

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Кафедра системотехніки і інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Худолей Г.М.

«__»_____2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

Система управління технологічним процесом поливу суспензій на рулонний
матеріал

Керівник проекту:

Старший викладач, к.т.н.

Серяков А.Г.

Дипломник:

студент групи СУ-71Ш

Прокопенко Д.В.

Шостка 2021

РЕФЕРАТ

Прокопенко Дмитрий . Система управления технологическим процессом производства склеивающих лент. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета, Шостка, 2021 г.

Дипломный проект содержит 83 страниц пояснительной записки, 56 иллюстраций, 34 таблиц, 28 источников информации; конструкторскую документацию, которая содержит 2 чертежа.

Работа посвящена разработке системы управления производством полива суспензий на рулонный материал на базе современной микропроцессорной техники, которая позволяет повысить эффективность производства за счет увеличения объема выпускаемой продукции, повышения качества продукции. Произведен анализ технологического процесса, выбор средств автоматизации, разработан алгоритм работы системы управления.

Выполнены расчеты регуляторов на технический и симметричный оптимум, выполнен расчет технико-экономических показателей. Разработаны функциональная схема производства полива суспензий на рулонный материал, электрическая принципиальная схема.

Ключевые слова: система управления, технологический процесс, автоматизация, средства автоматизации, канал управления, параметры контроля и управления.

РЕФЕРАТ

Прокопенко Дмитро. Система управління технологічним процесом виробництва клеючих стрічок. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету, Шостка, 2021 р.

Дипломний проект містить 83 аркушів пояснювальної записки, 56 ілюстрацій, 34 таблиць, 28 джерел інформації; конструкторську документацію, що містить 2 креслення.

Робота присвячена розробці системи управління виробництвом поливу суспензій на рулонний матеріал на базі сучасної мікропроцесорної техніки, яка дозволяє підвищити ефективність виробництва за рахунок збільшення обсягу продукції, що випускається, підвищення якості продукції. Проведено аналіз технологічного процесу, вибір засобів автоматизації, розроблений алгоритм роботи системи управління. Виконаний розрахунок регуляторів на технологічний та симетричний оптимум, виконаний розрахунок техніко-економічних показників. Розроблено функціональну схему виробництва поливу суспензій на рулонний матеріал, електрична принципова схема.

Ключові слова: система управління, технологічний процес, автоматизація, засоби автоматизації, канал управління, параметри контролю і управління.

ABSTRACT

Prokopenko Dmitry. Control system of technological process of production gluing tape. The degree project. Shostka Institute of Sumy State University, Shostka, 2021.

Diploma project contains 83 pages of explanatory notes, 56 illustrations, 34 tables, 28 sources of information: design documentation, containing 2 drawings.

The work is devoted to the development of a control system for the production of watering suspensions on roll material based on modern microprocessor technology, which allows you to increase production efficiency by increasing the volume of products, improving product quality. The analysis of the process, the choice of automation, the algorithm of the control system was held. The calculation of regulators on technological and symmetrical optimum estimations of technical and economic indicators was held. A functional diagram of the production of suspension irrigation on roll material, an electrical schematic diagram has been developed.

Keywords: control system, technological process, automation, control channel, monitoring and control options.

Зміст

| | |
|---|----|
| Список скорочень і позначень..... | 6 |
| Вступ..... | 7 |
| 1. Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління..... | 8 |
| 2. Вибір каналів управління, сигналізації та блокування | 17 |
| 3. Вибір засобів автоматизації | 25 |
| 3.1 Нижній рівень автоматизації системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) | 25 |
| 3.2 Верхній рівень автоматизації системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) | 45 |
| 4. Алгоритм роботи системи | 56 |
| 5. Розрахункова частина..... | 61 |
| Список літератури..... | 81 |

СПИСОК СКОРОЧЕННЯ І ПОЗНАЧЕННЯ

АСУ - автоматизована система управління

АД – асинхронний двигун

АСР - автоматична система регулювання

АСУТП - автоматизована система управління технологічним процесом

ЛСУ - Локальна система управління

ЛЗР - легко займистими рідина

ЛПТ - стрічкопротяжній тракт

МП - Машина полівна

ПУЕ - Правила улаштування електроустановок

САПР - система автоматизованого проектування

САУ - система автоматичного управління

САР - система автоматичного регулювання

СУ - система управління

ТА - технологічний агрегат

ТП - технологічний процес

УЗМ - ультразвукова мийка

УЗГ - ультразвуковий генератор

ВСТУП

Поливна машина (МП) для поливу суспензій на рулонний матеріал відноситься до галузі хімічної промисловості і використовується для нанесення адгезійних шарів на основу (рулонний матеріал). Технологічна схема виробництва таких матеріалів передбачає послідовне проведення наступних операцій, як очищення основи, нанесення шару в вузлі поливу і сушка. Для проведення даного технологічного процесу використовується різноманітне обладнання. На даний момент, існуюча система управління і контролю даними технологічним процесом, вважається застарілою. Так як вона має такі недоліки: використовуються застарілі морально і фізично прилади КВП; наявність систем релейної логіки; відсутність централізованого управління процесом. Що призводить до зниження надійності, перевитрати енергетичних і трудових ресурсів. В даний час всі питання створення нової техніки вирішуються комплексно. Технологічні процеси та обладнання проектується з розрахунком на максимальну автоматизацію, що дозволяє підвищувати економічність і ресурс обладнання. Важливим елементом модернізації поливної машини є модернізація управління стрічко протяжного тракту поливної машини. Модернізація обумовлена необхідністю підтримання постійного моменту і швидкості протягання полотна в МП, що має привести до підвищення техніко-економічних показників роботи стрічко протяжного тракту. При цьому ефективність управління досягається за рахунок застосування сучасних методів управління технологічними процесами, а також використання новітніх технічних засобів автоматизації. Крім цього система повинна відповідати показникам якості і бути стійка. Мета даного роботи-розробити систему управління стрічко протяжним трактом МП і налаштувати її на технічний оптимум і симетричний оптимум і порівняти результати.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Нанесення суспензій на основу. Поливна машина (МП) (рисунок 1.1) призначена нанесення адгезійних шарів на основу з наступним сушінням покриття, що наноситься. Нанесення адгезійних шарів здійснюється методом накидається валика [2]. Машина встановлюється в спеціальному приміщенні, яке належить до третьої категорії чистоти по ОСТ II ПО 050.001-73 і до класу В1-б по «Правил влаштування електроустановок». На поливній машині МП встановлено поливній вузол з метою нанесення адгезійного шару (подслоя) на одну сторону рулонного матеріалу і дві горизонтальні сушки, що забезпечують послідовну сушку адгезійних шарів. Спочатку машину МП заправляють для зручності вузької (600мм) ПЕТФ плівкою, згідно схеми заправки. Основа з розмотування (рисунок 1.1) проходить по роликам нерухомого вала механізму склеювання, де відбувається склеювання кінця розмотується рулону з початком нового за допомогою липкої стрічки. Полотно основи на механізмі склейки підтримується вакуумом. Безперервна робота машини забезпечується за рахунок використання основи магазину запасу (рис.1.1) Основа проходить через систему валиків тягне приводу розмотування, механізм склейки, магазин запасу. Магазин запасу призначений для забезпечення безперервної подачі основи в тракт машини при зміні рулонів на розмотувальній машині. Ємність магазину запасу 65 метрів. Магазин запасу виконаний у вигляді окремо монтируемого вузла, що встановлюється в отворі правого каркаса.

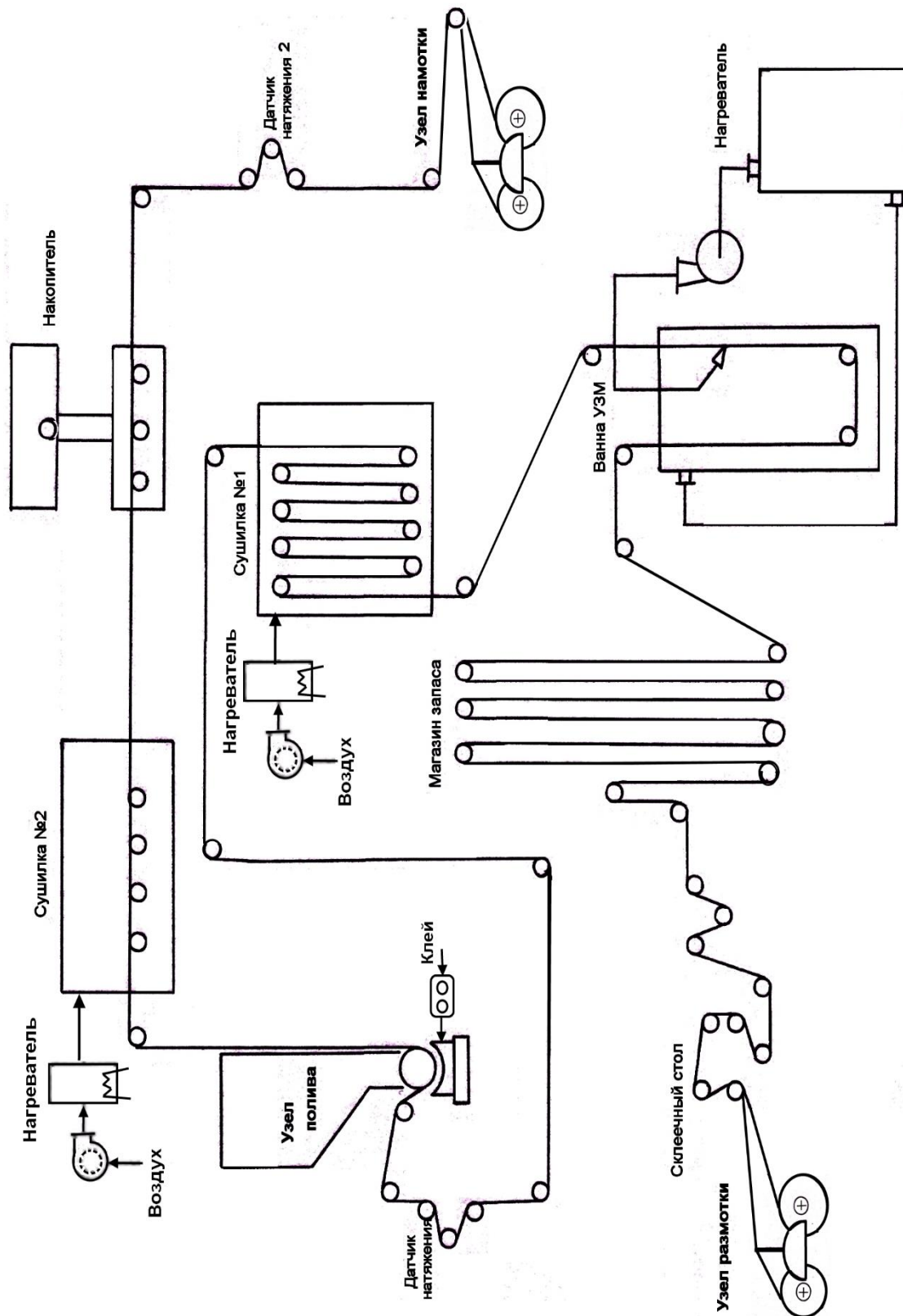


Рисунок 1.1 - Схема машины МП

На рамі, яка встановлюється на шини, закріплені - нерухомий блок роликів і вертикальні напрямні. По напрямних переміщається каретка, що складається з шків з закріпленими на них петлеобразующих роликами і

направляючими роликми. 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 ловителя, що складається з електроприводу, обгонів муфти і пов'язаний з кареткою ланцюговою передачею. Для забезпечення прискореного заповнення магазину основою служить регулятор, що складається з сельсина датчика з редуктором, пов'язаний з кареткою ланцюговою передачею. Для стопоріння каретки у верхньому положенні є засувки з приводом від пневмоциліндра. У нижньому положенні при заправці основи каретка стопориться ручним фіксатором. На направляючій встановлено кінцеві вимикачі, що спрацьовують від упору при підході каретки в верхнє і нижнє крайні положення. При зміні рулонів на розмотувальній машині подача основи в тракт здійснюється за рахунок зменшення довжини петель основи при переміщенні каретки з петлеобразуючих роликми з крайнього верхнього положення вниз. Команда на відкриття засувки дається при гальмуванні основи на клеєчному столику від встановленого на ньому мікроперемикача. Зміна рулонів на розмотувальній машині повинна бути проведена до того моменту, коли каретка з петлеобразуючих роликми переміститься в крайнє нижнє положення і спрацює кінцевий вимикач нижнього положення, що дає сигнал на відключення електроприводу машини. Переміщення каретки вниз здійснюється за рахунок зусилля, створюваного натягом основи. З положенням каретки заблоковане положення ротора сельсина датчика регулятора, причому переміщення каретки з крайнього нижнього в крайнє верхнє положення відповідає куту повороту ротора сельсина на 60° . Сельсину датчик видає керуючий сигнал в схему електроприводу для збільшення швидкості приводу розмотувальній 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 спрацьовування кінцевих вимикачів, що дають сигнал на спрацьовування засувки і припинення прискореної роботи приводу Розмотувальний машини. З магазину запасу основа надходить в ванну ультразвукову, де поверхні основи очищаються від забруднення, і сушилку №1 машини попередньої обробки. Ванна ультразвукова призначена для безперервної очищення поверхні основи від забруднень перед нанесенням покриттів. В якості миючого розчину може бути використана дистильована вода або спиртовий розчин. В даному випадку як миючого розчину використовується дистильована вода. Гідросистема УЗМ призначена для підігріву миючої рідини, використовуваної в ультразвуковій ванні до 60 ... 80 ° С, автоматичної підтримки заданої температури і 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 представляє собою бак з встановленим в ньому електричним нагрівачем. Причому рівень в нагрівальному баку не повинен опускатися нижче, ніж 150 мм. При цьому забезпечується безперервна циркуляція дистильованої води по системі Ванна УЗМ → Нагрівач → Ванна УЗМ за допомогою відцентрового насоса, який забезпечує постійний тиск 0,02 МПа миючої рідини надходить в ванну УЗМ. Сушарка №1 машини попередньої обробки призначена для видалення вологи з поверхні основи після мийки в ультразвуковій ванні. Спосіб сушіння струменевий. Витрата повітря 1600 м³ / год. Температура повітря до + 150 ° С. Сушарка №1 машини попередньої обробки складається з двох повітропроводів, закріплених на рамах правого каркаса. Повітроводи з'єднуються між собою трубами з отворами для подачі сушить повітря на поверхню основи.

Транспортування основи здійснюється за допомогою напрямних роликів, закріплених на рамах, які в свою чергу встановлені на перекладині правого

каркаса. Натяг основи підтримується на одному рівні за допомогою системи натягу. Датчик натягу призначений для вимірювання величини натягу основи в процесі її проходження по тракту машини з видачею сигналу в схему електроприводу для коригування роботи електродвигунів.

Передбачено два датчика натягу встановлених у на стійках каркасів лівого і правого; перед машиною поливної і перед машиною Намотувальне. Датчик натягу складається з двох напрямних роликів, закріплених на стійках, вимірювального ролика, встановленого на пружних шарнірах і двох силовимірювальних датчиків типу СА П-10. Залежно від кута охоплення основою вимірювального ролика, який регулюється зміною відстані між напрямними, роликами і може становити $120^{\circ} \dots 180^{\circ}$, за допомогою датчика можна змінювати натяг до 20 кгс. Промита і висушена основа, проходячи по роликам тягне і підтримує тракту, надходить в поливної вузол. При просуванні по стрічкопротяжного тракту 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. Машина поливна призначена для нанесення покриття на одну зі сторін основи. На підставі, встановленому на окремому фундаменті в отворі каркаса, закріплена станина пристрою для нанесення покриття, що складається з двох литих стійок, пов'язаних між собою за допомогою 4-х стяжок. На стійках встановлені траверси з закріпленими на них направляють, по яких на кульках, які перебувають в сепараторах, може переміщатися в обидва боки на 50мм, слідом за переміщенням полотна основи, верхня частина пристрою. З цією метою на траверсі встановлений гідроциліндр, шток якого шарнірно пов'язаний з верхню частину пристрою. Переміщення відбувається автоматично слідом за переміщенням основи, сигнал на переміщення надходить від датчика положення кромки, встановленого у верхній частині пристрою. Крім того, передбачається управління становищем пристрою в неавтоматическом режимі. Верхня частина пристрою складається з кронштейнів, на яких по

напрямних переміщаються повзуни з опорами накидається валика.

Регулювання початкового положення повзунів проводиться гвинтовими пристроями для регулювання зазорів з лімба (Нерта., 563.12.10.008) квінти яких пов'язані зі штоками гідроциліндрів переміщення повзунів.

Накидається вал занурений в кювету з розчином. Кювету шарнірно закріплена на важелях і може займати два положення в просторі.

Переміщення здійснюється гідроциліндром з ходом поршня 48мм. Точне положення кювети регулюється за допомогою гвинтів-упорів, встановлених на важелях. У підшипниках, розташованих в опорах стійок, закріплених на станіні, встановлений вал, який частково занурюється в наносиму на основу суспензію. Точне регулювання цього валу в двох напрямках здійснюється гвинтовим пристроєм з німбом. Як рушія основи на ділянці нанесення покриттів використовується рольганг, закріплений на рамі, яка кріпиться до поперечин каркасів. Вакуум в рольганге вручну підтримується на рівні близько 0,02 МПа. Зчеплення основи з валиком рольганга здійснюється за рахунок сил тертя, що виникають при наявності зниженого тиску в камері рольганга. Як джерело зниженого тиску використовується вентилятор, що всмоктує патрубок якого з'єднується з камерою рольганга через повітропровід.

Обертання приводного вала рольганга і накидається валика здійснюється приводами, пов'язаними з ними за допомогою клиноремінних передач. На поливному вузлі наноситься проміжний шар. До складу поливного вузла входять: система харчування, бачок напірний, перетворювач, приміщенні житлового будинку, повітропровід, золотникові розподільники. Всі ці пристрої служать для харчування робочої машини робочими розчинами, робочою рідиною гідроциліндрів, повітрям для пневматичного датчика положення кромки основи. При поливі основи, коливання швидкості основи не повинні бути більше 1%. Машина поливна працює в режимі накидається валика. Рівень в кюветі підтримується за допомогою вставних перегородок.

Нанесення розчину на поверхню основи здійснюється при обертанні накидається валика. Поливна машина забезпечена датчиком натягу і регулятором натягу. Далі, після поливного вузла основа надходить в сушарку №2. Сушарка призначена для видалення з поверхні основи вологи. Спосіб сушіння струменевий. Температура сушить повітря не більше 110 °С, повинна підтримуватися в межах 90-100°С. Тиск в сушарці №2 близько 0,02 МПа. Пройшовши зону сушарки №2, полита і висушена основа надходить на накопичувач. Накопичувач призначений для забезпечення безперервної роботи машини при зміні рулонів на намотувальних машині шляхом створення запасу основи. Корисна ємність накопичувача -65 метрів основи. Накопичувач виконаний у вигляді окремого вузла, що встановлюється на правому каркасі. На рамі, що представляє собою збірну конструкцію з прокатних профілів, закріплені чотири вертикальні стійки, службовці для напрямку руху каретки. В щоках каретки, пов'язаних між собою стяжками і розпірками, встановлені петлеобразующих ролики. Каретка переміщається по напрямних на роликах. У нижній частині рами закріплений нерухомий блок роликів. Каретка врівноважена вантажами, які переміщуються в шахтах і пов'язаними з нею за допомогою ланцюгової передачі для гальмування каретки при різкому збільшенні швидкості, служить привід ловителя, конструкція якого аналогічна приводу ловителя магазину запасу.

Для забезпечення спорожнення накопичувача служить регулятор, який видає сигнал на прискорене обертання приводу Намотувальне машини. Пристрій регулятора аналогічно регулятору магазину запасу. Для стопоріння каретки в нижньому положенні, при заправці основи служить річний фіксатор. На одній з напрямних встановлений кінцевий вимикач, що спрацьовує при підході каретки в верхнє крайнє положення. Принцип роботи накопичувача аналогічний до принципу роботи магазину запасу. Нормальне положення каретки з петлеобразующих роликами нижнє. При

зупинці приводу Намотувальне машини для знімання сердечника, що надходила з машини основа приймається накопичувачем при переміщенні каретки з крайнього нижнього в крайнє верхнє положення. Після накопичувача, основа надходить на намотчик. Машина намотувальна складається з намотчика і пристосування для поділу рулонів. Намотувальник є двопозиційний рольну зірку, що має ряд вузлів, аналогічних з машиною розмотувальний. Намотування політій основи в рулон на намотувальних машині проводиться за допомогою приводу, встановленого на станині.

1.2 Рух матеріальних потоків

Згідно опису ТП виробництва склеюючих стрічок і умов протікання технологічного процесу складемо схему руху інформаційно-матеріальних потоків (рисунок 1.2).

