні розміри, мм	72x72x120

Ціна: 1600 грн.

Вибір робимо на користь лічильника метражу на базі енкодера Autonics ENC, оскільки він має найменшу ціну і всі відповідні параметри.

Енкодер Autonics ENC використовуватиметься в контурі контролю метражу політої плівки у вузлі намотування. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.15.



Рисунок 3.15 – Енкодер Autonics ENC.

3.2.5 Вибір універсальних витратомірів для контурів №4 та №6.

Для контролю, керування та реєстрації витрати повітря у сушарках 1(поз.4а) та 2 (поз.6а) даного ТП, виберемо датчик, який має найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указаних контурів.

Таблиця 3.9 – характеристики універсальних витратомірів.

Модель	Вихровий занурювальний витратомір DVE-R	Вихровий витратомір DVH-R
Діапазон вимірів витрати, м ³ /год	0..2000	0..9000
Діапазон тиску,	-200...+260	-40...+260
Вихідний сигнал	4..20, HART, Modbus протокол	4..20, HART
Напруга живлення,	12..36	12..36
Похибка	0,1%	0,1%
Ціна, грн	7500	7500

Вибір робимо на користь вихрового витратоміра DVE-R, оскільки у нього найбільш відповідний діапазон вимірювань витрати і тиску. Даний універсальний витратомір буде

використовуватися в контурах контролю величини тиску в сушарках і контурі контролю, регулювання та сигналізації температури та витрати в сушарках №1 та №2. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.16.



Рисунок 3.16 – вихрового витратоміра DVE-R.

3.2.6 Вибір датчика тиску для контурів №7, №9.

Для контролю, реєстрації тиску в сушарках 1 (поз.7а) та 2 (поз.9а), даного ТП, виберемо датчики, які мають найбільш відповідні характеристики та функції, для вище указаних контурів.

Для оптимального вибору, порівняємо технічні характеристики двох датчиків тиску, які мають вихідний уніфікований сигнал, це датчики Сапфір 22ДІ та Сапфір 22ДД. Розглянемо їх основні характеристики в таб.3.10:

Таблиця 3.10 – Порівняльні параметри датчиків Сапфір 22ДІ та Сапфір 22ДД.

Основні характеристики	Сапфір 22ДД	Сапфір 22ДІ
Надлишковий тиск (верхня межа)	1,6 кгс\см ²	1,6 кгс\см ²
Клас точності	±0,25%	±0,15%
Напруга живлення	12 - 36 В	12 - 36 В
Вид вихідного сигналу	4 – 20 мА	0...5мА, 0...20мА, 4...20мА
Захист від пилу та води	IP 65	IP 65
Матеріал корпусу	12X18Н10Т	12X18Н10Т
Ціна, грн	3500	3290

Вибір робимо на користь перетворювач надлишкового тиску Сапфір 22ДІ, оскільки у нього найбільш відповідний діапазон вимірювань тиску. Цей датчик найбільш підходить для

вимірювання тиску в даному технологічному процесі, наш діапазон вимірювання тиску до $1,25 \text{ кгс/см}^2$ має допустиму точність вимірювання тиску, і меншу ціну.. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.3.17.



Рисунок 3.17 – Датчик тиску Сапфір 22ДІ

3.3 Вибір виконавчих механізмів.

3.3.1 Вибираємо виконавчий механізм, що забезпечує регулювання за допомогою зміни поперечного перерізу трубопроводу.

Клапан запірно-регулюючий односідельний фланцевий з електричним виконавчим механізмом (ЕІМ) 25нж947нж.

Таблиця 3.11 – Матеріали основних деталей.

Найменування	25нж947нж
Корпус, кришка	12Х18Н9ТІ
Деталі затвора	Сталь 14Х17Н2
Сальникове набивання	графлекс
Прокладки	Пароніт ПК

Клапан запірно-регулюючий односідельний фланцевий з електричним виконавчим механізмом (ЕІМ) 25ч945п.

Таблиця 3.12– Технічні характеристики

Діаметр номінальний, DN, мм	25
Умовна пропускна здатність, K_{vu} , м ³ /год	1.6
Допустима швидкість протікання води в затворі при $R_{исп.}=1,6$ МПа, см ³ /хв, не більше	5
Тиск номінальний PN, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$)	2,5 (25)
Перепад тисків трохи більше, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^3$)	1,6(16)
Температура довкілля, °С	Від - 25 до + 50
Температура робочого середовища, °С	Від - 40 до + 450
Характеристика робочого середовища	Повітря, вода, луг, перекис водню. Хлор сухий, газоподібний і рідкий з вологістю до 0,04% мас. частки, хлористий водень-29%, вінілхлорид-64% та інші середовища, по відношенню до яких використовуються корозійностійкі матеріали.
Приєднувальні розміри та розміри ущільнювальних поверхонь корпусу	за ГОСТ 12815-80 на PN 2,5 ісп. 1 ряд 2
Маса, кг	9

Таблиця 3.13 – Матеріали основних деталей

Найменування	25ч945п
Корпус, кришка	Чавун СЧ20
Деталі затвора	Сталь 12Х18Н9ТЛ
Ущільнення на плунжері	Фторопласт Ф4
Сальникове набивання	фторопласт Ф4
Прокладки	Пароніт ПОН-Б

Таблиця 3.14 – Технічні характеристики

Діаметр номінальний, DN, мм	25
Умовна пропускна здатність, K _v , м ³ /с	2,5
Допустиме протікання в затворі, при Рисп.=1,6 МПа, см ³ /хв, не більше більше	0,001
Тиск номінальний PN, МПа (кгс/см)	1,6(16)
Перепад тисків не більше, МПа (кгс/см)	1,6(16)
Температура навколишнього середовища.	Від - 25 до + 50
Температура робочого середовища, °С	Від - 5 до + 150
Характеристика робочого середовища	Вода, пара, повітря та інші рідкі та газоподібні середовища, нейтральні до матеріалів деталей
1 Приєднувальні розміри та розміри ущільнювальних поверхонь корпусу	По ГОСТ 12815-80 на PN 1.6 ісп. 1 ряд 2
1 Маса(кг)	19,5

Як виконавчий механізм використовувати клапан запірно- регулюючий односідельний фланцевий з електричним виконавчим механізмом (ЕІМ) 25ч945п.

Даний ІМ буде використовуватися в контурах контролю, регулювання та сигналізації температури та витрати в сушарках №1 та №2. Зовнішній вигляд клапана представлений на рис.3.18.



Рисунок 3.18 - Клапан запірно- регулюючий односідельний фланцевий з електричним виконавчим механізмом (ЕІМ) 25ч945п.

3.3.2 Вибираємо вакуумний насос.

Таблиця 3.15 – Технічні характеристики вакуумних насосів

Тип вакуумного насосу	сухий вакуумний насос	Роторно-пластинчастий КО-505
Електрична потужність, кВт	0,55	6
Максимальне вакуумне тиск, МПа	0,06	0,085
Швидкість обертання валу, об/хв	3000	1450
Електроживлення	однофазна мережа 220В	однофазна мережа 220В
Об'єм перекачаного повітря, літрів за хвилин	220	240
Ціна, грн	2000	5280

Вибираємо сухий вакуумний насос, оскільки він має меншу ціну і більш відповідний максимальний вакуумний тиск.

3.3.3 Вибираємо насос для подачі води.

Таблиця 3.16 – Характеристики насосів для подачі води

	Відцентрово - вихровий насос ЦВК4/112	Шестерний насос типу Ш 80/2,5-37,5/2,5	Шестерний насос типу НМШ 8/25- 6,3/2,5
Подача, м.куб.	14,4	37,5	6,3
Потужність, кВт	18,5	I	2,2
Обороти, про/хв	3000	1000	1500
Температура рідини, що перекачується, °С	-15 ..+105	0..+150	0..+150
Габарити, мм	1195x360x515	1295x618x660	608x255x312
Ціна, грн	9000	24000	6800

Вибираємо відцентрово-вихровий насос ЦВК4/112, оскільки у нього більше подача води та прийнятна ціна.

Вибраний насос будемо використовувати у контурі автоматичного регулювання рівня води у ванні УЗМ.

3.3.4 Вибираємо твердотільних реле.

Таблиця 3.17 - Характеристики твердотільних реле.

Тип реле	G3NE-205T- US	SSR-40DA	TSR-20DA-H
Вихідний струм, А	5	40	20
Вихідна напруга,	від 100 до 240	від 24 до 380	від 90 до 480
Ціна, грн	100	300	250

Вибираємо твердотільне реле SSR-40DA тому, що реле має відповідний вихідний струм та напругу. Твердотельне реле будемо використовувати у контурі контролю та регулювання температури води на лінії подачі води у ванну УЗМ та у контурі автоматичного регулювання рівня води у ванні УЗМ.

3.3.5 Перетворювач частоти.

Оскільки на стрічку на протяжному тракті встановлені двигуни АНР132S8 з характеристиками, наведеними в таблиці. 3.17

Таблиця 3.18 Характеристики двигуна АНР132S8.

Типо-розмір	Потужність, кВт	Частота обертання ротора, про/хв	Струм при 380В, А	ККД, %	Коеф, потужності, COS Ф	Іп/Ін	маса, кг
4 АНР13	4	750	10,5	8	0,7	6	69

Зробимо вибір перетворювача частоти.

Таблиця 3.19 – Характеристики перетворювачів частоти.

Виробник	Lenze	ПЧ Moeller
Серія	8200 Vector	M-MAX
Тип	E82EV402K4C	MMX34AA9D0F0
Потужність	4	4
Мережа	3-ф/380	3-ф/380
Ступінь	IP20	IP20
Аналогові входи	2, опціонально біполярні	2 (0...+10 В) 0 постійного струму та (0/4...20 мА)
Аналогові виходи	1	1
Дискретні входи	6 входів, 1 частотний вхід одно/двоканальний 0 100кГц (Опція), 1 вхід "Старт/Стоп"	6 керуючих входів (24 В постійного струму)
Дискретні виходи	2 виходи 1 частотний вихід 50Гц.	1 (транзисторний, 24 В постійного струму, 50 мА)
Релейний вихід	1 релейний вихід 250 VAC /3A, 24VDC /2A 240V/0.16A перекидний	2 релейні виходи (1х АЛЕ, 1х перемикаючий, 230 В змінного струму, 2 А)
Габарити, ВхШхГ, мм	240 x 100 x 140	263x 109x 100
Ціна, грн	20000	8000

Обидва варіанти є прийнятними, що дозволяє вибрати ПЧ з меншою вартістю, а саме, ПЧ Moeller M-MAX MMX34AA9D0F0. Зовнішній вигляд ПЧ представлений на рис.3.19.



Рисунок 3.19 - ПЧ Moeller M-MAX MMX34AA9D0F0.

Має вбудований фільтр придушення частот з характеристиками:

- Інтегрований фільтр придушення радіоперешкод (EMC: C2 та C3 відповідно до EN61800-3),
- Динамічне регулювання двигуна за допомогою безсенсорного векторного управління або U/f управління (вибирається),
- Інтегрована клавіатура та дисплей,
- Електронний потенціометр завдання,
- Фіксовані частоти,
- P1-регулятор,
- Інтегрований гальмівний блок (з MMX34 типорозмірів 2 та 3),
- 6 цифрових керуючих входів (24 В постійного струму),
- 1 цифровий вихід (транзисторний, 24 В постійного струму, 50 мА),
- 2 аналогових входу (0...+10 В постійного струму та 0/4...20 мА),
- 1 аналоговий вихід (0/4...20 мА),
- Послідовний інтерфейс (RS485 / Modbus RTU),
- 2 релейні виходи (1х АЛЕ, 1х перемикаючий, 230 В змінного струму, 2 А),
- Відповідність міжнародним стандартам тощо. (CI, UL, cUL, c-Tick).
- Потужність, кВт 4;
- Мережа живлення 3-ф/380;
- Ступінь захисту IP20;
- Номінальний струм, А 9;
- Вбудований фільтр EMC;

3.3.5 Вибір контролера.

