

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження

УДК 658.5:628.86:631.227

ПОГОДЖУЮ:
Директор ІнН енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ:
Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем ім. акад.
І.І.Мартиненка

Каплун В.В.

В.П. Лисенко

" " 2023 р.

" " 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06 – МР.

на тему «Дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування
процесами на комбікормовому заводі на базі КТЗ ОБЕН»

Виконав/ студент групи АкіТ-210016
напряму підготовки 151 "Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології"
(шифр і назва напрямку підготовки)

Студент Єльчанинов Д.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник Кіктев М.О.
(прізвище та ініціали)
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматички і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматики
та робототехнічних
систем ім. акад. І.І. Мартиненка
В.П. Лисенко
« » 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання магістерської роботи студенту

Сльжанінову Павлу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 141 – "Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка"

Освітня програма: Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології

Магістерська програма: Комп'ютерно-інтегровані системи керування в галузях

програма: АПК

Спеціалізація: Освітньо-наукова

Тема проекту «Дослідження і вдосконалення комп'ютерно-інтегрованої
системи керування виробництвом комбікорму із використанням комплексу
технічних засобів ОВЕН»

керівник проекту к.т.н., доцент Кіктев М.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУБіП України від "25" 02" 2022 року №

2. Строк подання студентом роботи "17" 41" 2023 року

3. Вихідні дані до магістерської роботи:

Завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; наукова література з тематики магістерської роботи.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

4.1 Загальна характеристика виробничого об'єкта.

4.2 Математичні моделі об'єкта керування.

4.3 Вибір технічних засобів автоматизації .

4.4 Розробка системи автоматичного керування. Оцінка якості системи керування.

4.5. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування

4.6 Кошторисні розрахунки.

5. Перелік графічного матеріалу: презентація в PowerPoint – 20 слайдів.

6. Дата видачі завдання “16.” 12 2022 року ○○

Керівник проекту

(підпис)

Кітєв М.О.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Сльчанінов П.О.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ	5
1.1. Актуальність теми дипломного проекту	9
1.2. Опис виробничого сільськогосподарського об'єкту - комбікормового заводу	9 11
1.3. Технологічна схема збирання комбікормів	15
1.4. Вибір технологічного обладнання для кормів	22
1.5. Аналіз спеціального досвіду автоматизації виробництва комбікормів	24
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	29 29
2.1. 2. Вазначення передатної функції об'єкта керування	30
2.3. Функціональна схема автоматизації	32
3. ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ	34 34
3.1. Вибір спримаючого елемента системи автоматичного керування	35
3.2. Вибір регулюючого органу та виконавчої механічної системи управління	41 49
3.3. Вибір елементів системного автоматичного обслуговування	56
3.4. Розробка електричної початкової схеми	58
3.5. Структура та структурно-алгоритмічна схема системи автоматичного керування	59 59
3.6.	
4. ОЦІНКА ЯКІСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ	
4.1. Побудова частотних характеристик розімкненої системи	62
4.2. Побудова бажаних ЛЧХ та встановлення структури та параметрів коригованого пристрою для забезпечення безпеки заданих показів якостей роботів систем	66 68

4.3. Визначення передатних функцій функціонуючих скоректованої системи	64
Побудова частотних характеристик розімкненої системи	64
4.2. Побудова бажаних ЛЧХ та встановлення структури та параметрів коригованого пристрою для забезпечення безпеки заданих показів якостей робітв систем	64
4.3. Визначення передатних функцій функціонуючих скоректованої системи	64
Побудова частотних характеристик розімкненої системи	64
4.2. Побудова бажаних ЛЧХ та встановлення структури та параметрів коригованого пристрою для забезпечення безпеки заданих показів якостей робітв систем	67
4.3. Визначення передатних функцій функціонуючих скоректованої системи	80
4.4. Побудова перехідної характеристики замкненої системи та визначення показників якості роботи САК	83
Розробка структурної схеми дворової комп'ютерно-інтегрованої системи керування	83
5.2. Розробка алгоритму функціонування комп'ютерно-інтегрованої системи керування. складу кормів	84
5.5. Використан технології Інтернету мов при автоматизації виробництва комбикормів	85
6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНО ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМА МІ	86
6.1. Розрахункове витрат на автоматизацію	88
6.2. Розрахунок економії від впровадження автоматизації	89
6.3. Список використаної літератури	91
Додатки	