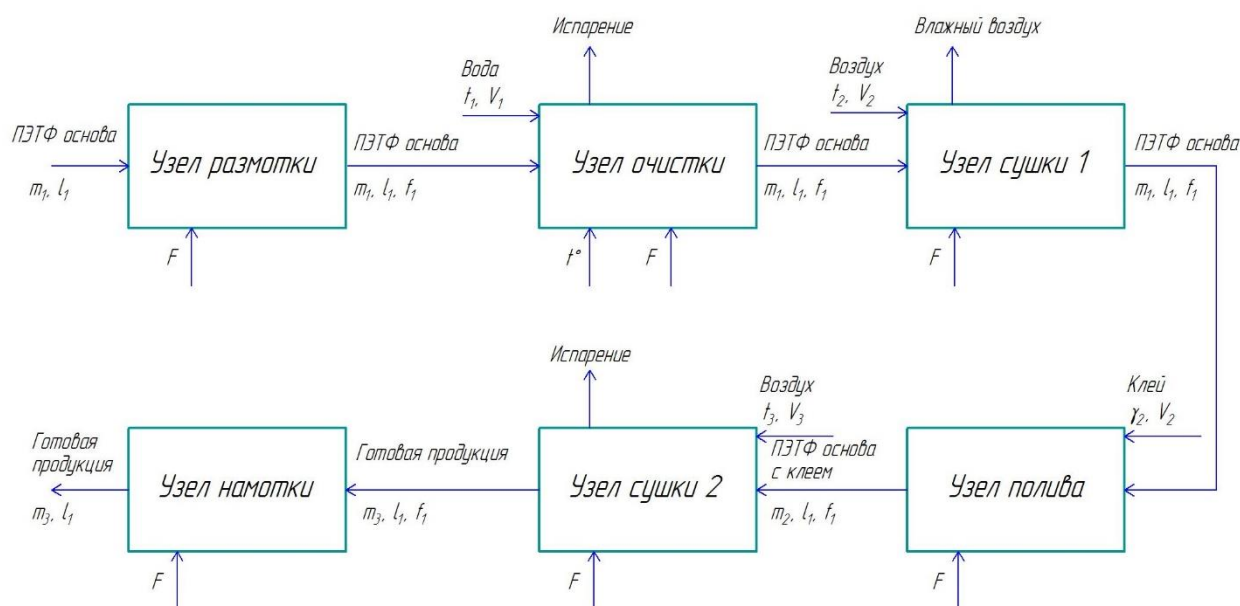


Рисунок 1.2 - Схема інформаційно-матеріальних потоків

На основі схеми руху інформаційно-матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю і управління (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Параметри сигналізації, контролю і управління.

| № | Найменування параметра, місце відбору вимірювального імпульсу | Задане значення параметра | Допустимі відхилення параметра | Відображення інформації | | | Регулювання | Найменування регулюючого впливу, місце установки регулюючого органу. |
|----|---|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--|
| | | | | Показання | Регістрація | Сигналізація | | |
| 1 | Температура води в вузлі очищення | 70 °С | ± 3% | + | - | + | + | Комутація нагрівача |
| 2 | Температура в зоні сушки 1 | 135 °С | ± 3% | + | + | + | + | Комутація нагрівача |
| 3 | Температура в зоні сушки 2 | 95 °С | ± 3% | + | + | + | + | Комутація нагрівача |
| 4 | Рівень води в вузлі очищення | 0,15-1 м | ± 5% | + | - | + | + | Регулювання оборотів насоса |
| 5 | Тиск в сушарці 2 | 0,02 МПА | ± 5% | + | - | + | - | Комутація вентилятора |
| 6 | Витрата повітря в зоні сушки 1 | 1600 м3/год | ± 4% | + | + | + | + | Регулювання оборотів повітродувки |
| 7 | Витрата повітря в зоні сушки 2 | 1600 м3/год | ± 4% | + | + | + | + | Регулювання оборотів повітродувки |
| 8 | Витрата суспензії в вузлі поливу | 2 л/хвил | ± 1% | + | + | + | + | Регулювання оборотів насоса |
| 9 | Натяг стрічки в вузлі розмотування | 100 Н | ± 1% | + | - | + | + | Регулювання моменту двигуна |
| 10 | Натяг стрічки перед вузлом поливу | 100 Н | ± 1% | + | - | + | + | Регулювання моменту двигуна |
| 11 | Натяг стрічки в вузлі намотування | 100 Н | ± 1% | + | - | + | + | Регулювання моменту двигуна |

| | | | | | | | | |
|----|-------------------------------------|-------------|-----------|---|---|---|---|------------------------------|
| 12 | Швидкість протягання в вузлі поливу | 3-30 м/хвил | $\pm 1\%$ | + | + | + | + | Регулювання оборотів двигуна |
| 13 | Швидкість протягання в зоні сушки 2 | 3-30 м/хвил | $\pm 1\%$ | + | - | + | + | Регулювання оборотів двигуна |

2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

2.1 Побудова структури АСУ ТП

Автоматизована система управління являє собою комплекс технічних засобів (КТС), що забезпечують оптимізацію технологічних процесів. АСУ будується відповідно до результатів аналізу функціональних завдань, що стоять перед системою на базі високонадійній програмованої обчислювальної техніки. Функції АСУ розподілені між її верхнім і нижнім рівнями. При цьому нижній рівень виконує наступні функції:

- Збір інформації про об'єкт управління в пам'яті контролера АСУ для виконання функцій контролю, відображення і сигналізації верхнім рівнем.
- Обробка команд і завдань управління, що подаються від верхнього рівня.
- Управління електроприводами ЛПТ відповідно до заданими технологічними алгоритмами.
- Реалізація технологічних блокувань і блокувань безпечної роботи обладнання.
- Формування сигналів відмов електроприладів механізмів.

У той же час верхній рівень АСУ виконує наступні функції:

- Зв'язок з контролерами нижніх рівнів АСУ, а саме: читання інформації з таблиць даних контролера і запис інформації в неї.
- Контроль параметрів технологічних процесів і обладнання.

- Контроль стану електроприводів.
- Світлова та звукова сигналізація відхилень технологічних процесів від норм і відмов обладнання.
- Створення та надсилання нижнього рівня команд і завдань управління електроприводами і передпусковий сигналізації.
- Обчислення і передача нижнього рівня сигналів регулювання.
- Відображення обладнання ділянок, технологічних процесів, команд управління і сигналізації.

Програмовані контролери (ПЛК) встановлюються в монтажних щитах, за місцем розміщення технологічного обладнання, а АРМ технолога і інженерів сервісних служб - в приміщеннях центрального пульта управління (ЦПУ).

2.2 Стрічкопротяжний тракт машини

Відповідно до функціональних завдань система управління ЛПТ забезпечує рух стрічки від розмотування через поливної вузол до намотування із заданою лінійною швидкістю, в необхідному діапазоні її зміни. При русі стрічки підтримується постійний натяг в усіх вузлах тракту ЛПТ, при цьому відслідковується управління натягом при зміні діаметрів осей в вузлах намотування і розмотування. Це спостереження необхідно, тому що при зміні діаметра осі при постійній лінійній швидкості стрічки повинна змінюватися кутова швидкість обертання осей намотування і розмотування. Контроль необхідної величини натягу здійснюється за допомогою датчиків натягу (поз. 1, 6, 8). Система управління ЛПТ забезпечує:

- оптимізацію технологічного процесу нанесення і сушіння политих шарів для будь-якого типу суспензій і основи;
- забезпечує якість политого шару за рахунок суворого підтримки лінійної швидкості руху основи;
- регулювання швидкості обертання намоточного вузла при зміні діаметра осі;

- зменшення енерговитрат. енерговитрат.

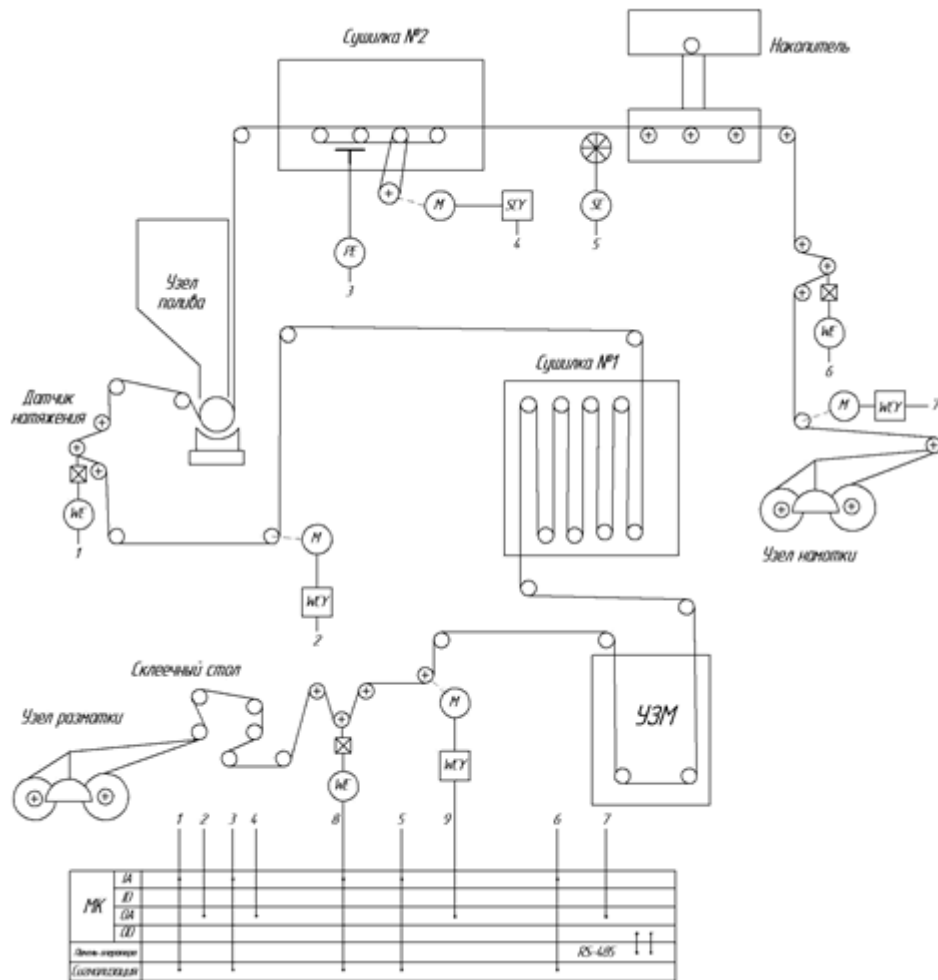


Рис. 2.1 - Схема системы управления ЛПТ.

Управління та регулювання швидкістю протягання основи здійснюється на підставі сигналів датчика швидкості (поз. 5) і приводу рольганга (поз. 4). Необхідною умовою нормальної роботи контуру управління швидкістю є наявність зчеплення основи з валами рольганга, яке забезпечується вакуумом на рольганге. Тому в схемі автоматизації передбачається контроль і сигналізація необхідного рівня вакууму (0,02 МПа, поз. 3). Неузгодженість заданої і поточної швидкості протягання стрічки призводить до вироблення керуючого сигналу, який видається з аналогового виходу ОА мікропроцесора. Конттури регулювання натягом ЛПТ замикаються також через МК, здійснюючи цифрове регулювання величиною натягу в реальному масштабі часу. При цьому керуючі сигнали надходять на вхід частотних перетворювачів (поз. 2, 4, 7, 9), змінюючи

момент на валу кожного двигуна, шляхом зсуву механічної характеристики. Крім того при управлінні електроприводом ЛПТ вирішується завдання синхронізації швидкості всього тракту.

Для забезпечення рівномірного нанесення поливається суспензії на основу, система управління електроприводу ЛПТ повинна забезпечити високу рівномірність протягання основи, тобто усунути ривки, що виникають при протягуванні підкладки через тракт поливної машини. Згладжування поштовхів здійснюється шляхом регулювання співвідношення величин швидкості, натягу основи і вакууму рольганга, які контролюються відповідними датчиками.

2.3 Ультразвукова мийка.

Гідросистема УЗМ призначена для автоматичної підтримки заданої температури миючої рідини на рівні 60 ... 80 ° С, контроль за якою здійснюється за допомогою датчика температури (поз. 3). А також очищення рідини від механічних забруднень, які є на основі. Ця температура підтримується в УЗМ за допомогою нагрівача (поз. 2), що представляє собою бак з встановленим в ньому електричним нагрівачем. У міру віднесення і випаровування миючої рідини се кількість поповнюється свіжою. Циркуляція миючої рідини в резервуарі забезпечується відцентровим насосом (поз. 4).

Надлишок рідини видаляється з резервуара через два зливних патрубків і, пройшовши через електронагрівальних установку, знову повертається в резервуар. Як, видно зі схеми (рисунок 2.2), регулювання здійснюється позиційно, шляхом видачі керуючих сигналів з виходу МК. Ефективність мийки забезпечується підтримкою необхідного рівня миючої рідини в баку УЗМ, для цього передбачений датчик рівня (поз. 1). Щоб запобігти виходу ультразвукового випромінювача з ладу, в системі передбачено оповіщення про мінімально можливого рівні миючої рідини в УЗМ, який не повинен опускатися нижче 0,15.

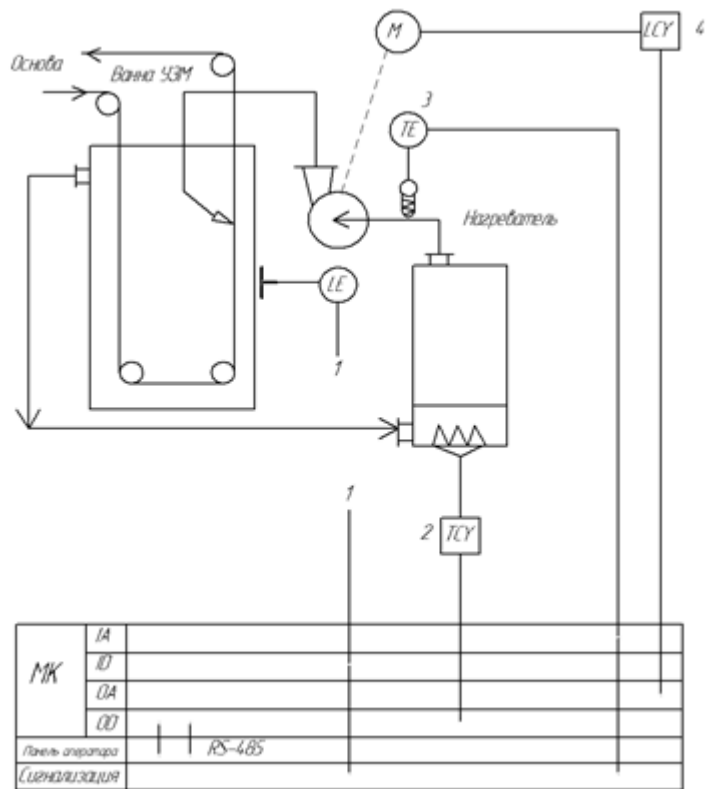


Рисунок 2.2 - Схема системи управління УЗМ

2.4 Вузол поливу

Завдання управління вузлом поливу полягає в забезпеченні нанесення рівномірного по товщині суспензійного шару на очищену основу. Товщина шару, що наноситься залежить від конструктивних параметрів вузла нанесення, технологічних параметрів процесу, які задаються оператором, а також від факторів, що обурюють процесу.

Конструктивні параметри вузла нанесення визначають діапазон товщини шару, який залежить від висоти обмежувальних перегородок і положення накидається валика. У той же час, в залежності від в'язкості клеючого складу, для забезпечення необхідного рівня цього складу в кюветі, управляють подачею клею (рисунок 2.3). Управління товщиною шару, що наноситься здійснюється шляхом регулювання швидкості обертання накидається вала. Збільшення швидкості обертання валика призводить до збільшення товщини шару, що наноситься (рисунок 2.4) і навпаки.

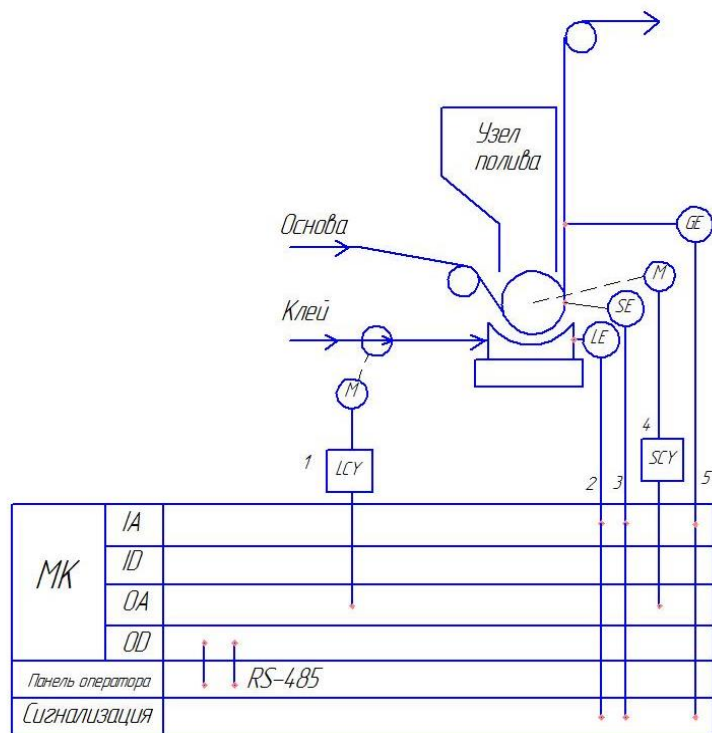


Рисунок 2.3 - Система управління вузлом поливу

- Поз. 1 - регулятор насоса подачі клею;
- поз. 2 - датчик рівня суспензії в кюветі;
- поз. 3 - датчик швидкості обертання валика;
- поз. 4 - регулятор двигуна протягання;
- поз. 5 - датчик товщини шару.

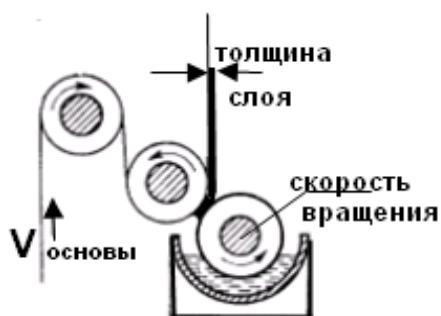


Рисунок 2.4 - Схема нанесення шару

Остаточна товщина шару, що наноситься визначається шляхом регулювання співвідношення швидкостей протягання основи і швидкості обертання накидається валика. Мінімізація збурень здійснюється за

сигналами зворотного зв'язку, що надходять від датчиків швидкості основи і швидкості обертання валика.

2.5 Процеси сушіння

При побудові системи управління сушінням визначальним фактором є спосіб управління процесом сушіння. Відомо, що управління процесом може здійснюватися зміною температури припливного повітря при стабілізації його витрати або зміною витрати сушить повітря при його стабільній температурі. Відповідно, зміна подачі сушить повітря можна отримати шляхом зміни швидкості обертання вентилятора або дросельним методом (зміною положення шиберів). Управління сушінням за рахунок зміни швидкості обертання вентилятора видається більш гнучким і динамічним методом управління, з меншими енерговитратами. Специфікою процесу сушіння политих шарів суспензій є забезпечення виходу вологи в процесі протягання политого шару по тракту машини. Збільшення часу сушіння шару, що забезпечує параметри готового продукту, призводить до зниження продуктивності процесу. Тому автоматизація процесу повинна забезпечувати збільшення продуктивності, зниження енерговитрат при збереженні споживчих якостей политих стрічок. Система управління процесом сушіння очищеної основи і политого шару приведена на Рисунку 2.5.

Таким чином система управління містить контури регулювання температури сушить повітря і його витрати. Таке регулювання необхідно для того, щоб за час, який рухається полита стрічка по ЛПТ, забезпечити необхідний кінцевий сухий залишок. Відповідно до технологічного регламенту для сушки очищеної основи в сушарці №1 передбачається підтримка витрати повітряного теплоносія $1600 \text{ м}^3 / \text{год}$ при його температурі 80°C . Контроль і регулювання режиму сушіння проводиться на підставі сигналів, що надходять від датчиків температури і витрати. Ці ж сигнали надходять на верхній рівень для відображення на панелі оператора.

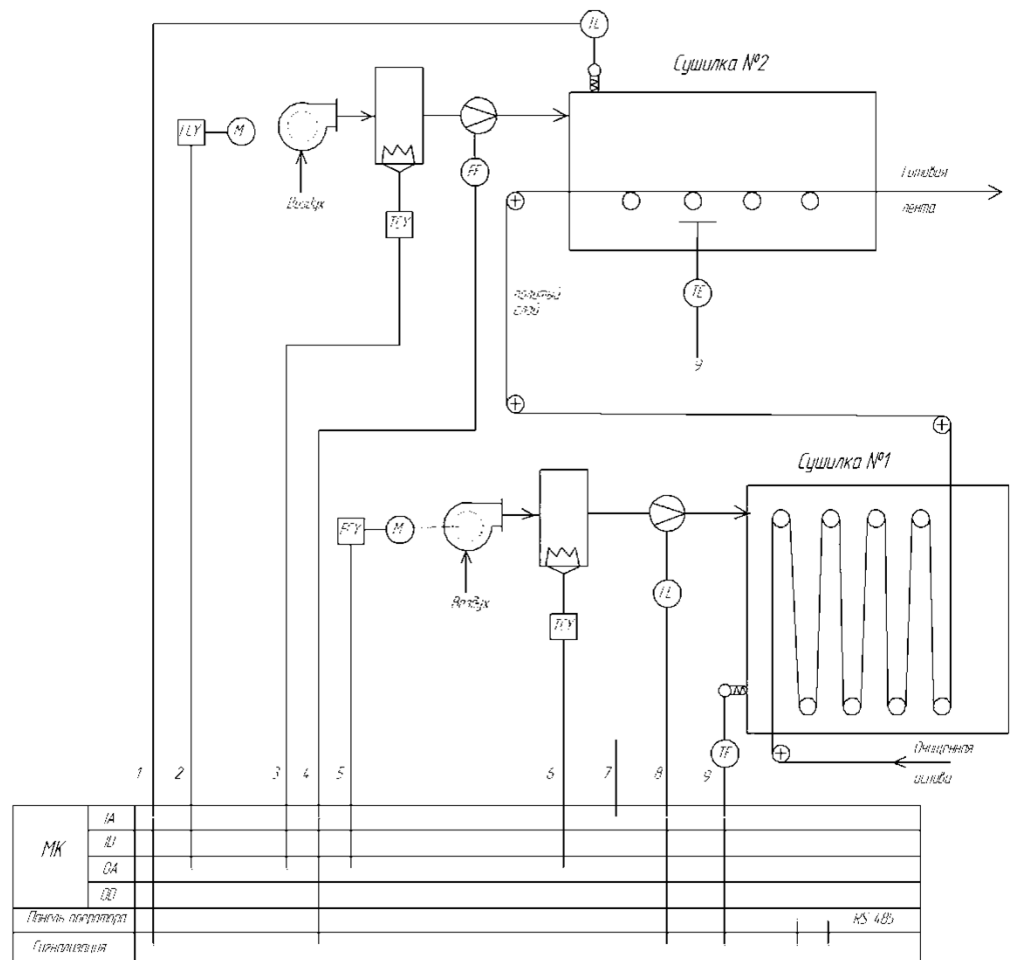


Рисунок 2.5 - Система управління процесу сушіння

- Поз. 1, 9 - датчики температури повітря;
 поз. 2, 5 - регулятори приводів повітродувок;
 поз. 3, 6 - комутатори нагрівачів;
 поз. 4, 8 - датчики витрати повітря.
 Поз. 7 - датчик рівня вакууму.

