

Козловський Сергій Ярославович

Розробка та дослідження автоматизованої системи обліку готової продукції з використанням ПЛК Siemens на базі ТОВ «СООК» (м. Хотин, Чернівецька обл.)

Керівник: к.т.н., доц. Митник М.М.

Development and study of a Siemens PLC-based automated system for outgoing inventory housed by LLC “СООК” (the town of Khotyn, Chernivtsi region)

Kozlovskiy Serhii Yaroslavovych

Supervisor: Ph.D., Assoc.Prof. Mytnyk Mykola Myroslavovych

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить \_\_\_ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає \_\_\_ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – \_\_\_ друкованих сторінок формату А4.

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць з даними.

В роботі використано \_\_\_ літературних джерел.

У роботі було розроблено автоматизовану систему для керування процесом пакування та обліку готової продукції для підприємства на базі програмованого логічного контролера Siemens S7-300. Було розроблено структурну та функціональну схему системи автоматизації. Також було досліджено параметри пуску асинхронних приводів конвеєрів у розробленій системі для забезпечення пуску з підвищеним моментом.

Ключові слова: КІЛЬКІСТЬ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, ПІДРАХУНОК, УПАКОВКА.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>7</b>
1.1. Аналіз стану проблеми.....	7
1.2. Стрепінг машини.....	8
1.3. Стрепінг-стрічка.....	10
1.4. Ваги для конвеєра.....	15
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>18</b>
2.1. Принцип роботи пакувальної стрепінг машини.....	18
2.2. Опис розроблюваного процесу пакування та обліку готової продукції .....	20
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....</b>	<b>24</b>
3.1. Технічні вимоги до автоматизованої системи.....	25
3.2. Розробка системи керування.....	25
3.3. Вибір вимірювально-перетворювальної апаратури.....	28
3.4. Вибір виконавчих механізмів.....	29
3.5. Вибір ПЛК для реалізації системи.....	30
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>33</b>
<b>5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>44</b>
5.1. Алгоритм роботи системи керування.....	44
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>46</b>
6.1 Система управління охороною праці.....	46

<b>6.2 Вимоги до робочого середовища користувача ЕОМ: мікроклімат, освітлення, рівень шуму, електромагнітне випромінювання .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3 Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території .....</b>	<b>51</b>
<b>6.4 Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження .....</b>	<b>54</b>
<b>ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>57</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>58</b>

## ВСТУП

Автоматизація виробництва - це перш за все економічно вигідний процес, який дозволяє підвищити продуктивність роботи, зменшити кількість помилок, підвищити якість виконуваних робіт а також зменшити собівартість продукції. Кошти, вкладені в придбання програмного забезпечення та програмованих логічних контролерів, давачів та виконавчих механізмів окупляться за малий проміжок часу. Після цього підприємство отримує тільки чистий прибуток.

Оперативний контроль над діяльністю компанії, результативністю і відношенню до роботи кожного співробітника забезпечує прискорене зростання бізнесу, можливість ефективного кадрового розширення. Маленька компанія може нормально функціонувати і без автоматизації, але при розширенні штату система стає зазвичай необхідною. Згідно з дослідженнями, без програмної підтримки людина здатна успішно контролювати не більше семи підлеглих.

Активне використання можливостей автоматизації бізнесу дозволяє випередити менш адаптивних конкурентів, а потім поглинути або витіснити їх з ринку.

Продумана система автоматизації проста в експлуатації і дозволяє обійтися без високооплачуваних професіоналів. Програмний продукт не вимагає тривалого навчання і відносно швидко впроваджується у виробництво. Для безперебійного функціонування системи відносно легко навчити обслуговуючий персонал.

Супровід програм гарантується постачальником. Система має гнучку структуру, відкрита для змін і доповнень відповідно до вимог замовника.

Система автоматизації в більшості випадків не вимагає профілактики та ремонту. Вона доступна користувачам щодня, 24 години на добу. Окрім

того впровадження систем автоматизації забезпечує більш якісний постійний контроль за процесами виробництва, що нівелює людський фактор.

Важлива перевага системи автоматизації – висока швидкість роботи. Складний звіт, на складання якого кваліфікований співробітник змушений витратити повний робочий день, програмою генерується за лічені секунди. Для щотижневого звіту економія за рік складе 52 робочих дня, близько 2,5 робочих місяців.

Система автоматизації полегшує життя співробітникам компанії. Програма може своєчасно нагадувати користувачам про необхідність виконання тих чи інших дій. Система автоматизації забезпечує керівника повною і достовірною інформацією, необхідною для адекватної оцінки поточної ситуації та своєчасного прийняття рішень.

Система автоматизації гарантує безпечне зберігання інформації. Кожен співробітник працює тільки з доступними йому даними згідно з рівнями ієрархії в компанії. Перевірка прав доступу користувачів реалізується програмно, спроби несанкціонованого доступу до інформації фіксуються автоматично.

Відпадає необхідність утримувати штатного програміста на постійній основі. Зникають помилки, пов'язані з так званим «людським фактором».

Проте системи автоматизації потребують налаштування, впровадження та перевірки коректності роботи. Це досить трудомісткий процес, який вимагає серйозних знань. Перевагою є те, що такий процес відбувається тільки один раз.

Виходячи з вище сказаного автоматизація робіт в частковій або повній мірі є актуальною на сьогоднішній час, особливо для невеликих підприємств.

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз стану проблеми

Підприємство ТОВ «СООК» має у своєму складі кінцеву фасувальну лінію, в основі роботи якої покладено використання обв'язуючих машин. Вони є дуже практичними та дозволяють проводити ефективну упаковку багатьох видів продукції. Саме на цій стадії необхідно контролювати кількість відвантаженої продукції зі складу та заодно контролювати процес запакування виробів.

Для контролю кількості виготовленої продукції необхідно контролювати процес упаковки виробів, а також проводити контроль ваги кожної упаковки та підраховувати кількість упаковок, які виготовила лінія. В результаті цього можливо отримати звіт зі статистикою за день по кількості упакованих та відвантажених по масі контейнерів. Такий звіт можна генерувати кожен раз, коли це необхідно та сортувати по признаку ваги.

Оскільки підприємство може відвантажувати різні види продукції та різної кількості в упаковці, то на кожну партію товару, який підлягає відвантаженню необхідно проводити окремий підрахунок та зважування.

В подальшому для аналізу отриманих звітів можна використовувати спеціалізоване програмне забезпечення або проводити розробку свого власного.

Приведемо короткий огляд пакувального обладнання для реалізації нашої системи.

## 1.2. Стрепінг машини

Обв'язувальна машина (стрепінг машина) – це надійний і недорогий спосіб упаковки.

Пакувальне обладнання, яке використовується для обв'язки різних товарів за допомогою стрепінг стрічки. Застосовується така техніка для одиночної і групової обв'язки вантажів, а деякі моделі мають також і функцію преса, яка застосовується для стиснення гофрованого паперу, листів пластику і т. д.

Сфери застосування стрепінг машин можливі у багатьох сферах: текстильна промисловість, будівельна, металургійна, деревообробна, фармацевтична, целюлозно-паперова, хімічна, харчова; а також друкарні і поштові відділення.

Принцип роботи стрепінг машин зовсім не складний. Її робочим матеріалом є спеціальна стрічка (стрепінг стрічка). Під час роботи апарату ця стрічка з'єднується спеціальними скобами або за допомогою температурного зварювання. За допомогою такого пакувального обладнання можна спочатку здійснити обтяжку вантажів стрепінг стрічкою, потім зафіксувати їх металевими скобами, і в підсумку обрізати вільний кінець стрічки. Отже, використання стрепінг машин дозволяє з легкістю досягти високої міцності і надійності упаковки. А витрати на пакувальне обладнання, і на всі супутні витратні матеріали при цьому виявляються мінімальними.

Види стрепінг машин:

Сучасна стрепінг техніка має багато відмінностей, згрупувавши які можна визначити основні різновиди цих машин:

- автоматичні,
- напівавтоматичні,
- ручні.



Автоматичні стрепінг машини відрізняються високою продуктивністю і дозволяють повністю автоматизувати весь процес упаковки. За своєю конструкцією такі апарати являють собою арку, за допомогою якої вантаж обв'язується металевією стрічкою без допомоги оператора. Розміри арки будуть залежати від величини габаритів вантажу, який підлягає пакуванню. Відповідно, при виборі автоматичного обладнання важливо враховувати габарити товарів, що випускаються.

Обв'язку вантажу можна здійснювати різними способами: при натисканні кнопки, педалі або використовуючи спеціальний датчик, що фіксує наявність вантажу.

Напівавтоматичні стрепінг машини мають швидке нагрівання, високу ефективність, регульовану швидкість конвеєра і можливість проведення самодіагностики. А використання такого обладнання в конвеєрі призведе до збільшення швидкості упаковки.

Напівавтоматичні стрепінг машини являють собою просту, надійну і порівняно недорогу техніку для обв'язки. Вони ідеально підійдуть для невеликих підприємств, оскільки відрізняються високою продуктивністю і невеликими розмірами. До складу напівавтоматичного апарату входять пакувальний стіл і електронагрівальні елементи. Робота такого обладнання потребує наявності оператора.

Ручна стрепінг машина користується не меншою популярністю на різних видах виробництва. Особливо актуальним є її використання при пакувальних роботах одиничних серій. Обв'язка вантажів за допомогою даного типу обладнання здійснюється за допомогою пластикових стрічок, ширина яких становить близько 15 міліметрів. Варіанти ширини стрічки будуть залежати від ваги і габаритів вантажу, а також від умов його транспортування і подальшого зберігання. Як допоміжний матеріал при упаковці досить часто використовують захисний кутник, виготовлений з запресованого картону або пластику.

Ручна стрепінг машина буває двох видів:

- Перший апарат являє собою окремі механічні інструменти, які використовуються для упаковки товарів за допомогою металевих стрічок.
- Друга машина складається з комбінованих інструментів, суміщених в один, які гармонійно виконують дії всіх циклів упаковки вантажу.

Використання техніки другого виду значно зручніше і продуктивніше в порівнянні з машинами першого виду.

### 1.3. Стрепінг-стрічка

На даний момент все ширше для проведення швидких пакувальних робіт використовують пакувальні стрічки з поліпропілену, які носять назву стрепінг-стрічок. Це відносно дешевий, дуже практичний матеріал. При потребі додатково підсилити упаковку, добре зчепити тару, коробки з піддоном, надійно прикріпити кілька шарів продукції, стабілізувати і надійно розподілити навантаження по піддону - пакування за допомогою стрепінг стрічки практично незамінне. Саме через це, а також завдяки великій номенклатурі типорозмірів стрічки вона може використовуватися при пакувальних роботах для вантажів будь-яких розмірів та ваги.



Рисунок 1.1 – Стрепінг стрічка з поліпропілену

Виготовлена з матеріалів високої якості поліпропіленова пакувальна стрічка володіє стандартизованими геометричними параметрами, завдяки чому може бути використана в усіх типах пакувальних машинах, від ручних до повністю автоматичних.

Стрепінг стрічка поліпропіленового типу для пакувальних робіт – це здатний до розтягу прозорий матеріал, який зазвичай фасується в бухти. До основних переваг останньої можна віднести: мала вага порівняно з аналогами, відносно висока міцність для реалізації пакувальних робіт, можливість переробки, хороша практичність. Також така стрічка не залишає плям, не іржавіє, не створює подряпин.

З'єднувати кінці такої стрічки можна трьома способами:



Рисунок 1.2 – Способи закріплення стрепінг стрічки

Процес пакування з використання скріпки – при цьому способі кінці стрічки скріплюються з допомогою скріпки, яка виготовлена з м'якого металу. Він міцно затискається спеціальними пристроями при натягнутій стрепінг стрічці. Міцність такого з'єднання перевищує загальну міцність самого матеріалу.

Використання пряжки - кінці стрепінг стрічки пронизуються через пряжку спеціальної форми певним способом. Далі відбувається натяг і стрічка щільно затягується на пряжці. При пакуванні легких виробів використовують пряжки полімерного типу, а для важких вантажів – сталеві.

Третій вид пакування – термічне зварювання двох кінців стрічки. Цей вид упаковки найвигідніший і найпрогресивніший. Проте у багатьох випадках недотримання на належному рівні технології зварювання призводить до швидких розривів таких швів.

Зварювання кінців полімерної стрепінг стрічки проводять за допомогою спеціального термічного обладнання. Таким видом фіксації стрічки можна легко та швидко упакувати велику кількість різних видів продукції, різної ваги та розмірів. У нашому випадку перспективним використанням цього способу є те, що на основі ваги та габаритів, які наша автоматизована система здатна аналізувати, вона зможе налаштувати автомат на необхідні габарити продукції. Також перевагою такого способу є те, що при ньому немає необхідності в додаткових скобах, скріпках, тощо. На нашу думку, використання автоматизованої системи дозволить чітко витримати норми склейки стрічки для забезпечення якісного пакування. Проте при такому способі використовується більш дороге обладнання.