Після вибору засобів автоматизації ми підраховали число та типи входів та виходів.

У результаті мікроконтролер повинен мати:

Аналогових входів -13

Аналогових виходів – 5

Дискретних входів – 6

Дискретних виходів – 11

Зробимо вибір контролера

Нижче наведені технічні характеристики ОВЕН ПЛК 160 та МІК-52

МІК-52

Ціна: 3500грн.

Контролер мікропроцесорний МІК-52.

Кількість входів-виходів контролера

У базовій моделі:

- Аналогові входи – 8 уніфікованих.
- Аналогові виходи –1.
- Дискретні входи -3.
- Дискретні виходи –5.

У контролері МІК-52 передбачено встановлення лише одного модуля розширення.

Характеристики вхідних сигналів

- Уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0-5 мА, 0-20мА, 4-20мА, 0-10В;ГОСТ26.011-80.
- Дискретні та імпульсні сигнали: 24В постійного струму, лог. "1", . 19 до 32; лог."0" напругою від 0 до 7 В. Групова розв'язка
- Максимальна частота проходження імпульсів 3кГц для імпульсного входу.

Характеристики вихідних сигналів:

- Уніфікований аналоговий сигнал постійного струму 0-5мА, 0-20мА, 4-20мА; 0- 10В за ГОСТ26.011-80;
- Дискретні та імпульсні сигнали: реле 220В 8А, оптосимістор із внутрішньою схемою переходу через нуль до 600В-50мА, твердотільне реле 60В-1ААС/2АДС, транзистор ОК 40В ЮОмА (залежно від замовлення). Групова розв'язка.

Технічні характеристики:

- Об'єм пам'яті: ПЗУ – 256 кбайт, ОЗУ – 8 кбайт;
- Поточний час (таймери, програмні задатчики тощо), постійні часу, інтервали від 0 до 9999 с, від 0 до 9999 год, таймер реального часу з батареєю резервного живлення

-

- Час циклу: трохи більше 0.1;
- Кількість алгоблоків – до 99;
- Похибки перетворення АЦП: $\pm 0.2\%$; ЦАП: $\pm 0.2\%$;
- Трирівнева (по входу, виходу та живленню) гальванічна ізоляція;
- Збереження інформації при відключенні живлення;
- Час збереження інформації при відключенні живлення – 10 років;
- Канал інтерфейсного зв'язку RS-485;
- Швидкість обміну – до 921 Кбіт/с;
- Температура навколишнього середовища: від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$;
- Напруга живлення: від мережі змінного струму $\sim 220(+22,-33)\text{В}$, $(50\pm 1)\text{Гц}$;
- Потужність: не більше 13 В А;
- Корпус (ВхШхГ): щитовий 96х96х170 мм DIN43700, IP30;
- Монтажна глибина: 190 мм;
- Маса блоку: не більше 1,0 кг.

ОВЕН ПЛК 160

Ціна: 20000 грн.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160.

Контролер виконаний у компактному DIN -рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення виводу за будь-яким із вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160.

У контролері закладено потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9 з частотою 180МГц компанії Atmel;
- великий обсяг оперативної пам'яті – 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті – Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання змінних – до 16КБ.

Електричні параметри:

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265), (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29)В.

- Невелика споживана потужність до 10Вт.
- Дискретні входи -16
- Дискретні виходи -12
- Аналогові входи - 8
- Аналогові виходи - 4
- Усі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути п-р-п, так і р-п-р.
- Дискретні виходи типу: Р – реле.
- Межа основної похибки 0,25%
- Високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9 з частотою 200МГц компанії Atmel;
- Час циклу за замовчуванням становить 1 мс за 50 логічних операцій, за відсутності мережного обміну.

«Швидкі» аналогові входи для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ або генератора з високою точністю.

Так як вбудованих аналогових входів / виходів не досить, то існує необхідність використання додаткових модулів введення / виведення аналогових сигналів

Модуль введення аналогових сигналів ОВЕН МВ 110-8А

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних у різних галузях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Прилад працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має такі групи гальванічно ізольованих ланцюгів:

ланцюги живлення приладу;

ланцюги інтерфейсу RS-485;

ланцюги вимірювальних входів.

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів MB110-8AC.

- 8 каналів аналогового введення;
 - Типи вхідних сигналів: уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) та напруги (0-10 В);
 - Частота вимірювань: до 200 вибірок за секунду;
 - Напруга живлення: ~220 В або 24 В (залежно від модифікації);
 - Вбудоване джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації зі змінною напругою живлення);
- Характеристики інтерфейсу RS-232C;
- Швидкість передачі за інтерфейсом: 50-115200 біт/с;
 - Довжина лінії зв'язку: до 15м;
 - Режим: FullDuplex;
 - Підключення: лінії RxD, TxD RTS, CTS, DTR, DSR, GND.

Модуль виведення аналогових сигналів ОБЕН МУ110- 8И

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОБЕН, ModBus -RTU, ModBus - ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, априклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Як майстри мережі можуть використовуватися прилади ОБЕН ТРМ151, ТРМ133, контролери ОБЕН ПЛК і т.п. До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОБЕН АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Для нашого ТП більш прийнятним є **ОБЕН ПЛК 160**. Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рис.3.19 з додатковими модулями введення / виведення аналогових сигналів- - ОБЕН МВ 110-8А та ОБЕН МУ110- 8И рис.3.22.



Рисунок 3.21 -Зовнішній вигляд мікроконтролера ОВЕН ПЛК 160.



Рисунок 3.22 -Зовнішній вигляд модуля введення / виведення аналогових сигналів - ОВЕН МВ 110-8А.

3.4 Алгоритм роботи системи

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рисунку 3.23. Спочатку встановлюються всі параметри технологічного процесу. Після включення живлення система перевіряє працездатність всіх пристроїв і якщо кнопка «Пуск» нажата система запускає підпрограму управління ванною УЗМ.

Підпрограма управління ванною УЗМ виконує перевірку датчиків на працездатність, перевіряє рівень води в баку, за допомогою насоса. Після чого виконується перевірка температури в лінії передачі, з допомогою нагрівача та насоса подачі води в ванні УЗМ рис.3.24 Наступна перевірка температури води, після чого відбувається вихід із підпрограми і перехід до наступної.

Підпрограма управління сушилками виконує перевірку датчиків на працездатність. Виконується подача повітря в сушилки, де перевіряється величина витрати повітря і регулюється за допомогою клапанів. Аналогічним чином регулюється величина температури та тиску повітря рис.3.25. Після чого виконується вихід з підпрограми і перехід до іншої.

Підпрограма управління натягом і рухом основи виконує перевірку датчиків на працездатність. Вмикається поливний пристрій, після чого виконується контроль тиску в рольганге за допомогою вакуумного насосу. Перевірка швидкості вала, яка регулюється двигуном рис. 3.26, після чого виконується вихід з підпрограми і перехід до іншої.

Підпрограма управління поливним вузлом виконує перевірку датчиків на працездатність. Включаються двигуни, після чого йде перевірка натягу та швидкості основи за рахунок регулювання швидкості обертання двигунів рис.3.27. Після чого виконується вихід з підпрограми і перехід до іншої.

Виконується контроль довжини-метражу готової, политої плівки. Далі виконується вмикання живлення системи кнопкою «Стоп». На наступному етапі вимикаються всі насоси, нагрівачі та двигуни. У на кінець робочого циклу вся інформація про ТП передається на АРМ оператора, де реєструється, архівується та зберігається.

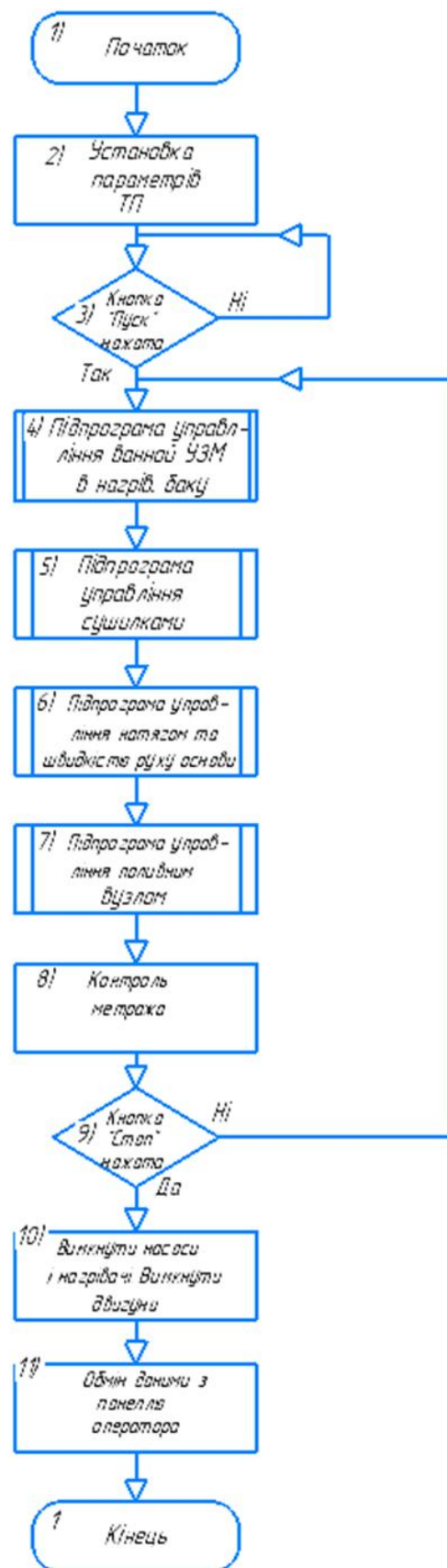


Рисунок 3.23 - Загальний алгоритм роботи системи.