У сушарці №2 поливної машини, де проводиться сушка политого шару підтримується температура на рівні 100°C при значенні витрати воздуха $1000\text{ м}^3 / \text{год}$. При цьому ефективність сушки залежить тиску парів в зоні сушарки №2. Величина необхідного розрядження досягається за рахунок управління швидкістю обертання відповідних вентиляційних установок. Порушення параметрів сушіння виводяться на панель оператора. При зміні в'язкості або рецептури поливати шару з панелі оператора вводяться необхідні корективи в параметри технологічного процесу.

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Прийнявши до уваги особливості ТП виробництва поливних стрічок, топологію об'єкта, і розподіл функціональних елементів технологічного процесу по підприємству, вибираємо 2-х рівневу систему управління. Для зменшення вартості автоматизації виробництва і однотипності встановленого обладнання, а так само для уникнення конфліктів в протоколі RS-485, для однотипних параметрів будемо використовувати однотипні датчики.

3.1 Нижній рівень автоматизації системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Нижній рівень АСУ ТП повинен вирішувати завдання збору інформації з датчиків технологічних параметрів, контроль справності датчиків і ліній зв'язку, контроль параметрів і сигналізації про їх відхилення за допустимі технологічні межі, а також передачі їх в АСУ верхнього рівня.

3.1.1 Вимірювання температури

Контроль температури в даному ТП проводиться в трьох точках значно віддалених один від одного. Тому доцільно спільно з термопреобразователями застосовувати нормуючий перетворювач. Діапазон вимірюваних температур відрізняється. Завдяки використанню при поливі полімерів на водній основі виробництво не є вибухонебезпечним.

Датчик температури. [29-30] Термоперетворювачі ДСТ призначені для безперервного вимірювання температури різних робочих середовищ (пар, газ, вода, сипучі матеріали, хімічні реагенти і т.п.), неагресивних до матеріалу корпусу датчика. Можуть застосовуватися для вимірювання температури вибухонебезпечних сумішей газів, парів, а також легкозаймистих і вибухових речовин.

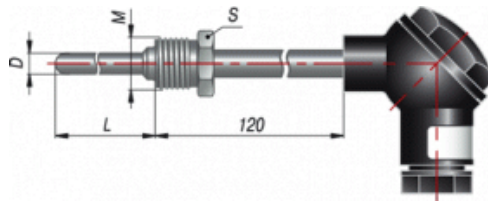


Рисунок 3.1 – Датчик температури [29].

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики термопреобразователей [29-30]

| | | |
|---------------------------|---|--|
| Изготовитель | ТЭРА | ОВЕН |
| Наименование | ТСП-11-L-2-И-100-8-ФЭ- /0...300/ | ДТС-045Л- 100М.50М.80.И100М1 |
| Конструктивное исполнение | Кабельный вывод | Кабельный вывод |
| Диапазон измерений | -40...180 °С | -50...180 °С |
| Длина | 100 мм | 100 мм |
| Материал корпуса | 12Х18Н10Т (321S) или 08Х18Н10 (304S) | сталь 12Х18Н10Т |
| Длина вывода | 3 м (указывается в заказе до 3м) | 10 м (указывается в заказе до 20 м) |
| Цена | 280 грн | 250 грн |

Порівнявши технічні характеристики датчиків ТХК1-11-L-2-И-100-8-ФЭ- / 0 ... 300 / і ДСТ-045Л-100М.50М.80.И100М1, можна зробити висновок, що обидва датчика однаково підходять. Але датчик ДСТ-045Л-100М.50М.80.И100М1 поставляється з вбудованим нормує перетворювачем НВТ-2 (рисунок 3.2) з нормованим вихідним сигналом 4 ... 20 мА - тому слід використовувати його.



Рисунок 3.2 – Нормирующий преобразователь НТП-2

Таблица 3.2 - Основні технічні характеристики НТП-2 [29-30]

| | |
|---|------------------|
| Номинальное значение напряжения питания (постоянного тока) | 24 В |
| Диапазон допустимых напряжений питания (постоянного тока) | 12 – 36 В |
| Диапазон выходного тока преобразователя | 4 – 20 мА |
| Функция преобразования входных сигналов | линейная |
| Нелинейность преобразования, не хуже | $\pm 0,2\%$ |
| Разрядность ЦАП, не менее | 12 бит |
| Сопротивление каждого провода соединяющего преобразователь с термометром сопротивления, Ом, не более | 30 |
| Сопротивление линии связи с термоэлектрическим преобразователем, Ом, не более | 100 |
| Номинальное значение сопротивления нагрузки (при напряжении пит. 24 В) | 250 Ом $\pm 5\%$ |
| Максимальное допустимое сопротивление нагрузки (при напряжении питания 36 В) * | 1200 Ом |
| Пульсации выходного сигнала | 0,6% |
| Время установления рабочего режима для преобразователя (предварительный прогрев) после включения напряжения питания, не более | 30 мин |
| Время установления выходного сигнала после скачкообразного изменения входного, не более | 1 с |
| Время непрерывной работы | круглосуточно |

| | |
|--------------------------------------|-------------|
| Габаритные размеры | Ø45x13±1 мм |
| Масса, не более | 100 г |
| Средняя наработка на отказ, не менее | 500 000 ч |
| Средний срок службы, не менее | 12 лет |

3.1.2 Контроль натягу

Конструкція датчика натягу визначається особливостями ЛПТ основи, а параметри датчика залежать від типу обраного силовимірювальний перетворювача. Загальний принцип силовимірювальних датчиків полягає в тому, що вимірюється зусилля передається на чутливий пружний елемент, викликаючи його деформацію. За способом вимірювання деформації пружного елемента силовідтворювальні датчики діляться на кілька категорій. Тензорезисторні силовимірювальні датчики (ТОРСИД) [31]

Торсиди [31] мають найбільший діапазон застосування, діапазон виміру тензорезисторних силовимірювальних датчиків від 5 Н до 5 МН. Але основним фактором вибору тензорезисторних силовимірювальних датчиків є висока точність вимірювання. Клас точності тензорезисторних силовимірювальних датчиків становить від 0,05 до 1%. Індуктивні силовідтворювальні датчики Індуктивні силовідтворювальні датчики (СІД) мають інші в порівнянні з тензорезисторні силовимірювальні датчики області застосування, які відповідають конструкції і типовим характеристикам цих динамометрів. В індуктивних силовимірювальних датчиках вимірюють зміна відстані між двома точками пружного елемента під дією на нього сили. Вимірювальним елементом служить індуктивний датчик переміщення. Індуктивні силовідтворювальні датчики випускаються в класах точності від 0,2 до 1%. Їх температурна похибка більше, ніж у ТЗСІД; в залежності від типу допустимо їх застосування до 200 ° С.

Магнитоупругие силовідтворювальні датчики. У цих СІД для вимірювання

сил використовується Магнітопружний ефект. (Зміна магнітної проникності в напрямку впливу сили розтягування або стиснення). Магнитоупругие силовідтворювальні датчики призначені переважно для грубих квазистатических промислових вимірювань .. Клас точності - від 0,5 до 2%. П'єзоелектричні силовідтворювальні датчики П'єзоелектричні динамометри застосовують для вимірювання динамічних і квазистатических сил; вони непридатні для вимірювання статичних сил. Як СІД будемо використовувати тензорезисторний датчик.

Таблиця 3.3 - Основні характеристики тензорезисторних датчиків [31]

| | | |
|---|-----------|------------------|
| Наименование | SLB 227 | 4514 ДСТ-200-0.1 |
| Предел измерений | 227 Н | 200 Н |
| Класс точности | 0,35 | 0,1 |
| Рабочий коэффициент передачи (РКП) при номинальной нагрузке, мВ/В | 2,0 | 2,0 |
| Входное сопротивление, Ом | 1100 | 760 |
| Выходное сопротивление, Ом | 1000 | 800 |
| Рабочий температурный диапазон, °С | -30...+40 | -50...+50 |
| Класс защиты | IP67 | IP68 |
| Цена | 800 грн | 670 грн |

Порівнявши технічні характеристики вибираємо датчик 4514 ДСТ-200-0.1 (рисунок 3.3), так як він має велику точність, клас захисту і є дешевшим. Загальний вигляд СІД SLB227 і монтажно-габаритні розміри наведені нижче.



Рисунок 3.3 – Общий вид СИД 4514 ДСТ-200-0.1

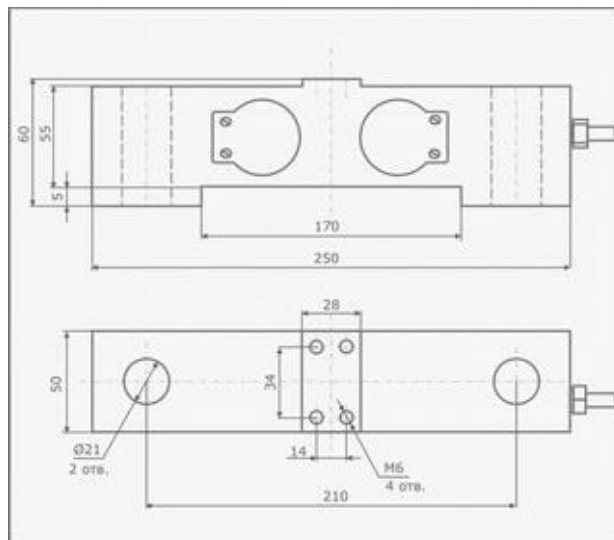


Рисунок 3.4 – Монтажно-габаритные размеры СИД 4514 ДСТ-200-0.1

Нормирующий преобразователь

Для нормирования выходного сигнала тензопреобразователя и приведения его к стандартному виду необходимо использовать нормирующий преобразователь. Выбираем преобразователь ПНС-1 от фирмы «Микрол».

Перетворювач постійної напруги ПНС-1 (рисунок 3.5) призначений для роботи в системах автоматичного управління, регулювання, вимірювання та підготовки корисного сигналу для подальшої обробки. Здійснює перетворення і нормування аналогового мілівольтового сигналу (наприклад, від тензOMETричних датчиків) в струмовий 0/4 ... 20 мА або вольт 0 ... 10 В сигнал. Пристрій відрізняється широкими можливостями по

налаштуванню тракту перетворення-посилення і за технічними характеристиками не поступається цифрових пристроїв для роботи по середньому класу точності, ГОСТ 29329.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики перетворювача ПНС-1-01-3-24

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Входной сигнал | От 0 до 75 мВ |
| Выходной сигнал | 4-20 мА |
| Погрешность преобразования | 0,25 % |
| Напряжение питания | +24 В |
| Габаритные размеры (ВхШхГ), мм | 95 x 100x 110 |
| Цена | 820 грн |

3.1.3 Контроль швидкості транспортування стрічки

Принцип дії вимірювачів лінійної швидкості стрічкових матеріалів ґрунтується на перетворенні лінійного руху матеріалу в обертальний за допомогою «мірного» колеса. Прикладом побудови вимірювача швидкості переміщення стрічкового матеріалу служить датчик швидкості транспортерної стрічки ДСТЛ-002 [11], який призначений для вимірювання швидкості руху стрічкових конвеєрів. Обертання колеса за рахунок руху елементів з феромагнітного матеріалу викликає генерацію імпульсів індуктивного датчика. Максимальне значення вимірюваної швидкості 7м / с. Недоліком індукційних датчиків є велика похибка при малих швидкостях переміщення стрічкового матеріалу (10-20м / хв). Альтернативним варіантом вимірювача є енкодер. Енкодери - це датчики положення вала, вони дають інформацію щодо кута об'єкта і положення у вигляді електричних імпульсів, що відповідають положенню вала. У випадках, коли вал нерухомий, передача імпульсів припиняється. Головний робочий параметр енкодера - це кількість імпульсів на оборот.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики енкодерів

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Название | ENC – 1 | Kuebler LMC 05.2400 |
| Разрешение | 2000 импульсов на 100 мм | 1000 импульсов на 100 мм |
| Габаритные размеры измерительного барабана | 200 мм | 100 мм |
| Напряжение питания | 12-24 В | 8-30 В |
| Выходной сигнал | 0-5 В | 0-5 В |
| Максимальная скорость вращения | 5000/мин | 2000/мин |
| Класс защиты | IP50 | IP64 |
| Цена | 869 грн | 1150 грн |

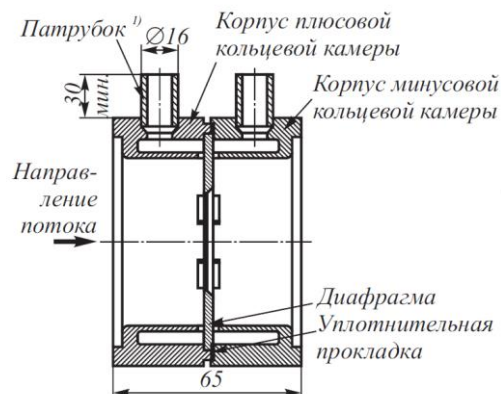
Порівнявши технічні характеристики вибираємо інкрементальний енкодер з мірним роликом ENC - 1 (рисунок 3.5), так як він має більшу роздільну здатність, максимальна межа вимірювання швидкості і є дешевшим.



Рисунок 3.5 –Інкрементний енкодер ENC - 1

Для вимірювання витрати повітря по методу перепаду тисків традиційно використовуються стандартні звужують пристрої-діафрагми, які до теперішнього часу залишаються найпопулярнішим і найпоширенішим первинним перетворювачем витрати. Важливою перевагою діафрагми є відносна простота у виготовленні і низька вартість в порівнянні з іншими типами перетворювачів (при порівняно невеликих діаметрах трубопроводу і тисках). Варіюючи відношення внутрішнього діаметра діафрагми d до внутрішнього діаметру трубопроводу D

(так званий коефіцієнт (бета) = d / D), можна забезпечити необхідний діапазон по перепаду тиску в досить широкому діапазоні швидкостей потоку. Але, не дивлячись на простоту і дешевизну виготовлення, а також хорошу нормативно технічну базу, використання стандартних діафрагм має ряд обмежень. Це необхідні при установці довгі прямолінійні ділянки трубопроводу, імпульсні лінії, що вимагають постійного обслуговування, великі безповоротні втрати тиску. Вибираємо діафрагму ДБС від фірми «Еталон» [32] (рисунок 3.7) для труби діаметром 300 мм - це беськамерная, стандартна діафрагма з кутовим способом відбору тиску. Призначена для створення перепаду тиску при вимірюванні витрати рідини, пара, газу методом перепаду тиску/ Призначена для вимірювання в трубопроводах 50..2000 мм.



Таблиця 3.6 - Технічні характеристики датчиків тиску

Для вимірювання перепаду тиску створеного діафрагмою будемо використовувати диференційний перетворювач тиску.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики датчиків тиску

| Название | ОВЕН ПД200-ДД | Kobold PAD-R |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| Предел измерений | до 13 МПа | до 15 МПа |
| Выходной сигнал | 4...20 мА | 4...20 мА |
| Погрешность | 0,1 % | 0,25 % |
| Диапазон температуры измеряемой среды | -40...120 °С | -40...120 °С |

| | | |
|----------------|----------|----------|
| Степень защиты | IP67 | IP65 |
| Цена | 2575 грн | 3045 грн |

Порівнявши технічні характеристики вибираємо диференційний перетворювач тиску ПД200-ДД-60-155 (рисунок 3.7), так як він має велику точність, клас захисту і є дешевшим.

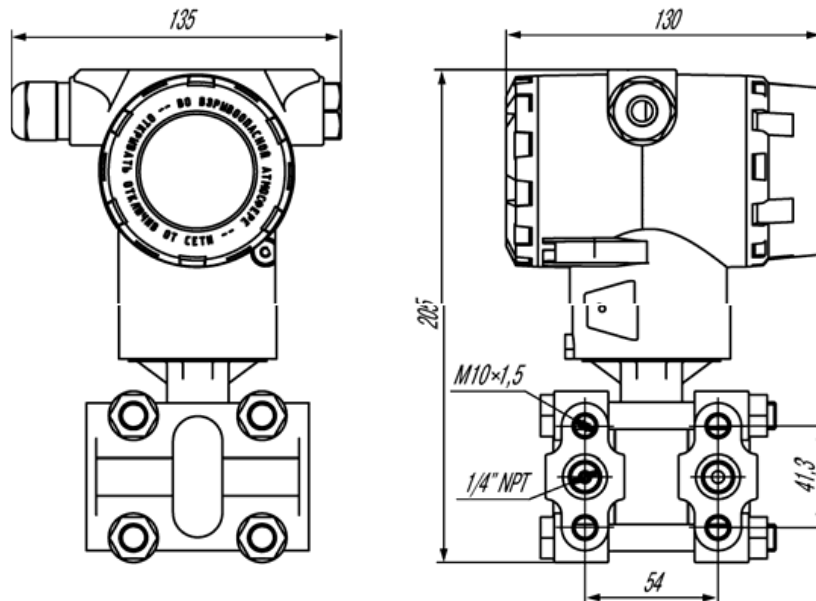


Рисунок 3.7 - Габаритні розміри перетворювача ПД200-ДД.

3.1.5 Контроль рівня в УЗМ

Відповідно до технологічного процесу виробництва і функціональною схемою необхідно контролювати рівень води у ванні УЗМ, а так само рівень суспензії в вузлі поливу. Вимірювані середовища сильно відрізняються: для вимірювання рівня рідини у ванні УЗМ досить поплавкового датчика; у випадку з вимірюванням рівня клею необхідно вибирати ємнісні або ультразвукові рівнеміри.

Поплавковий датчик рівня [28, 33]

Датчик складається з полого герметичного по обидва боки металевого стержня, всередині якого розташований вимірювальний вузол - друкована

плата з встановленими на ній послідовно з'єднаними резисторами і комутуючими їх магнітокерованих контактами (герконами).

За стрижня вільно переміщається в межах діапазону вимірювання рівня магнітний поплавков. Стрижень з поплавком занурюється в резервуар з рідиною. При зміні рівня рідини поплавков переміщується по стрижні, замикаючи ті чи інші геркони.

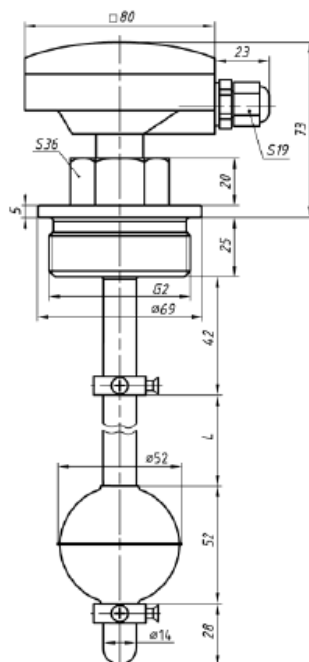
Вимірювальний сигнал у вигляді електричного опору, пропорційного висоті підйому поплавка, надходить на нормуючий перетворювач, розташований в сполучній коробці у верхній частині датчика, і перетвориться в уніфікований сигнал постійного струму 4 - 20 мА, пропорційний рівню рідини (висоті підйому поплавка).

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики датчика поплавцевих датчиків [33]

| Наименование | ПДУ-И1000 | Kobold NM-R |
|------------------------------|---------------|--------------|
| Диапазон измерений | до 2000 мм | до 6000 мм |
| Напряжение питания | 10...36 В | 16...32 В |
| Выходной сигнал | 4...20 мА | 4...20 мА |
| Погрешность измерения | 0,1 % | 0,1% |
| Температура измеряемой среды | -20...+130 °С | -10...120 °С |
| Степень защиты | IP65 | IP65 |
| Цена | 2168 грн | 2951 грн |

Порівнявши технічні характеристики датчиків ПДУ-И1000 і Kobold NM-R, можна зробити висновок, що обидва датчика однаково підходять.

Вибираємо поплавковий датчик рівня ПДУ-И.1000 фірми ОВЕН (рисунок 3.8), так як він має достатній діапазон для даного виміру і меншу вартість.



5.1.6 Контроль рівня суспензії в вузлі поливу.

Ємнісний рівнемір

Рівнемір призначений для безперервного вимірювання рівня. Електроніка приладу працює за принципом фазоізбирательної оцінки повної провідності. Рівнемір застосують в будь-яких галузях промисловості. Повністю ізольований вимірювальний зонд призначений для застосування на сильно налипають провідять рідинах. Ємнісний принцип вимірювання не вимагає особливих умов монтажу, тому має широкий спектр застосування. Застосування на агресивних середовищах також не викликає проблем. Вимірювальний електрод, продукт і стінка ємності утворюють електричний конденсатор. Ємність конденсатора залежить від трьох чинників:

- 1) Відстані між поверхнями електродів,
- 2) Величини поверхонь електродів
- 3) Віда діелектрика між електродами.

При цьому пластинами конденсатора служать електрод і стінка ємності. Продукт і ізоляція є діелектриками. Діелектрична постійна ізоляції і проводить продукту вище діелектричної постійної повітря, тому при збільшенні рівня покриття електрода продуктом електрична ємність

конденсатора збільшується. Зміна електричної ємності і зміна опору перетворюються електронікою приладу в сигнал, пропорційний рівню заповнення.