Рисунок 1.3 – Приклад використання поліпропіленової стрепінг-стрічки

Стрепінг-стрічка набула широкого застосування для операцій стягування, обв'язування, пакування, закріплення багатьох видів вантажів: широко використовується для обв'язування, стягування, упаковки і кріплення різноманітних вантажів: металевих конструкцій і профілів, коробок, труб, будівельних матеріалів, різних дерев'яних виробів (картон, меблі, колоди,

папір, дошки, фанера, тощо), будівельних блоків, цегли, різного роду плитки, побутової техніки.

Пакувальна стрічка, що володіє здатністю до розтягування без зміни ширини, значно полегшує роботу з готовою продукцією на складах або при транспортуванні, особливо цю якість стрепінгу виділяють при фіксації положення об'єкта, відносно центру піддону. Схеми обв'язки кожного вантажу підбираються індивідуально в залежності від типорозміру і умов транспортування. Екологічні якості нашої продукції дозволяють застосовувати її при упаковці харчових продуктів.

Полімерні пакувальні стрічки є більш екологічним промисловим продуктом, ніж сталеві, до того ж отримати при роботі з ними травму куди менш імовірно, ніж при роботі зі стальними. Проте все одно такого роду вантажні роботи необхідно проводити в захищених рукавицями руках. Ще однією важливою характеристикою стрепінг-стрічки вважається її відносне видовження. Наприклад, при складуванні палет з вантажем одна на одну, нижня палета упакована за допомогою сталеві стрічки при тривалому зберіганні вантажу провисне, а стрічка поліпропілену або ПЕТ залишиться натягнутою. Стрепінг-стрічка має більший коефіцієнт пружності, саме тому вона більш стійка до ударних навантажень, ніж сталева. Економічна доцільність впровадження у виробництво пакувальної стрічки чином визначається такими чинниками:

- при використанні ручної упаковки істотно знижуються витрати;
- при впровадженні повністю автоматичної упаковки (необхідна в разі дуже високої продуктивності > 25 виробів в хвилину) витрати окупаються багаторазово внаслідок збереження продукції при транспортуванні і складуванні, а також за рахунок скорочення витрат за іншими замінними матеріалами упаковки і більш раціонального використання праці. Істотно збільшується обсяг упакованої продукції в порівнянні з обсягом продукції з використанням попереднього типу стрічки за рахунок більшого метражу

останньої. Стає можливим повністю використовувати обсяг складського приміщення у висоту.

Основні переваги стрепінг стрічки.

Стрічка поліпропіленова пакувальна отримала велике поширення завдяки своїм винятковим експлуатаційним характеристикам:

- Абсолютна геометрична точність, що дозволяє надійно упаковувати товари найрізноманітніших форм і розмірів;
- Легкість. Стрепінг стрічка практично несуттєво міняє загальну вагу товару, роблячи його транспортування більш вигідним.
- Міцність. Використання стрепінг стрічки є гарантією збереження товару в дорозі і ефективним захистом від можливих ушкоджень і розсипання. Сучасні стрепінг стрічки здатні витримувати зусилля на розрив від 40 до 300 кілограм.
- Стійкість. Поліпропіленова стрічка пакувальна стійка до стирання, до перепадів температур, практично не схильна до корозійного розтріскування.
- Низька абразивність поверхні, що виключає ризик подряпати підлогове покриття упаковкою;
- Безпека. Використання пропіленової стрепінг стрічки зводить травматичність даного методу до мінімуму, на відміну від застарілого способу упаковки металевую стрічкою.
- Не залишає плям. При безпосередньому приляганні стрепінг стрічки до поверхні товару на зовнішній поверхні виробів плями не залишаються.

#### **1.4. Ваги для конвеєра**

Оскільки нам необхідно розробити також систему, яка буде проводити облік відвантаженої продукції то нам необхідно встановити ваги, які будуть зважувати нашу продукцію.

На підприємстві вантаж пересувається по конвеєру. Тому необхідно розглянути можливість зважування вантажу в процесі руху по конвеєру. Також необхідно проводити спочатку зважування порожньої палети, а потім палети з запакованою продукцією.

«Транспортер» - це пристрій, призначений для переміщення штучних, кускових або сипучих вантажів. Він відрізняється низькою ціною, надійністю і продуктивністю.

Конвеєр для транспортування матеріалу широко використовується в різних виробництвах. При цьому на підприємстві часто виникає необхідність зважувати вантаж, в динаміці, що в кінцевому підсумку призвело до поєднання конвеєра з вагами для вагового обліку, контролю і дозування переміщуваної продукції. Такий тип обладнання називається - конвеєрними вагами.

Конвеєрні ваги застосовуються в різних галузях промисловості і сільського господарства.

Конструкція конвеєрних ваг.

Конвеєрні ваги - це ваговимірювальне обладнання, в основі якого лежать два вузла: вантажопідійомний пристрій і власне вимірювальна система. Вантажопідійомний пристрій будь-яких конвеєрних ваг складається з двох опорних і двох підвісних балок. У вимірювальну систему входять тензометричні датчики, ролики і датчики швидкості.

Вимірювальна система складається з однієї або декількох роликів опор. Опори встановлені на тензометричні датчики, які, в свою чергу, пов'язані з рамою транспортера.

Тиск від вантажу, що рухається по роликах разом зі стрічкою, перетворюється тензодатчиками в електричний імпульс. Імпульс, спільно з показаннями датчиків швидкості руху стрічки, розпізнається як результат зважування і разом з додатковою інформацією надходить на блок обробки.

Потім, після обробки, інформація відображається на екрані вагового терміналу або на моніторі комп'ютера. Деякі моделі мають можливість передачі інформації на пульт управління вагами без проводів, за допомогою радіосигналу.

Основне призначення конвеєрних ваг полягає у зважуванні матеріалу, переміщуваного по конвеєру. Однак, крім свого прямого призначення, конвеєрні ваги можуть успішно контролювати весь технологічний процес. При наявності додаткових опцій установка такого типу вагового обладнання дозволяє відслідковувати загальний час роботи конвеєра, точний час включення і зупинки конвеєра, його продуктивність в різний час доби або в певні проміжки часу, встановити режим роботи конвеєра.

Функціональні можливості ваг.

Використання конвеєрних ваг має ряд переваг в силу своїх конструктивних особливостей. Так, наприклад, конвеєрні ваги мають розбірну конструкцію і можуть бути легко і швидко переміщені з одного місця на інше в розібраному вигляді. При цьому, маса самих ваг досить мала: від 60 до 150 кг. Конвеєрні ваги мають максимально просту і міцну конструкцію, що робить їх надійними в експлуатації, тому монтаж конструкції не представляє особливих складнощів. Діапазон температур експлуатації конвеєрних ваг досить широкий і становить від -30 до + 40 ° С.

Отже, конвеєрні ваги призначаються для впровадження в існуючі конвеєрні лінії і незамінні для безперервного зважування та обліку



матеріалів. Щоб підібрати відповідні конвеєрні ваги, необхідно звернути увагу на наступні критерії:

Точність ваг. Для проведення технологічних операцій похибка ваг повинна становити не більше  $\pm 2\%$ . Для комерційного обліку слід застосовувати ваги з похибкою не більше  $\pm 0,5\%$ .

Ширина стрічки транспортера. Підбирається у відповідність з шириною стрічки конвеєра, на який будуть встановлені ваги.

Продуктивність конвеєра. Залежить від обсягів виробництва підприємства.

Швидкість конвеєра. У паспорті кожної конкретної моделі ваг прописана максимально допустима швидкість конвеєрної стрічки.

Кут нахилу транспортера. Залежно від кута нахилу конвеєра визначається принципова технічна можливість установки ваг. Деякі модифікації розраховані тільки для установки на строго горизонтальні конвеєри.

Довжина прямолінійної (вільної від зламів) ділянки. Місце установки конвеєрних ваг повинно бути вільним від пристроїв завантаження-вивантаження матеріалу, електромагнітів, скребків, вигинів стрічки і інших елементів виробництва.

Параметри і розміри роликів опор і роликів. Вибираються виходячи зі стандартів роликів, встановлених на конвеєрі.

Тип натягу стрічки. Визначальний параметр похибки ваг, допустимий тип прописується в паспорті ваговимірювальних пристроїв.

Додаткові опції. На замовлення конвеєрні ваги можуть бути оснащені виносним табло, обладнані каналом зв'язку з ПК (дротовим або бездротовим), мати додаткові аналогові й дискретні виходи, поставлятися в комплекті з ПЗ для оптимізації технологічного процесу.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Принцип роботи пакувальної стрепінг машини

Розглянемо основний принци роботи такої машини

• У початковому стані стрічка знаходиться в рамці автомата. Машина готова до роботи;

- Оператор запускає процес;
- Машина обв'язує вантаж, натягає, зварює і обрізає стрічку;
- Після обв'язки стрічка знову натягується.

Переваги такого автомату

- Швидкість циклу обв'язки - 20 сек
- Надійність: хороша
- Регулювання натягу: натяг стрічки регулюється до 70кг.
- Прискорений нагрів: машина готова до роботи менше ніж через 25 сек. після включення.
- Конструкція вузла спайки забезпечує високу надійність і якість запаювання стрічки.
- Компактність: для зручності переміщення машина не має колеса з блокуванням.

Для нашого випадку така конструкція ще добра тим, що до такої машини ми можемо під'єднати ПЛК, який виконає всі операції пакування без участі оператора. Проте слід передбачити і ручне керування для можливості вплинути на процес.

Основні характеристики розглядуваної машини приведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

## Основні характеристики пакувального автомата

Розміри	Ширина, мм	2000
	Висота, мм	5000
	Глибина, мм	610
	Вага, кг	500
Висота стола, мм		795
Розмір арки (ширина x висота), мм		1250 x 800
Мінімальний розмір упаковки, мм	Макс. ширина x висота	1220 x 780
	Мин. ширина x висота	80 x 30
Метод з'єднання		Спайка
Тип стрічки		Поліпропілен
Ширина стрічки, мм		5
Сила натягу, кг		до 70
Мінімальна швидкість		2,2 сек. / обв'язка
Напруга, В		220, 240, 380, 400, 415 (50/60Гц 0.85кВА)

Загальний вигляд такого автомату приведений на рис 2.1.

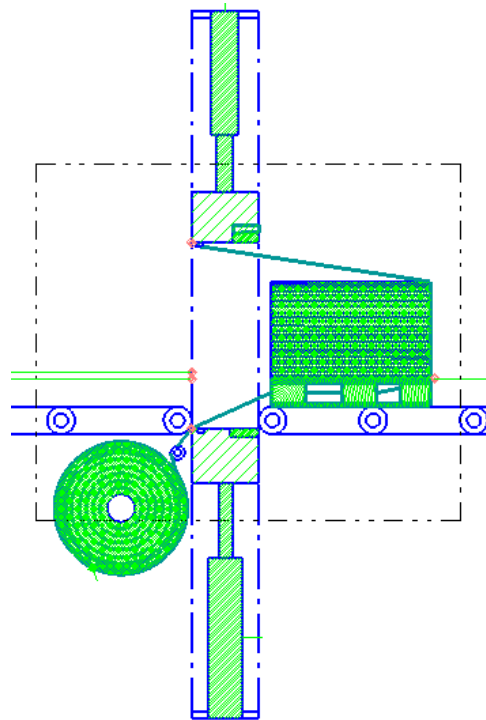


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд пакувальної машини

## 2.2. Опис розроблюваного процесу пакування та обліку готової продукції

Пропонується проводити облік відвантаженої продукції на основі підрахунку кількості запакованих палет та маси кожної запакованої пачки. Для цього необхідно оптимізувати процес пакування і забезпечити автоматизм подачі продукції на палету перед пакувальною машиною.

Розглянемо реалізацію такого процесу, функціональна схема якого приведена на рис 2.2.