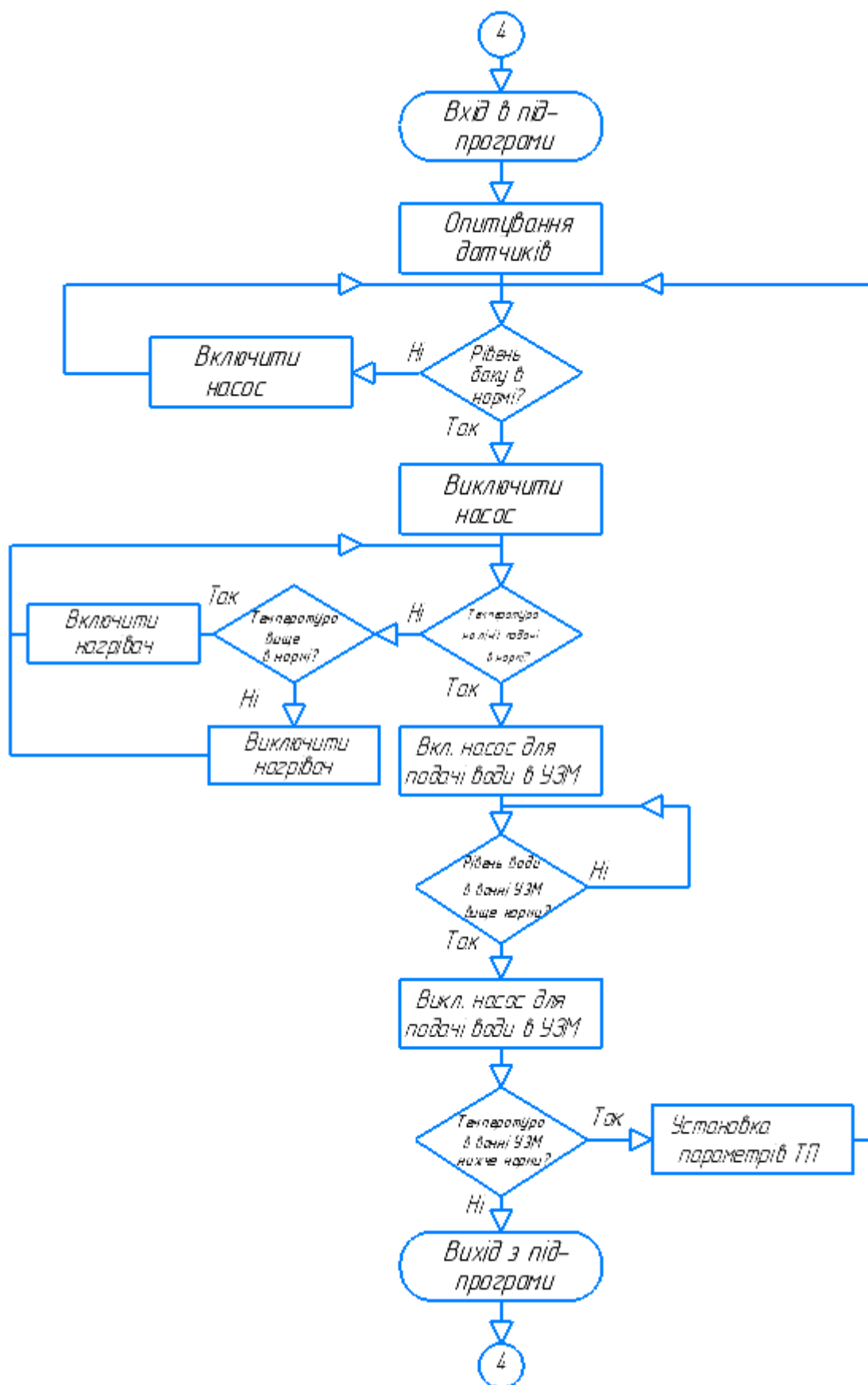


Рисунок 3.24 - Алгоритм роботи підпрограми по управлінню ванною УЗМ.

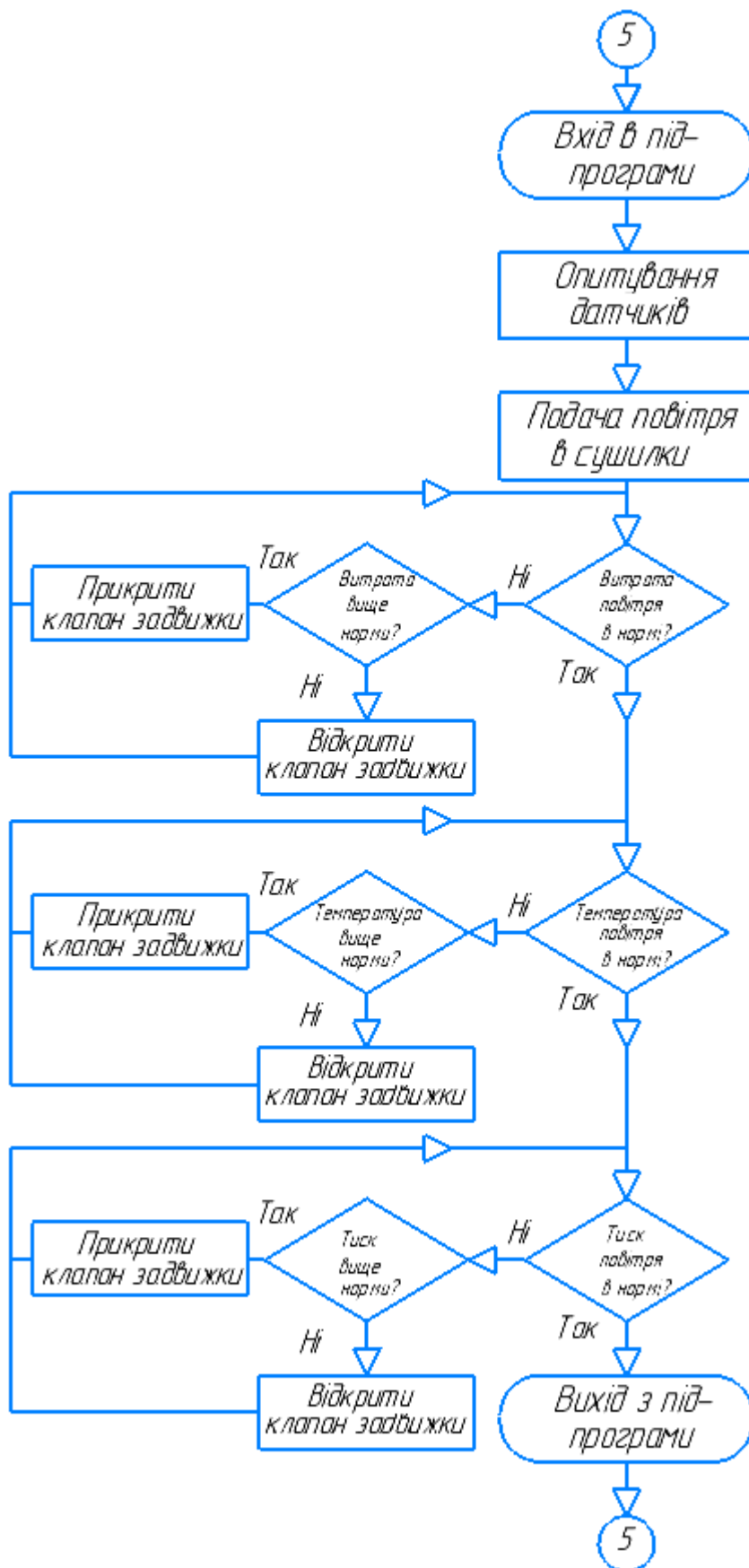


Рисунок 3.25 - Алгоритм роботи підпрограми по управлінню сушилками.

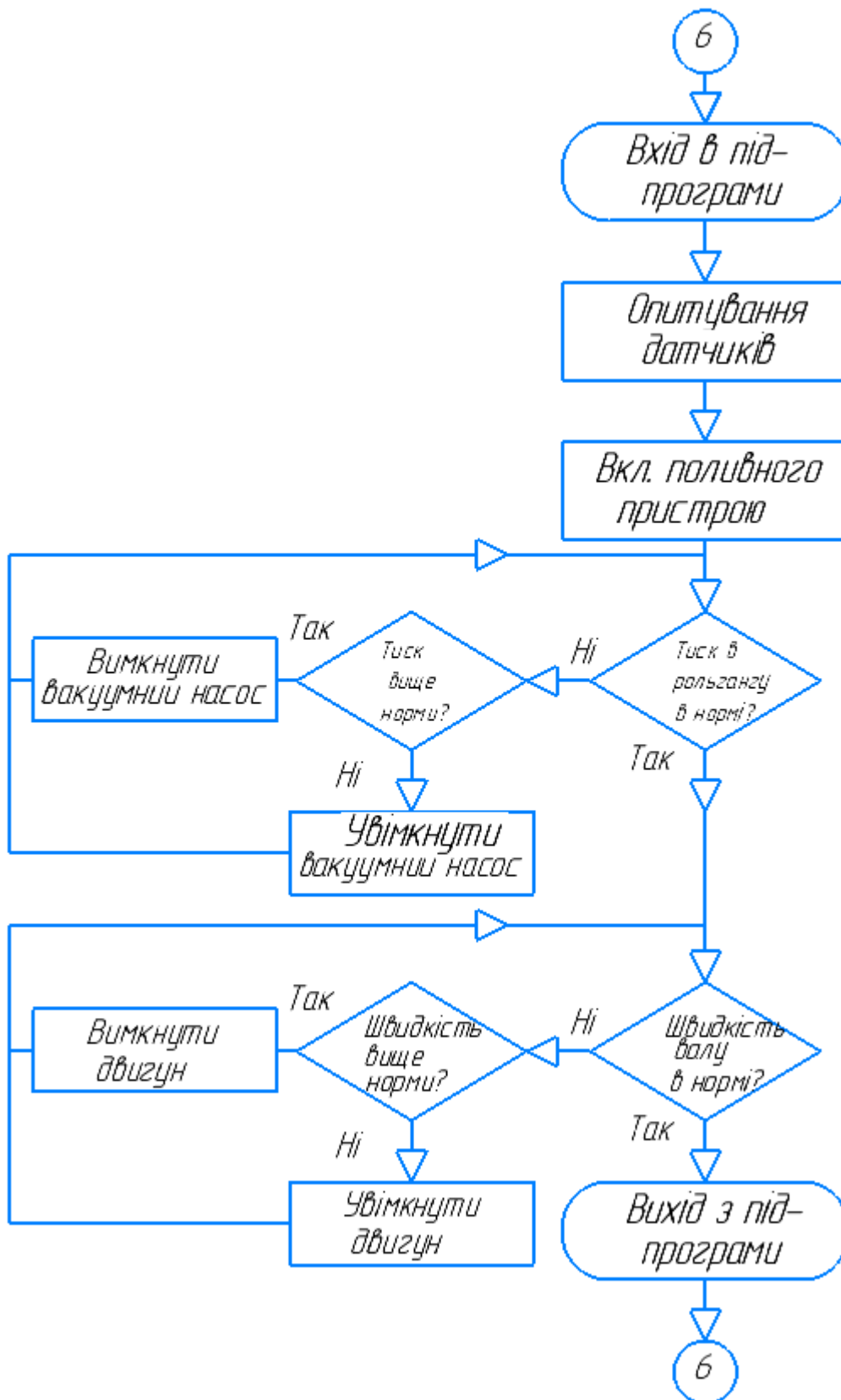


Рисунок 3.26 - Алгоритм роботи підпрограми по управлінню поливним вузлом.