Таблиця 3.8 - Технічні характеристики ємнісних рівнемірів [33,34]

| Наименование | Vega VEGACAL 64 | Kobold NMC-R |
|------------------------------|-----------------|--------------|
| Предел измерение | До 3000 пФ | До 1000 пФ |
| Выходной сигнал | 4...20 мА | 4...20 мА |
| Погрешность | 1 % | 1,5 % |
| Температура измеряемой среды | До 80 °С | До 90 °С |
| Давление измеряемой среды | До 64 бар | До 10 бар |
| Степень защиты | IP65 | IP65 |
| Цена | 3000 | 3500 |

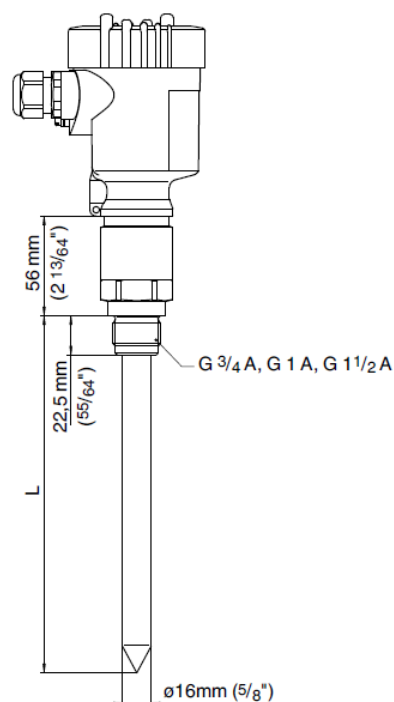


Рисунок 3.9 – Габаритні розміри датчика VEGACAL 64.

3.1.7 Контроль вакууму на рольганге

Для контролю величини вакууму (0.02 МПа) виберемо датчик тиску.

Таблиця 3.9 - Характеристики датчиків тиску [29]

| | | |
|------------------------------|-------------------|----------------|
| Наименование | ОВЕН ПД100-ДИ-1.0 | Dwyer 628CR-71 |
| Предел измерения | 0.0125 – 10 МПа | 0 – 20 Мпа |
| Выходной сигнал | 4...20 мА | 4...20мА |
| Класс точности | 1 % | 1 % |
| Температура измеряемой среды | -40...+100 °С | -40...90 °С |
| Цена | 737 грн | 856 грн |

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів тиску робимо висновок, що обидва датчика однаково походять. Але перетворювач тиску ОВЕН ПД100-ДИ-1.0 (рисунок 3.10) дешевше і краще підходить за умовами вимірюваного середовища, тому слід вибирати його.



Рисунок 3.10 - Перетворювач тиску ОВЕН ПД100-ДИ [29]

3.1.8 Контроль товщини шару, що наноситься

Вимірювання товщини липкого шару неможливо при використанні контактних мікрометрів або ультразвукових товщинометрів. У зв'язку з цим необхідно використовувати безконтактні датчики. Лазерні мікрометри - призначені для безконтактного вимірювання і контролю діаметрів, зазорів і положень технологічних об'єктів.

Таблиця 3.10 - Технічні характеристики [35]

| | | |
|-----------------------------|-----------------|------------|
| Наименование | РФ656-6 | ТЛМ-LS5 |
| Предел измерения | 6 мм | 100 мм |
| Погрешность | ± 0,1 мкм | ± 1 мкм |
| Частота обновления | 800 Гц | 100 Гц |
| Диапазон рабочих температур | -10...+60 °С | 0...+50 °С |
| Выходной сигнал | RS-485, 4-20 мА | 4-20 мА |
| Класс точности | IP 67 | IP 67 |
| Цена | 4300 грн | 3800 грн |

Порівнявши технічні характеристики лазерних мікрометрів вибираємо РФ656-6 (рисунок 3.11) фірми «Riftek», тому що не дивлячись на велику ціну він має достатній діапазон вимірювань, кращу точність і частоту оновлення даних.

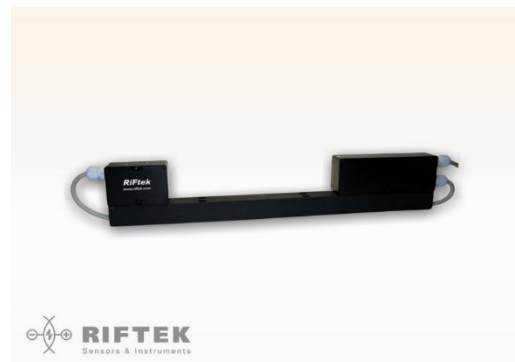


Рисунок 3.11 - Лазерний мікрометр РФ656

3.1.9 Виконавчі механізми

Можливість використання виконавчих механізмів (ІМ) в контурі управління визначається можливостями сполучення ІМ із засобами прийому / передачі та обробки інформації, а також зручністю монтажу та обслуговування. Основні завдання регулювання і управління в схемі автоматизації процесу отримання процесу полива стрічок вирішуються на основі управління режимами роботи двигунів. Тому для забезпечення управління цими двигунами необхідні відповідні засоби сполучення з МК,

через який замикаються контури регулювання натягом і швидкістю ЛПТ. Регульований асинхронний електропривод дозволяє з високою надійністю та ефективністю вирішувати різні завдання автоматизації виробництва і економії електроенергії. Перетворювачі частоти успішно застосовуються в промисловості для вирішення наступних завдань: - енергозбереження - економія енергоносіїв в системах водо- і тепlopостачання, системах вентиляції і Повітродуви до 50%; - розширення можливостей технологічного обладнання: - регулювання швидкості в раніше нерегульованих технологічних процесах; - синхронне управління декількома двигунами від одного перетворювача; - автоматизований асинхронний електропривод; - заміна приводу постійного струму: - зниження витрат, пов'язаних з експлуатацією; - широке поширення асинхронних електродвигунів, їх висока надійність і ремонтпридатність. На стрічкопротяжного тракті машини МП встановлені двигуни АІР-112-МВ8, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики двигуна АІР-112-МВ8

| Наименование | P, кВт | n, об/мин | M, Н*м | КПД, % | J, кг*м ² |
|--------------|--------|-----------|--------|--------|----------------------|
| АІР-112-МВ8 | 3 | 480 | 59.7 | 83 | 0,00075 |

При виборі ПЧ для управління двигунами ПМ, особливо до приводу намотування і розмотування, враховуються такі вимоги до електроприводу:

- практично повний момент при пуску:

- сталість потужності в певному діапазоні швидкостей обертання;
- високі значення моментів при малих швидкостях;
- циклічні режими роботи з високим навантаженням;

Порівняємо технічні характеристики перетворювачів частоти фірм Lenze і Siemens.

Таблиця 3.12 - Технічні характеристики перетворювачів частоти

| | | |
|---------------------------|--|--|
| Наименование | Lenze 8200 Vector E82EV302K4C | Siemens 6SL3211-0AB23- 0UA1 |
| Мощность двигателя | 3 кВт | 3 кВт |
| Напряжение питания | 320...440 В | 120...240 В |
| КПД | 95 % | 95 % |
| Управление | Линейное, квадратичное, векторное, по моменту | Линейное, квадратичное, многоточечное |
| Частота коммутации | 2...16 кГц | 2...16 кГц |
| Способность к перегрузкам | 180 % | 150 % |
| Степень защиты | IP 65 | IP 20 |
| Цена | 4200 грн | 5100 грн |

Пропонованим вимогам повною мірою відповідає частотний перетворювач векторного типу Lenze 8200Vector, які рекомендуються для механізмів з динамічно змінюваними характеристиками і важкими умовами пуску, а також в механізмах з прямим управлінням моментом. Так само він має велику здатність до перевантажень, ступінь захисту і меншу ціну.

Повітродувка

Для забезпечення технологічних режимів сушіння стрічок, обумовлених технологічним регламентом, в якості ВМ подачі повітря прийнятно використання вихровий повітродувки ВВ ВЛ-530-430, фірми MSH Techno ltd [36], тому що має такі переваги:

- підшипники електродвигуна з підвищеним ресурсом;
- низький рівень шуму за рахунок вбудованих глушників на всмоктуванні і нагнітанні;
- компактні розміри і невелику вагу за рахунок використання легких сплавів
- просте підключення і установка; - стабільний повітряний потік без пульсацій;

- все повітродувки обладнані пилозахищені електродвигунами, що мають захист від пошкодження бризками води в будь-якому напрямку, ступінь захисту оболонки IP54. Технічні характеристики вихровий повітродувки представлені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Технічні характеристики ВВ ВЛ-530-430 [36]

| Модель | Потребляемая мощность, кВт | Макс. производительность, м ³ /ч | Макс. изб. давление, мбар | Опт. КПД, % | Частота вращ., об/мин |
|-------------|----------------------------|---|---------------------------|-------------|-----------------------|
| ВЛ-1050-460 | 7,5 | 1600 | 460 | 80 | 2880 |

Для приводу повітродувки, що подає повітря в сушарки, будемо використовувати асинхронний електродвигун АІР-112-М2, що забезпечує необхідну потужність для її роботи. Двигуни мають основного виконання і модифікації: вбудовані, з вбудованим температурним захистом, з підвищеною точністю за установочними розмірами, з підвищеним ковзанням, хімостойкіе. Працюють від мережі змінного струму напругою від 220 до 660В частотою 50Гц.

Таблиця 3.14 - Характеристики асинхронного електродвигуна АІР-112-М2

| Двигатель | Мощность | Об/мин.* | Ток при 380В, А* | КПД, %* | Коэф. мощн.* | Ip/In | Мп/Мн | Мтах/Мн | Момент инерции, кгм2* | Масса, кг* |
|-----------------|----------|----------|------------------|---------|--------------|-------|-------|---------|-----------------------|------------|
| АІР112М2 | 7,5 кВт | 2890 | 15 | 87 | 0,91 | 7,5 | 2,2 | 2,5 | 0,0185 | 48 |

Для приводу насоса для подачі води в УЗМ можливе використання асинхронного електродвигун АІР-80-А2, потужністю 1.5 кВт, з частотою

обертання - 3000 об / хв, ККД -82% (рисунок 3.12).

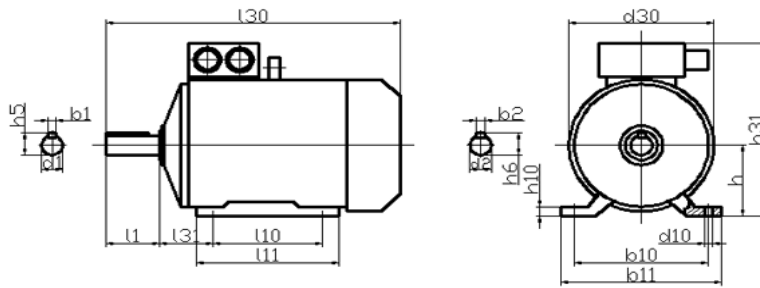


Рисунок 3.12 - Загальний вигляд АТ АІР-80-А2

Так як при управлінні двигунами повітрорудок не потрібно зміна механічних характеристик, то можна використовувати пристрої плавного пуску (УПП). Під час пуску крутний момент за частки секунди часто досягає 150-200% від номінального, що може привести до виходу з ладу механічної частини приводу. При цьому пусковий струм може бути в 6-8 разів більше номінального, через це в місцевій електричній мережі виникає падіння напруги. Падіння напруги може створювати проблеми для інших навантажень мережі, а якщо падіння напруги занадто велике, то може не запуститься і сам двигун. Застосування пристроїв плавного пуску забезпечує обмеження швидкості наростання і максимального значення пускового струму від нуля до номінального значення протягом заданого часу. В електронних пристроях плавного пуску обмеження струму досягається шляхом плавного наростання напруги на обмотках електродвигуна. Це дозволяє під час пуску утримувати параметри електродвигуна (струм, напруга і т. Д.) В безпечних межах, що знижує ймовірність перегріву обмоток і усуває ривки в механічній частині приводу, а також ймовірність виникнення гідравлічних ударів в трубах і засувках в момент пуску і зупинки. В кінцевому підсумку правильно вибране і налаштоване пристрій плавного пуску підвищує показники довговічності і безвідмовності електродвигуна і його приводу.

Таблиця 3.15 - Технічні характеристики УПП

| | | |
|--------------------|----------------|-------------------|
| Наименование | ВЕСПЕР ДМС-07Н | Lovato 51ADX0017B |
| Мощность | 7,5 кВт | 7,5 кВт |
| Напряжение питания | 208...415 В | 380...415 В |
| Номинальный ток | 15 А | 17 А |
| Перегрузка | 150 % | 150 % |
| Степень защиты | IP00 | IP20 |
| Цена | 7700 грн | 8670 грн |

Ці двигуни застосовуються в різних пристроях, механізмах і машинах, в компресорах і вентиляторах різного призначення, системах автоматичного управління, нестандартному обладнанні, підйомно-транспортних і будівельних машинах. Працюють від мережі змінного струму напругою від 220 до 660В частотою 50Гц. Струм при 380 В - 3,2 А. Вибираємо УПП серії ДМС компанії «Веспер», які призначені для плавного пуску і зупинки асинхронних двигунів з номінальною напругою живлення 380 В 50 Гц. Обмеження максимального пускового струму електродвигуна за допомогою ДМС забезпечує зменшення ударних пускових навантажень на механізми і зниження пікових навантажень на мережу живлення. Принцип дії ДМС полягає в регулюванні вихідної напруги (необхідного для підтримки заданого струму) при незмінній частоті мережі (50 Гц.). Значення установок, стан ДМС і повідомлення про несправності відображаються на 32-символьному рідкокристалічному дисплеї і чотирьох світлодіодних індикаторах. Так як двигуни насосів є малопотужними (менше 4 кВт), то для них пристрій плавного пуску не потрібно. Комутація нагрівачів і малопотужних двигунів Комутація нагрівачів і малопотужних двигунів на пряму з виходів МК неможлива. Для цих цілей необхідно вибрати твердотільні реле. Твердотільні реле (ТТР) - це сучасне напівпровідниковий пристрій, який призначений для безконтактної комутації силових ланцюгів виконавчих механізмів, переважно нагрівальних елементів (ТЕН),

освітлювальних приладів і малопотужних електродвигунів. Для комутації нагрівачів вибираємо ТТР MD-1044.ZD3 (рисунок 3.13 а) фірми Kipribor. Для комутації двигунів насосів вибираємо ТТР НТ-1044.ZD3 (рисунок 3.13 б) фірми Kipribor [37]. Технічні характеристики ТТР зведені в таблицю 3.16.

Таблиця 3.16 - Технічні характеристики ТТР [37]

| Наименование | MD-1044.ZD3 | НТ-1044.ZD3 |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| Управляющие сигналы | 3...32 В | 3...32В |
| Максимальный ток нагрузки | 10 А | 8 А |
| Диапазон коммутируемого напряжения | 24...440 В | 40...440 В |
| Тип коммутируемой сети | Однофазная | Трехфазная |
| Цена | 74 грн | 324 грн |

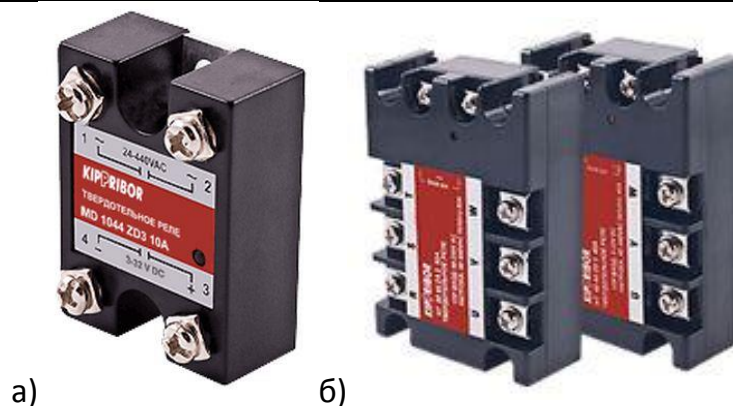


Рисунок 3.13 - Твердотільні реле фірми Kipribor

3.2 Верхній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Верхній рівень АСУ виконує функції діалогової взаємодії з оператором, що включають в себе відображення, накопичення і аналіз даних. Основні функції управління, реалізуються на основі підбору необхідних технічних засобів. Головним завданням вибору технічних засобів є перевірка сполучення каналів управління контролера з приводами. Для вибору контролера зведемо вхідні і вихідні сигнали в таблиці.

Таблиця 3.17 - Вхідні сигнали

| Параметр | Объект управления | Выходной сигнал |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Температура воды | Ванна УЗМ | 4...20 мА |
| Температура воздуха | Сушилка №1 | 4...20 мА |
| Температура воздуха | Сушилка №2 | 4...20 мА |
| Уровень воды | Ванна УЗМ | 4...20 мА |
| Уровень клея | Узел полива | 4...20 мА |
| Расход воздуха | Сушилка №1 | 4...20 мА |
| Расход воздуха | Сушилка №2 | 4...20 мА |
| Конечный выключатель | Магазин запаса 1 | Лог «0», «1» |
| Положение | Магазин запаса 1 | 0...10 В |
| | | 100 Гц |
| Конечный выключатель | Магазин запаса 2 | Лог «0», «1» |
| Положение | Магазин запаса 2 | 0...10 В |
| | | 100 Гц |
| Натяжение полотна | ЛПТ | 4...20 мА |
| Обороты двигателя | Двигатель размотки | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Обороты двигателя | Двигатель ЛПТ | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Обороты двигателя | Двигатель насоса узла полива | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Обороты двигателя | Двигатель сушилки №2 | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Обороты двигателя | Двигатель намотки | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Скорость движения полотна | Узел полива | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Скорость движения полотна | Сушилка №2 | 0...10 В |
| | | 2500 Гц |
| Пуск процесса | Весь ТП | Лог «0», «1» |
| Сброс аварийной звуковой сигнализации | Весь ТП | Лог «0», «1» |
| Аварийная остановка процесса | Весь ТП | Лог «0», «1» |

Таблиця 3.18 – Вихідні сигнали

| Об'єкт управління | Сигнал управління или сигнализации | Вид сигнала |
|-------------------|------------------------------------|--------------|
| Ванна УЗМ | Коммутация нагревателя | Лог «0», «1» |
| Сушилка №1 | Коммутация нагревателя | Лог «0», «1» |
| Сушилка №2 | Коммутация нагревателя | Лог «0», «1» |
| Ванна УЗМ | Коммутация насоса | Лог «0», «1» |
| Узел полива | Коммутация насоса | Лог «0», «1» |
| Сушилка №1 | Регулировка подачи воздуха | Лог «0», «1» |
| Сушилка №2 | Регулировка подачи воздуха | Лог «0», «1» |
| Узел размотки | Разрешение включения | Лог «0», «1» |
| Узел размотки | Управления размоткой | 0...10 В |
| ЛПТ | Разрешение включения | Лог «0», «1» |
| ЛПТ | Управление двигателем | 0...10 В |
| Узел намотки | Разрешение включения | Лог «0», «1» |
| Узел намотки | Управление двигателем | 0...10 В |
| Сушилка №2 | Разрешение включения | Лог «0», «1» |
| Сушилка №2 | Управление двигателем | 0...10 В |
| Узел полива | Разрешение включения | Лог «0», «1» |
| Узел полива | Управление двигателем | 0...10 В |
| Весь ТП | Световая аварийная сигнализация | Лог «0», «1» |
| Весь ТП | Звуковая аварийная сигнализация | Лог «0», «1» |

Таблиця 3.19 - Вимоги до портів контролера

| Сигналы | Количество сигналов |
|---------------------|---------------------|
| Аналоговые входные | 8 |
| Дискретные входные | 18 |
| Аналоговые выходные | 5 |
| Дискретные выходные | 14 |

Для реализации управления данным процессом применим ОВЕН ПЛК 63 с модулями расширения.

3.2.1 Контролер

Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 63 [38] (рисунок 3.14) призначений для створення систем управління малими та середніми об'єктами, побудова систем диспетчеризації. Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як за допомогою провідних засобів - використовуючи вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовуючи радіо, GSM, ADSL модеми.



Рисунок 3.14 – ОВЕН ПЛК 63

Таблиця 3.20 - Основні технічні характеристики ОВЕН ПЛК 63.модеми[38].

| | |
|--|--|
| Центральный процессор | 32х разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7 |
| Объем оперативной памяти для хранения переменных программ кб | 10 |
| Объем памяти хранения программ кб | 280 |
| Объем памяти ввода-вывода байт | 600 для ПЛК63-М 360 для ПЛК63-L |
| Объем энергонезависимой памяти | 448 кбайт (Flash-память) |
| Время работы часов реального времени после пропадания питания | не менее 3 месяцев |
| Конструктивное исполнение | крепление на DIN-рейку |
| Степень защиты корпуса (со стороны лицевой панели) по ГОСТ14254-96 | IP20 |
| Напряжение питания, В | постоянного тока от150 до300 (номинальное220) переменного тока (47...63 Гц) от90 до264 (номинальное110/220) |
| Потребляемая мощность, не более | для постоянного тока 12 Вт для переменного тока 18 Вт |
| Параметры встроенного вторичного источника питания | выходное напряжение 24±3 В, ток не более 180 мА |
| Интерфейсы | RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11) |
| Протоколы | ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (протокол |

| | |
|--|--|
| | CoDeSys) |
| Количество универсальных аналоговых входов | 8 |
| Типы подключаемых датчиков и сигналов | термосопротивления, термопары, сигналы тока, напряжения, сопротивления |
| Количество дискретных входов | 8 |
| Наличие гальванической изоляции дискретных входов | есть, групповая |
| Максимальная частота сигнала, подаваемого на дискретный вход | 50 Гц (при скважности ²) |
| | |
| Количество выходных элементов | 6 |
| Тип выходного элемента 1 | э/м реле 4 А 220 В |
| Возможные типы выходных элементов 2...6 | Р - э/м реле 4 А 220 В И - ЦАП 4...20 мА У - ЦАП 0...10 В (активный) |
| Цена | 2256 грн |

3.2.2 Модуль ввода дискретного сигнала

Модуль введення дискретних сигналів MB 110-16Д [38]. (рисунок 3.15) призначений для збору даних зі вбудованих дискретних входів з передачею їх в мережу RS-485. Вбудовані дискретні входи можуть працювати в режимі лічильників імпульсів частотою до 1 кГц MB110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. MB110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А. Основні особливості модуля введення дискретних сигналів MB110-16Д:



Рисунок 3.15 – ОВЕН МВ 110-16Д

Таблица 3.21 - Основные технические характеристики ОВЕН МВ [38]

| Наименование | Значение |
|--|--|
| Потребляемая мощность, ВА, не более | 6 |
| Количество дискретных входов | 16 |
| Интерфейс связи с компьютером | RS-485 |
| Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек | 115200 |
| Протокол связи, используемый для передачи информации | ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON |
| Степень защиты корпуса | IP20 |
| Габаритные размеры прибора, мм | (63x110x73)±1 |
| Масса прибора, кг, не более | 0,5 |
| Средний срок службы, лет | 8 |
| Цена | 767 грн |

Для данного ТП досить одного модуля дискретного введення ОВЕН МВ 110-224.16Д [38], що залишилися вільними 3 входу дозволять в подальшому проводити модернізацію, без додавання обладнання.