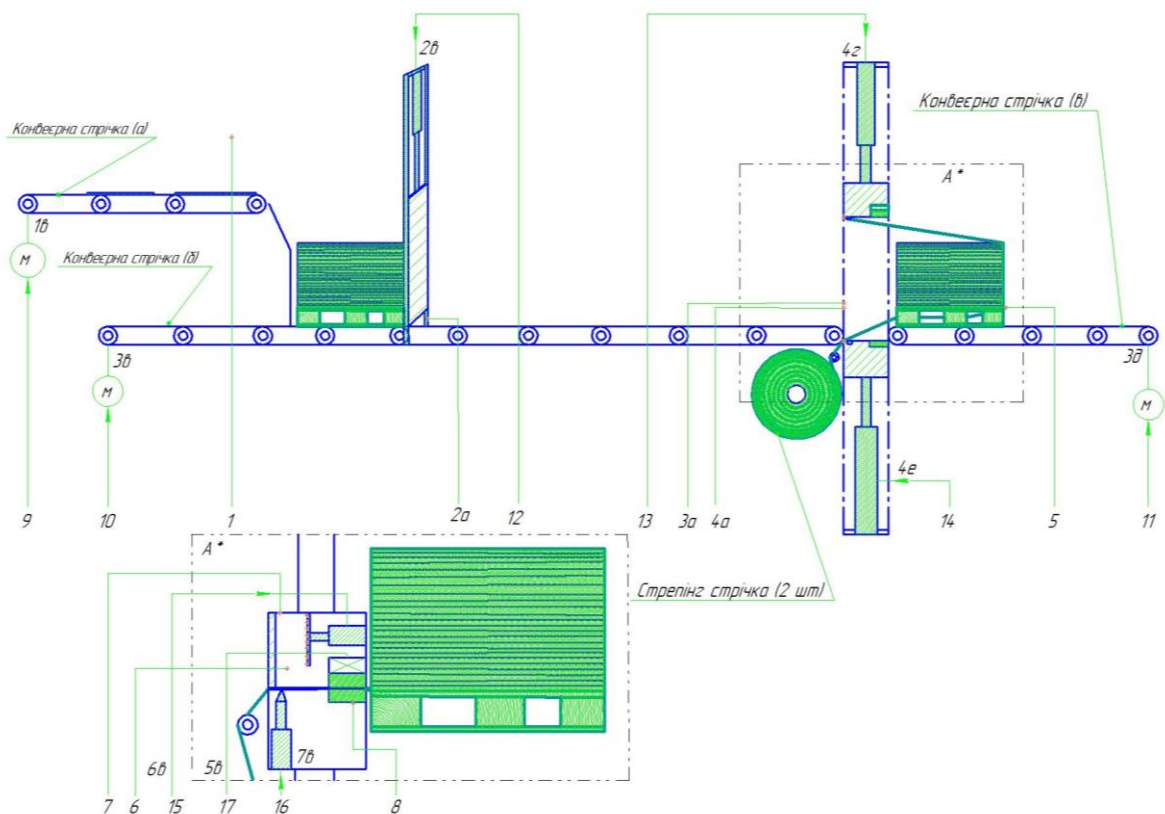


Рисунок 2.2 – Функціональна схема технологічного процесу пакування виробів

Під час роботи конвеєрної стрічки (а), з розрахованої швидкості обертання електродвигуна (1в), контролер відраховує 70 штук листового

матеріалу, наприклад металу, шляхом прийому сигналу від імпульсного фотодавача (1а). Листовий метал накопичується на піддоні в рівну стопку.

Після відліку потрібної кількості металу, електродвигун (1в) зупиняється, припиняючи подачу заготовок. Втягується пневмоциліндр (2в), відкриваючи при цьому засувку, яка утримує палету. Після цього вмикаються електродвигуни приводу (3в) і (3д), що приводять у рух конвеєрні стрічки (б) і (в), із заданою швидкістю руху в (яку можна задати контролером), відправляючи палету до місця її автоматичної упаковки стрепінг-стрічками, і подальшої відправки вже упакованої палети до місця прийому штабелером для подальшого транспортування. Також в даному процесі необхідно додатково встановити ваги, які будуть зважувати кожен одиницю продукції на конвеєрі (а) та завантажену палету на конвеєрі (б).

При опитуванні бар'єрного фотодавача (3а), і попадання в зону його спрацювання рухомої завантаженої палети, контролер транспортує її до тих пір, поки палета не проїде давач (3а). В цей момент перестають працювати електродвигуни (3в) і (3д), зупиняючи конвеєрні стрічки (Б) і (В). Закривається утримуюча засувка, яка приводиться в дію пневмоциліндром (2в), до спрацювання магнітоконтального давача (2а).

Запаковувана палета обв'язується двома стрепінг-стрічками, шляхом зближення один з одним двох пневмоциліндрів (4г) і (4е), які зупиняються, спрацюванням магнітоконтального давача (4а).

Спайка стрепінг-стрічок відбувається нагрівальним елементом (5в) до потрібної температури, яка вимірюється термопарою (8).

Втягується пневмоциліндр (6в), віджимаючи від лівої стінки спаяні кінці, для подальшого затиску нових стрічок.

Надлишок стрепінг-стрічки відрізається пневмоциліндром (7в) і відразу притискається до нерухомого притискного майданчику, до моменту спрацювання магнітоконтального давача (7а).

Потім, пневмоциліндр (6в), знову притискає два нових кінці стрепінг-стрічки **рухомою притискною** плитою, до моменту спрацьовування магнітоконтактного давача (6а).

Втягуються пневмоциліндри (7в), (4г), (4е), натягуючи нову стрепінг-стрічку і прибираючи притискний-відрізний пристрій.

Процес циклічний до зупинки процесу оператором.

Відповідно при виконанні такого процесу контролер зважує на конвеєрі (а) кожен елемент, а на конвеєрі (б) перед засувкою палету разом з вантажем.

Схема реалізації таких ваг приведена на рис 2.3, а загальний вигляд на рис 2.4.

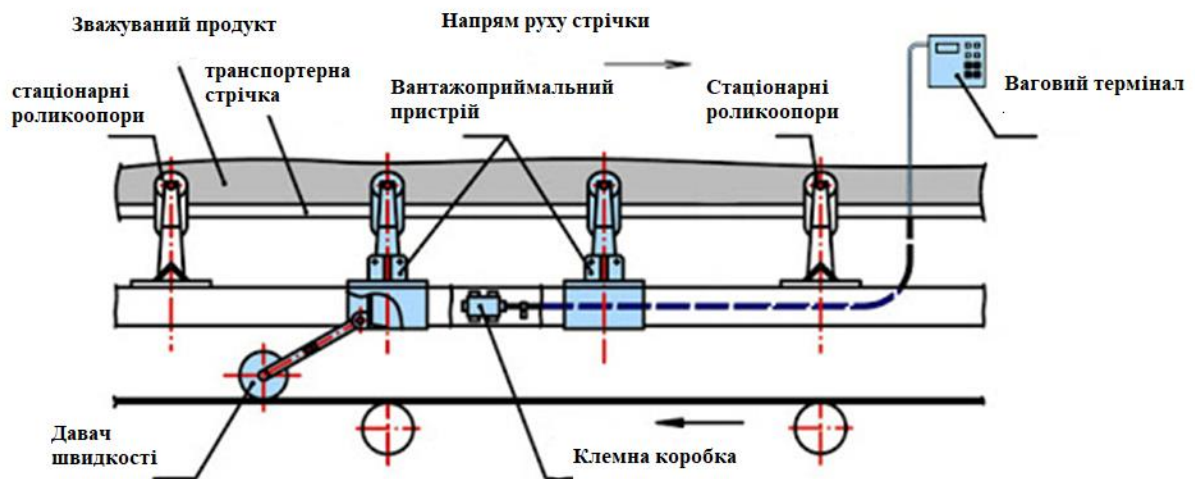


Рисунок 2.3. – Схема рольтангових ваг для стрічкового транспортера.



Рисунок 2.4. – Конвеєрні ваги.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

При виборі системи контролю для управління обладнанням пакування та обліку готової продукції необхідно аналізувати такі фактори, як вартість розробки, надійність системи, можливість розширення, наявність підтримки зі сторони виробника та, власне кажучи, наявність інформації та досвіду використання таких систем.

Найдешевшими контролерами на даний час є системи на базі Arduino. Проте використання таких контролерів у промисловості є не досить доцільним. Такий пристрій у промислових умовах може дати збій, що приведе до певних наслідків. Тому краще обирати системи, які є більш надійними. У нашому випадку такий процес можуть забезпечити системи керування на базі ПЛК Schneider, Siemens, Honeywell, тощо.

Для автоматизації нашого об'єкту ми будемо використовувати контролери фірми Siemens. Даний тип контролерів ми обираємо тому, що він володіє високою надійністю, широкими можливостями та засобами програмування та забезпечить можливість розширення системи. Також на підприємстві є вже наявні пристрої автоматики від фірми Siemens, що дозволить в подальшому розширити ступінь автоматизації підприємства не роблячи при цьому додаткових капіталовкладень на інтеграцію обладнання різних виробників [2,3].

Також робочий персонал у більшій мірі знайомий з даним типом контролерів швидше зможе вирішити критичні проблеми, котрі можуть виникнути в процесі експлуатації. Вітчизняні виробники володіють більш вужчими можливостями у розгортанні своїх систем, хоча контролери ТОВ «Мікрол» не поступаються у надійності зарубіжним аналогам. Системи Honeywell надто дорогі, Schneider – приблизно однакової вартості та функціоналу. Проте як було відзначено вище внаслідок того, що в



подальшому підприємство планує розширити свою систему і на ньому вже є наявні пристрої Siemens ми обираємо ПЛК даної фірми для розгортання системи автоматизованого керування.

### **3.1. Технічні вимоги до автоматизованої системи.**

Автоматизована система, що розробляється, повинна відповідати таким вимогам [1,4]:

- Система повинна відповідати вимогам надійності, тобто зберігати свою працездатність після відмови одного або декількох складових компонентів.
- У системі має бути передбачено дистанційне керування, для ручного втручання в технологічний процес при необхідності.
- У системі повинен бути передбачений контроль за протікання технологічного процесу з метою спостереження за роботою системи.
- Система повинна відповідати вимогам надійності, тобто система управління повинна виконувати свої функції, зберігаючи в часі показники якості експлуатації, що відповідають режимам та умовам їх використання в нормальних умовах, а також в надзвичайних ситуаціях.
- Система повинна надавати інформацію про кількість відвантаженої продукції та зберігати її у файл для подальшого використання.

### **3.2. Розробка системи керування**

При розробці системи керування найперше проведемо встановлення ваг. Модифікована система з додаванням ваг приведена на рис 3.1.

На даній схемі додані ваги з передачею інформації про вагу по каналах 18 та 19 до ПЛК. Слід відмітити, що вказані дані передаються по каналу 19

лише тоді коли спрацьовує давач (1а), а по каналу 18, коли відрахована відповідна кількість продукції.

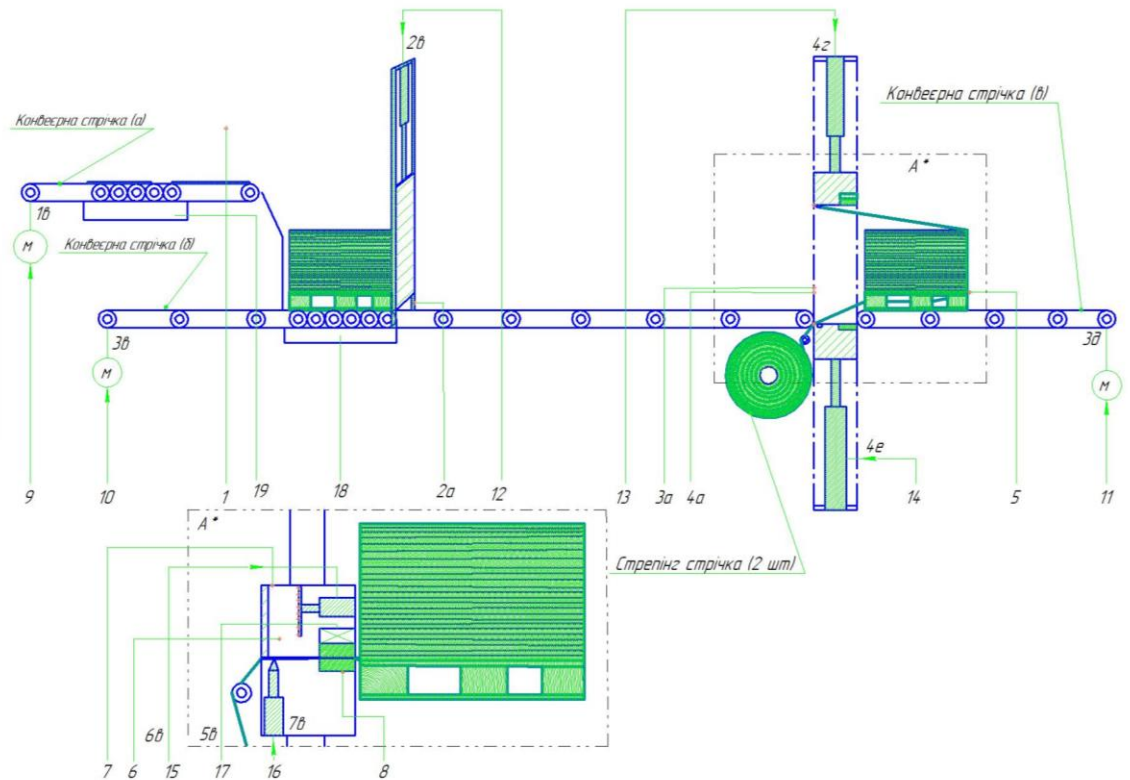


Рисунок 3.1 – Функціональна схема технологічного процесу пакування виробів.