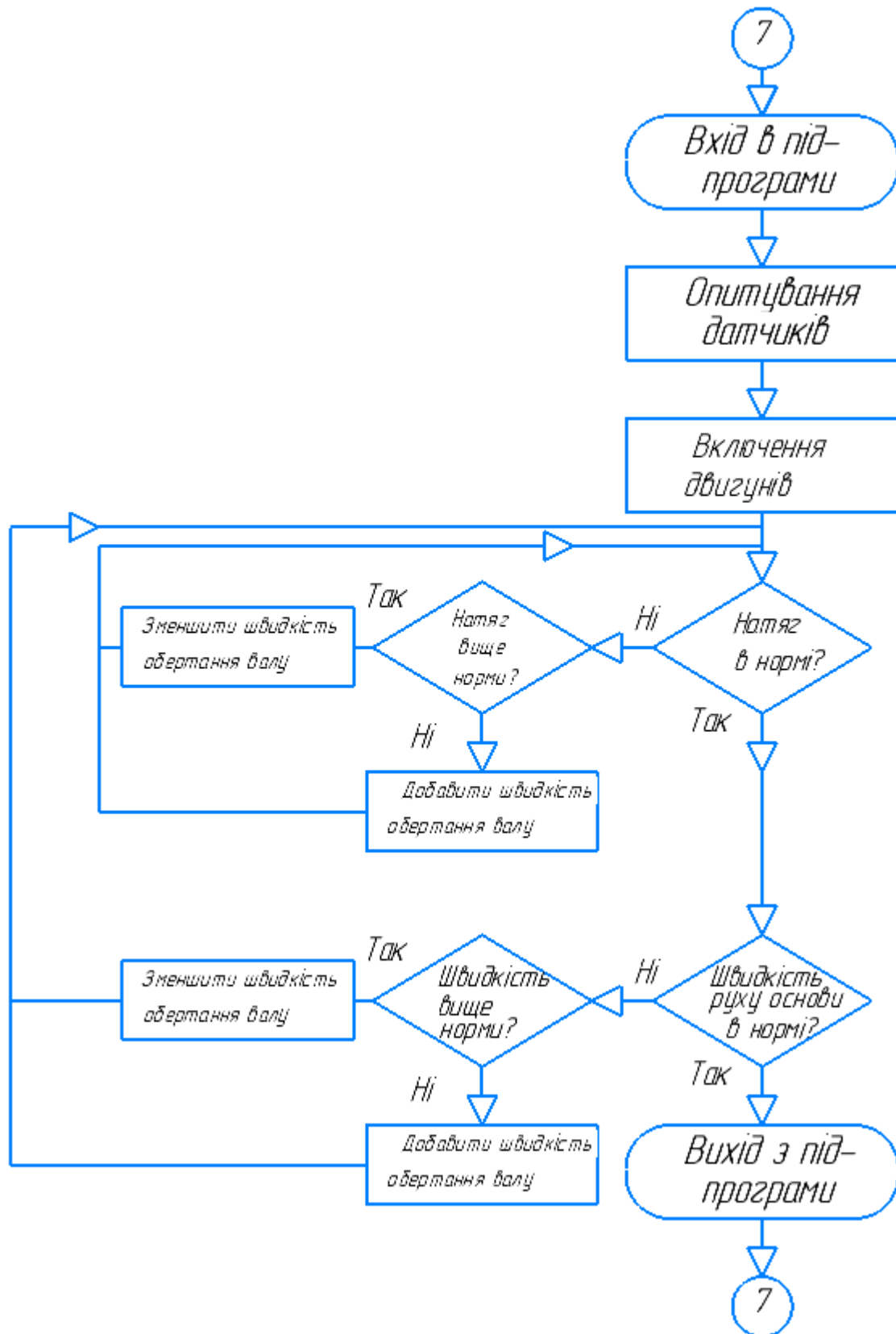


Рисунок 3.27 - Алгоритм роботи підпрограми по управлінню натягом і рухом основи.

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Незважаючи на те, що якість нанесення розчинів адгезійних шарів на ПЕТФ основу ПЕТФ основу визначається безліччю параметрів, головним з них є швидкість протяжки ПЕТФ основи та підтримання натягу полотна. Тому, з метою забезпечення якості нанесення клею та цілісності полотна необхідно забезпечити стабільність протяжки ПЕТФ основи через весь стрічкопротяжний тракт.

Об'єктом управління є стрічкопротяжний тракт, який може бути представлений у вигляді набору взаємозалежних приводів та навантажень. Основними вимогами є підтримка постійної швидкості та моменту на всіх ділянках ЛПТ, мінімізувати коливання швидкості та моменту при перехідних процесах. Труднощі регулювання пов'язані зі зміною навантажувального моменту під час роботи, а також можливість пошкодження основи при різких змінах керуючих впливів. Таке завдання може бути вирішено за допомогою використання системи «Перетворювач частоти - АТ» для підтримки постійного моменту та послідовної корекції за швидкістю.

4.1 Знаходження математичної моделі ОУ.

Параметри налаштувань ПЧ та регулятора визначатимемо на підставі математичного моделювання контуру управління моментом та швидкістю. Складність моделі визначається безліччю факторів, що обурюють значення швидкості.

Аналіз стрічкопротяжного тракту показує, що модель тракту може бути представлена як набір взаємопов'язаних двомасових систем.

Параметри моделі такі:

Радіус приведення має вигляд:

$$\rho = \frac{V_L}{\omega}$$

де V_L -лінійна швидкість руху полотна.

$$\omega = \frac{V_L}{R_i}$$

де R_i – радіус i -го валика.

Радіус валиків стрічкопротяжного тракту дорівнює $R_b = 55$ мм. Радіус ролону ПЕТФ дорівнює $R_p = 500$ мм.

Оскільки вали є тонкостінними циліндрами, їх момент інерції знаходиться за формулою:

$$j = m \cdot \frac{r_1^2 - r_2^2}{2},$$

де r_1 – зовнішній радіус вала, $r_1 = 55\text{мм}$,
 r_2 – внутрішній радіус вала, $r_2 = 50\text{мм}$.

Приведений момент інерції дорівнює:

$$j' = \frac{j}{i^2},$$

де

$$i = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{в}}}$$

Маса валика стрічкопротяжного тракту дорівнює $m_{\text{в}} = 15,6$ кг. Маса рулону ПЕТФ дорівнює $m_{\text{р}} = 72$ кг.

Резонансна частота двомасової системи визначається:

$$\Omega = \sqrt{\frac{C \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}}$$

де C - жорсткість відрізка полотна між валами, визначається формулою :

$$C = E * S$$

де E -модуль Юнга, який для ПЕТФ дорівнює $1,41 * 10^4$ МПа, S – площа поперечного перерізу плівки: $S = 0,6\text{м} * 10 * 10^{-6}\text{м} = 12 * 10^{-6}\text{м}$.

$$C = 16,92 * 10^4 \text{ Н/м}.$$

Приведена жорсткість:

$$c' = c * l * \rho^2$$

де l – довжина ділянки між валиками.

Момент на кожному валу:

$$M_c = \frac{F \cdot k \cdot \rho}{\eta}$$

де $F = 100\text{Н}$ - натяг полотна по технічному регламенту,

$k = 0,15$ – середній коефіцієнт тертя плівки з валиком,

η - для даного типу систем прийнято вибирати $\sim 0,83$.

На стрічкопротяжному тракті встановлені двигуни АІР-112-МВ8. Технічні

характеристики якого наведені нижче:

Потужність : 4 kW; число полюсів: 8; частота обертання : 700 об/хв; ковзання: 0,067;
номінальна напруга : 380 V; номінальний струм : 10,5 A; пусковий струм: 63,5 A4;
відношення струмів $I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}} : 6,0$; номінальний момент $M_{\text{ном}}: 54,6 \text{ Nm}$; $M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}}:$
1,8, $M_{\text{макс}} / M_{\text{ном}}: 2,2$; режим роботи: S1; інерційний момент: $0,069 \text{ kgm}^2$.

Структурна схема узагальненої двомасової системи має вигляд показаний рис 4.1 Вона є набір взаємозалежних систем привод-навантаження.

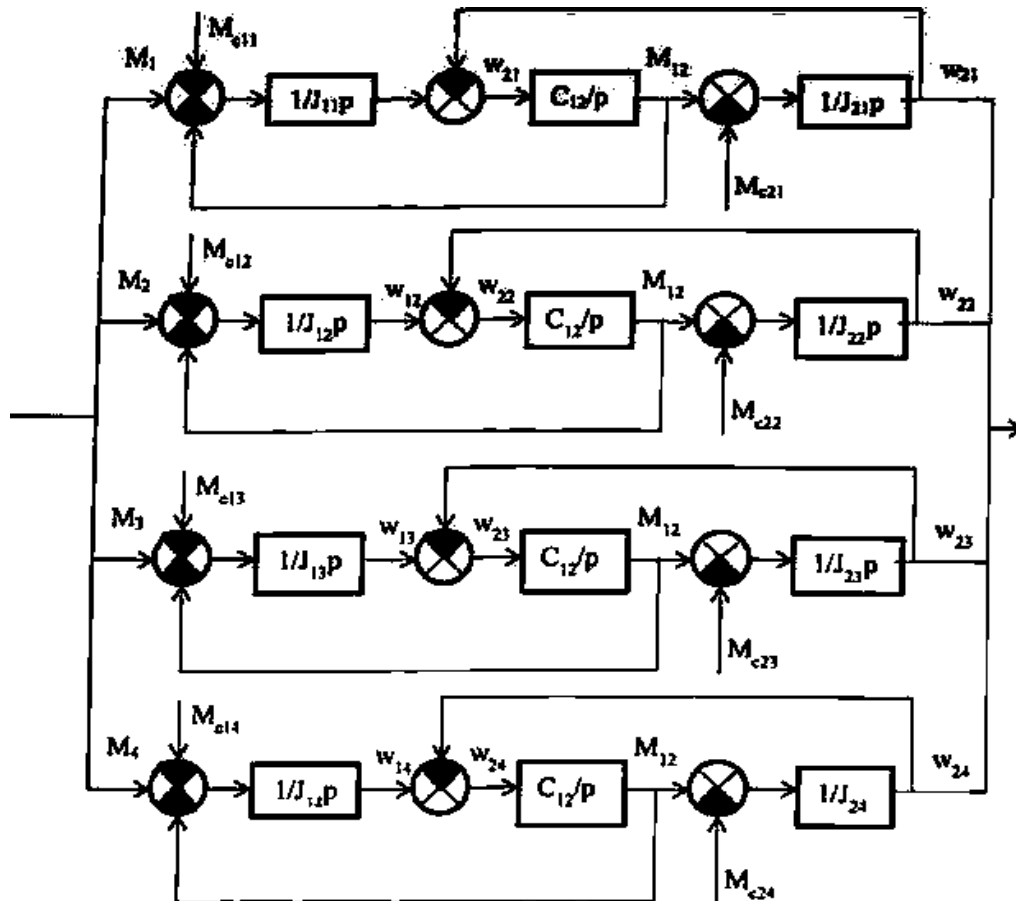


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи управління.

4.1.1 Розрахунок математичної моделі ділянки 1.

Ділянка 1, від вузла розмотування до двигуна, що тягне:

Кінетична схема представлена рисунку 4.2.

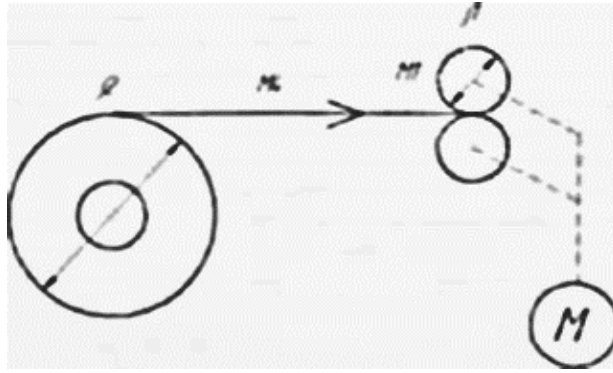


Рисунок 4.2 – Кінематична схема ділянки 1.

Відповідно до технічного регламенту максимальне значення лінійної швидкості полотна: $V_{л} = 30 \text{ м/хв} = 0,5 \text{ м/с}$.