Вступ

Автоматизація комбікормових заводів це процес впровадження технологій та систем, які дозволяють автоматизувати та оптимізувати процеси виробництва комбікормів. Вона спрямована на покращення ефективності, точності та надійності виробництва, а також на зниження трудовитрат та ризику помилок.

Ось деякі приклади автоматизації у комбікормовій промисловості:

Автоматизована система керування виробництвом (АСУП). АСУП дозволяє контролювати та керувати всіма аспектами виробництва, включаючи планування, змішування інгредієнтів, управління обладнанням та упаковкою. Вона інтегрує різні системи та сенсори для моніторингу та контролю процесів.

Автоматичне дозування та змішування. Системи автоматичного дозування та змішування дозволяють точно вимірювати та змішувати різні інгредієнти у потрібних пропорціях. Це покращує якість та однорідність комбікорму, а також дозволяє економити час та знижувати втрати матеріалу.

Автоматизована система керування складом. Система керування складом автоматично відстежує запаси сировини та готової продукції, оптимізує розміщення на складі та попереджає про необхідність поповнення запасів.

Використання роботів та автоматичних маніпуляторів. Роботи та автоматичні маніпулятори можуть виконувати різні завдання, такі як навантаження та вивантаження матеріалів, переміщення контейнерів та упаковка продукції. Це покращує ефективність та безпеку процесу виробництва.

Моніторинг та аналітика. Автоматизація також дозволяє збирати та аналізувати дані про виробничі процеси, що допомагає виявляти проблеми, оптимізувати виробництво та приймати поінформовані рішення.

Переваги автоматизації комбікормових заводів включають підвищення продуктивності, зниження витрат, покращення якості продукції, скорочення ризику помилок та забезпечення більш безпечного та ефективного робочого середовища.

Проте автоматизація потребує значних інвестицій у системи та обладнання, а також професійної підготовки персоналу. Тому перед використанням автоматизації необхідно провести ретельний аналіз вартості та вигідності цього кроку.

Фірма ОВЕН виробляє широкий спектр приладів та обладнання, що входять до складу Республіки для закритих комбикормових заводів.

Одним із використовуваних приладів є вагове обладнання, яке дозволяє точно дозувати кожен компонент комбикорму. Фірма ОВЕН виробляє різні види ваг,

включаючи електронні ваги з автоматичним дозуванням та системи вагової

автоматики, що дозволяють автоматично контролювати дозування на кожному етапі виробництва.

Також фірма ОВЕН пропонує автоматичні суміші комбикормів, які здійснюються комп'ютерним управлінням та програмним забезпеченням, що дозволяє точно

дозувати та характеризувати компоненти у необхідних пропорціях. Це дозволяє скоротити час виробництва комбикорму та підвищити якість продукції.

Для контролю якості комбикорму на всіх етапах виробництва фірма ОВЕН виробляє аналітичне обладнання, включаючи вологоміри, щільноміри,

фотометри та інші прилади, які дозволяють визначити вміст різних компонентів у комбикормі.

Окрім того, фірма ОВЕН виробляє продукти для захисту процесорів на комбикормових заводах. Це включає систему управління виробництвом,

моніторинг та управління виробництвом, а також систему збору та аналізу даних,

які дозволяють збільшити виробництво та підвищити його ефективність.

Стже, прилади та устаткування фірми ОВЕН беруть він відповідальність за процеси на комбикормових заводах, що дозволяє підвищити якість продукції, підвищити ефективність виробництва та знизити витрати виробництва.