Для подальшої реалізації системи керування необхідно провести аналіз усіх давачів та виконавчих механізмів, які будуть задіяні у системі. Для приводів пневмоциліндрів необхідно подавати два імпульсні сигнали, для приводів конвеєрів необхідно вмикати двигуни постійного струму. Для зварювання стрепінг-стрічки необхідно також вмикати нагрівний елемент. Для цього було створено структурну схему системи керування.

Структурна схема - це сукупність елементарних ланок і зв'язків між ними, один з видів графічної моделі. Під елементарною ланкою розуміють частину об'єкта, системи управління тощо.

У міру накопичення 70 листів металу в рівну стопку на піддоні, їх відлік та додаткове зважування здійснюється імпульсним фотодавачем та

вагами, а переміщення конвеєрною стрічкою. Відкривається утримуюча засувка. Подача самих же заготовок припиняється.

Вже завантажена палета відправляється до місця її упаковки двома стрепінг - стрічками. Під час перебування палети в зоні спрацювання бар'єрного фотодавача, зупиняються конвеєрні стрічки, що приводять палету в рух. Після чого починаються зближуватися один з одним два пневмоциліндри, на кінцях яких розміщені робочі площадки для спайки, обрізання і затиску нової стрепінг - стрічки.

Після виконання всіх вище описаних процедур, упакована палета відправляється до місця відвантаження.

Структурна схема такої системи приведена на рис. 3.2.

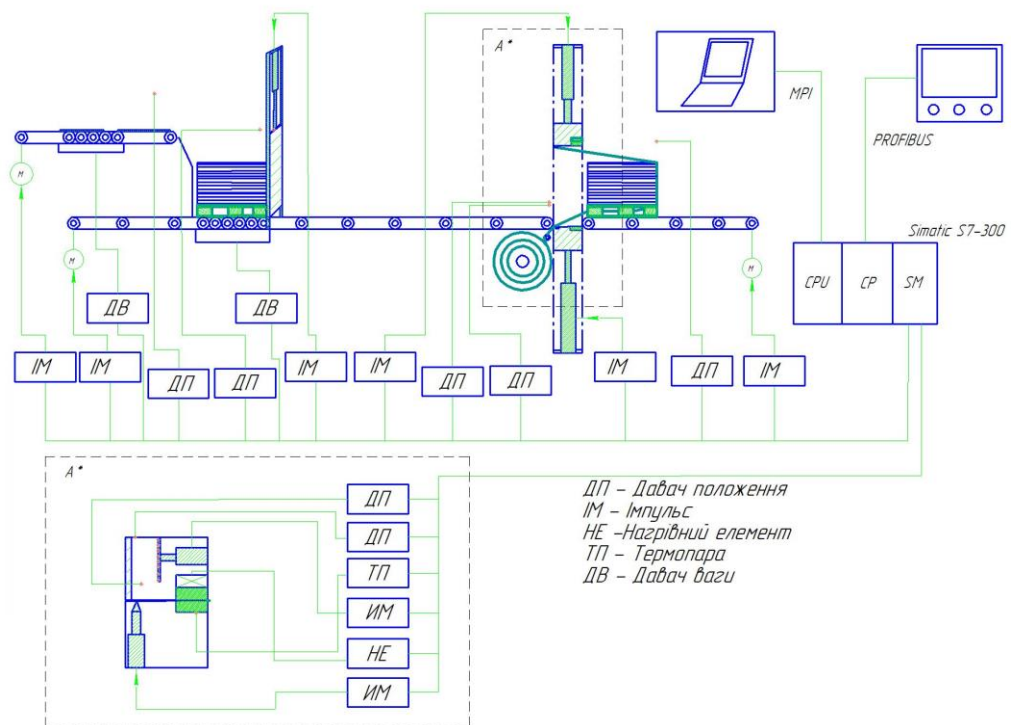


Рисунок 3.2. – Спрощена структурна схема системи керування

На подальшому етапі необхідно визначити які типи давачів будуть використовуватися для аналізу параметрів технологічного процесу. Для цього складаємо функціональну схему системи керування.

Функціональна схема приведена на рис. 3.3.

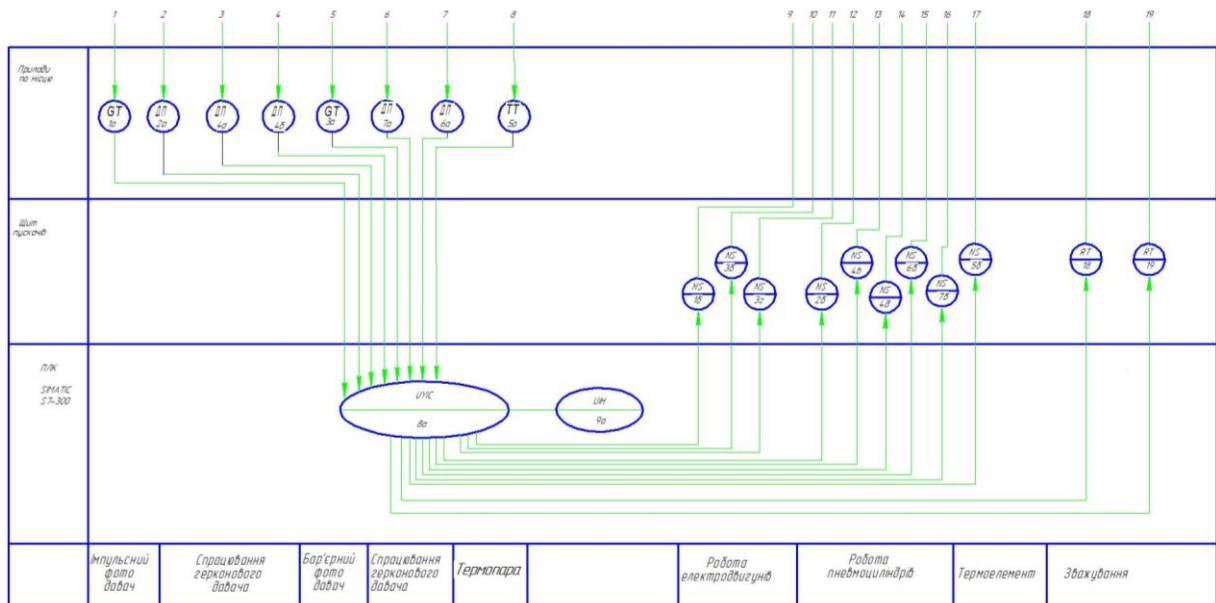


Рисунок 3.3 – Функціональна схема автоматизації

Згідно цієї схеми можна проводити вибір датчиків, реле та виконавчих механізмів для забезпечення функціонування системи.

### 3.3. Вибір вимірювально-перетворювальної апаратури

Необхідні компоненти для реалізації нашої системи приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Кількість необхідного обладнання для системи керування

№	Умовне обладнання	Найменування	Примітка	кількість
1б,3б,3г.	NS	Магнітні пускачі	ПМ-12	3
1а,3а	GT	Фото датчик	ВІКО-Б-109-ПЗ	2
5а	ТТ	Термопара	ТП-А-2488-2, ЖК	1

2а,4а,4 б, 7а,6а.	ДП	Давач положення	FESTO SMT/SME-8	5
-------------------------	----	-----------------	-----------------	---

Для реалізації системи було використано в основному апаратуру фірми Festo. Дані пристрої мають хорошу надійність та помірну ціну. Необхідні параметри та призначення обраних давачів є у вільному доступі в інтернеті, тому приводити їх у роботі немає змісту.

### 3.4. Вибір виконавчих механізмів.

Таблиця 3.2

Перелік виконавчих механізмів та допоміжних елементів

№	Умовне позначення	Найменування	Примітка	Кількість
2в,4г,4 е,5в,7в	РС	Пневмоциліндр	FESTO DNC-32-2000-P;	3
			FESTO ADN-16-50-A-P-A	2
бв		Нагрівний елемент	Електронагрів-3664474	1
1в,3в,3 д		Електродвигун	AP280S4	3
		Дросель з зворотнім клапаном	FESTO GRLA-1/8-QS-8-D;	3
			FESTO GRLA-M5-QS-4-D	2
		Глушник	FESTO U-1/8	3
		Полімерний пневмошланг	FESTO PUN-8X1,25-BL	6
		Штуцер з цанговим з'єднанням	FESTO QS-1/8-8;	6
			FESTO QSM-M5-4	4
		Розподільник з електркеруванням	FESTO VUVG-B14-B52-ZT-F-1P3;	3
			FESTO CPVSC1-M1H-M-P-M5	2

### 3.5. Вибір ПЛК для реалізації системи

В якості контролера, який буде контролювати процес було обрано ПЛК Simatic S7-300. Даний тип контролера монтується на шині, до якої під'єднують модулі процесора, блоку живлення, аналогових входів/виходів, цифрових входів/виходів.

Перелік обладнання необхідного для реалізації системи приведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Перелік компонентів для реалізації системи

№	Умовне обладнання	Найменування	Примітка	Кількість
8	УЧІС	ПЛК SIMATIC S7-300: Блок живлення PS 307 2A_1 Процесор CPU 314 Модуль аналогових входів DI16/DO16 24V/0.5A_1 Модуль аналогових виходів AI8x12bit_1	6ES7307-1BA01- 0AA0 6ES7 314-1AG13- 0AB0 6ES7 323-1BL00- 0AA0 6ES7 331-7KF02- 0AB0	1 1 1 1
9	УІН	Місце оператора	Персональний комп'ютер	1

ПЛК від фірми Siemes SIMATIC S7-300 може бути використаний для створення автоматизованих систем середньої і низької степені складності. Цей контролер є модульного виконання, тобто замовник обирає модулі, які монтуються на шину. Є можливість обрати кілька типів процесорів, модулів

вводу/виводу тощо. Також вказаний контролер має можливість використання модульних структур, багато функцій.

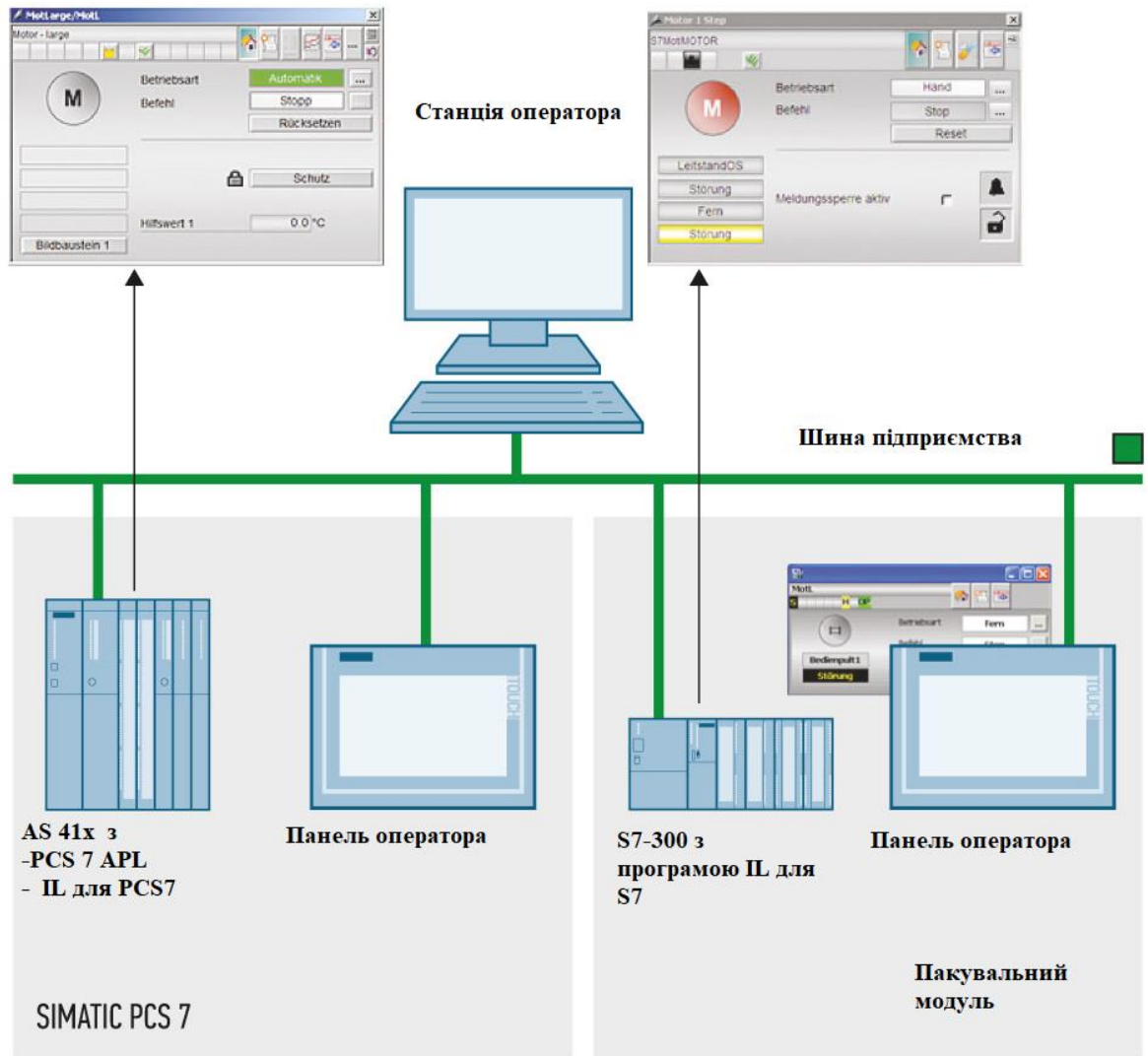


Рисунок 3.4. – Стандартна схема під'єднання ПЛК S7-300 до вищого рівня автоматизації