Так як валик ЛПТ жорстко пов'язана з валом двигуна, то частота обертання дорівнюватиме:

$$\omega_{дв} = \omega_{в} = \frac{0.5}{0.055} = 9.091 \text{ с}^{-1} \text{ або } 86.86 \text{ Гц}$$

Частота обертання рулону:

$$\omega_{р} = \frac{0.5}{0.5} = 1 \text{ с}^{-1}$$

Радіус приведення рулона:

$$\rho_{р} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ м}$$

Моменти інерції:

$$j_{в} = m \cdot \frac{r_1^2 - r_2^2}{2} = 15.6 * \frac{0.055^2 - 0.05^2}{2} = 0.004 \text{ кг м}^2$$

$$j'_{в} = \frac{2j_{в}}{\left(\frac{\omega_{дв}}{\omega_{в}}\right)^2} = \frac{0.008}{\left(\frac{9.091}{9.091}\right)^2} = 0.008 \text{ кг м}^2$$

$$j_{р} = m_{р} \cdot \frac{R_p^2 - r_2^2}{2} + m_{в} \cdot \frac{r_1^2 - r_2^2}{2} = 72 * \frac{0.5^2 - 0.055^2}{2} + 15.6 * \frac{0.055^2 - 0.05^2}{2} = 8.895 \text{ кг м}^2$$

$$j'_{р} = \frac{j_{р}}{\left(\frac{\omega_{дв}}{\omega_{р}}\right)^2} = \frac{8.895}{\left(\frac{9.091}{1}\right)^2} = 0.108 \text{ кг м}^2$$

Сумарний момент інерції:

$$j_{\Sigma} = j'_p + j'_b = 0.008 + 0.108 = 0.116 \text{ кг м}^2$$

Момент опору:

$$M_{C1} = \frac{100 \cdot 0.15 \cdot 0.055}{0.83} = 0.994 \text{ Н м}$$

$$M_{C2} = \frac{100 \cdot 0.15 \cdot 0.5}{0.83} = 9.04 \text{ Н м}$$

Приведена жорсткість:

$$c' = c * l * \rho^2 = 169200 * 1 * 0.5^2 = 42300$$

Резонансна частота двомасової системи визначається:

$$\Omega = \sqrt{\frac{C \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}} = \sqrt{\frac{42300 \cdot (0.069 + 0.116)}{0.069 \cdot 0.0116}} = 988.786 \text{ Гц}$$

Так як резонансна частота набагато більша частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рис. 4.3) з параметрами:

$$j = j_{\Sigma} + j_{дв} = 0.116 + 0.069 = 0.185 \text{ кг м}^2$$

$$M = M_{C1} + M_{C2} = 0.994 + 9.04 = 10.34 \text{ Н м}$$

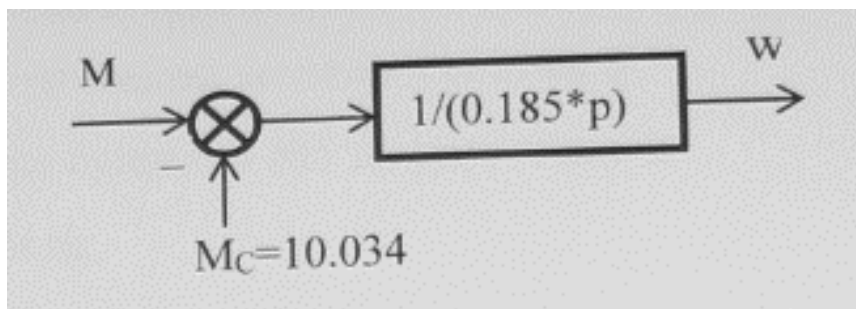


Рисунок 4.3 – Структурна схема одномасової системи ділянки 1.

4.1.2 Розрахунок математичної моделі ділянки 2.

Ділянка 2 (рис. 4.4) від магазину запасу до двигуна, що тягне:

Аналогічно попередньому пункту знаходимо моменти опору, моменти інерції системи та резонансну частоту:

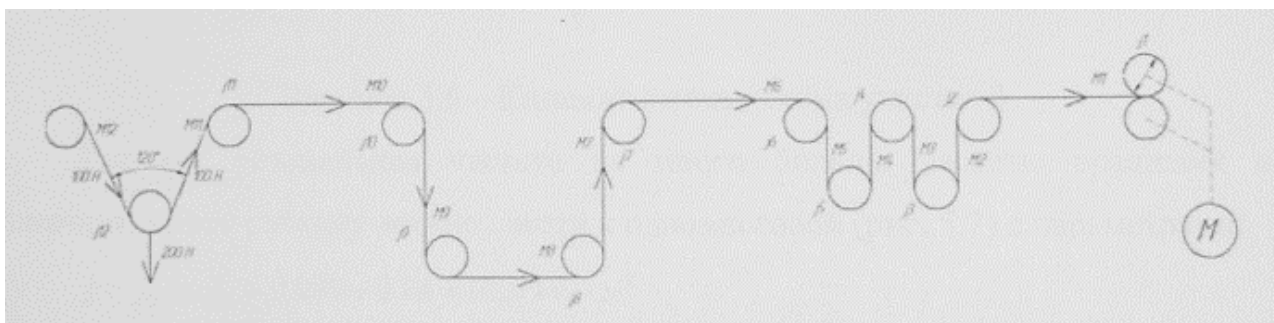


Рисунок 4.4 – Кінематична схема ділянки 2.

Приведена жорсткість:

$$c' = c * l * \rho^2 = 42300 * 1 * 0.5^2 = 317250$$

Резонансна частота:

$$\Omega = \sqrt{\frac{C \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}} = \sqrt{\frac{317250 \cdot (0.069 + 0.096)}{0.069 \cdot 0.096}} = 2811 \text{ Гц}$$

Так як резонансна частота набагато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рис. 4.5) з параметрами:

$$j = j_{\Sigma} + j_{\text{дв}} = 0.008 * 12 + 0.069 = 0.096 + 0.069 = 0.165 \text{ кг м}^2$$

$$M = M_{C1} + M_{C2} = 0.994 + 12 * 0.994 = 12.922 \text{ Н м}$$

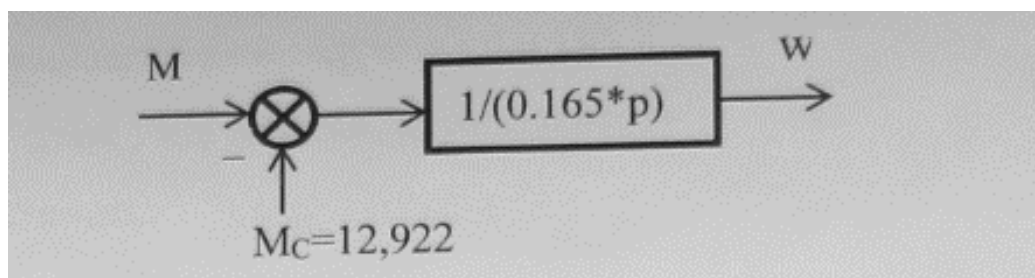


Рисунок 4.5 – Структурна схема одномасової системи ділянки .

4.1.3 Розрахунок математичної моделі ділянки 3.

Ділянка 3 (рис. 4.6) від сушарки №1 до вузла поливу.

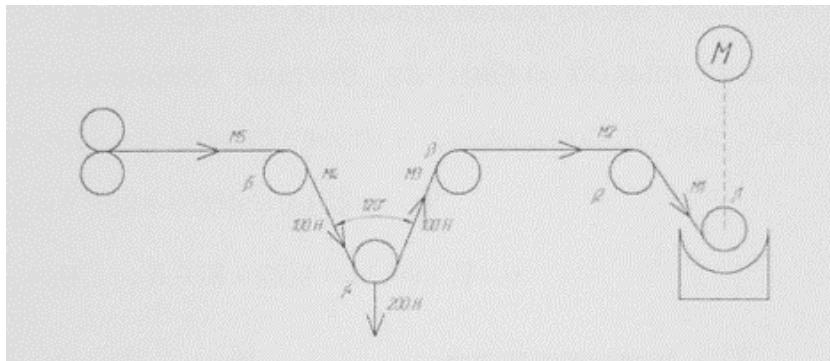


Рисунок 4.6 – Кінематична схема ділянки 3.

Приведена жорсткість:

$$c' = c * l * \rho^2 = 42300 * 5 * 0.5^2 = 52875$$

Аналогічно пункту 4.1.2 знаходимо моменти опору, моменти інерції системи та резонансну частоту:

$$\Omega = \sqrt{\frac{C \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}} = \sqrt{\frac{52875 \cdot (0.069 + 0.02)}{0.069 \cdot 0.02}} = 1445 \text{ Гц}$$

Так як резонансна частота набагато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рис. 4.7) з параметрами:

$$j = j_{\Sigma} + j_{дв} = 0.04 + 0.069 = 0.109 \text{ кг м}^2$$

$$M = M_{C1} + M_{C2} = 0.994 + 4.97 = 5.964 \text{ Н м}$$

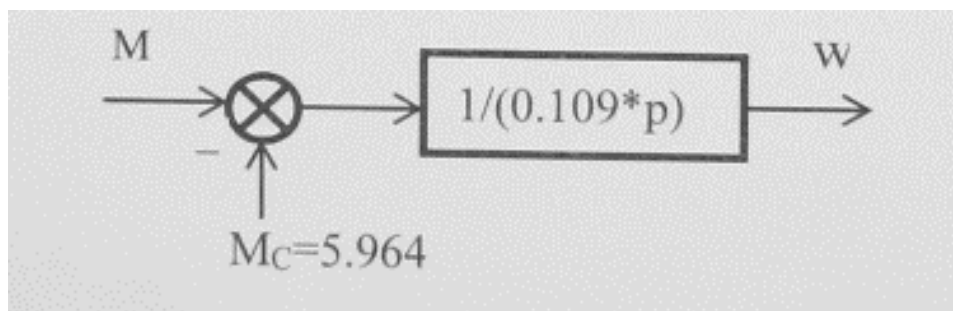


Рисунок 4.7 – Структурна схема одномасової системи ділянки 3.

4.1.4 Розрахунок математичної моделі ділянки 4.

Ділянка 4 (рис. 4.8) від вузла поливу до вузла намотування.

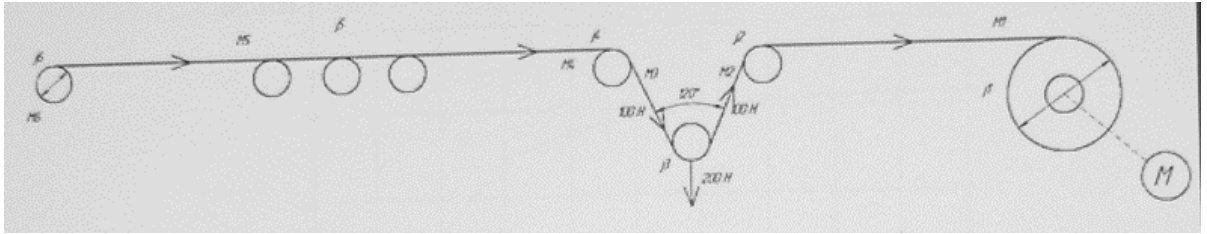


Рисунок 4.8 – Кінематична схема ділянки 4.