Ця магістерська робота має на меті дослідити та розробити комп'ютерно-інтегровану систему управління технологічними процесами виробництва комбикорму. Основною метою дослідження є поліпшення продуктивності та

якості виробництва комбікорму шляхом вдосконалення технологічного процесу дозування компонентів в корму за допомогою створення комп'ютерно-інтегрованої системи керування. Об'єктом дослідження є сам процес дозування виробництва комбікорму, а предметом дослідження є математичні моделі, методи керування, алгоритми, програмні та технічні засоби, що забезпечують роботу комп'ютерно-інтегрованої системи управління.

Задачі роботи.

Досліджувана комп'ютерно-інтегрована система управління повинна виконувати різні функції, такі як:

- Контроль ваги бункера-дозатора.
- Контроль ваги бункера-змішувача та витратних бункерів.
- Контроль стану засувок змішувача і дозатора.
- Контроль часу змішування компонентів. Система також повинна генерувати сигнали для керування рухом шнекових живильників, змішувача, розпушувача, засувок дозатора та змішувача. Крім того, вона повинна автоматично генерувати аварійні сигнали у разі виникнення позапланових ситуацій в засувках у міюцях контролю процесу.
- Відображення ходу технологічного процесу на екрані комп'ютера.
- Розрахунок складу кормів для конкретного типу тварин за допомогою програми та бази даних.
- Дистанційний моніторинг та керування виробництвом з використанням Інтернету речей та хмарних технологій.

Інші функції комп'ютерно-інтегрованої системи управління включають:

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Актуальність теми дипломного проекту

На сучасному етапі розвитку агропромислового сектора в Україні, зокрема тваринництва, активно здійснюється інтенсифікація виробництва птахівництва, свинарства, великої рогатої худоби, кроликів, риби та іншої аграрної продукції. Це означає збільшення продуктивності тварин (у кількісному вираженні), покращення якості продукції та удосконалення харчування тварин (у якісному аспекті). Цього досягають шляхом значного зростання використання компонентів кормів, які забезпечують необхідну харчову цінність. Інтенсифікація тваринництва досягається за допомогою потокового виробництва, механізації та автоматизації, що сприяє підвищенню рентабельності та продуктивності праці. У зв'язку з цим спостерігається поступовий перехід до промислових технологій у вирощуванні тварин та інших аграрних продуктів.

У останні роки однією зі значних проблем є забезпечення якісного та повноцінного харчування тварин і птахів внаслідок інтенсифікації виробництва в аграрному секторі, що часто призводить до підвищення позначки на кількість виробленої продукції на шкоду її якості. Це також спричиняється використанням хімічних речовин у годівлі тварин і ітаків. Надзвичайно важливо задовольняти потреби тварин у основних поживних елементах та забезпечувати належне співвідношення корисних поживних речовин (так як цукрово-протеїнові, енерго-протеїнові, кислотно-лужні) у їх раціоні. Також необхідно уникати використання шкідливих антипоживних і токсичних речовин у комбікормах, які можуть негативно впливати на здоров'я тварин і людей, які споживають м'ясну продукцію.

Основний досвід у годівлі тварин на основі промислових технологій показує, що досягнення високого рівня харчування неможливе без додавання вітамінно-мінеральних комплексів (БАР - біологічно активних речовин). Важливою складовою комбікормів є премікс, який містить солі міді, марганцю, калію, йоду, цинку, заліза, магнію. Застосування сірчано-іокисних і вуглецевих солей (сульфатів і карбонатів) також є можливим. Премікс складається з двох груп компонентів - біологічно-активних речовин і наповнювачів. Склад преміксів розробляється науковцями для різних груп тварин залежно від їх віку, призначення, статі та інших факторів. Існують програмні продукти, розроблені фірмами-виробниками ПЗ, які автоматично розраховують склад корму для конкретної тварини або птаха, враховуючи їх вид, підвид, вік, призначення та оптимізують за різними критеріями.

Виробництво вітамінно-мінеральних комплексів базується на наукових дослідженнях, які вивчають методи їх застосування, контролюють якість продукції та її вплив після застосування.