Схема під'єднань датчиків та виконавчих механізмів до контролера приведена на рис. 3.5.

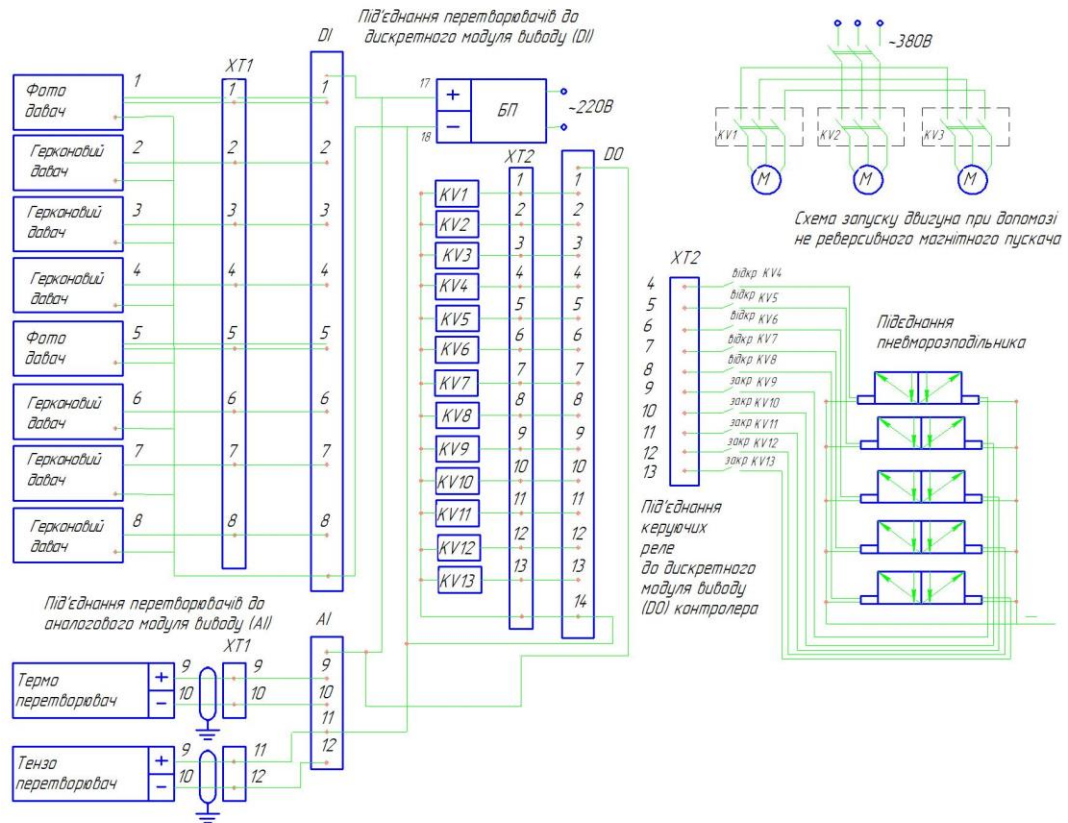


Рисунок 3.5. - Схема з'єднань контролера з датчиками на виконавчих механізмами.



## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

У розробленій системі одним із складних елементів є запуск асинхронного приводу під навантаженим конвеєром. Використання асинхронного приводу обумовлено його високою надійністю та відсутністю контактної частини. Проте використання асинхронного приводу є складним у керуванні. Це питання вирішують перетворювачі частоти, які задають широкі межі керування. У цьому розділі приведено результати моделювання роботи асинхронного приводу зі стабільним пусковим моментом.

Аналіз властивостей і характеристик асинхронного двигуна (АД) з короткозамкнутим ротором, які живляться від джерела струму постійної частоти, виявив характерну особливість їх пускових властивостей – малу величину електромагнітного пускового моменту [5,7]. Ця обставина дозволяє рекомендувати таку схему живлення асинхронного електроприводу лише для випадку вентиляторного характеру навантаження на валу приводу. Для забезпечення ефективного пуску електроприводу з постійним (номінальним) моментом навантаження на валу за умови обмеження струму статора АД на заданому рівні в процесі пуску, його слід живити від джерела струму (ДС) регульованої частоти [6]. Задаючи необхідну величину струму статора АД у поєднанні з необхідною швидкістю наростання частоти джерела живлення в процесі пуску, можна реалізувати найбільш сприятливий режим пуску асинхронного електроприводу.

При аналізі статичних характеристик АД, живленого від ДС із змінною частотою, можна скористатися схемою заміщення (рис. 4.1):

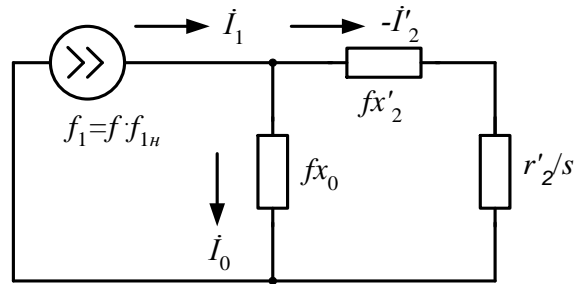


Рисунок 4.1. - Схема заміщення АД, з живленням від ДС змінної частоти, де  $f = f_1 / f_{1H}$  – відносна величина частоти ДС;

$f_{1H}$  – номінальна частота живлення АД;

$s = f_2 / f_1$  – величина ковзання ротора АД при частоті живлення  $f_1$ .

Якщо параметри схеми заміщення почленно розділити на  $f_1$ , що відповідає умові приведення їх до номінальної частоти ДС, то параметр  $r'_2 / fs$  можна позначити як  $r'_2 / s_e$ , де  $s_e$  – ковзання на природній характеристиці АД (абсолютна величина ковзання). Якщо на довільній відносній частоті  $f$  джерела живлення, ковзання ротора в руховому режимі роботи АД змінюється в діапазоні  $0 < s \leq 1.0$ , то при приведенні його до значення  $s_e$ , воно змінюватиметься в діапазоні  $0 < s \leq f$ . Величина  $s_e$  пропорційна швидкості ковзання ротора АД відносно магнітного поля при довільній частоті.

Скориставшись схемою заміщення АД, живленого від ДС змінної частоти [6], можна отримати вираз для визначення намагнічуючого струму і приведенного до статора роторного струму для довільної частоти  $f$  у вигляді:

$$\mathcal{I}_0 = \mathcal{I}_1 \frac{jx'_2 f + r'_2 / s}{j(x_0 + x'_2) f + r'_2 / s} = \mathcal{I}_1 \frac{jx'_2 + r'_2 / s_e}{j(x_0 + x'_2) + r'_2 / s_e} \quad (4.1)$$

$$\mathcal{I}'_2 = \mathcal{I}_1 \frac{jx_0 f}{j(x_0 + x'_2) f + r'_2 / s} = \mathcal{I}_1 \frac{jx_0}{j(x_0 + x'_2) + r'_2 / s_e} \quad (4.2)$$

Оскільки електромагнітний момент АД через значення роторного струму при довільній частоті джерела живлення визначається співвідношенням

$$M_{y\dot{i}} = \frac{m_1 I_2'^2 r_2'}{\omega_{0f} s},$$

де,  $\omega_{0f} = \frac{2\pi f_{1i}}{p} f = \omega_0 f$  то

$$M_{y\dot{i}} = \frac{m_1 I_1^2 r_2'}{\omega_0 s_e} \cdot \frac{x_0^2}{(x_0 + x_2')^2 + (r_2'/s_e)^2} \quad (4.3)$$

Для розрахунку струмів і моменту АД по співвідношеннях (4.1) – (4.3) у якості  $s_e$  при проміжній частоті ДС набуватимуть значень  $f_s$ . Величини критичного ковзання і максимального моменту АД, а також величину пускового моменту при довільній частоті ДС можна розрахувати за допомогою співвідношень:

$$s_{e\delta} = \pm \frac{r_2'}{f(x_0 + x_2')} \quad (4.4)$$

$$M_{i\dot{a}e\dot{n}} = \frac{m_1 I_1^2}{2\omega_0} \cdot \frac{x_0^2}{x_0 + x_2'} \quad (4.5)$$

$$M_i = \frac{m_1 I_1^2 r_2'}{2\omega_0} \cdot \frac{f x_0^2}{f^2 (x_0 + x_2')^2 + r_2'^2} \quad (4.6)$$

Як випливає з виразів (4.4) – (4.6) величина критичного ковзання збільшується із зменшенням частоти, а величина максимального моменту АД при живленні від ДС не залежить від рівня частоти. Величина пускового моменту досягає максимального значення  $M_{п} = M_{\max}$  при частоті, що відповідає значенню моменту на природній механічній характеристиці двигуна ( $f = 50$  Гц) при  $s_e = s_{e\text{кр}}$ .

На рис. 4.2 приведені механічні характеристики АД 4A160S2Y3 при живленні його від ДС із струмом статора  $I_1 = 2 I_n$  і частотою 50, 25, 10 і 2 Гц. Особливістю цих характеристик [5-7] є однакова жорсткість в діапазоні ковзань  $0 < s \leq s_{\text{кр}}$  і постійність величини максимального моменту при  $s_{\text{кр}}$  незалежно від частоти ДС.