3.2.3 Модуль дискретного виводу

Модуль дискретного виводу ОВЕН МУ110-16Р [38] (рисунок 3.16) призначений для управління за сигналами з мережі RS-485 вбудованими дискретними ВЕ, використовуваними для підключення виконавчих механізмів з дискретним керуванням. Вбудовані ВЕ можуть працювати в режимі ШІМ. МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. МУ110 не є Майстром мережі, тому

мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А. Основні особливості модуля дискретного виводу ОВЕН МУ110-16Р: - 16 каналів дискретного виводу, групова розв'язка - Типи вихідних елементів: Р - е / м реле 3 А ~ 250 В або = 30 В - Можливість видачі ШІМ-сигналу з будь-якого виходу - Напруга живлення: ~ 220 В або = 24 В (в залежності від модифікації)



Рисунок 3.16 – ОВЕН МУ110-16Р

Таблица 3.22 – Основні технічні характеристики ОВЕН МУ110-16Р

| Наименование | Значение |
|--|--|
| Напряжение питания: МУ110-220.16Р | 90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47...63Гц 18...29 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В) |
| МУ110-24.16Р | |
| МУ110-224.16Р | |
| Потребляемая мощность, ВА, не более | 12 |
| МУ110-220(224).16Р(К) | 6 |
| МУ110-24.16Р(К) | |
| Количество дискретных выходных элементов | 16 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Интерфейс связи с компьютером | RS-485 |
| Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек | 115200 |
| Протокол связи, используемый для передачи информации | ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON |
| Степень защиты корпуса | IP20 |
| Габаритные размеры прибора, мм | 63x110x73 |
| Масса прибора, кг, не более | 0,5 |
| Средний срок службы, лет | 8 |
| Цена | 1283 грн |

Для даного ТП досить одного модуля ОВЕН МУ110-224.16Р. Решта вільними 4 виходи дозволять в подальшому проводити модернізацію, без додавання обладнання.

3.2.4 Графічна панель оператора з сенсорним управлінням

Для візуалізації проходження ТП, відображення поточних параметрів, задання вхідних величин і індикації каналу аварії застосуємо сенсорну графічну панель оператора ОВЕН СП270 (рисунок 3.17).



Рисунок 3.17 – ОВЕН СП270

Таблица 3.23 – Основні технічні характеристики ОВЕН СП270

| | |
|---|---|
| Напряжение питания постоянного тока | 22...26 В |
| Потребляемый ток | не более 0,150 А |
| Потребляемая мощность | не более 30 Вт (номинальное потребление 5 Вт) |
| Используемые интерфейсы связи | RS-232 (2 шт.), RS-485 (1 шт.) |
| Тип интерфейса для связи с ПЛК | RS-232, RS-485 |
| Тип интерфейса для загрузки проекта из ПК | RS-232 |

| | |
|--|---|
| Скорость передачи данных по интерфейсам | 4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 115200 бит/с |
| Память программ (Flash-RAM) | 4 Мбайт |
| Память данных (SD RAM) | 4 кбайт |
| Конструктивное исполнение | корпус щитового крепления |
| Габаритные размеры | (200x148x44,4) ±1 мм |
| Степень защиты корпуса со стороны лицевой панели | IP65 |
| Масса (с элементами крепления) | не более 0,78 кг |
| Тип дисплея, диагональ | цветной (TFT), 178 мм (7") |
| Количество отображаемых цветов | 256 |
| Разрешение дисплея | 480x234 пиксела |
| Рабочая зона дисплея (ширина x высота) | 156x88 мм |
| Цена с доставкой | 2830 грн |

3.2.5 Блок живления

Для харчування ПЛК, модулів введення, виведення і панелі оператора виберемо блок живлення:

Таблиця 3.24 - Перелік споживачів:

| Наименование потребителя | Потребляемая мощность, Вт |
|--------------------------|---------------------------|
| ПЛК63 | 25 |
| МВ110-16Д | 6 |
| МУ110-16Р | 6 |
| СП270 | 5 |
| Итого: | 42 |

применим одноканальный блок питания ОВЕН БП60Б-Д4 мощностью 60 Ватт (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 - Одноканальный блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4

Таблиця 3.25 - Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б-Д4

| | |
|---|-------------------------------|
| Частота входного переменного напряжения: | 47...63 Гц |
| Порог срабатывания защиты по току: | не более 1,5 I _{max} |
| Максимальная выходная мощность: | 60 Вт |
| Нестабильность вых. напряжения при изменении напряжения питания: | ±0,2 % |
| Нестабильность вых. напр. при изменении тока нагрузки от 0,1 I _{max} до I _{max} : | ±0,25 % |
| Рабочий диапазон температур: | -20...+50 °С |
| Коэффициент температурной нестабильности выходного напряжения в рабочем диапазоне температур: | ±0,025 % / °С |
| Уровень радиопомех по ГОСТ Р 51527 : | группа С |
| Тип и габаритные размеры корпуса: | Д4, 72x90x58 |
| Выходное напряжение: | 24 ± 1 % В |
| Амплитуда пульсации выходного напряжения: | 120мВ |
| Макс. ток нагрузки I _{max} : | 2,5 А |
| Ток потребления: | 1,03...0,41 А |
| Цена: | 412 грн. |

4 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Алгоритм призначений для управління і контролю процесу виробництва политих стрічок. При старті основна програма виконує ініціалізацію ПЛК, обмін даними з панеллю оператора. Після натискання кнопки «Пуск» відбувається виклик підпрограм управління: ванни УЗМ, сушками, вузлом поливу, ЛПТ. При надходженні сигналу тривоги відбувається аварійна зупинка двигунів, насосів і нагрівачів, включається звукова і світлова сигналізація. При натисканні кнопки «Стоп» відбувається зупинка обладнання відповідно до технічного регламенту. У підпрограма управління вузлами МП відбувається опитування відповідних датчиків, порівняння поточних значень із заданими. Відповідно до поточним значенням параметрів відбувається обчислення та видача керуючих впливів. Якщо параметри аварійні відбувається зупинка обладнання і видача сигналізації.

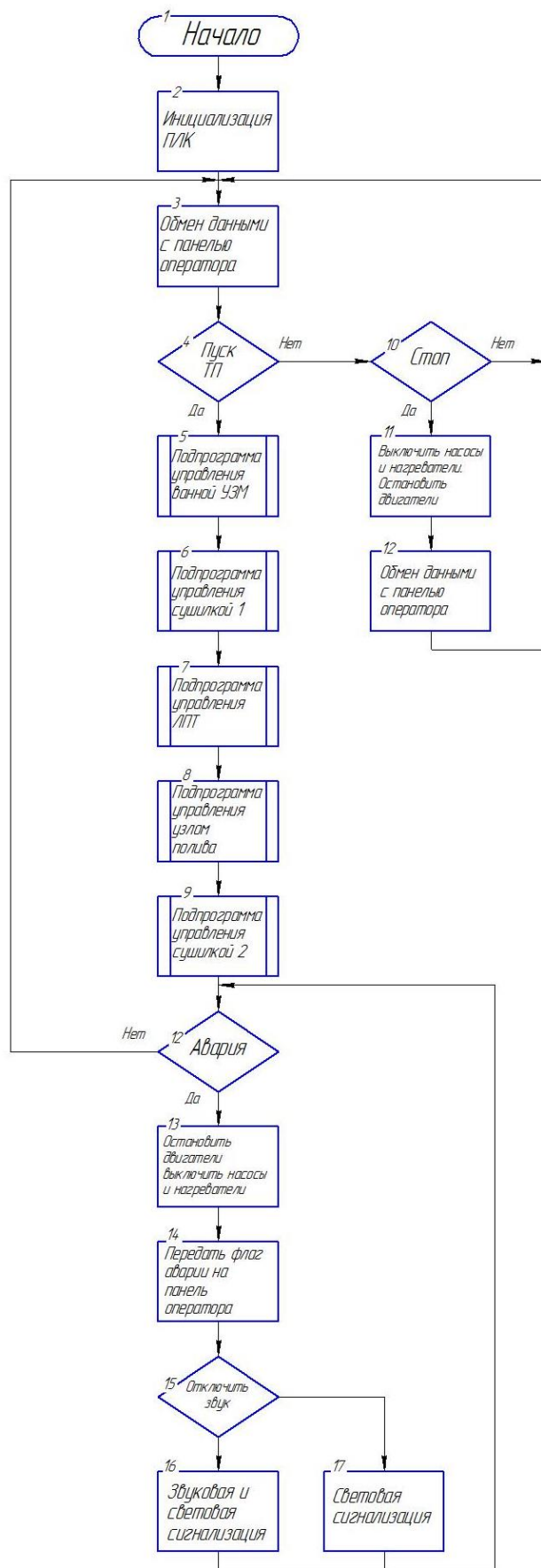


Рисунок 4.1 - Блок схема алгоритму роботи основної програми

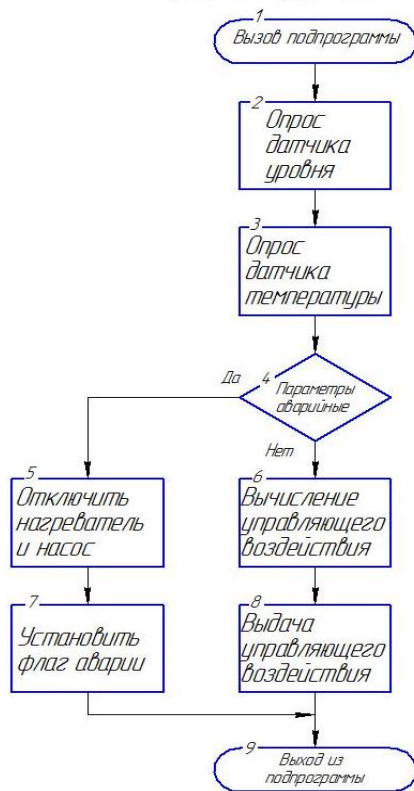


Рисунок 4.2- - Блок схема підпрограми управління ванній УЗМ

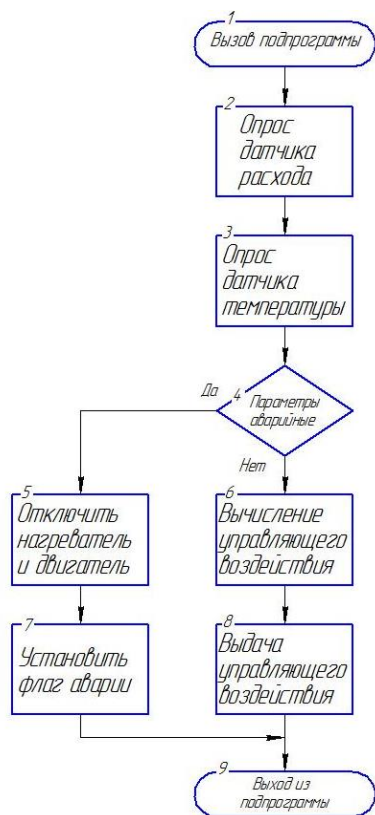


Рисунок 4.3- Блок схема підпрограми управління сушаркою №1

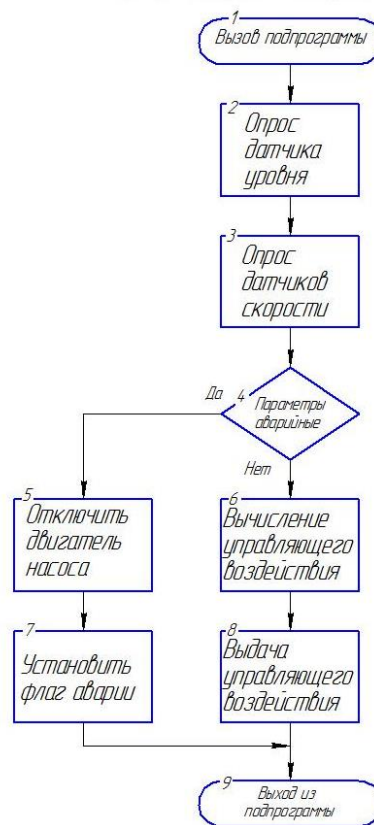


Рисунок 4.4 – Блок схема підпрограми управління вузлом поливу

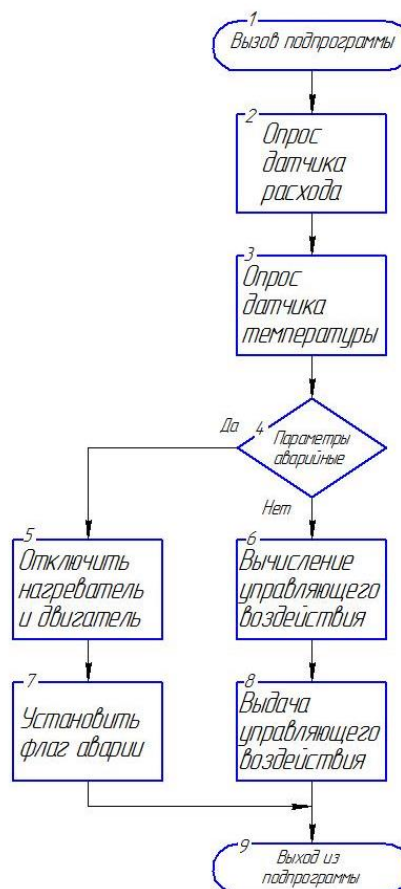


Рисунок 4.5 – Блок схема підпрограми управління сушаркою №2

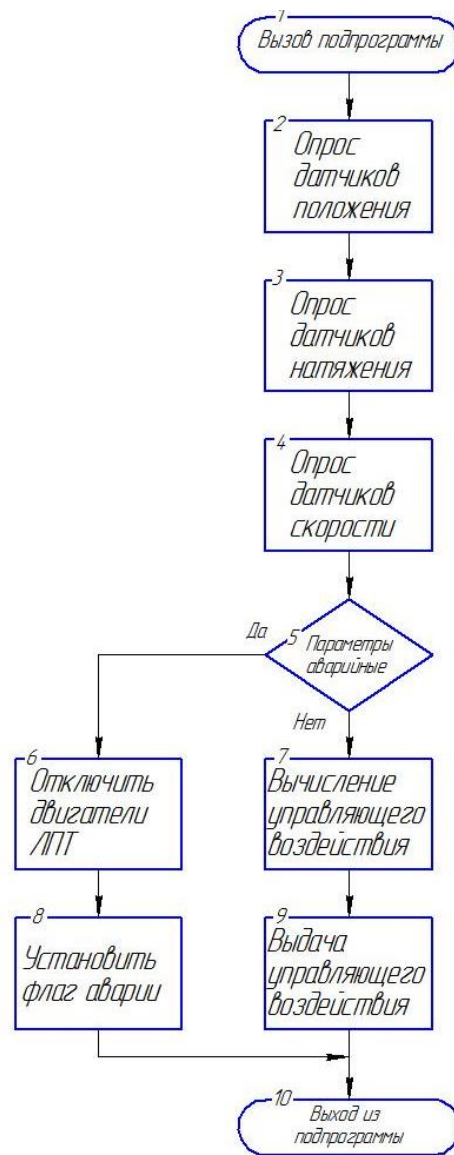


Рисунок 4.6 – Блок схема підпрограми управління ЛПТ

5. Розрахункова частина

Незважаючи на те, що якість нанесення на основу суспензії визначається безліччю параметрів, головним з них є швидкість протягання основи і підтримання натягу полотна. Тому, з метою забезпечення якості нанесення суспензії і цілісність полотна необхідно забезпечити стабільність протягання основи через весь стрічкопротяжний тракт. Об'єктом управління є стрічкопротяжний тракт, який може бути представлений у вигляді набору взаємопов'язаних приводів і навантажень. Основними вимогами є підтримка постійної швидкості і моменту на всіх ділянках ЛПТ, мінімізувати коливання швидкості і моменту при перехідних процесах. Труднощі регулювання пов'язані зі зміною моменту навантаження під час роботи, а так само можливість пошкодження основи при різких змінах керуючих впливів. Таке завдання може бути вирішена за допомогою використання системи «Перетворювач частоти - АД» для підтримки постійного моменту і послідовної корекції по швидкості.

5.1 Знаходження математичної моделі ОУ

Параметри налаштувань ПЧ і регулятора будемо визначати на підставі математичного моделювання контуру управління моментом і швидкістю. Складність моделі визначається безліччю факторів, які є возмущаючими для значення швидкості. Аналіз стрічкопротяжного тракту показує, що модель тракту може бути представлена, як набір взаємопов'язаних двомасових систем. Параметри моделі наступні: Радіус приведення має вигляд:

$$\rho = \frac{V_L}{\omega}, \text{ где } V_L - \text{ лінійна швидкість руху полотна;}$$

$$\omega = \frac{V_L}{R_i}, \text{ } R_i - \text{ радіус } i\text{-го валика.}$$

Радіус валиків стрічкопротяжного тракту дорівнює $R_v = 100$ мм.
 Радіус рулону лавсану дорівнює $R_p = 500$ мм. Так як вали є тонкостінними
 циліндрами, то їх момент інерції знаходиться за формулою:

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

де r_1 - зовнішній радіус вала $r_1 = 100$ мм,

r_2 - внутрішній радіус вала $r_2 = 90$ мм.

Наведений момент інерції дорівнює: $j' = \frac{j}{i^2}$, де $i = \frac{\omega_{об}}{\omega_с}$

Маса валика стрічкопротяжного тракту $m_v = 3$ кг. Маса рулону
 основи дорівнює $m_p = 36$ кг. Резонансна частота двохмасової системи
 визначається:

$$\Omega = \sqrt{\frac{c \cdot (j_{\Sigma 1} + j_{\Sigma 2})}{j_{\Sigma 1} \cdot j_{\Sigma 2}}}, \text{ де } c - \text{ жорсткість відрізка полотна між валами,}$$

визначається за формулою:

$c = E \cdot S$, де E - модуль Юнга, який для основи (ПЕТФ) дорівнює $1,41 \cdot 10^4$ МПа [4],

S - площа поперечного перерізу плівки:

$$S = 0,6 \text{ м} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

$$c = 16,92 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$$

Наведена жорсткість:

$$c' = c \cdot l \cdot \rho^2, \text{ де } l - \text{ довжина ділянки між валиками.}$$

Момент на кожному валу буде рівен:

$$M_c = \frac{F \cdot k \cdot \rho}{\eta}, \text{ де } F = 100 \text{ Н} - \text{натяг полотна за технічним регламентом}$$

$k = 0,15$ - середній коефіцієнт тертя плівки з валиком [4], η - для даного типу систем прийнято вибирати $\sim 0,83$ [4].

На стрічкопротяжного тракті встановлені двигуни АІР-112-МВ8. Технічні характеристики якого наведені нижче:

Потужність: 3 kW, число полюсів: 12, частота обертання: 480 об / хв, ковзання: 4,00%, номінальна напруга: 220/380 V, номінальний струм: 14,7 / 8,50 А, пусковий струм: 88,1 / 51,0 А, ставлення струмів Іпуск / Іном: 6,0, ток без навантаження: 8,46 / 4,90 А, номінальний момент Мном: 59,7 Nm, Мпуск / Мном: 160%, Ммакс / Мном: 180%, режим роботи: S1, інерційний момент: 0,00075 kgm² Структурна схема узагальненої двохмасової системи має вигляд показаний на рисунку 5.1. Вона являє собою набір взаємозалежних систем привід-навантаження.