Наведена жорсткість:

$$c' = c * l * \rho^2 = 42300 * 5 * 0.5^2 = 52875$$

Аналогічно пункту 4.1.2 знаходимо моменти опору, моменти інерції системи та резонансну частоту:

$$\Omega = \sqrt{\frac{C \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}} = \sqrt{\frac{52875 \cdot (0.069 + 0.056)}{0.069 \cdot 0.056}} = 1308 \text{ Гц}$$

Оскільки резонансна частота набагато більша за частоту обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рис. 4.9) з параметрами:

$$j = j_{\Sigma} + j_{\text{дв}} = 0.056 + 0.069 = 0.125 \text{ кг м}^2$$

$$M = M_{C1} + M_{C2} = 6.958 + 9.04 = 15.998 \text{ Н м}$$

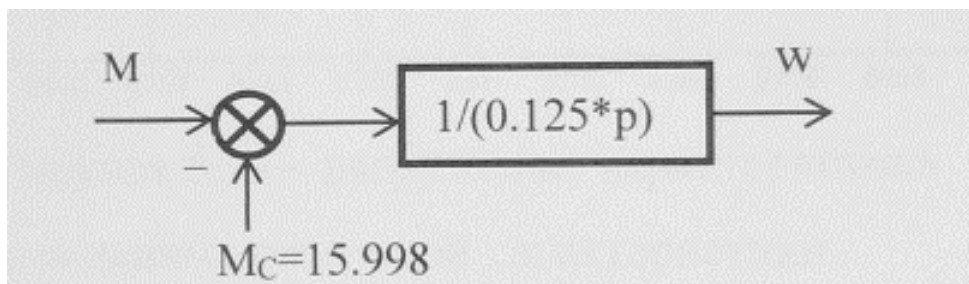


Рисунок 4.9 – Структурна схема одномасової системи ділянки 4 .

4.2 Перевірка моделі на адекватність

Об'єктом управління є стрічкопротяжний тракт (рис. 1.1.) машини підшарово-лакувальної МПЛ-3. Виконувалися вимірювання натягу в момент запуску системи. Модель являється адекватною при часі перехідного процесу ,що задовольняє вимогу 4,7Тм та перегулювання не більше 4.3%.

Навантажувальна характеристика об'єкта управління на момент отримана

експериментальним шляхом представлена рис. 4.10, отримані значення представлені у таблиці 4.1.

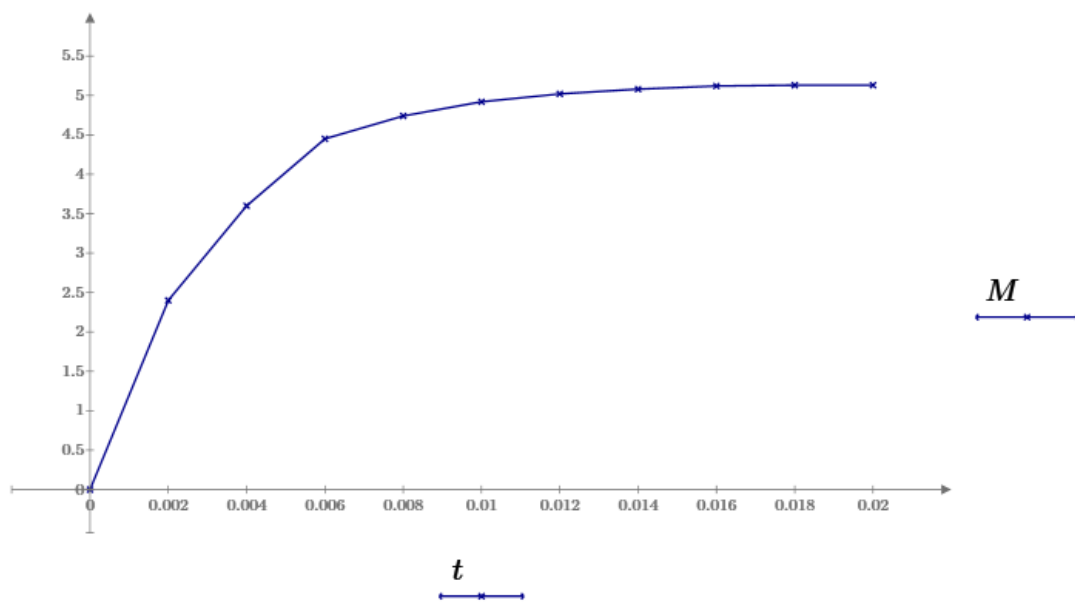


Рисунок 4.10 – навантажувальна характеристика.

Таблиця 4.1 - Масив даних розгонної характеристики.

Час	Значенн	Час	Значенн
0	0	0,012	5,02
0,002	2,4	0,014	5,08
0,004	3,6	0,016	5,12
0,006	4,45	0,018	5,13
0,008	4,74	0,02	5,13
0,01	4,92		

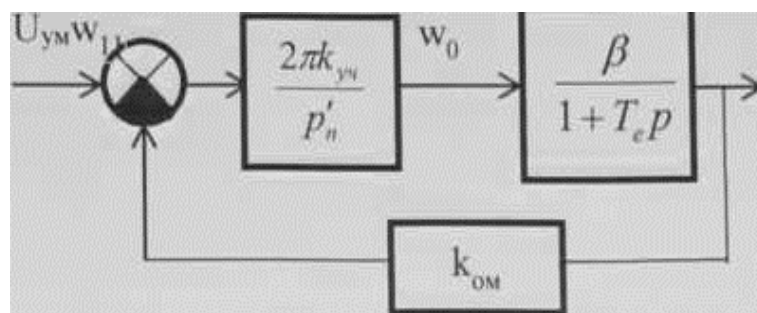


Рисунок 4.11 – Структурна схема ОУ.

Параметри моделі такі :

Параметри механічної частини:

$$\beta = \frac{M_H}{\omega_0 - \omega_1} = \frac{54.6}{78.5 - 73.3} = 10.4$$

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot S_k}$$

$$\text{де } S_k = S_H(\lambda_k + \sqrt{\lambda_k^2 - 1}) = 0.067 * (2.2 + \sqrt{2.2^2 - 1}) = 0.279$$

$$T_e = \frac{1}{78.5 * 0.279} = 0.046$$

Параметри перетворювача частоти:

$$k_{уч} = \frac{f}{U_{уч}}$$

При $f = 50$ Гц (частота мережі) та $U_{ун} = 10$ В.

$$k_{уч} = \frac{50}{10} = 5$$

$$p_n = \frac{60f}{n_0} = \frac{3000}{750} = 4$$

$$k_{ом} = \frac{U_{осм}}{M_H}$$

при $U_{осм} = 10$, отримаємо

$$k_{ом} = \frac{10}{54.6} = 0.183$$

Перехідна характеристика отримана в результаті моделювання математичного пакета MatLab представлена на рис. 4.12. Масив даних перехідної характеристики представлений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Масив даних перехідної характеристики.

Час	Значення	Час	Значення
0	0	0,012	5,08
0,002	2,5	0,014	5,10
0,004	3,8	0,016	5,11
0,006	4,4	0,018	5,12
0,008	4,75	0,02	5,13
0,01	4,95		

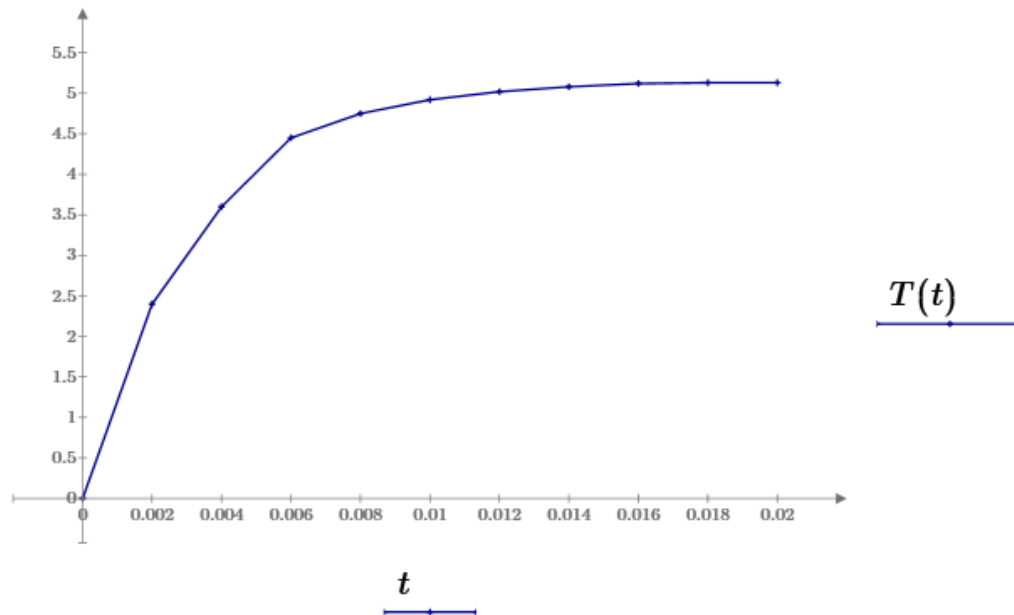


Рисунок 4.12 - Перехідна характеристика моделі ОУ.

Проведемо перевірку моделі на адекватність за критерієм Фішера.

Математичне очікування перехідної характеристики:

$$\bar{y}_p = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{0 + 2.5 + 3.8 + 4.4 + 4.75 + 4.95 + 5.08 + 5.1 + 5.11 + 5.12 + 5.13}{11} = 4.18$$

Дисперсія передавальної характеристики:

$$S_p = \frac{\sum (\bar{y}_p - y_i)^2}{n - 1} = \frac{(4.18 - 0)^2 + (4.18 - 2.5)^2 + (4.18 - 3.8)^2 + (4.18 - 4.4)^2 + (4.18 - 4.75)^2 + (4.18 - 4.95)^2 + (4.18 - 5.08)^2 + (4.18 - 5.1)^2 + (4.18 - 5.11)^2 + (4.18 - 5.12)^2 + (4.18 - 5.13)^2}{10} = 2.57$$

Математичне очікування розгінної характеристики:

$$\bar{y}_n = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{0 + 2.4 + 3.6 + 4.5 + 4.74 + 4.96 + 5.02 + 5.08 + 5.12 + 5.13 + 5.13}{11} = 4.15$$

Дисперсія розгонної характеристики:

$$\begin{aligned}
S_n &= \frac{\sum(\bar{y}_n - y_i)^2}{n - 1} \\
&= \frac{(4.15 - 0)^2 + (4.15 - 2.4)^2 + (4.15 - 3.6)^2 + (4.15 - 4.5)^2 + (4.15 - 4.74)^2 +}{10} \\
&+ \frac{(4.15 - 4.96)^2 + (4.15 - 5.02)^2 + (4.15 - 5.08)^2 + (4.15 - 5.12)^2 + (4.15 - 5.13)^2 +}{10} \\
&+ \frac{(4.15 - 5.13)^2}{10} = 2.61
\end{aligned}$$

Визначимо критерій Фішера:

$$F = \frac{S_n}{S_p} = \frac{2.57}{2.61} = 0.985$$

Табличний критерій Фішера для $n-1: F_{10,10,0.95} = 2.23$. Оскільки F розрахунковий менше F табличного, то модель є адекватною з ймовірністю 95%.

4.3 Послідовна корекція контурів керування на момент

4.3.1 Послідовна корекція контуру керування по моменту ділянки 1.

Проведемо послідовну корекцію контуру регулювання моменту.

Для послідовної корекції на вхід розімкнутого контуру регулювання моменту введемо регулятор моменту з функцією передавальної W_{PM} , як показано на рис. 4.13.