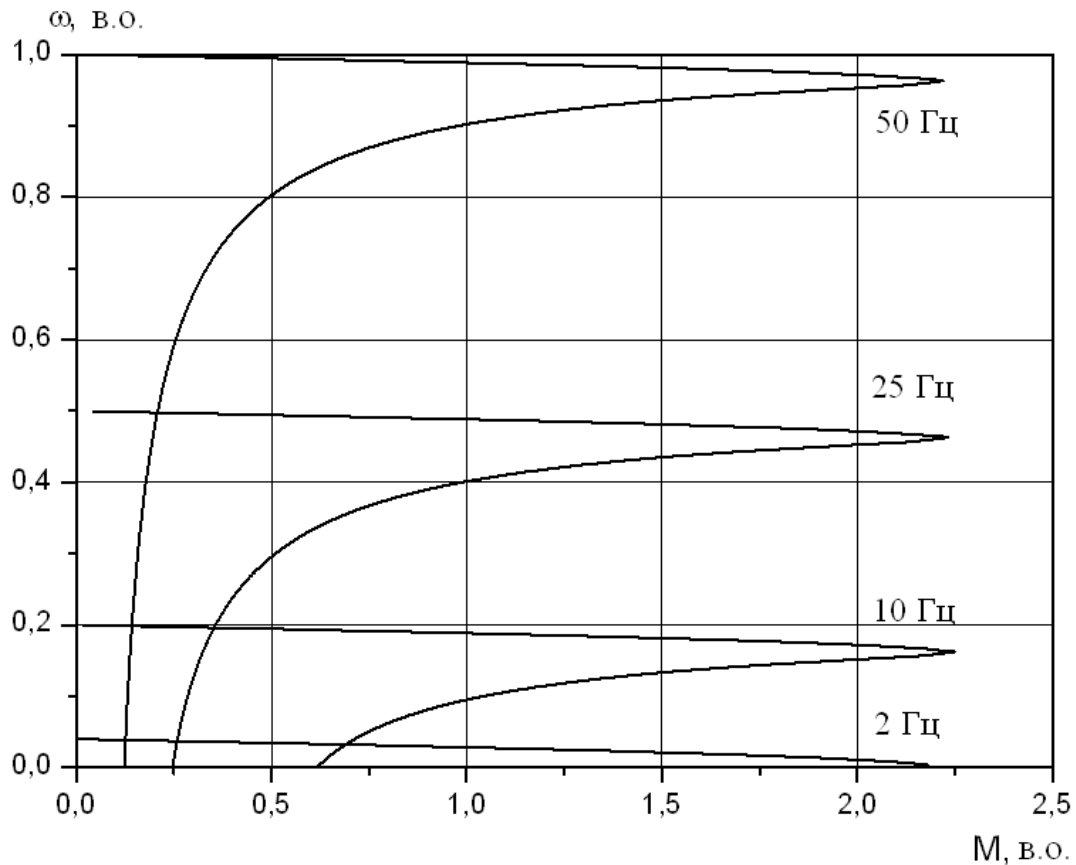


Рисунок 4.2. - Механічні характеристики АД при живленні від ДС змінної частоти

Монотонний характер збільшення фазної напруги на обмотці статора АД при розгоні двигуна в діапазоні ковзань  $s_n < s \leq s_{кр}$  при різних значеннях частоти і величини струму ДС (рис. 4.3–4.5) дозволяє використовувати величину фазної напруги як управляючий чинник зміни частоти ДС при частотному пуску двигуна. Справедливість цього припущення посилюється тим фактом, що із зміною частоти ДС для заданої кратності струму статора величини фазної напруги при ковзаннях  $s = s_{кр}$  змінюються практично пропорційно зміні частоти ДС. Залежності електромагнітного моменту АД і величини фазної напруги від ковзання розраховані для кратностей струму статора  $I_1 = I_{1н}$ ;  $I_1 = 2I_{1н}$  і  $I_1 = 3I_{1н}$  і при значеннях частоти ДС 50 Гц, 25 Гц і 10 Гц.

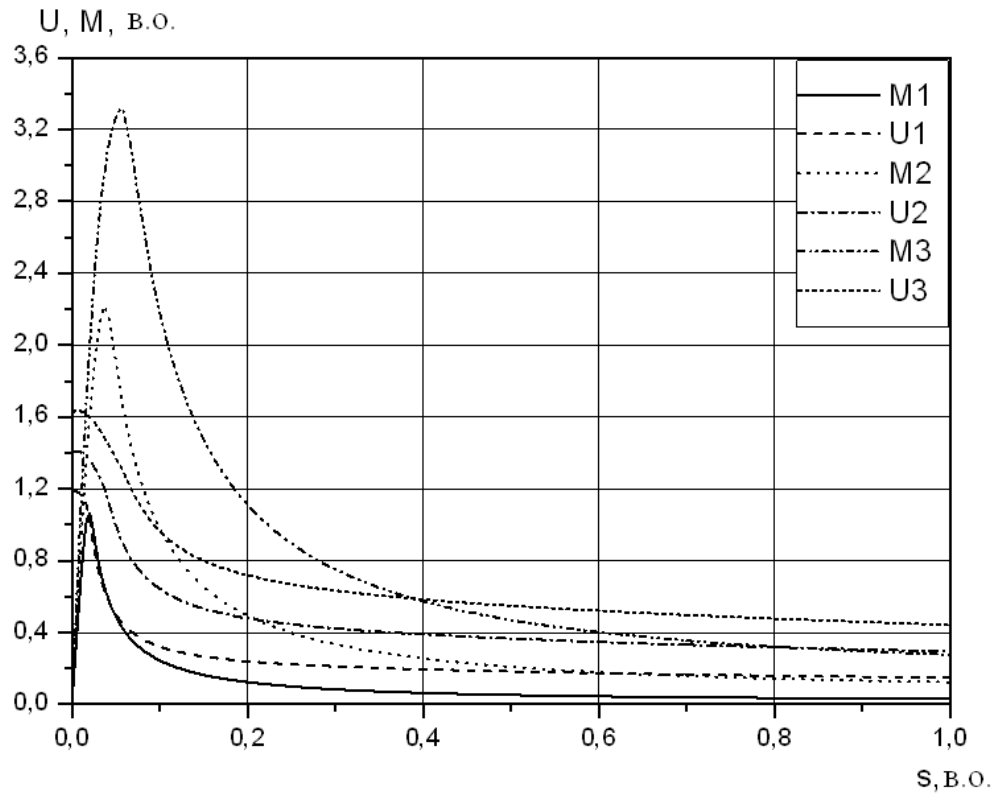


Рисунок 4.3 - Величини електромагнітного моменту і напруги на статорі АД при частоті ДС 50 Гц

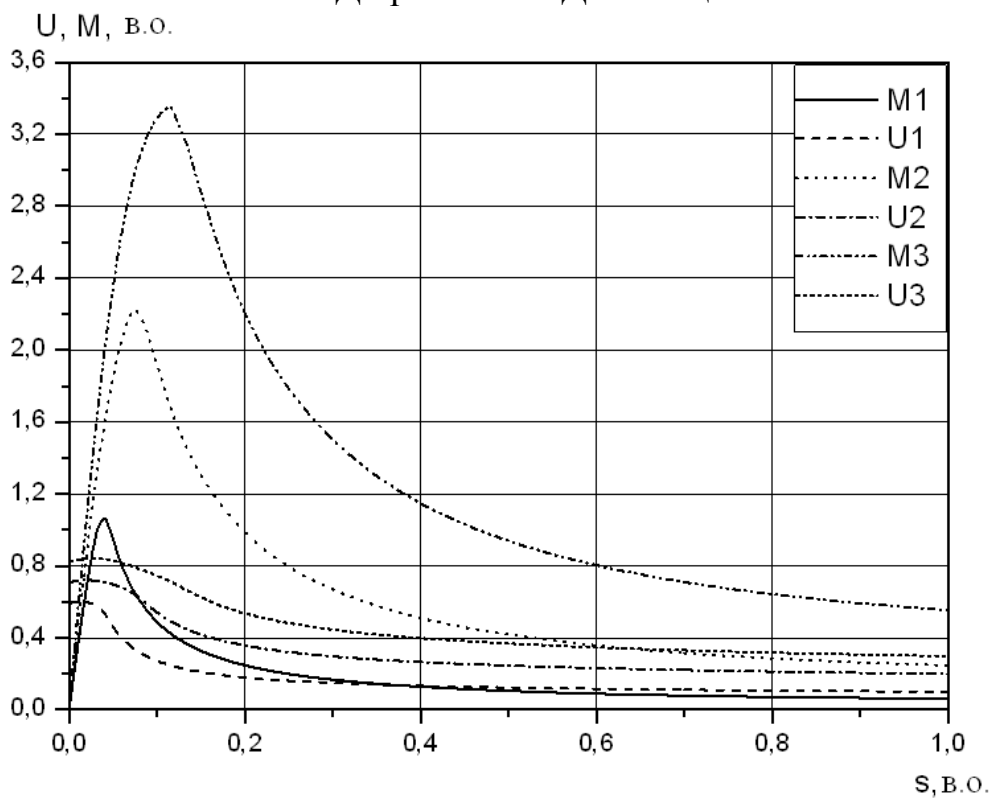


Рисунок 4.4 - Величини електромагнітного моменту і напруги на статорі АД при частоті ДС 25 Гц

Індексми 1, 2 і 3 при маркуванні моментів ( $M$ ) і фазної напруги ( $U$ ) позначені їх залежності від ковзання для значень струму статора  $I_{1н}$ ,  $2I_{1н}$  і  $3I_{1н}$  відповідно. Оскільки АД живиться від ДС, то за одиничне значення напруги прийнята величина номінальної фазної напруги двигуна 220 В.

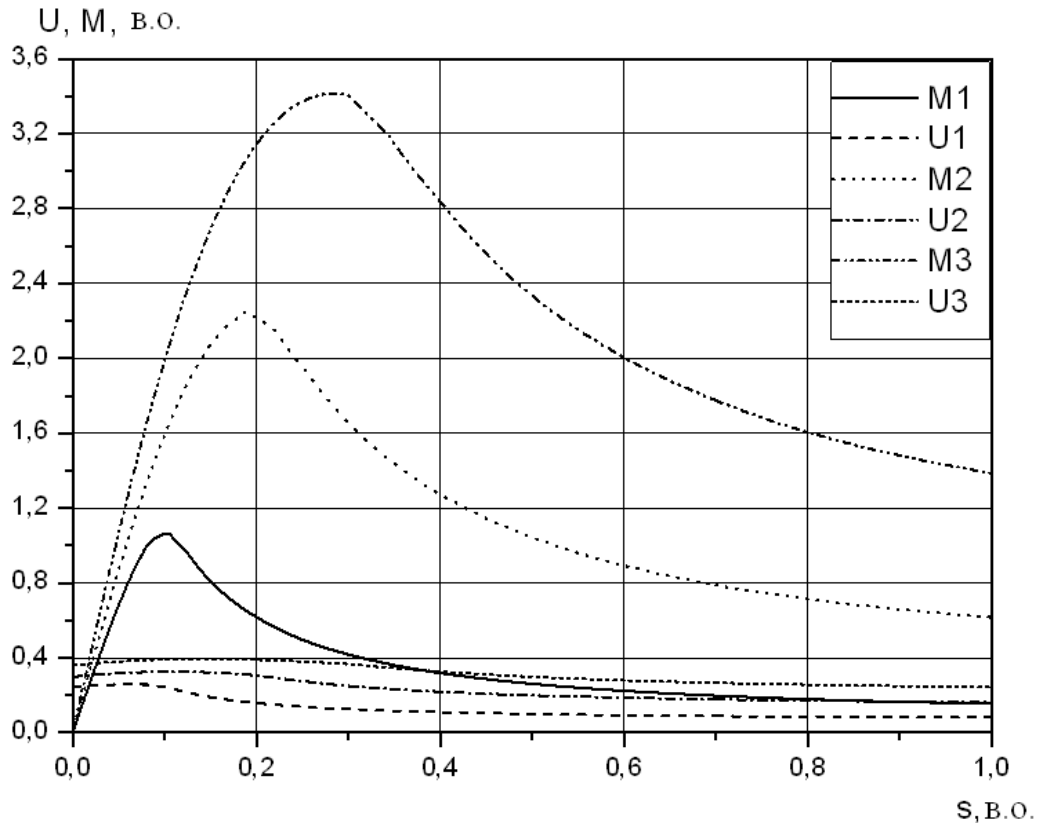


Рисунок 4.5 - Величини електромагнітного моменту і напруги на статорі АД при частоті ДС 10 Гц

Принципи організації управління частотою ДС при частотному пуску АД можна пояснити з використанням рис. 4.5.

Якщо в початковий момент пуску двигуна задати частоту 2 Гц при двократному струмі статора, то він розвине пусковий момент, рівний максимальному ( $2,2 M_n$ ). У цей момент часу напруга на фазі обмотки статора буде рівна 0,142 в.о. Під дією електромагнітного моменту двигун почне розганятися і напруга на обмотці статора почне наростати. Якщо услід за зростанням напруги почати збільшувати частоту ДС по певному закону у функції напруги на обмотці статора АД, то в процесі розгону можна

забезпечити постійність  $s_e$ , а отже, і електромагнітного моменту. Якщо забезпечити постійність значення  $s_e$  на рівні  $s_{e\text{кр}}$ , то і розгін АД відбуватиметься з величиною електромагнітного моменту близькою до максимальної. Як відомо, в зоні низьких частот істотно зростає доля активного опору в повному еквівалентному опорі АД, що при живленні двигуна від джерела напруги вимагає збільшення відношення  $U/f$  з пониженням частоти. При живленні АД від ДС відбувається автоматична корекція рівня фазної напруги з пониженням частоти. Завдяки цьому явищу закон зміни напруги із зменшенням частоти наближається до лінійного  $f = a + kU_1$ . На рис. 4.6 приведені залежності зміни електромагнітного моменту ( $M$ ) і абсолютного ковзання ротора ( $s_e$ ) при зміні частоти обертання ротора АД в процесі пуску. З метою зручності зображення величина  $s_e$  приведена в двадцятикратному збільшенні.