1.2. Опис сільськогосподарського об'єкту – комбікормового заводу

Компанія ТОВ "Кролевецький комбікормовий завод" спеціалізується на купівлі, експорті та розподілі зернових культур в Україні та сусідніх країнах. Вона є повним циклом підприємства, яке займається первинною закупленою сировиною і доставкою готової продукції до кінцевих споживачів. Всі виробничі потужності розташовані в місті Кролевець, що сприяє логістичній зручності заводу. Вони мають доступ до автомобільних і залізничних засобів доставки, що дозволяє обробляти великі обсяги.

Основні напрямки діяльності компанії включають закупівлю, зберігання, обробку та продаж зернових культур, виробництво трав'яних гранул і паливних пелет, а також виробництво та продаж гранульованих та розсипних комбікормів. За багато років існування компанія встановила партнерські відносини зі значними сільськогосподарськими підприємствами в Сумській області, суміжних областях України, Росії та Білорусії.

Компанія має власні виробничі приміщення, які включають силосні ємності для зберігання зерна, склади для сировини та готової продукції, цехи для обробки зерна, виробництва комбікормів і гранулювання. Вона також має власну залізничну гілку, яка включає точки приймання та відвантаження залізничних вагонів, ваги, тепловози та точки для приймання та відвантаження автомобільного транспорту. Компанія також має автомобільні ваги і сертифіковану виробничо-технологічну лабораторію.

Продукція компанії відповідає стандартам ДСТУ, і всі необхідні аналізи проводяться власною лабораторією. Комбікорм компанії є популярним серед фермерів завдяки зростанню обсягів виробництва та забезпеченню збалансованого харчування тварин і птахів. Компанія використовує сучасне електрообладнання та живиться від КТП № 117 з власною лінією електропередачі та проводом.



Рис. 1.1 – Будівлі на території Кролевецького комбікормового заводу

НУБІП України

НУБІП України

1.3. Технологічна схема одержання комбікормів

Технологічний процес виготовлення комбікормів та преміксів регулюється згідно з відповідною нормативно-технічною документацією. Основним документом є "Правила організації та ведення технологічного процесу виробництва", а також інші документи, які служать основою для створення технологічної схеми на заводі.

Технологічна схема комбікормового підприємства включає послідовність та зв'язок окремих технологічних операцій. Структурна схема може бути представлена на рисунку 1.4.

На комбікормових заводах переробляють різні види сировини, яка може мати форму зерна або бути подрібненими продуктами, включаючи як крупні шматки, так і рідину. Сировину зберігають на складах та постачають (ручним або автоматичним способом) до виробничого корпусу, де вона проходить подальшу обробку. Склади для зберігання сировини розташовані в безпосередній близькості до виробничого корпусу і взаємодіють один з одним, що передбачається при проектуванні та експлуатації комбікормового заводу.

Технологічний процес виробництва комбікорму включає наступні етапи:

1. Приймання та зберігання сировини.
2. Підготовка сировини.
3. Подрібнення сировини.
4. Дозування мікроелементів, макроелементів та середніх компонентів.
5. Змішування складових корму.
6. Пресування, зберігання та відвантаження готової продукції.