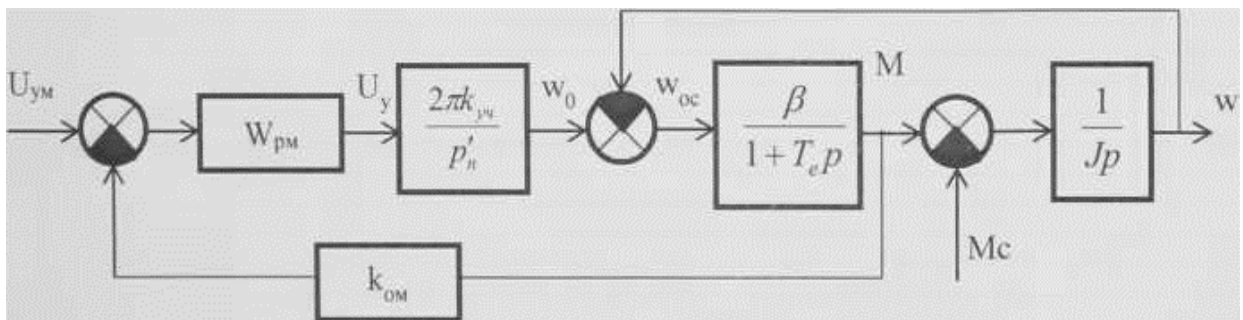


Рисунок 4.13 – структурна схема контуру регулювання моменту .

При синтезі контуру регулювання моменту внутрішній зворотний зв'язок за швидкістю розмикають, нехтуючи її впливом на динаміку приводу у процесах управління. Вплив цього зв'язку на динамічну точність регулювання можна оцінити, поклавши зміни швидкості незалежним обуюючим впливом.

Спрощена структурна схема контуру регулювання моменту представлена рис.4.14.

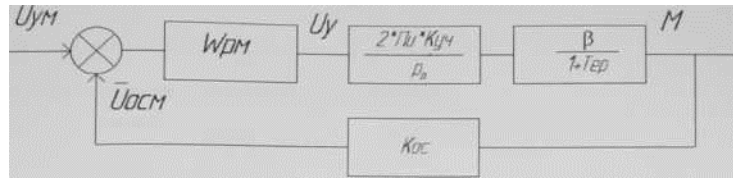


Рисунок 4.14 – Структурна схема для регулювання моменту.

Коефіцієнт k_{yc} розраховується за формулою:

$$k_{yc} = \frac{f}{U_{ym}}$$

При $f = 50$ Гц та $U_{ym} = 10$ В, коефіцієнт буде дорівнювати:

$$k_{yc} = \frac{50}{10} = 5 \text{ Гц/В}$$

k_0 буде розраховуватись з формули:

$$k_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{p\pi} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 5}{4} = 7,85$$

де $p\pi$ – це число пар полюсів, 4.

k_{oc} буде розраховуватись з формули:

$$k_{oc} = \frac{U_{ocm}}{M_H} = \frac{10}{54,6} = 0,183$$

Постійна часу T_e , розраховується з формули:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_k} = \frac{1}{78,5 \cdot 0,279} = 0,046\text{с}$$

Жорсткість β , розраховується з формули:

$$\beta = \frac{M_H}{\omega_0 - \omega} = \frac{54,6}{78,5 - 73,3} = 10,4\text{Нм}$$

Постійна часу T_M розраховується з формули:

$$T_M = \frac{\Sigma j}{\beta} = \frac{0,513}{10,4} = 0,049\text{с}$$

Виведемо передавальну функцію регулятора.

Передаюча функція розімкненої системи:

$$W_{роз}(p) = \frac{k_0 \cdot \dot{\beta}}{T_e \cdot p + 1}$$

Передаюча функція бажаної системи:

$$W_{баж}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_M \cdot p(T_M \cdot p + 1)}$$

Обчислимо вид ПІ регулятора як відношення:

$$W_{pm}(p) = \frac{W_{баж}(p)}{W_{роз}(p)} = \frac{\frac{1}{k_0 c} * (T_e \cdot p + 1)}{2 * k_0 * \beta * T_M * p (T_M * p + 1)}$$

Після ряду перетворень, отримаємо вираз:

$$W_{pm}(p) = \frac{1}{k_0 c} \frac{1}{2 * k_0 * \beta * T_M * p}$$

Підставляємо значення та отримуємо передатну функцію:

$$W_p(s) = \frac{5,464}{2 * 7,85 * 10,4 * 0,049 * s} = \frac{5,464}{8 * s}$$

Структурна схема Simulink представлена рис 4.15.

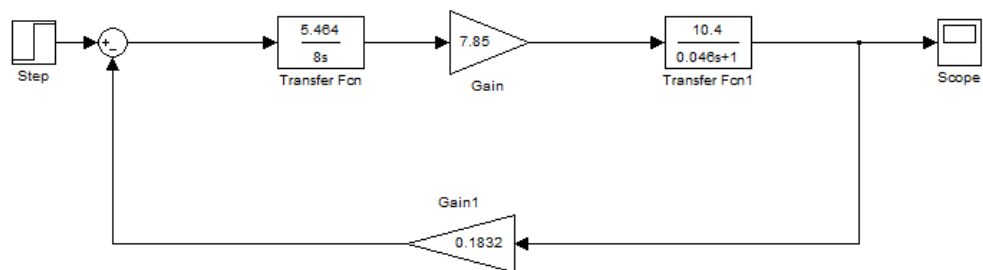


Рисунок 4.15 – Структурна схема налаштування на технологічний оптимум по моменту.

Графік перехідного процесу представлений рис 4.16

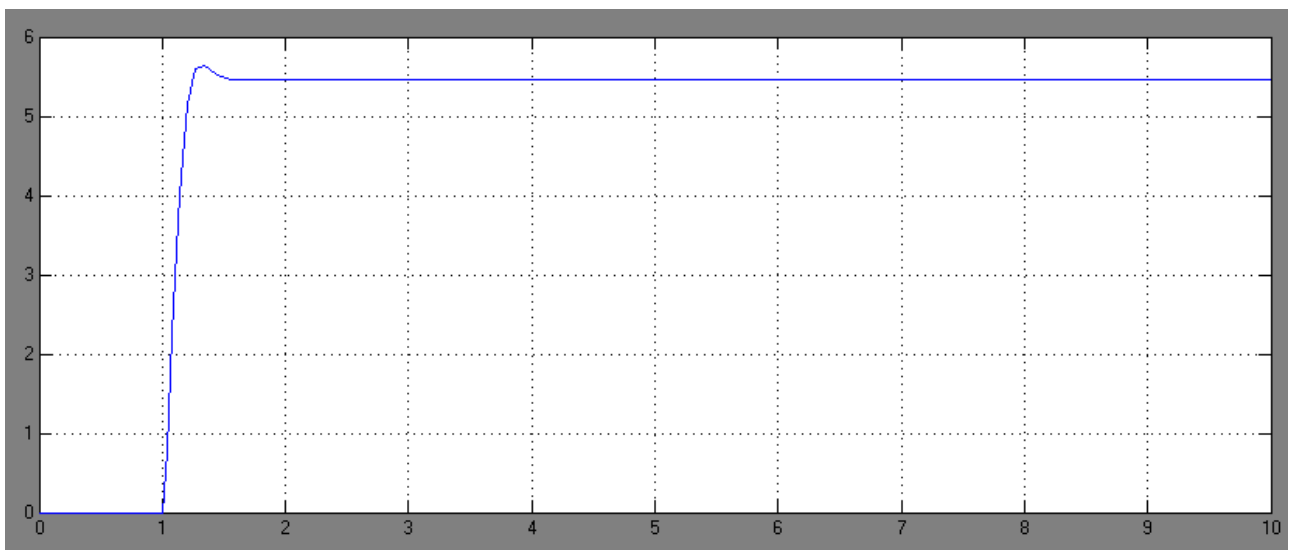


Рисунок 4.16 - Перехідний процес під час налаштування на технологічний оптимум на момент.

Знайдемо перерегулювання: $\sigma = \frac{5,73-5,5}{5,5} \cdot 100\% = 4,2\%$

Час перехідного процесу $T_{pc} = 0.032\text{с}$, що задовольняє вимогу 4,7Тм.

Перерегулювання також задовольняє вимогу 4.3%.

При налаштуванні на технічний оптимум за швидкістю використовується наступна структурна схема (рис. 4.17):

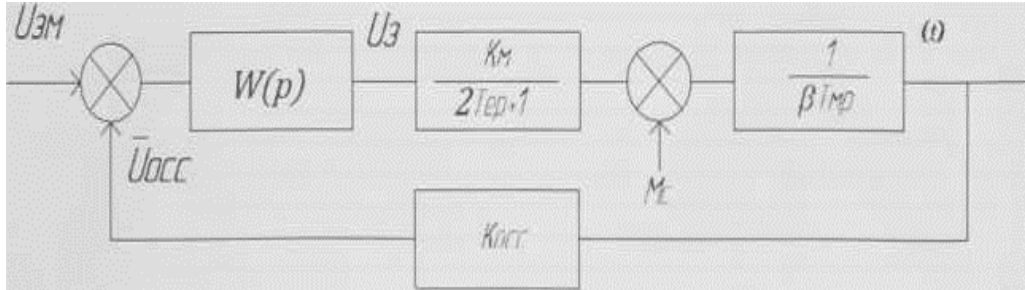


Рисунок 4.17 – структурна схема для розрахунку технологічного оптимума по швидкості.

Коефіцієнт зворотнього зв'язку $K_{ocс}$, розраховується по формулі.

$$K_{ocс} = \frac{U_{oc}}{\omega_n} = \frac{10}{50,29} = 0,199$$

Коефіцієнт K_{pc} , розраховується за такою формулою:

$$K_{pc} = \frac{K_{ocс} * 2 * 5}{\beta} = \frac{0,199 * 2 * 5}{28,8} = 0,069$$

Складаємо передатну функцію регулятора.

$$W_{pc}(s) = \frac{1}{k_{pc} * c} = \frac{55,7601}{2 * k_{pc} * \beta * T_{pc} * s} = \frac{55,7601}{0,092 * s^2 + s}$$

Далі з рівняння:

$$W(s) = W_p(s) * W_{pc}(s) = \frac{0,49s + 0,0225 * s^2}{s + 0,092 * s^2}$$

Структурна схема MatLab Simulink представлена рис. 4.18.

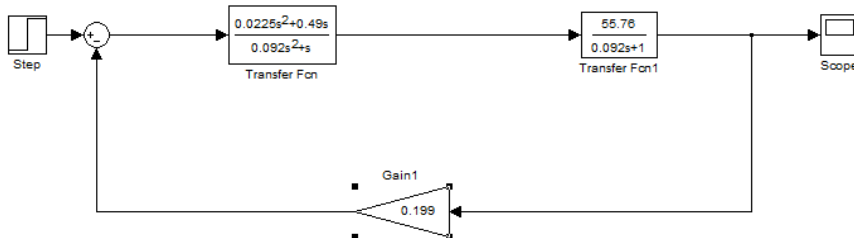


Рисунок 4.18 - Структурна схема для налаштування за швидкістю.