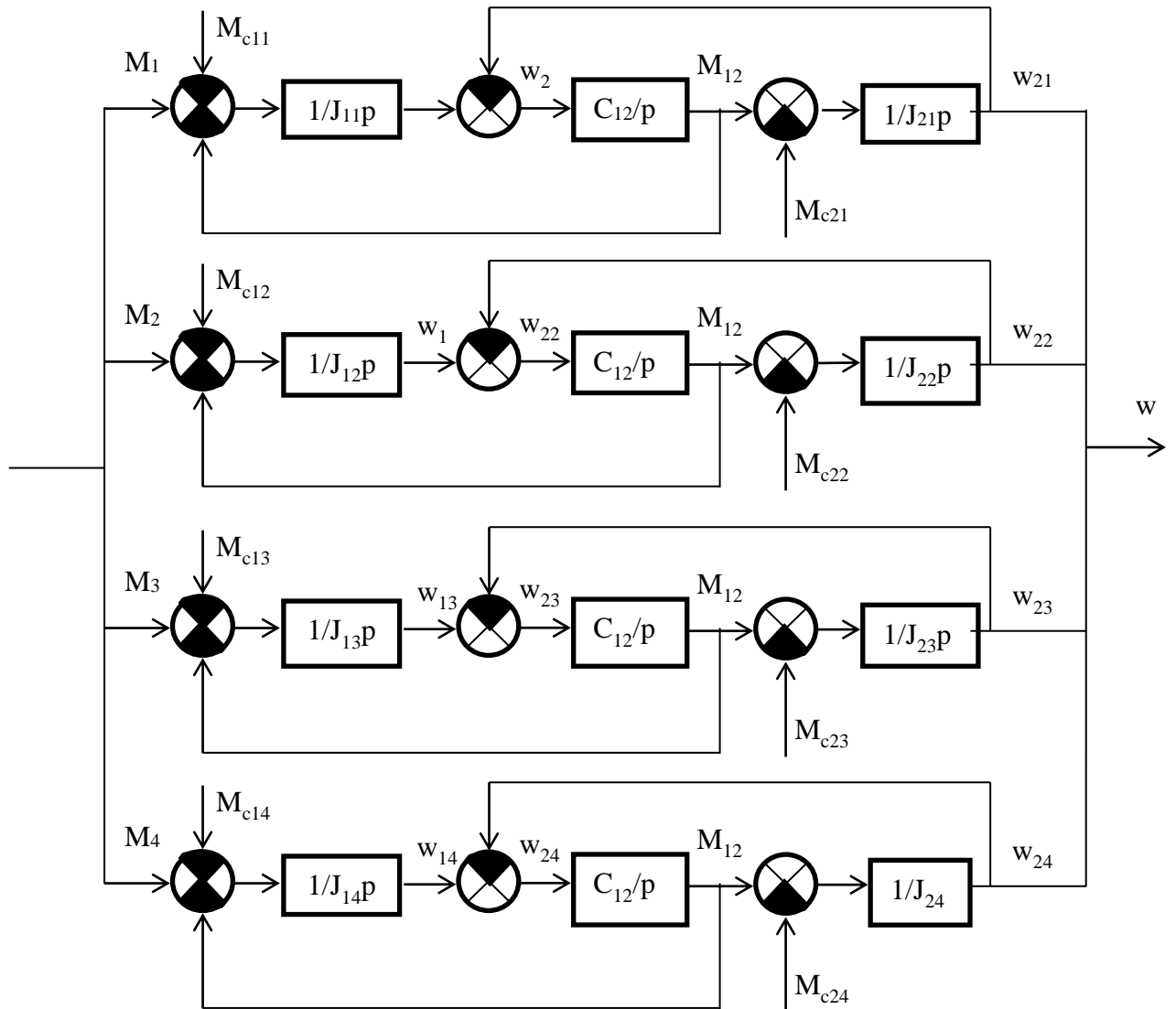


Рисунок 5.1 - Структурна схема системи управління

5.1.1 Розрахунок математичної моделі ділянки 1

Ділянка 1, від вузла розмотування до тягне двигуна: Кінетична схема представлена на малюнку 5.2.

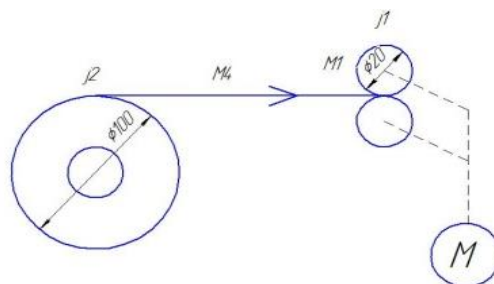


Рисунок 5.2 - Кінематична схема ділянки 1

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 буде дорівнює:

$$\omega_{\partial\epsilon} = \omega_{\epsilon} = \frac{0.5}{0.1} = 5 \text{ с}^{-1}$$

Радіус приведення вала: $\rho_{\epsilon} = \frac{0.5}{5} = 0.1 \text{ м}$

Частота обертання рулону $\omega_p = \frac{0.5}{0.5} = 1 \text{ с}^{-1}$

Радіус приведення рулону: $\rho_p = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ м}$

Моменти інерції: $j_{\epsilon} = m \frac{r_1^2 - r_2^2}{2} = 3 \cdot \frac{0.1^2 - 0.09^2}{2} = 3 \cdot \frac{0.0019}{2} = 0.003 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

$$j'_{\epsilon} = \frac{j_{\epsilon}}{\left(\frac{\omega_{\partial\epsilon}}{\omega_{\epsilon}}\right)^2} = \frac{0.003}{\left(\frac{5}{5}\right)^2} = 0.003 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$j_p = (m_p + m_{\epsilon}) \frac{R_p^2 - r_2^2}{2} = (3 + 36) \cdot \frac{0.5^2 - 0.09^2}{2} = 39 \cdot 0.121 = 4.72 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$j'_p = \frac{j_p}{\left(\frac{\omega_{\partial\epsilon}}{\omega_p}\right)^2} = \frac{4.72}{\left(\frac{5}{1}\right)^2} = 0.19 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Сумарний момент інерції: $j_{\Sigma} = j'_{\epsilon} + j'_p = 0.003 + 0.19 = 0.193 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Момент опору: $M_{c1} = \frac{100 \cdot 0.15 \cdot 0.1}{0.83} = 1.81 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$M_{c2} = \frac{100 \cdot 0.15 \cdot 0.5}{0.83} = 9.04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Наведена жорсткість: $c' = c \cdot l \cdot \rho^2 = 16.92 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 0.5^2 = 42300$

Резонансна частота: $\Omega = \sqrt{\frac{42300 \cdot (0.00075 + 0.193)}{0.00075 \cdot 0.193}} = 7524.57 \text{ с}^{-1}$

Так як резонансна частота на багато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рисунок 5.3) з параметрами:

$$j = j_{\partial 6} + j_{\Sigma} = 0.00075 + 0.193 = 0.194 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$M_C = M_{C1} + M_{C2} = 1.81 + 9.04 = 10.85 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

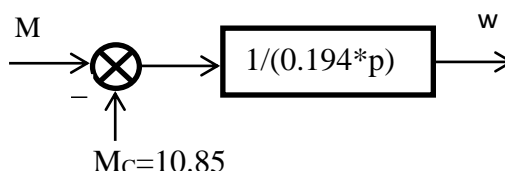


Рисунок 5.3 - Структурна схема одномасової системи ділянки

5.1.2 Розрахунок математичної моделі ділянки 2

Ділянка 2 (рисунок 5.4), від магазину запасу до тягне двигуна:

Аналогічно до попереднього пункту знаходимо моменти опору, моменти інерції системи і резонансну частоту:

$$\Omega = \sqrt{\frac{16920 \cdot (0.00075 + 0.39)}{0.00075 \cdot 0.39}} = 2260.34 \text{ с}^{-1}$$

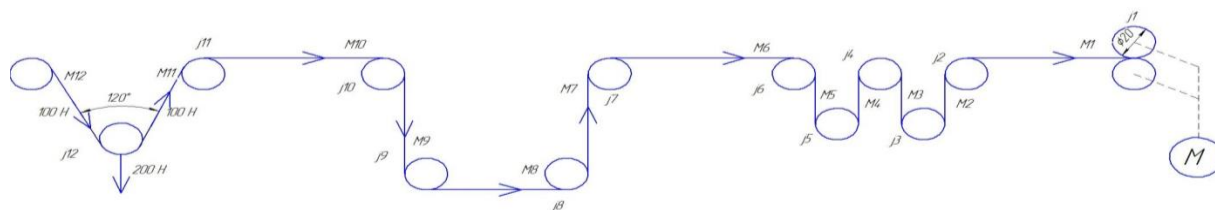


Рисунок 5.4 - Кінематична схема ділянки 2

Так як резонансна частота на багато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рисунок 5.5) з параметрами:

$$j = j_{\partial 6} + j_{\Sigma} = 0.00075 + 0.39 = 0.391 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$M_C = M_{C1} + M_{C2} = 1.81 + 21.72 = 23.53 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

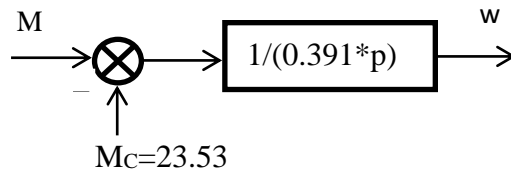


Рисунок 5.5 - Структурна схема одномасової системи ділянки 2

5.1.3 Розрахунок математичної моделі ділянки 3

Ділянка 3 (рисунок 5.6) від сушарки №1 до вузла поливу. Аналогічно пункту 5.1.1 знаходимо моменти опору, моменти інерції системи і резонансну частоту:

$$\Omega = \sqrt{\frac{8460 \cdot (0.00075 + 0.018)}{0.00075 \cdot 0.018}} = 1175.00 \text{ c}^{-1}$$

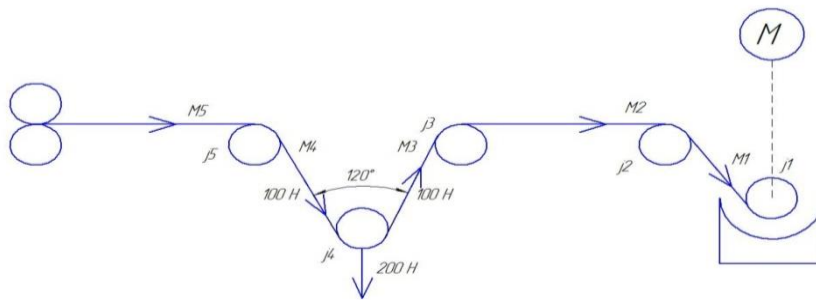


Рисунок 5.6 - Кінематична схема ділянки 3

Так як резонансна частота на багато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рисунок 5.7) з параметрами:

$$j = j_{де} + j_{\Sigma} = 0.00075 + 0.018 = 0.019 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$M_C = M_{C1} + M_{C2} = 1.81 + 9.05 = 10.86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

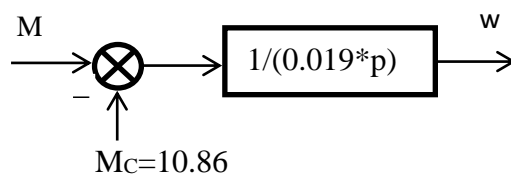


Рисунок 5.7 – Структурна схема одномасової системи ділянки 3

5.1. Розрахунок математичної моделі ділянки 4

Ділянка 4 (рисунок 5.8) від вузла поливу до вузла намотування. Аналогічно пункту 5.1.1 знаходимо моменти опору, моменти інерції системи і резонансну частоту:

$$\Omega = \sqrt{\frac{423000 \cdot (0.00075 + 0.211)}{0.00075 \cdot 0.211}} = 5660.05 \text{ c}^{-1}$$

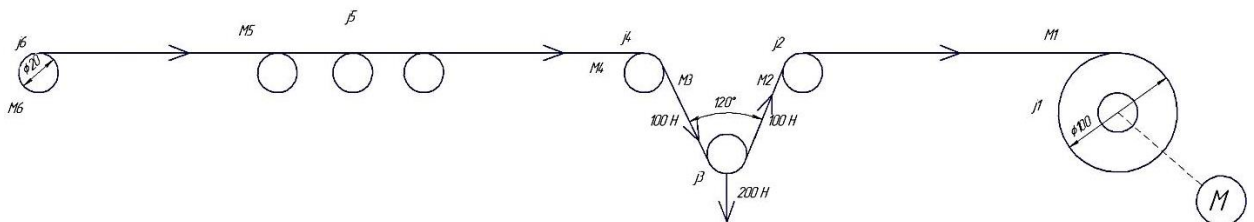


Рисунок 5.8 Кінематична схема ділянки 4

Так як резонансна частота на багато більше частоти обертання валу двигуна, то цю систему можна звести до одномасової (рисунок 5.9) з параметрами:

$$j = j_{\text{де}} + j_{\Sigma} = 0.00075 + 0.211 = 0.212 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} = 12.67 + 9.04 = 21.71 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

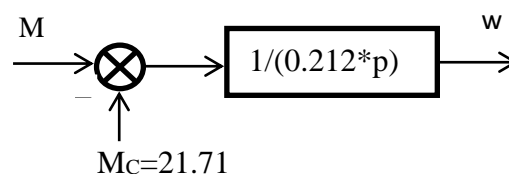


Рисунок 5.9 – Структурна схема одномасової системи ділянки 4

5.1 Проверка модели на адекватность

Розгінна характеристика об'єкта управління з моменту отримана експериментальним шляхом представлена на малюнку 5.10, отримані

значення представлені в таблиці 5.1.

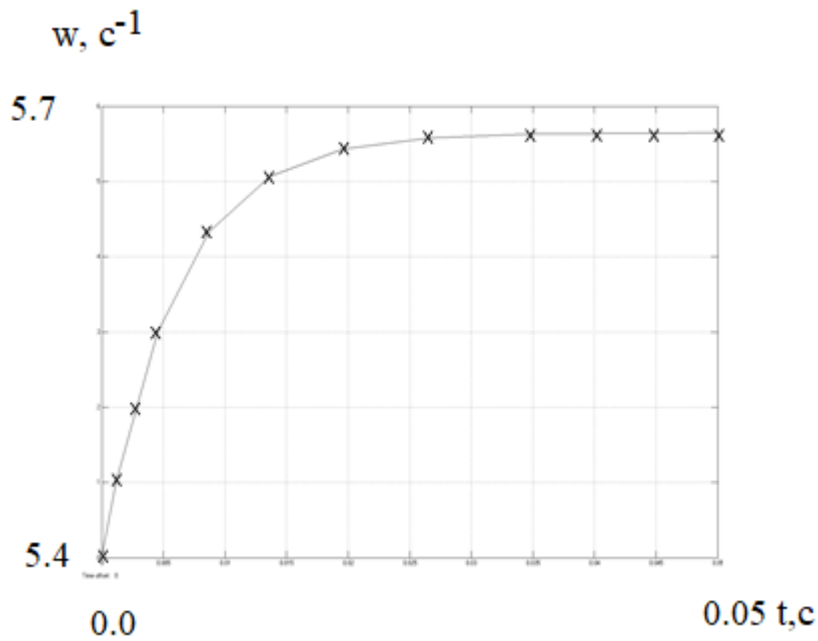


Рисунок 5.10 - Розгінна характеристика

Таблиця 5.1 - Масив даних розгінної характеристики

| Время | Значение | Время | Значение |
|--------|----------|--------|----------|
| 0 | 0 | 0,019 | 5,4 |
| 0,0015 | 1 | 0,0267 | 5,5 |
| 0,003 | 2 | 0,035 | 5,6 |
| 0,0045 | 3 | 0,04 | 5,62 |
| 0,008 | 4,3 | 0,045 | 5,66 |
| 0,014 | 5,1 | 0,05 | 5,66 |

Складемо модель об'єкта управління (рисунок

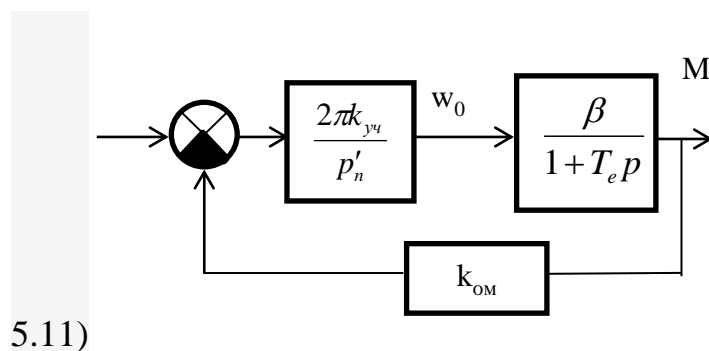


Рисунок 5.11 – Структурна схема ОУ

Параметри моделі наступні [4]:

Параметри механічної частини:

$$\beta = \frac{M_H}{w_0 - w_H} = \frac{59.7}{52.33 - 50.24} = 28.8 \text{ Нмс}$$

$$\text{где } S_k = S_H (\lambda_k + \sqrt{\lambda_k^2 - 1}) = 0.04 (1.8 + \sqrt{1.8^2 - 1}) = 0.13$$

$$T_e = \frac{1}{52.33 \cdot 0.13} = 0.15 \text{ с}$$

Параметри перетворювача частоти:

$$k_{yч} = \frac{f}{U_{yч}}$$

При $f = 50$ Гц (частота мережі) і $U_{yч} = 10$ В

$$k_{yч} = \frac{50}{10} = 5$$

$$p'_n = \frac{60 \cdot f}{n_0} = \frac{3000}{500} = 6,$$

$$k_{ом} = \frac{U_{осм}}{M_H}, \text{ При } U_{осм} = 10, \text{ отримаємо}$$

$$k_{ом} = \frac{10}{59.7} = 0.17$$

Перехідна характеристика отримана в результаті моделювання в математичному пакеті MatLab представлена на Рисунку 5.11. Масив даних перехідної характеристики представлений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Масив даних перехідної характеристики

| Время | Значение | Время | Значение |
|--------|----------|--------|----------|
| 0 | 0 | 0,019 | 5,45 |
| 0,0015 | 1 | 0,0267 | 5,55 |
| 0,003 | 2,1 | 0,035 | 5,61 |

| | | | |
|--------|------|-------|------|
| 0,0045 | 3,1 | 0,04 | 5,63 |
| 0,008 | 4,45 | 0,045 | 5,66 |
| 0,014 | 5,2 | 0,05 | 5,66 |

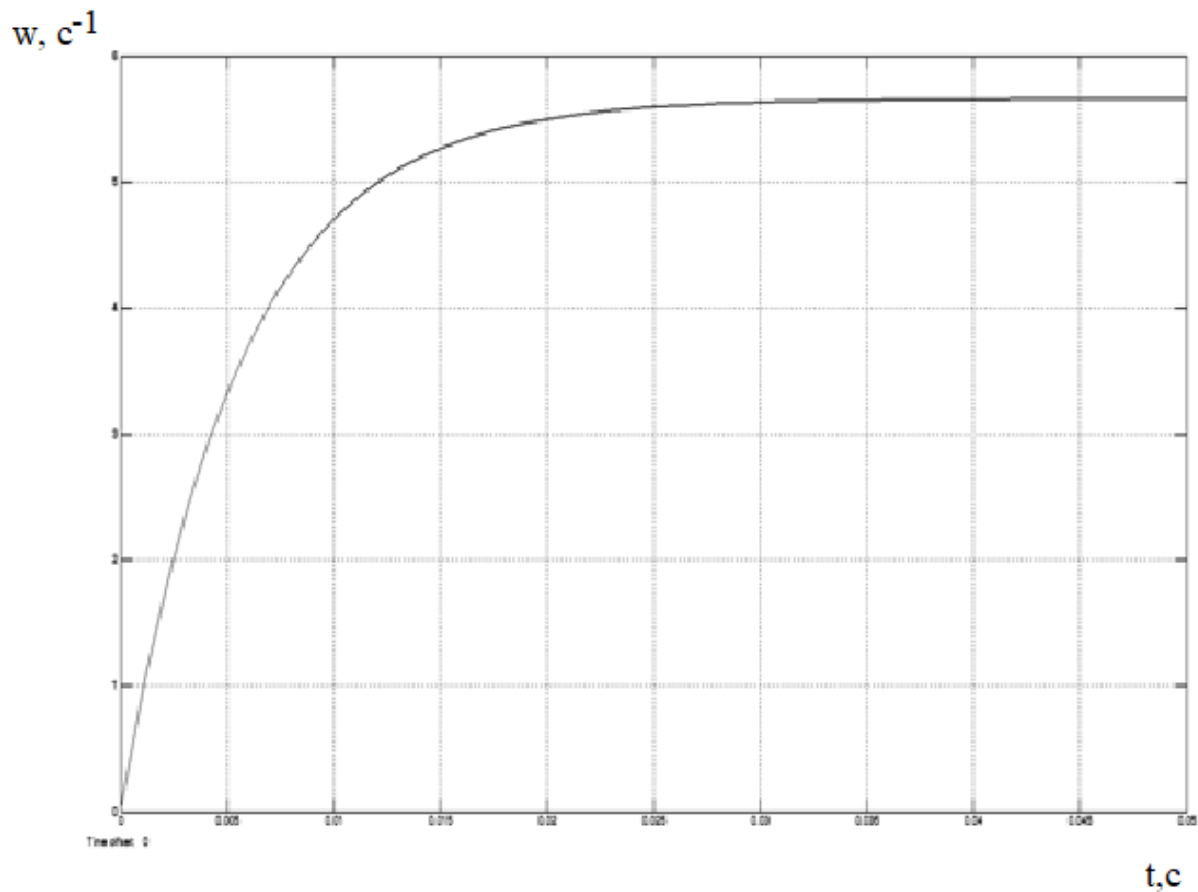


Рисунок 5.11 - Перехідна характеристика моделі ОУ

Проведемо перевірку моделі на адекватність за критерієм Фішера.

Математичне сподівання розгінної характеристики:

$$\bar{y}_p = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{0+1+2+3+4.3+5.1+5.4+5.5+5.6+5.62+5.66+5.66}{12} = 4.07$$

Дисперсія розгінної характеристики:

$$S_p = \frac{\sum (\bar{y}_p - y_i)^2}{n-1} = \frac{(4.07-0)^2 + (4.07-1)^2 + (4.07-2)^2 + (4.07-3)^2 + (4.07-4.3)^2 + (4.07-5.1)^2 + (4.07-5.4)^2 + (4.07-5.5)^2 + (4.07-5.6)^2 + (4.07-5.62)^2 + (4.07-5.66)^2 + (4.07-5.66)^2}{11} = 4.195$$

Математичне сподівання перехідної характеристики:

$$\bar{y}_n = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{0+1+2.1+3.1+4.45+5.2+5.45+5.55+5.61+5.63+5.66+5.66}{12} = 4.07$$

Дисперсія передавальної характеристики:

$$S_n = \frac{\sum (\bar{y}_n - y_i)^2}{n-1} = \frac{(4.07-0)^2 + (4.07-1)^2 + (4.07-2.1)^2 + (4.07-3.1)^2 + (4.07-4.45)^2 + (4.07-5.2)^2 + (4.07-5.45)^2 + (4.07-5.55)^2 + (4.07-5.61)^2 + (4.07-5.63)^2 + (4.07-5.66)^2 + (4.07-5.66)^2}{11} = 4.197$$

Визначимо критерій Фішера:

$$F = \frac{S_n}{S_p} = \frac{4.197}{4.195} = 1.005$$

Табличний критерій Фішера для $n-1$: $F_{11,11,0.95} = 2.8$. Так як $F_{\text{расчетный}}$ менше $F_{\text{табличного}}$, то модель є адекватною з імовірністю 95%.