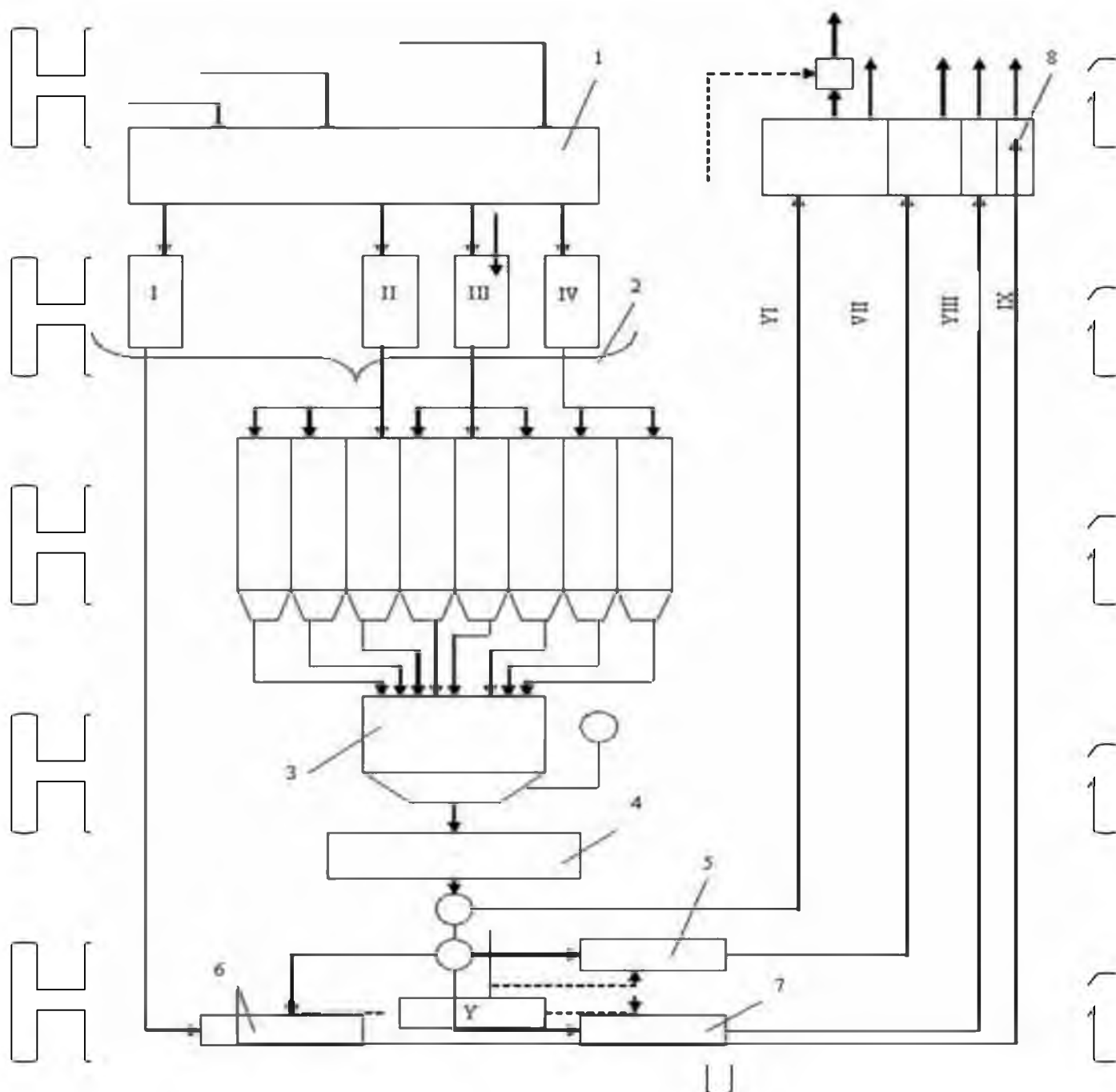


Рис. 1.2 - Типова структурна схема виробництва комбікорму на заводі

1 - зберігання сировини, 2 - очищення, лушення, подрібнення сировини, 3 - дозування, 4 - змішування, 5 - меласування; 6 - брикетування; 7 - гранулювання, 8 - зберігання комбікормів: I - сировина, II - зерно, III - висівки, IV - крейда, сіль, V - м'ясо, жир; VI - розсипні комбікорми; VII - розсипні меласування; VIII - гранульовані; IX - брикетування комбікорму

Підготовка сировини включає процес очищення корму від різних домішок, його подрібнення і, за необхідності, лушення. Для виробництва комбікорму іноді

проводяться спеціальні види підготовки та обробки сировини, такі як теплова або гідротермічна обробка. Сухі компоненти корму, які були підготовлені, направляються до бункерів, що знаходяться над дозаторами. Згідно з вибраними рецептами з бази даних, ці компоненти дозуються та направляються до змішувача. Після змішування компонентів утворюється розсипний комбікорм. Рідкі компоненти комбікорму можуть бути додані окремо під час змішування сипучих компонентів, за підвищеної температури.