Графік перехідного процесу представлений рис 4.19/

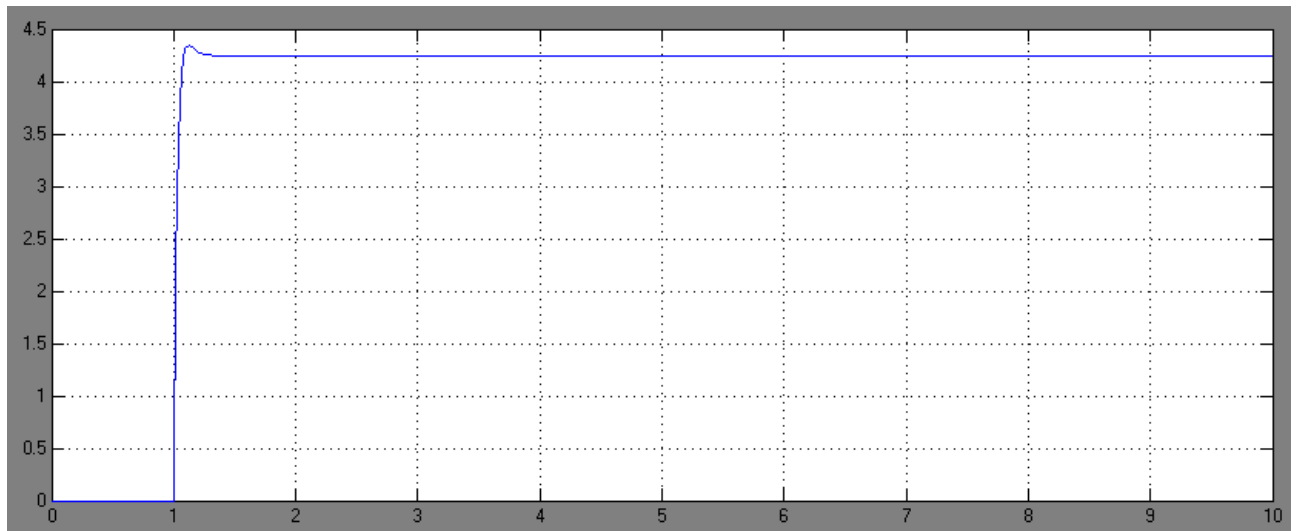


Рисунок 4.19 - Перехідний процес під час налаштування на технологічного оптимуму.

Знайдемо перерегулювання: $\sigma = \frac{9,47-9,09}{9,09} \cdot 100\% = 4,2\%$

Час перехідного процесу = 0.03с. ,що задовольняє вимогу 4,7Гм.

Перерегулювання також задовольняє вимогу в 4.3%.

Після перевірки робимо висновок, що модель є адекватною.

Висновок

Темою моєї бакалаврської роботи являється «Система управління технологічним процесом поливки плівки на підшарово-лакувальній машині».

При виконанні роботи був вивчений технологічний процес поливки плівки на підшарово-лакувальній машині, проведений аналіз на пожежо- та вибухонебезпечність, токсичність, агресивність.

При виборі засобів автоматизації технологічного процесу, були вибран новітні датчики. В якості вторинних пристроїв використовувалась мікропроцесорна техніка.

Так як процес складний, з великою кількістю взаємозв'язаних параметрів, він потребує високої якості контролю і регулювання. В бакалаврській роботі були використані мікропроцесорні індикатори, регулятор та інші прилади компанії "ОВЕН".

Після аналізу технологічного процесу були визначені параметри регулювання, контролю, сигналізації, обґрунтований вибір засобів автоматизації.

Після проведення розрахункової частини до даного процесу, можна зробити висновок, що застосування нових технологій значно покращило роботу системи виробничого процесу, тому після перевірки робимо висновок, що модель є адекватною і готовою до роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів „Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів” для студентів денної та заочної форми навчання / Укл.: Л.Г. Кірній. – Суми: Вид-во СумДУ, 2001. – 40 с.
2. Основы построения АСУТП. Е. П. Стефани,. - М. Энергоиздат. 2017
3. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов . Вершинин О.Е.-Л.: Энергоатомиздат, 2018 – 208 с.
4. Плановський О.М., Рам В.М., Коган С.З. «Процеси та апарати хімічної технології». - М: Хімія. 1968. – 848 с.
5. Дитнерський Ю.І. «Основні процеси та апарати Хімічної технології». Допомога з проектування. - М: Хімія, 1983. - 272 с.
6. Чечель П.С. «Процеси та апарати хімічної технології». – К.: Вища школа, 1974. – 276 с.
7. Соколов В. Н. Машины та апарати хімічних виробництв. Приклади та завдання. Л.: Машинобудування, 1982. – 384 с.
8. Лацинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання та розрахунку хімічної апаратури. Довідник – Л.: «Машинобудування», 1970. – 752 с.
9. ГОСТ 21.404-85 Автоматизація технологічних процесів. Позначення умовних приладів та засобів автоматизації у схемах.
10. Голуб'ятніков В.А., Шувалов В.В. Автоматизація виробничих процесів у хімічній промисловості. - М.: Хімія, 1985. - 325 с.
11. Автоматичні прилади, регулятори та обчислювальні системи. - Вид. 3-тє перероб. та допов. За ред. Б.Д. Кашарського. - Л: Машинобудування, 1976.
12. Промислові прилади та засоби автоматизації. За ред. Черенкова В.В. – Л.: 1987.

Додаток 1

ЧЗ 2015, 9 ТЛВ-ЕЛЗ

Поз.	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання, виробу і матер.	Завод виробник	Одиниці вимірюв.	Кіл.	Маса одиниці, ціна	Примітка (сума)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<i>Засоби та прилади автоматизації</i>						
1а, 2а	Нормувальний перетворювач на DIN-рейку ОВЕН ННТ-100.11 (0..+100)°С	ОВЕН ННТ-100.11		ТОВ "ВО ОВЕН" м. Харків	796	2	150	300
3а, 5а	Датчик температури платиновий ДТС 3105-РТ1000.В2.х	ДТС3105-РТ1000.В2.х		ТОВ "ВО ОВЕН" м. Харків	796	2	300	600
4а, 6а	Витратимір вихровий DVE-R, вих. сигнал 0-5мА	DVE-R		ФОП "ПриборТрейд", м.Київ	796	2	1200	2400
7а, 8а, 9а	Перетворювач тиску, діап.(0-5м/ч), вих. сигнал 0-5 МА, ±0,15%	Сопфур 22Дl		ФОП "ПриборТрейд", м.Київ	796	3	1000	3000
10а, 11а	Ультразвуковий датчик ідикатор рівня з електро-вих. 0-5 МА, діап. 10-61м	Prasonic M FMU40		"ООО «Кроссінформатика» м.Київ	796	6	900	1800
12а, 13а, 14а, 15а, 16а	Силопрямувальний тензорезистивний датчик 9035 ДТС (0.5-100)кН	9035 ДТС		ООО"Кроссінформатика" м.Харків	796	4	650	2600
16а, 16б, 17а, 17б, 17г, 17д	Лічильник метражу на базі енкодера Autonics ENC, 250 імпульсів за 1 оберт	Autonics ENC		ООО"Каснадром" м.Харків	796	4	650	2600
18	Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160.220.А-М02	ОВЕН ПЛК 160.220.А-М02		ТОВ "ВО ОВЕН" м. Харків	796	1	22000	22000
	РЕЛЕ RS-232, RS-485, CODESYS V. 2 через порти USB Device, Ethernet							
	керування частотними перетворювачами				796	1	1000	1000
NS	твердотільне реле SSR-400A	SSR-400A		ООО"Каснадром" м.Харків	796	2	200	400
4а, 16а, 17а, 18а, 18б, 18г, 17а, 18а, 21а	Перетворювач частот ПЧ Maellier M-MAX MМХ34 AA900FO вих. сигнал 0,25 - 45 кВт	ПЧ Maellier M-MAX		ФОП "Промтехсервіс"	796	8	9000	72000
4в, 6в, 11в	Клапан запірно-регулюючий одноствільний фланцевий з електричним виконавчим механізмом (EIM) 254945п	254945п		Армавирський завод	796	3	1990	5970

Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата
Разраб.	Гусар Д.Ю.			
Пробер.	Сердик І.В.			
Реценз.				

ЧЗ-81Ш. 6.151.02 В4

Система управління технологічним процесом полива плівки на півшарава-покувальній машині

Лист Лист 1 Листов 3
ШІ Сум ДУ

Додаток 2

№В 2015/9.МВ-СБ7								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Електроапаратура</i>								
HA1	Дзвінок гучного дзвіку EBL-5502 (55м) сила звуку 62 дБ, U-220В, 50Гц	EBL-5502		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	150	150
HL 1.HL 4	Сигнальна арматура AD22-22DS, червона U-220В, ДСТУ EN 6094-5-1	AD22-22DS		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	5	45	225
HL6	Лампа розжарювання Б-220-40 ТУ16.535.181-78, U-220В, P=40Вт	Б-220-40		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	12	12
HL 7.HL 14	Сигнальна арматура AD22-22DS, зелена U-220В, ДСТУ EN 6094-5-1	AD22-22DS		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	8	45	360
KK1..KK7	Реле електротеплове ТРН-40 таке саме ТУ 16.523.549-82	ТРН-40		м. Каменець-Подільський	шт	7	400	2100
				Електромеханічний з-д				
KM1.KM7	Пускч магнітний ПАЕ-332 U-220В, ном-4А, кількість голубих контактів 3	ПАЕ - 332		м. Каменець-Подільський	шт	7	650	4550
				Електромеханічний з-д				
KV1.KV11	Реле проміжне ПРУ-1-315 відкритого виконання з 1з та 3р контактами ТУ16.523.020-70	ПРУ-1-315		м. Каменець-Подільський	шт	11	520	5720
				Електромеханічний з-д				
SB1.SB3	Кнопка керування МТВ2-ВА2 ДСТУ 500305.1-2005	МТВ2-ВА2		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	3	56	168
SB3.SB4	Пост управління кнопочний ПKE212-343 I ном-10А	ПKE212-343		г. Каменець-подольський	шт	2	15	30
				Електромеханічний з-д				
SA1-SA6	Перемикач ПКП Е9-16 / 1-831 ТУ16-526.308-2003 U-220В	ПКП Е9-16 / 1-831		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	6	147	885
SA3	Універсальний переключатель УП 537-63 ном-5А, U-220В	УП 537-63		г. Каменець-подольський	шт	2	40	80
				Електромеханічний з-д				
SF1	Вимикач автоматичний 2-х пол. ВА-2013 U-220В, I-125А, ДСТУ 3025-2000	ВА-2013		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	56	56
SF2.SF4.SF6	Вимикач автоматичний 2-х пол. ВА-2017, U-220В, ном-16 А, ДСТУ 3025-2000	ВА-2017		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	4	54	216
SF5 SF7.SF20	Вимикач автоматичний 2-х пол. ВА-2003, U-220В, ном-10 А, ДСТУ 3025-2000	ВА-2003		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	15	56	840
XS1	Розетка С455 з кріпленням на DIN-рейку	С455		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	30	30
XT1	Рейка зажимів ТУ 36.1085-74	РЗ-20		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	85	85
TV1	Трансформатор понижуючий	ОСО 0,25 220/36		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	1	658	658
	DIN-рейка	TS-35-0,8		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	4	8	32
	Щит шкафний	ЩМТ-5-0 IP31 1000x600x300		АСКО-УКРЕМ, Київ	шт	2	2400	4800

Изм./Лист	№ докум.	Подл.	Дата	СЧЗ-81Ш. 6.151.02 В4	Лист
-----------	----------	-------	------	----------------------	------

Копіював

Формат А3