5.2 Послідовна корекція контурів управління по моменту

5.2.1 Послідовна корекція контуру управління з моменту ділянки

Проведемо послідовну корекцію контуру регулювання моменту. Для послідовної корекції на вхід розімкнутого контуру регулювання моменту введемо регулятор моменту з функцією передачі WPM, як показано на Рисунку

5.12.

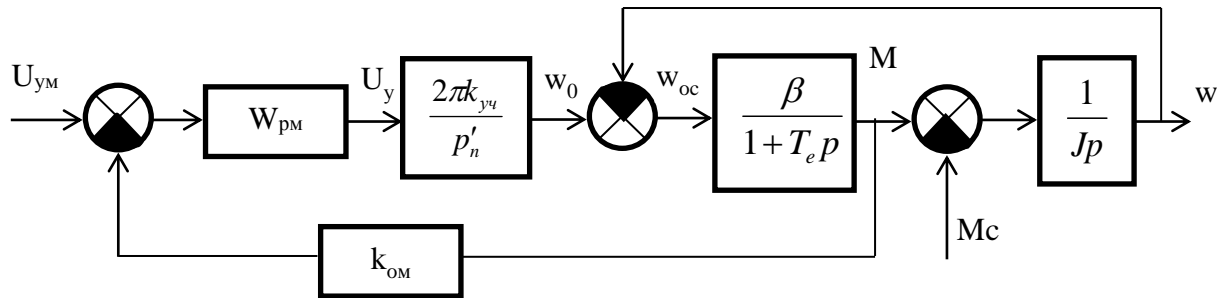


Рисунок 5.12 - Структурна схема контуру регулювання моменту

При синтезі контуру регулювання моменту внутрішню зворотний зв'язок по швидкості розмикають, нехтуючи її впливом на динаміку приводу в процесах по управлінню. Вплив зв'язку з цим на динамічну точність регулювання можна оцінити, поклавши зміни швидкості незалежним збуджуючим впливом. Спрощена структурна схема контуру регулювання моменту представлена на рисунку 5.13.

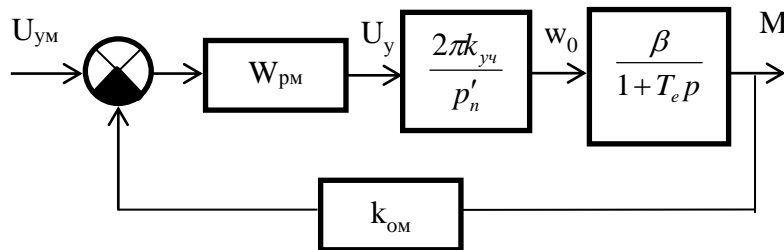


Рисунок 5.13 - Спрощена структурна схема контуру регулювання моменту

Запишемо бажану передавальну функцію розімкнутого контуру з урахуванням неединичної зворотного зв'язку [4] у вигляді:

$$W_{ПазМ} = \frac{1/k_{OM}}{a_m \cdot T_e p \cdot (T_e p + 1)}$$

Де - постійна часу перетворювача частоти. Відповідно до рисунку 5.13 передавальна функція об'єкта регулювання:

$$W_{OM} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{yc} \cdot \beta}{p'_n \cdot (1 + T_e \cdot p)}$$

Поділивши $W_{ом}$ на $W_{раз}$ м отримаємо:

$$W_{PM} = \frac{W_{разM}}{W_{ом}} = \frac{p'_n \cdot (1 + T_e \cdot p)}{k_{ом} \cdot a_m \cdot T_e p \cdot (T_e p + 1) \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_{уч} \cdot \beta} = \frac{1}{T_u p}$$

Таким чином, регулятор моменту повинен бути інтегральним з постійною інтегрування:

$$T_u = \frac{k_{ом} \cdot a_m \cdot T_e \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_{уч} \cdot \beta}{p'_n} = \frac{0.17 \cdot 2 \cdot 0.15 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 28.8}{6} = 7.69 \text{ с}$$

5.2.2 Послідовна корекція контуру управління з моменту ділянки 2

Аналогічно пункту 5.3.1 визначимо параметри системи управління з моменту:

$$k_{ом} = 0.17 \quad T_e = 0.15 \quad k_{уч} = 5 \quad \beta = 28.8 \quad p'_n = 6$$

$$T_u = \frac{k_{ом} \cdot a_m \cdot T_e \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_{уч} \cdot \beta}{p'_n} = \frac{0.17 \cdot 2 \cdot 0.15 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 28.8}{6} = 7.69$$

5.2.3 Послідовна корекція контуру управління з моменту ділянки 3

Аналогічно пункту 5.3.1 визначимо параметри системи управління з моменту:

$$k_{ом} = 0.17 \quad T_e = 0.15 \quad k_{уч} = 5 \quad \beta = 28.8 \quad p'_n = 6$$

$$T_u = \frac{k_{ом} \cdot a_m \cdot T_e \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_{уч} \cdot \beta}{p'_n} = \frac{0.17 \cdot 2 \cdot 0.15 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 28.8}{6} = 7.69$$

5.2.4 Аналогічно пункту 5.2.1 визначимо параметри системи управління з моменту 4:

Аналогічно пункту 5.2.1 определим параметри системи управління по моменту:

$$k_{ом} = 0.17 \quad T_e = 0.15 \quad k_{уч} = 5 \quad \beta = 28.8 \quad p'_n = 6$$

$$T_u = \frac{k_{OM} \cdot a_m \cdot T_e \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_{yч} \cdot \beta}{p_n'} = \frac{0.17 \cdot 2 \cdot 0.15 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 28.8}{6} = 7.69 \text{ с}$$

5.3 Моделювання контуру управління з моменту

Проведемо моделювання контуру управління з моменту (струму).

Модель, складена за допомогою програмного пакета MatLab, представлена на рисунку 5.14.

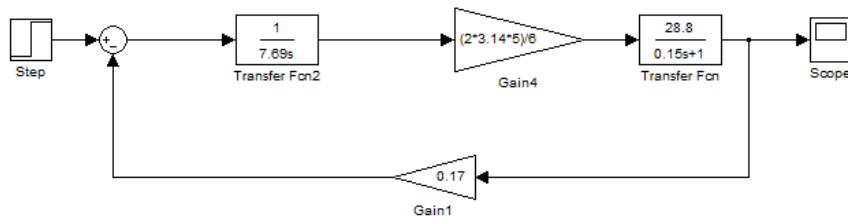


Рисунок 5.14 - Модель контуру управління з моменту Результати моделювання наведені на рисунку 5.15.

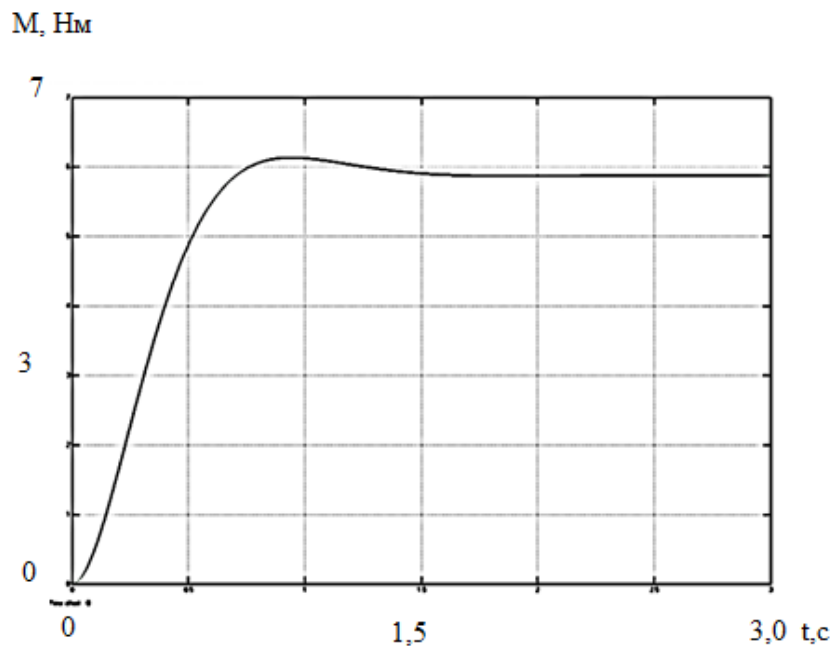


Рисунок 5.15 - Перехідна характеристика контуру управління з моменту

Параметри перехідного процесу:

- перерегулювання 4,2%,
- час перехідного процесу 0,63.

5.4 Послідовна корекція контурів управління по швидкості

Послідовна корекція контуру регулювання швидкості дозволяє створювати уніфіковані регульовані електроприводи з певними стандартними показниками. У нашому випадку при регулюванні швидкості працює підлеглий контур регулювання моменту, оптимізований методом послідовної корекції раніше.

5.4.1 Послідовна корекція контуру управління по швидкості ділянки 1

З урахуванням передавальної функції замкнутого контуру регулювання моменту

$$W_{PазM} = \frac{1/k_{OM}}{a_m \cdot T_e p \cdot (T_e p + 1) + 1}$$

З урахуванням передавальної функції замкнутого контура регулювання моменту

структурна схема контуру регулювання швидкості представлена на рисунку 5.16.

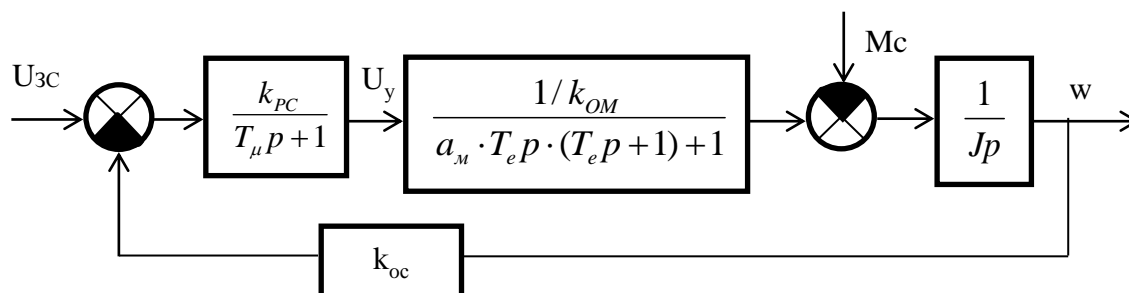


Рисунок 5.16 – Структурна схема системи регулювання швидкості

Параметри моделі наступні:

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості: $k_{oc} = \frac{U_{oc}}{w_n} = \frac{10}{50.24} = 0.2$

Бажана передавальна функція для контуру регулювання швидкості:

$$W_{PазC} = \frac{1/k_{oc}}{a_m \cdot a_c \cdot T_e p \cdot (a_m \cdot T_e p + 1)}$$

Отримаємо коефіцієнт посилення регулятора швидкості:

$$k_{pc} = \frac{k_{oc} \cdot a_m \cdot a_c \cdot T_\mu \cdot k_m}{J} = \frac{0.2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.01 \cdot 5.88}{0.194} = 0.243$$

Однак точність регулювання при малому моменті інерції електроприводу може бути нижче, ніж в розімкнутій системі електроприводу [4], і не задовольняє пред'явленим вимогам. З цього необхідно збільшити порядок астатизму системи по відношенню до ударів і зіткнень. Для збільшення точності регулювання швидкості при змінах навантаження використовуємо додаток двохконтурної системи регулювання швидкості, налаштованої на технічний оптимум, другим контуром регулювання швидкості. Структурна схема триконтурної системи з двома контурами регулювання швидкості і підлеглим контуром регулювання моменту наведена на малюнку 5.17.

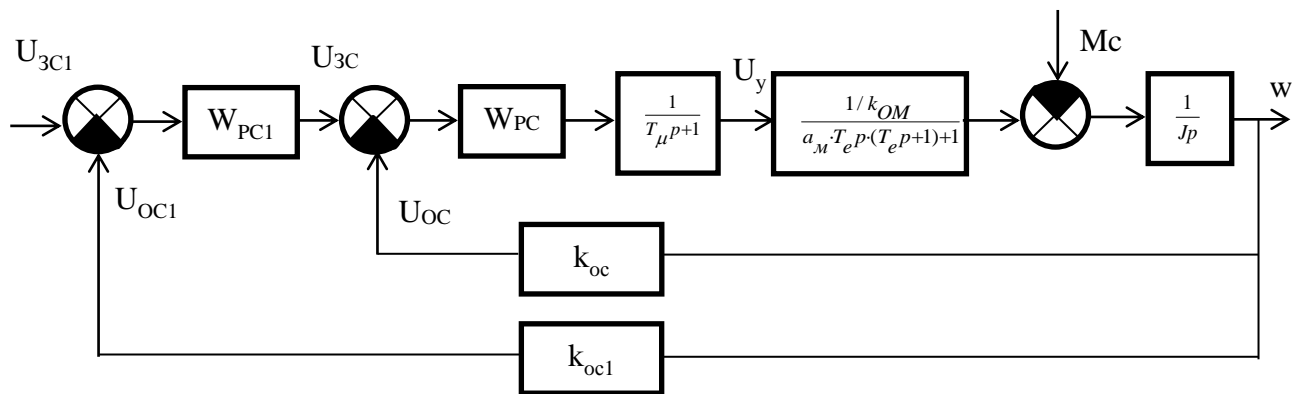


Рисунок 5.17 - Структурна схема триконтурної системи регулювання швидкості

В результаті корекції необхідно отримати наступну передавальну функцію розімкнутого зовнішнього контуру регулювання швидкості:

$$W_{pazcl} = \frac{1/k_{oc1}}{a_{c1} a_c a_m T_\mu p [a_c a_m T_\mu p (a_m T_\mu p + 1) + 1]}$$

Отже, регулятор швидкості зовнішнього контуру регулювання повинен мати передавальну функцію інтегруючої ланки

$$W_{pcl} = \frac{k_{oc}}{k_{oc1} a_{c1} a_c a_m T_\mu p},$$

при $a_{c1} = a_c = a_M = 2$ и $k_{oc1} = k_{oc} = 0.2$ получимо:

$$W_{pcl} = \frac{1}{0.08 \cdot p}$$

5.4.2 Послідовна корекція контуру управління по швидкості ділянки 2

Аналогічно пункту 5.1.1 розрахуємо параметри контуру управління по швидкості і настройки регулятора ділянки 2.

$$k_{oc1} = k_{oc} = 0.2 \quad a_{c1} = a_c = a_M = 2 \quad k_M = 5.88 \quad T_\mu = 0.01 \quad J = 0.391$$

$$k_{pc} = \frac{k_{oc} \cdot a_M \cdot a_c \cdot T_\mu \cdot k_M}{J} = \frac{0.2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.01 \cdot 5.88}{0.391} = 0.12$$

$$W_{pcl} = \frac{k_{oc}}{k_{oc1} a_{c1} a_c a_M T_\mu p} = \frac{1}{0.08 p}$$

5.4.3 Послідовна корекція контуру управління по швидкості ділянки 3

Аналогічно пункту 5.1.1 розрахуємо параметри контуру управління по швидкості і настройки регулятора ділянки 3.

$$k_{oc1} = k_{oc} = 0.2 \quad a_{c1} = a_c = a_M = 2 \quad k_M = 5.88 \quad T_\mu = 0.01 \quad J = 0.019$$

$$k_{pc} = \frac{k_{oc} \cdot a_M \cdot a_c \cdot T_\mu \cdot k_M}{J} = \frac{0.2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.01 \cdot 5.88}{0.019} = 2.48$$

$$W_{pcl} = \frac{k_{oc}}{k_{oc1} a_{c1} a_c a_M T_\mu p} = \frac{1}{0.08 p}$$

5.4.4 Послідовна корекція контуру управління по швидкості ділянки 4

Аналогічно пункту 5.1.1 розрахуємо параметри контуру управління по швидкості і настройки регулятора ділянки 4.

$$k_{ocl} = k_{oc} = 0.2 \quad a_{cl} = a_c = a_M = 2 \quad k_M = 5.88 \quad T_\mu = 0.01 \quad J = 0.212$$

$$k_{pc} = \frac{k_{oc} \cdot a_M \cdot a_c \cdot T_\mu \cdot k_M}{J} = \frac{0.2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.01 \cdot 5.88}{0.212} = 0.22$$

$$W_{pcl} = \frac{k_{oc}}{k_{ocl} a_{cl} a_c a_M T_\mu p} = \frac{1}{0.08p}$$

5.5 Моделювання контурів управління по швидкості

5.5.1 Моделювання контуру управління по швидкості ділянки 1

Проведемо моделювання контуру управління по швидкості ділянки 1.

Модель, складена за допомогою програмного пакета MatLab, представлена на рисунку 5.18.

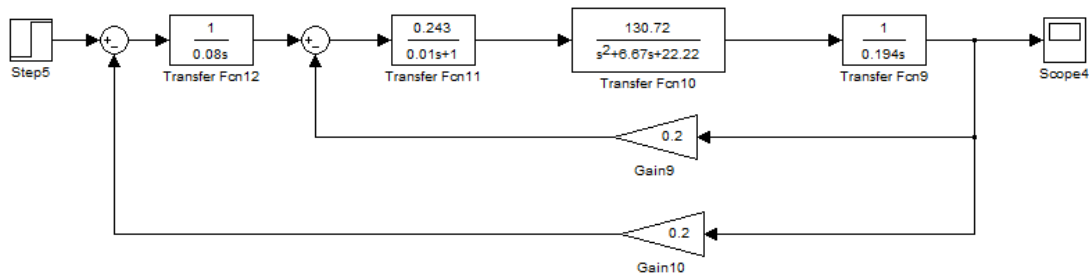


Рисунок 5.18 - Модель контуру управління по швидкості.

Результати моделювання представлені на рисунку 5.19.

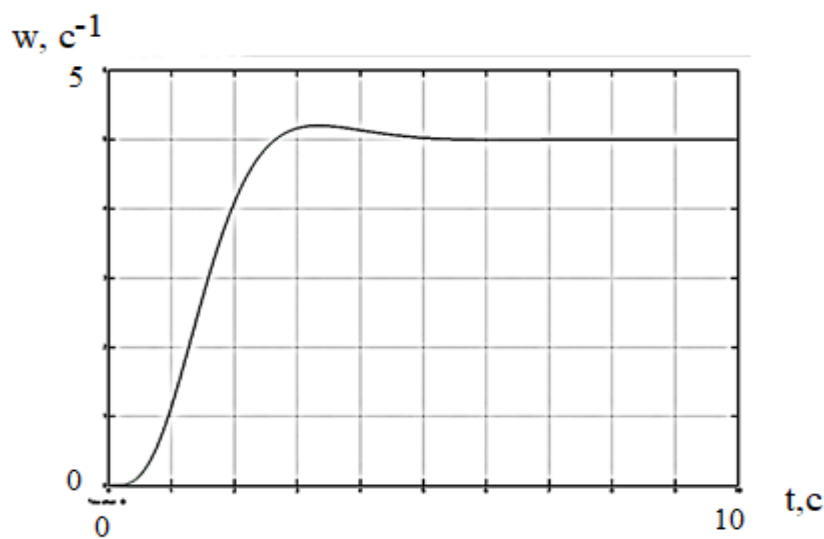


Рисунок 5.19 - Перехідна характеристика контуру управління по швидкості

Параметри перехідного процесу:

- перерегулювання 4,2,

- час перехідного процесу 2,4.

5.5.2 Моделювання контуру управління по швидкості ділянки 2

Аналогічно пункту 5.1.1 проведемо моделювання контуру управління по швидкості ділянки 2.

Результати представлені на рисунку 5.20.

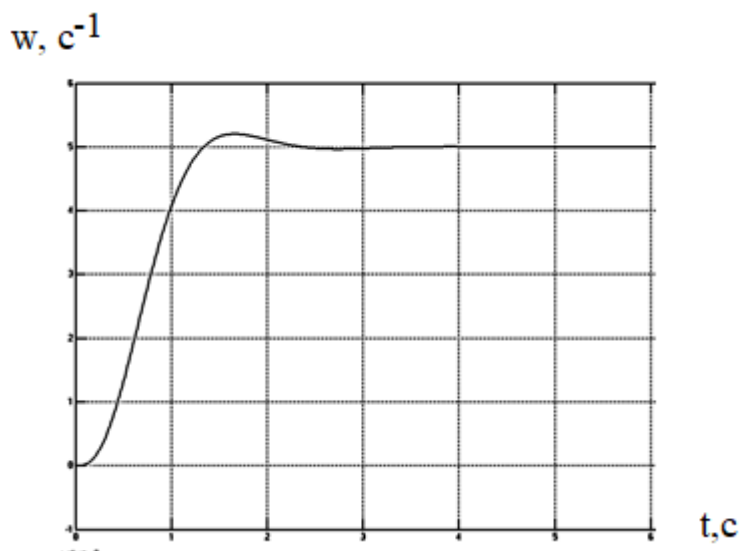


Рисунок 5.20 - Перехідна характеристика контуру управління по швидкості

Параметри перехідного процесу:

- перерегулювання 4,2,

- час перехідного процесу 1,21.

5.5.3 Моделювання контуру управління по швидкості ділянки 3

Аналогічно пункту 5.1.1 проведемо моделювання контуру управління по швидкості ділянки 3.

Результати представлені на рисунку 5.21.