Весь розсипний комбікорм або його частина можуть бути гранульовані, а рідкі компоненти можуть бути додані під час гранулювання, що проводиться при підвищеній температурі. Готові розсипні та гранульовані корми зберігаються на складі готової продукції. Випуск готової продукції для споживачів зазвичай здійснюється без використання тари, хоча деяка кількість може бути упакована у мішки.

У порівнянні з борошномельними та круп'яними заводами, комбікормові заводи переробляють широкий спектр сировини, яка може бути у різних формах, включаючи зерно, подрібнені кормові продукти, корми у великих шматках, рідини, а також у різних упаковках. Сировина постачається зі складів до виробничого корпусу, де вона піддається переробці. З урахуванням великого різноманіття сировини, склади для зберігання та виробничий корпус розташовані в одній виробничій системі та взаємодіють один з одним, що враховується під час проектування та експлуатації комбікормового заводу. Технологічний процес виробництва включає операції приймання та зберігання сировини, підготовку, подрібнення, дозування, змішування, а завершальними етапами є пресування, гранулювання, зберігання та випуск готової продукції зі складу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

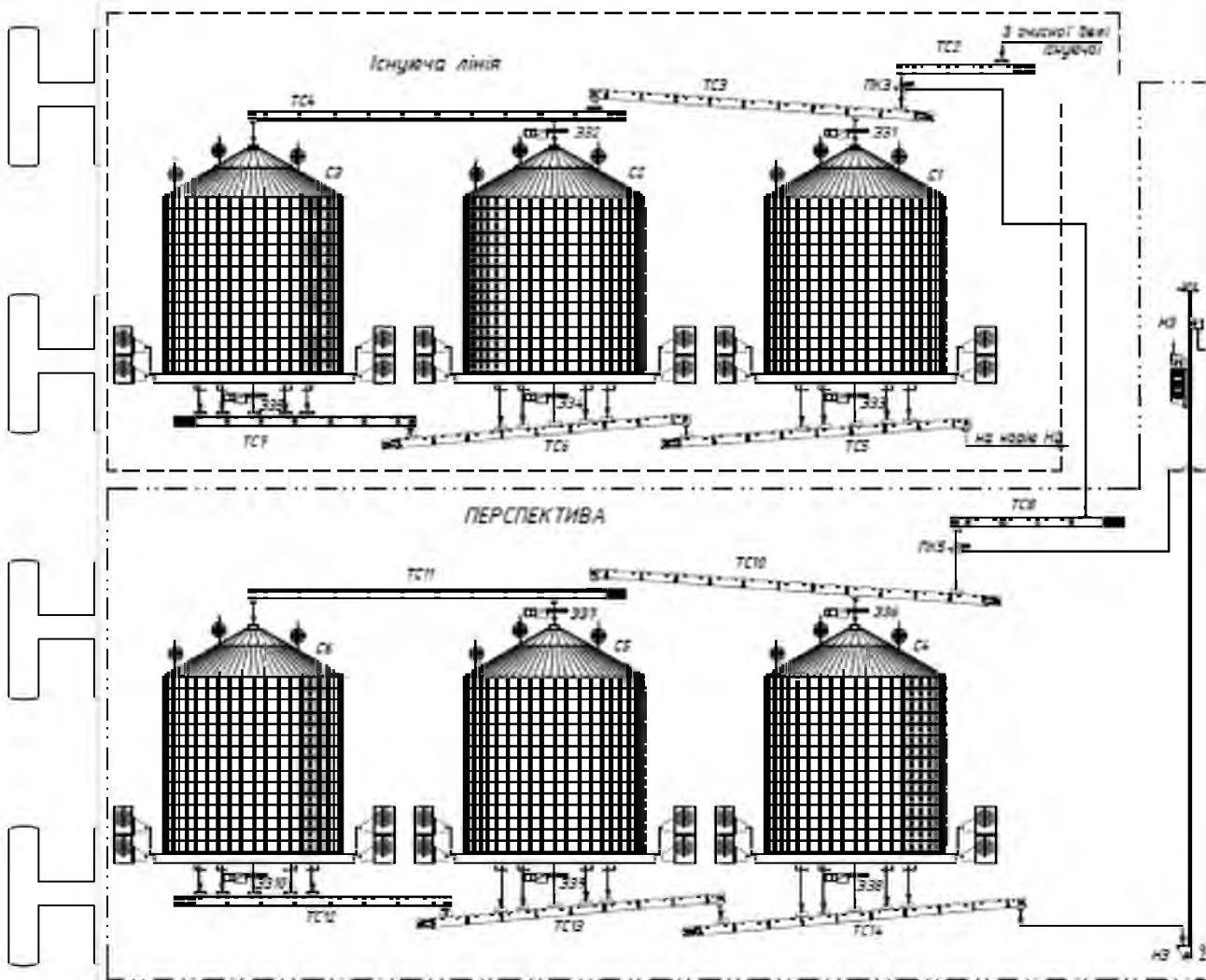


Рис. 1.3 - Схема виробництва на підприємстві «Кролевецький

комбикормовий завод»

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

теплова або гідротермічна обробка, для кормової сировини. Після підготовки, сухі компоненти корму направляються до бункерів, що розташовані над дозаторами. Згідно з рецептурою, компоненти корму дозуються і направляються до змішувача. Після змішування утворюється розсипний комбікорм. Рідкі компоненти можуть бути додані під час змішування сипучих компонентів.

Стриманий розсипний комбікорм або його частину можна гранулювати, а рідкі компоненти можуть бути додані під час гранулювання. Готові розсипні та гранульовані комбікорми зберігаються на складі готової продукції. Випуск комбікормів зі складу зазвичай здійснюється без використання тари, але деяка кількість кормів може бути упакована у мішки.