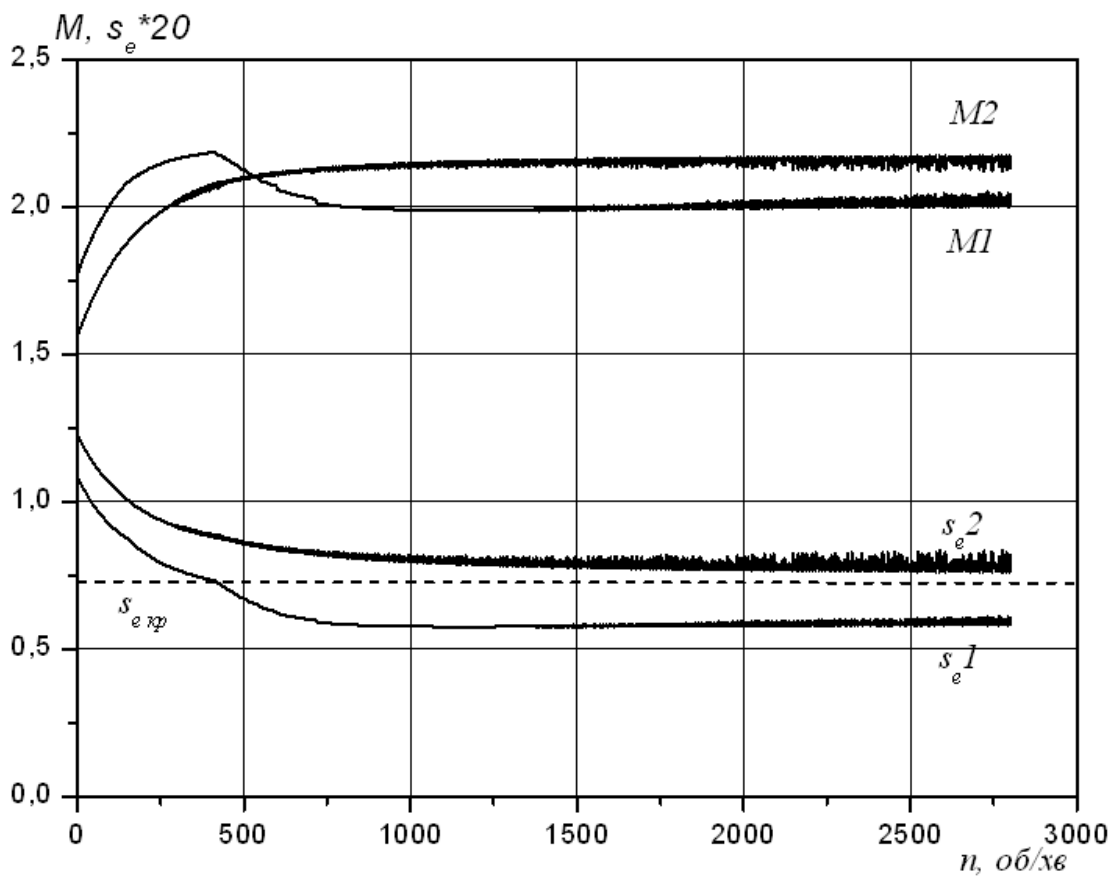


Рисунок 4.6 - Осцилограми частотного пуску АД

Залежності, промарковані цифрою 1, відносяться до випадку, коли частота ДС при зміні швидкості обертання АД змінювалася згідно із законом  $f = -0,078 + 0,923U_1$ , а цифрою 2 – згідно із законом  $f = -0,08 + 0,986U_1$ , де  $U_1$  і  $f$  – величини фазної напруги і частоти перетворювача у відносних одиницях.

Як свідчать залежності  $MI$  і  $s_{e1}$ , на початковому етапі пуску АД при зміні частоти у функції фазної напруги АД по першому закону, розгін починається при ковзаннях, коли  $s_e > s_{e\text{кр}}$ , а момент менше максимального значення. Унаслідок вельми малого відставання темпу зростання частоти відносно темпу зростання напруги в діапазоні частот обертання  $0 < n < 700$  об/хв, при першому законі управління частотою ДС спостерігається зменшення ковзання  $s_e$  від значення 0,055 до значення 0,03. Такий діапазон зміни  $s_e$  обумовлює із збільшенням частоти обертання від нуля до 435 об/хв зростання моменту двигуна до максимального значення ( $s_e = s_{e\text{кр}} = 0,037$ ), а потім, з подальшим зменшенням  $s_e$  до значення 0,03 – зменшення його до двократної (по відношенню до номінальної) величини. Частота обертання ротора 700 об/хв. в процесі розгону відповідає частоті ДС 12 Гц. При розгоні АД від швидкості 700 об/хв до 2800 об/хв темпи зростання частоти ДС і фазної напруги АД збігаються, що обумовлює постійність  $s_e$  і моменту у відміченому швидкісному діапазоні.

Процеси, що відбуваються в АД при його розгоні, коли зміна частоти ДС відбувається із зміною напруги по другому закону (коли її значення формується за рахунок зміни частоти і величини струму статора), відповідають умові частково більшого, ніж в першому випадку, відставанню темпу зростання частоти від темпу зростання напруги при зміні частоти обертання АД на початковому етапі пуску. Це виражається в більшій максимальній величині  $s_e \approx 0,06$  і меншому початковому електромагнітному моменті двигуна.



На відміну від першого випадку, при управлінні частотою ДС по другому закону (частотно струмове керування), величина  $s_e$  монотонно наближається до значення  $s_{e\text{кр}} = 0,037$ . Це забезпечує величину електромагнітного моменту двигуна близьку до максимального значення в частотному діапазоні від 10 до 50 Гц для ДС, що має двократне струмове налаштування по відношенню до номінального струму двигуна.

При підборі відповідного закону зміни частоти у функції фазної напруги статора АД в частотному діапазоні від 2 до 10 Гц, коли найбільшою мірою позначається нелінійність контуру управління частотою, можна забезпечити узгодження темпів зміни частоти і напруги при розгоні двигуна. Добитися такого результату можна завдяки використанню в контурі управління частотою ДС по рівню фазної напруги двигуна нелінійного функціонального перетворювача. При узгодженні темпів наростання частоти з рівнем зміни напруги на статорі АД, живленого від ДС регульованої частоти, в процесі його пуску можна забезпечити розгін двигуна з бажаною постійною величиною електромагнітного моменту в діапазоні  $M_c < M \leq M_{\text{макс}}$ .

Таким чином, використання як управляючої дії в контурі управління частотою ДС фазної напруги на обмотці статора АД дозволяє здійснити пуск двигуна із заданим значенням електромагнітного моменту або величиною ковзання  $s_e$ , безпосередній вимір яких з метою управління частотою ДС дуже складний.

Для практичної реалізації пропонованого способу управління частотою ДС в процесі частотного пуску асинхронного електроприводу слід використовувати згладжену величину випрямленої трифазної напруги статора АД. Усереднювання величини напруги, що підводиться до статора АД від ДС з поточними значеннями частоти від ( 2 Гц до 50 Гц, за допомогою трифазного двонапівперіодного випрямляча з ємнісним фільтром пульсацій дозволяє знизити вплив несинусоїдальності кривої напруги на



### частотного пуску у функції напруги АД

Величина  $s_e$  є мультиплікативним показником, що однозначно визначає величину фазної напруги статора АД як у функції поточного значення частоти, так і величини ковзання ротора АД відносно поля на заданій частоті. Реалізація частотного пуску АД від ДС регульованої частоти може бути здійснене і на базі схемотехнічних вирішень [5]. В цьому випадку стабілізація на заданому рівні струму статора АД здійснюється широко-імпульсним регулятором струму у функції величини випрямленого струму, а управління частотою ДС – комутацією транзисторів АІН відповідно до сигналу вузла задання частоти інвертора у функції випрямленої і згладженої напруги фази статора АД.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Алгоритм роботи системи керування.

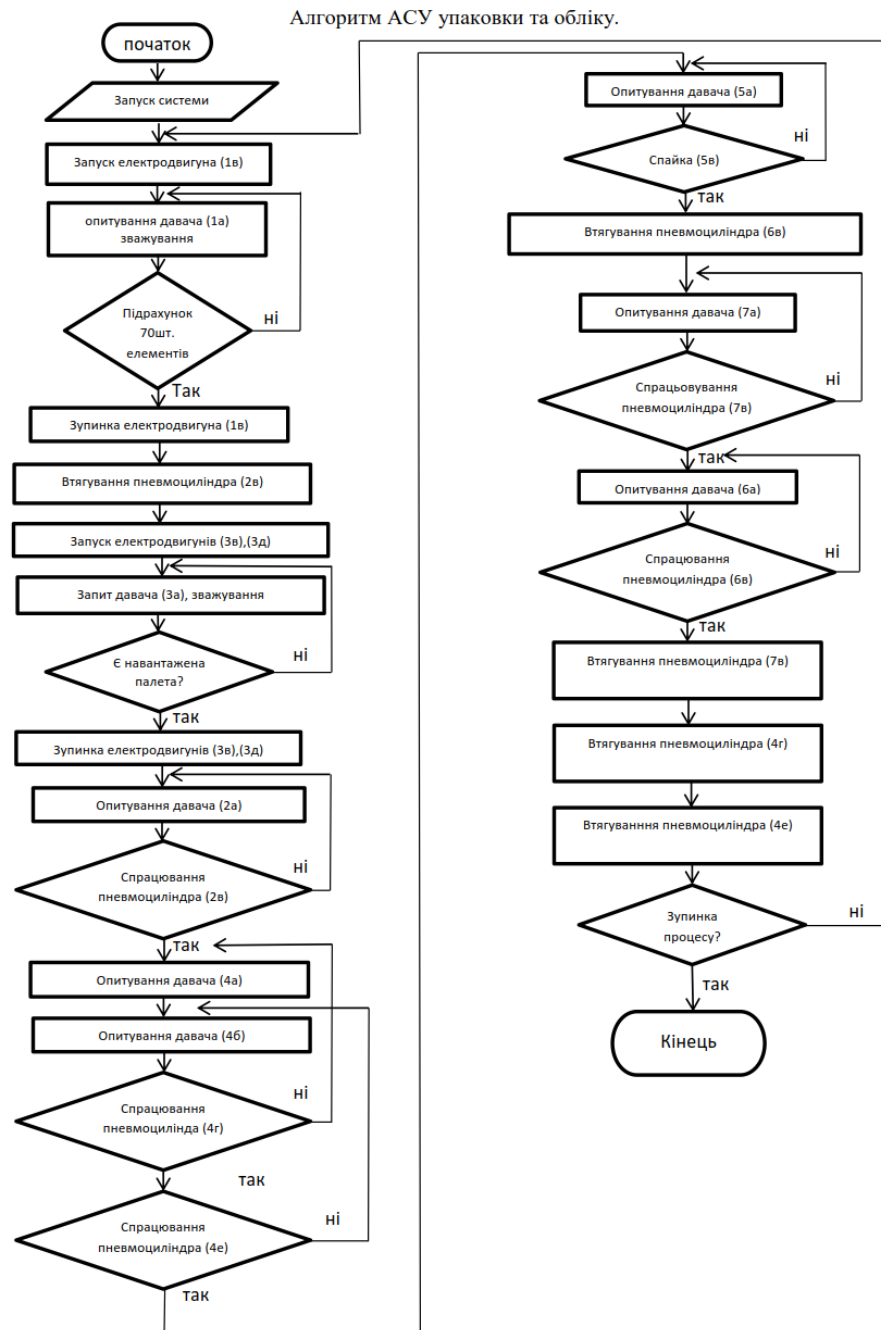


Рисунок 5.1 – Алгоритм роботи системи керування.

Розроблений алгоритм забезпечує роботу системи упаковки та зважування готової продукції для його реалізації доцільно використовувати мову сходиноквих діаграм LAD (інтерпритація LD для S7-300). Вони найкраще підходять для цього, оскільки процес в загальному є циклічним і не має великої кількості розгалужень.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1 Система управління охороною праці.**

Система управління охороною праці (СУОП) — це сукупність органів управління підприємством, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність щодо здійснення завдань і функцій управління з метою забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці. Створення СУОП здійснюється шляхом послідовного визначення мети і об'єкта управління, завдань і заходів щодо охорони праці, функцій і методів управління, побудови організаційної структури управління, складання нормативно-методичної документації. Головна мета управління охороною праці є створення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці, покращення виробничого побуту, запобігання травматизму і профзахворюванням.

Охорона праці базується на законодавчих, директивних та нормативно-технічних документах. При управлінні охороною праці не повинні прийматись рішення та здійснюватись заходи, що суперечать діючому законодавству, державним нормативним актам про охорону праці, стандартам безпеки праці, правилам та нормам охорони праці.