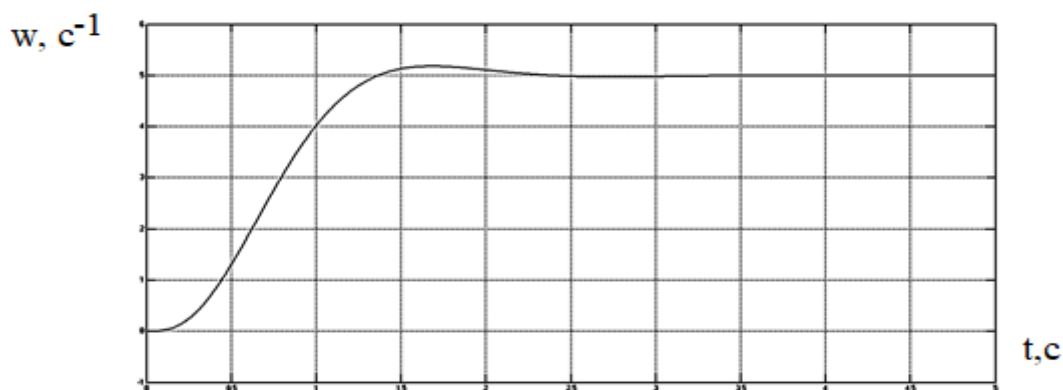


Рисунок 5.21 - Перехідна характеристика контуру управління по швидкості

Параметри перехідного процесу:

- перерегулювання 4,2,
- час перехідного процесу 1,24.

5.5.4 Моделювання контуру управління по швидкості ділянки 4

Аналогічно пункту 5.1.1 проведемо моделювання контуру управління по швидкості ділянки 4.

Результати представлені на рисунку 5.22.

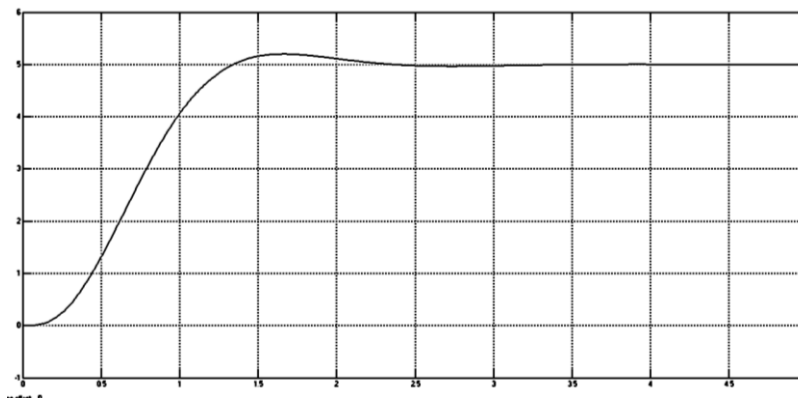


Рисунок 5.22 – Перехідна характеристика контуру управління по швидкості

Параметри перехідного процесу:

- перерегулювання 4,4,
- час перехідного процесу 1,22.

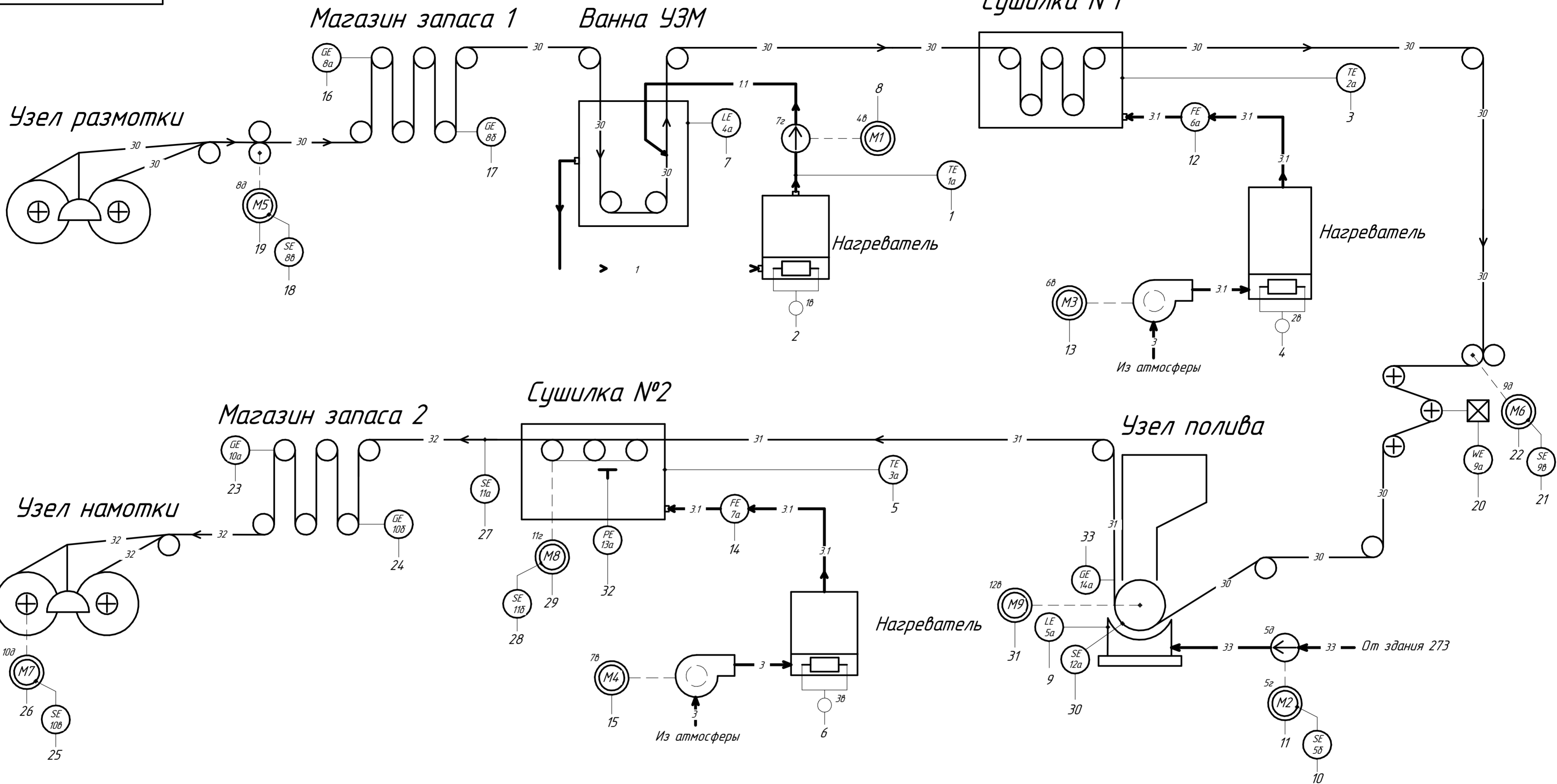
Висновок. Все контуру управління на ділянках 1-4 налаштовані на технічний оптимум як за швидкістю, так і по обертального моменту.

Література

1. Методические указания по оформлению комплексных курсовых проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 " Системы управления и автоматика". - Шостка.: ШИ СумГУ, 2012. - 15 с.
2. Колосов С. П., Калмыков И. В., Нефедова В. И. "Машины полива пленки" . — М. Машиностроение, 1973.
3. Червяков В. Д. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы для студентов всех форм обучения специальности 7,091402 — Компьютеризованные системы управления и автоматика.— Сумской государственный университет. Сумы, 2013.
4. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб для вузов. – 2-е издание перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001 – 704с.
5. Приборы и автоматика (КИПиА) : Прайс-листы производимых товаров. - К:"Додэка – XXI", 2007г.
6. А.С.Клюев. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. - М.: "Энергоатомиздат", 1990г.
7. П.М. Казьмин „Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств химических производств,, .-М.: "Химия", 1979г.
8. Б.Д. Кашарский. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. – Ленинград.: "Машиностроение", 1978 г.
9. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091402 "Компьютеризованные системы управления и автоматика". - Сумы.: СумГУ, 1998. - 77 с.

10. Системы управления. Задание. Проектирование. Реализация / В.Н. Захаров, Д.А. Поспелов, В.Е. Хазацкий. - 2-е изд, перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1977. - 424 с.
11. Г. П. Малай – «Проектирование систем автоматического регулирования на персональном компьютере».
12. Г. П. Малай – «Теоретические основы систем автоматического управления и регулирования».
13. Г. П. Малай – «Лабораторные работы по ТАУ».
14. Краткая инструкция пользователя пакета МВТУ.
15. Беркстайн Л.А. Анализ финансовой отчетности. - М.: Финансы и статистика, 1996.
16. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия, М: Финансы и статистика, 1999
17. Жминько С.И. Финансовый учет на предприятиях. - Ростов-на-Дону: изд. "Феникс", 1998.
18. Раевский В.А.. Анализ хозяйственно-финансовой деятельности предприятия, М, 1988
19. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. - М.: Экономика, Дело, 1992.
20. Теория экономического анализа. / Под ред. Шеремета А.Д. - М.: Прогресс, 1992.
21. Швандер В.А., Горфинкель В.Я. Экономика предприятия, М: «ЮНИТИ», 1998.
22. Розанов В.С., Рязанов А.В. Обеспечение оптимальных параметров воздушной среды в рабочей зоне. Учебное пособие. Москва, МИРЭА, 1989 г.
23. Экология и безопасность труда, Методические указания по дипломному проектированию. Москва, МИРЭА, 1990 г.

24. Охрана труда и окружающей среды, Методические указания по дипломному проектированию раздела. Москва, МИРЭА 1980 г.
25. Мотузко Ф.Я., "Охрана труда", Москва, Высшая школа 1989 г.
26. Самгин Э.Б., "Освещение рабочих мест", Москва, МИРЭА, 1989 г.
27. Под редакцией Павлова С.П., "Охрана труда в радио- и электронной промышленности", Москва, Энергия, 1979 г.
28. Зинченко В.П., Мунипов В.М., "Основы эргономики", Москва, МГУ, 1979
29. <https://owen.ua/ru/datchiki/temperature>
30. <https://ao-tera.com>
31. <http://www.koda.ua/products/group.html?id=33>
32. <https://ukrspecavtomat.com.ua/products/diafragmyi-dks-dbs-sosudyi-kamernaya>
33. <https://www.koboldgroup.ru/opisanie/datchik-urovnya-nm>
34. <https://m.vega-rus.ru/upload/iblock/ec3/30032-RU-VEGACAL-64-Foundation-Fieldbus.pdf>
35. <https://riftek.com>
36. <https://moscow.cataloxy.ru/firms/www.msht.ru.htm>
37. https://www.svaltera.ua/catalog/tverdotelnye_rele_kipribor
38. <https://owen.ru>



Условные обозначения потоков

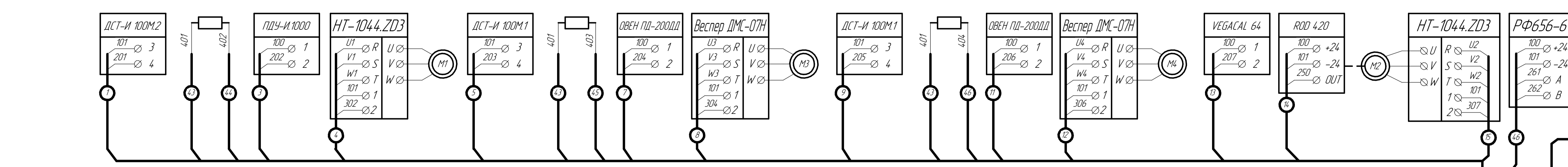
- 11 — Горячая вода
- 31 — Горячий воздух
- 30 — основа
- 31 — основа с суспензией
- 32 — Готовая продукция
- 33 — суспензия

Инд. № подл. / Инв. № дубл. / Взаим. инв. № / Справ. № / Подп. и дата / Подп. и дата / Подп. и дата

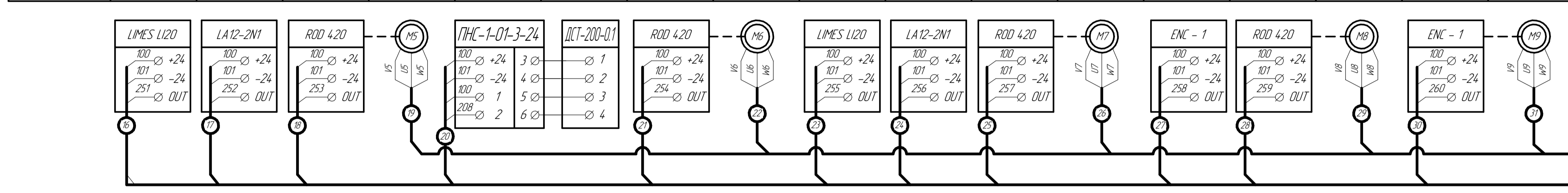
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|----------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | | |
| | | 60, 80°C | управление | 120, 150°C | управление | 90, 100°C | управление | 0, 15...1 м | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | до 200 Н | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | управление | | |
| Приборы по месту | УСО | AI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Приборы на щите | МК | Контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Упр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Панель оператора | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сигнализация | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|------|----------------------|--------|---------|
| | | | | Су | | |
| Изм. Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | | | | | 1:1 |
| Проб. | Серяков А.Г. | | | Лист | Листов | |
| Т.контр. | | | | Функциональная схема | | |
| Н.контр. | | | | | | |
| Утв. | | | | Копировам | | |

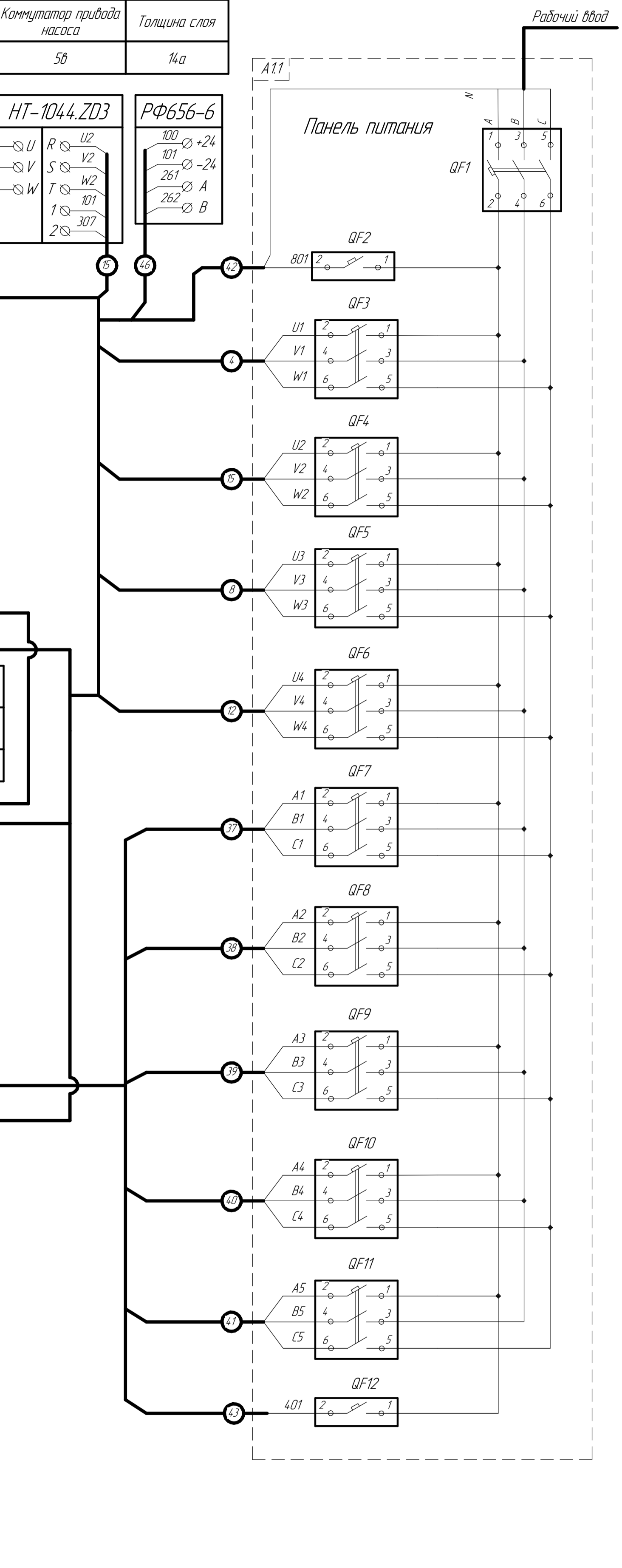
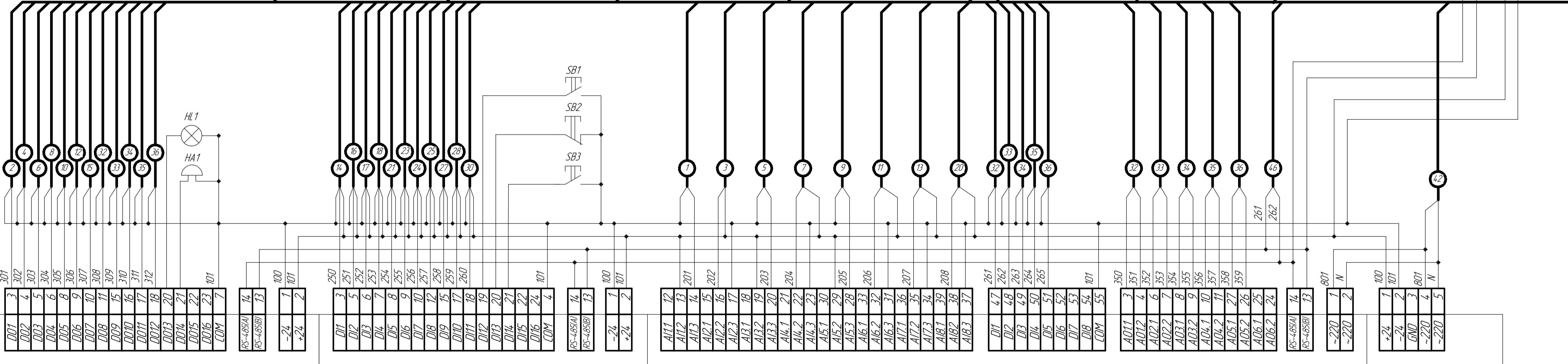
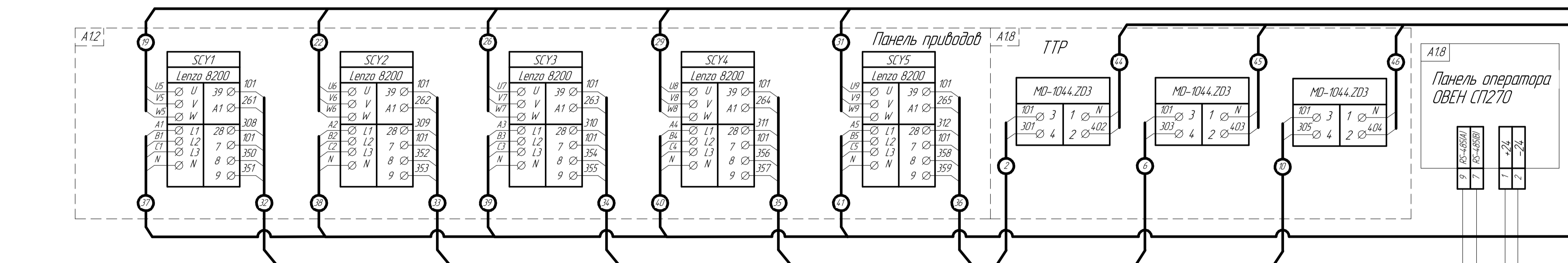
| Место установки | Ванна УЗМ | | | | Зона сушки №1 | | | | | Зона сушки №2 | | | | | Узел полива | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------------|-------------|----------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-------------|----------------|--------------------------|---------------------|--------------|-------------------------|---------------|---------------------------|--------------|
| Наименование параметра | Температура подаваемой воды | Нагреватель | Уровень воды | Коммутатор привода насоса | Привод насоса | Температура воздуха | Нагреватель | Расход воздуха | УПП привода воздушодувки | Привод воздушодувки | Температура воздуха | Нагреватель | Расход воздуха | УПП привода воздушодувки | Привод воздушодувки | Уровень клея | Скорость привода насоса | Привод насоса | Коммутатор привода насоса | Толщина слоя |
| Позиция | 1а | 1б | 4а | 4б | 4в | 2а | 2б | 6а | 6б | 6в | 3а | 3б | 7а | 7б | 7в | 5а | 5б | 5в | 5г | 14а |



| Место установки | Лентопротяжный тракт | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|
| Наименование параметра | Положение магазина запаса 1 | Конечный выключатель 1 | Скорость привода разматки | Привод разматки | Нормирующий преобразователь | Натяжение полотна | Скорость привода ЛПТ | Привод ЛПТ | Положение магазина запаса 2 | Конечный выключатель 2 | Скорость привода наматки | Привод наматки | Скорость полотна в сушилке №2 | Скорость привода роллганга | Привод роллганга | Скорость полотна в узле полива | Привод узла полива |
| Позиция | 8а | 8б | 8в | 8д | 9б | 9а | 9б | 9в | 10а | 10б | 10в | 10г | 11а | 11б | 11в | 12а | 12б |



| Место установки | Электропитательная Шкаф управления | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Наименование параметра | A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Позиция | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------|
| Модуль вывода дискретный МУ110-16Р | Модуль ввода дискретный МВ110-16Д | Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК63 | ОВЕН БП60Б |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------|

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|--|--|------------------------------------|--|--|--|--------------------|--|--|--|------|-----------|
| Изм. Лист | | | | № док. Подп. Дата | | | | Система управления | | | | Лист | Масштаб |
| Разработ. Серяков А.Г. | | | | Схема электрическая принципиальная | | | | 1:1 | | | | Лист | Листов |
| Пров. Т.Контр. | | | | Схема электрическая | | | | | | | | | |
| Исполн. Утв. | | | | Копирован | | | | | | | | | Формат А1 |

Листов 16
 Лист № 16
 Вид № 001
 Взам. инв. № 001
 Вид № 001
 Лист № 16