До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт, їх фінансування;
- організація та координація робіт;
- облік показників, аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за станом охорони праці та функціонуванням СУОП;
- стимулювання діяльності з охорони праці.

Функція планування, в основі якої лежить прогностичний аналіз, має вирішальне значення в СУОП. Планування роботи з охорони праці поділяється на перспективне, поточне та оперативне.

Перспективне планування охоплює найбільш важливі, трудомісткі й довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану має бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат із зазначенням джерел фінансування. Основною формою перспективного планування роботи з охорони праці є розроблення комплексного плану підприємства (на 3—5 років) щодо покращення стану охорони праці.

Поточне планування здійснюється у межах календарного року шляхом розроблення та включення відповідних заходів до розділу "Охорона праці" колективного договору.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці у структурних підрозділах і на підприємстві в цілому або перевірок органів державного нагляду. Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків зазначаються у наказі роботодавця.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому. Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків зазначаються безпосередньо у наказі власника підприємства, який видається за підсумками контролю, або у плані заходів, як додатку до наказу.

Функція СУОП щодо організації та координації робіт передбачає формування органів управління охороною праці на всіх рівнях управління і всіх стадіях виробничого процесу, визначення обов'язків, прав,

відповідальності та порядку взаємодії осіб, що приймають участь в процесі управління, а також прийняття та реалізацію управлінських рішень.

Контроль за станом охорони праці. Дійове управління охороною праці можна здійснювати тільки при наявності повної, своєчасної і вірогідної інформації про стан охорони праці. Одержати таку інформацію, виявити можливі відхилення від норм безпеки, а також перевірити виконання планів та управлінських рішень можна тільки на підставі регулярного та об'єктивного контролю.

До основних форм контролю за станом охорони праці належать: оперативний контроль; контроль, що проводиться службою охорони праці підприємства; громадський контроль; адміністративно-громадський трьохступеневий контроль; відомчий контроль вищих органів. Необхідно зазначити, що крім контролю, здійснюється нагляд за охороною праці з боку державних та профспілкових інспекцій.

Адміністрація (роботодавець) для створення безпечних і нешкідливих умов праці працівників і для власної безпеки зобов'язана керуватися переліком таких основних нормативно-законодавчих актів і документів з охорони праці:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Типове положення про службу охорони праці;
- Положення про порядок розслідування нещасних випадків, що сталися під час навчально-виховного процесу в навчальних закладах (Наказ МОН України № 616 від 31.08.2001 року);
- Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві (Постанова КМУ № 1112 від 25 серпня 2004 року);
- Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;



- Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей неповнолітніми;
- Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
- Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
- Порядок розробки і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, чинних на підприємстві;
- Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53);
- Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Постанова Кабінету Міністрів України N 442 від 01.09.1992 року);
- Типове положення про комісію з питань охорони праці;
- Типове положення «Про кабінет охорони праці».

Стимулювання діяльності з охорони праці спрямовано на створення зацікавленості працівників у забезпеченні здорових та безпечних умов праці. Стимулювання передбачає як моральні, та матеріальні заохочення, так і покарання за невиконання покладених на конкретну особу зобов'язань стосовно безпеки праці або порушення вимог щодо охорони праці. До числа останніх належать: премії, винагороди за виконану конкретну роботу, винахідництво та раціоналізаторські пропозиції з питань охорони праці. Джерелом стимулювання діяльності з охорони праці є фонди охорони праці.

## **6.2 Вимоги до робочого середовища користувача ЕОМ: мікроклімат, освітлення, рівень шуму, електромагнітне випромінювання**

Приміщення з ЕОМ повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації відповідно до вимог переліку однотипних за

призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежегасіння та пожежної сигналізації, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України і зареєстрованого в Міністерстві юстиції України з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 кв. м площі приміщення з урахуванням граничнодопустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні.

Правила експлуатації ЕОМ встановлюють вимоги безпеки та санітарно-гігієнічні вимоги до обладнання робочих місць користувачів ЕОМ і працівників, що виконують обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ, та роботи з застосуванням ЕОМ, відповідно до сучасного стану техніки та наукових досліджень у сфері безпечної організації робіт з експлуатації ЕОМ та з урахуванням положень міжнародних нормативно-правових актів з цих питань.

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища включають вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, рівень шуму і електромагнітного випромінювання.

У виробничих приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря.

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5%. При виробничій потребі дозволяється експлуатувати ЕОМ у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами державного нагляду за охороною праці та органами і установами санітарно-епідеміологічної служби.

Загальне освітлення має бути виконане у вигляді суцільних або переривчатих ліній світильників, що розміщуються збоку від робочих місць (переважно зліва) паралельно лінії зору працівників.

Рівні шуму на робочих місцях осіб, що працюють з відеотерміналами та ЕОМ, визначені ДСанПіН 3.3. 2-007-98.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях та на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів повинні відповідати вимогам Наказ МОЗ України «**Про затвердження державних санітарних правил та норм**» № 239 від 01.08.1996, СН N 3206-85 "Гранично допустимі рівні магнітних полів частотою 50 Гц" та ДСанПіН 3.3. 2-007-98.

### **6.3 Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території**

Державна система моніторингу довкілля - це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Це Положення визначає порядок створення та функціонування такої системи в Україні.

Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн [46].

Система моніторингу – це відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

Створення і функціонування системи моніторингу з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території, ґрунтується на принципах:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-медичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;

- систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;

- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання інформації про стан довкілля, що надходить і зберігається в системі моніторингу;

- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, заінтересованих міжнародних установ та світового співтовариства.

Моніторинг довкілля здійснюють:

- Мінприроди - ґрунтів на природоохоронних територіях (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); державного екологічного картування

території України для оцінки його стану та його змін під впливом господарської діяльності; наземних екосистем (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів); видів рослинного і тваринного світу, що перебувають під загрозою зникнення, та видів, що перебувають під особливою охороною.

– Мінекономіки - ґрунтів сільськогосподарського використання (радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); сільськогосподарських рослин і продуктів з них (токсикологічні та радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів).

– Держлісагентство - ґрунтів земель лісового фонду (радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); лісової рослинності (стан, продуктивність, пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, біорізноманіття, радіологічні визначення); мисливської фауни (видові, кількісні та просторові характеристики);

– Держгеокадастр - ґрунтів і ландшафтів, зрошуваних і осушених земель (вторинне підтоплення і засолення тощо); берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд (динаміка змін, ушкодження земельних ресурсів);

– Мінрегіон - питної води централізованих систем водопостачання (вміст ЗР, обсяги споживання); стічних вод міської каналізаційної мережі та очисних споруд (вміст ЗР, обсяги надходження);

– Держгеонадра - підземних вод (ресурси та використання); ендегенних та екзогенних процесів (видові і просторові характеристики, активність прояву).

Фінансування робіт із створення і функціонування системи моніторингу та її складових частин здійснюється відповідно до порядку

фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах згідно із законодавством.

Покриття певної частини витрат на створення і функціонування складових частин і компонентів системи моніторингу може здійснюватися за рахунок інноваційних фондів у межах коштів, передбачених на природоохоронні заходи, міжнародних грантів та інших джерел фінансування.

#### **6.4 Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження**

Виходячи з принципів побудови цивільного захисту в Україні слід підкреслити, що територіально - виробничий принцип знайшов втілення в організації цивільного захисту на об'єктах народного господарства, а також на територіях областей, міст і районів, в тому числі міських та сільських.

Відповідно до статті 16 Кодексу цивільного захисту України та з метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного характеру (далі - надзвичайні ситуації), забезпечення стійкого функціонування об'єктів в умовах особливого періоду Кабінет Міністрів України.

Поставляє установити, що дія цієї постанови поширюється на органи управління цивільного захисту, а саме на центральні органи виконавчої влади, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київську та Севастопольську міські, районні, районні у м. Києві та Севастополі державні адміністрації, військово-цивільні адміністрації, органи місцевого самоврядування та об'єкти незалежно від форми власності, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам та які провадять діяльність та надають послуги в галузях

енергетики, хімічної промисловості, підлягають охороні та обороні в умовах надзвичайного стану і особливого періоду, є об'єктами підвищеної небезпеки.

Для керівництва поточної роботи з цивільного захисту на об'єкті економіки створюється основний орган управління - штаб цивільного захисту. До складу штабу цивільного захисту входять: начальник штабу і його заступники (помічники) з оперативно-розвідувальної частини, бойової підготовки, житлового сектора.

Посада начальника штабу цивільного захисту передбачається штатним розкладом об'єкта. Начальник штабу є першим заступником начальника цивільного захисту об'єкта і має право за його ім'ям віддавати накази та розпорядження з цивільного захисту. Він є безпосереднім організатором управління цивільним захистом і сповіщення про загрозу або факт надзвичайної ситуації, розвідки, дозиметричного і хімічного контролю, веде поточне та перспективне планування, підготовку формувань і виробничого персоналу з цивільного захисту та контроль за виконанням всіх заходів з цивільного захисту.

Керівникам функціональних та територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту та підприємствам, установам, організаціям незалежно від форми власності, на які поширюється дія цієї постанови, забезпечити:

- уточнення планів реагування на надзвичайні ситуації і планів локалізації та ліквідації наслідків аварій, здійснення заходів щодо запобігання їх виникненню;

- готовність до здійснення оповіщення органів управління та сил цивільного захисту, населення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайної ситуації та інформування їх про межі поширення, наслідки,

способи та методи захисту, а також дії у зоні можливої надзвичайної ситуації;

- спостереження та контроль за ситуацією на об'єктах, на які поширюється дія цієї постанови, територіях цих об'єктів та/або за їх межами, а також здійснення постійного прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій, їх масштабів;

- готовність наявних сил і засобів цивільного захисту, можливість залучення додаткових сил і засобів у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

- створення і використання матеріальних резервів для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків.

Державній службі з надзвичайних ситуацій узагальнювати аналітичні матеріали та подавати їх для розгляду Державній комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій для забезпечення координації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій державного рівня.

Остаточне рішення щодо рівня надзвичайної ситуації з подальшим відображенням її у даних статистики, у тому числі при відсутності достатніх відомостей щодо розвитку надзвичайної ситуації, приймає спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади, до компетенції якого входить вирішення питань захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, за погодженням у разі потреби із зацікавленими міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади. Обов'язково враховується (за його наявності) експертний висновок регіональної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій щодо рівня надзвичайної ситуації.



## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В ході виконання роботи було проаналізовано технології пакування з використанням стрічкових матеріалів, зокрема стрепінг-стрічки з поліпропілену. Обґрунтовано доцільність використання полімерних стрічок, які з'єднуються термічним зварюванням, а також розглянуто роботу конвеєрних ваг для зважування виготовленої продукції.

Проаналізовано технологічний процес пакування на виробництві, сформульовані вимоги до системи управління, технологічного та програмно-апаратного обладнання.

На основі проведеного аналізу було сформульовано основні вимоги до технологічного обладнання та розроблено функціональну та структурну схему системи керування. На основі схем було обрано вимірювальні давачі та виконавчі механізми. Після цього було обґрунтовано та обрано програмований логічний контролер Siemens S7-300. Розроблено алгоритм роботи системи керування.

З метою підвищення тривалості роботи електроприводу транспортерів було досліджено параметри пуску асинхронних двигунів з підвищеним моментом із застосуванням частотно струмового керування.

В результаті досліджень сформовані рекомендації щодо пуску асинхронних приводів конвеєрів для забезпечення оптимальних параметрів роботи приводу, що дозволить підвищити міжремонтний ресурс роботи. Впровадження розробленої системи дозволить ефективно проводити облік готової продукції з можливістю її аналізу протягом тривалих періодів часу, підвищити ефективність пакувальних операцій та покращити контроль за виробництвом.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Исаков В. Н., Войтех В. А. Частотно-регулируемые электроприводы малой мощности по системе источник тока – автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель // Техн. электродинамика. – 1995. – № 4. – С. 39 – 41
6. Вишеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
7. Петров Ю.П. Оптимальное управление электрическим приводом с учетом ограничений по нагреву. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1971. – 144 с.
8. Ильинский Н.Ф. Основы теории, исследование и разработка электроприводов по системе источник тока – двигатель: Дис. ...докт. техн. наук: 05.09.03. – М., 1978. – 415 с
9. <https://controlengrussia.com/asu-tp/simatic-pcs-7/>

10. [https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05\\_S7\\_300\\_2015\\_ru-part2.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05_S7_300_2015_ru-part2.pdf)
11. <https://www.siemens.com/global/en.html>
12. <https://www.festo.com/us/en/>