Наскільки я розумію, ви цитуєте дані про технічні характеристики змішувача. Для моделей DPMA-1500 до DPMA-8500 привід ротора включає дві ідентичні редуктори, передачі з утримуючим важелем. Електричний привідний двигун і клиноременная передача прикріплені до вхідного валу кінцевої зубчастої передачі. Для синхронізації між двома роторами використовується карданний вал і еластична муфта. Змішувачі також мають систему вивантаження з пневматичними циліндрами та перекидаючим механізмом.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Фігура 1.6 показує загальний вигляд змішувача на Кролевецькому комбікормовому заводі

У розділі 1.6 проведений аналіз наявного досвіду автоматизації виробництва комбікормів. Автоматизація також стосується комбікормового виробництва. Багато вчених і інженерів у колишньому СРСР працювали над оптимізацією кормового раціону для різних видів птахів і тварин, автоматизацією окремих технологічних процесів на комбікормових заводах (гранулювання, дозування, змішування, транспортування тощо) та комплексною автоматизацією заводів.

розробкою спеціалізованого програмного забезпечення для розрахунку складу кормів на основі необхідних поживних речовин для тварин.

Дослідники, які працювали над цими питаннями, досліджували можливість отримання оптимального складу комбікорму. Зазвичай це робиться за допомогою симплекс-методу. На фігурі 1.7 показано тривимірну залежність дослідження виробництва комбікорму у системі координат "енергія подрібнення - вартість - відповідність рецепту", що була створена в програмному середовищі Object Pascal / Delphi.

Реалізація комп'ютерно-інтегрованих систем керування в комбікормовому виробництві описана в роботі [26]. Перший рівень таких систем включає систему керування параметрами технологічного процесу, такими як температура в грануляторі, маса і рівень сировини в бункері під час дозування та інші. Другий рівень включає дві підсистеми для розрахунку та оперативного коригування режимів технологічних операцій. Третій рівень узагальнює інформацію і вирішує задачу розрахунку та управління процесом в цілому. Управління виробництвом комбікормів, зазвичай, здійснюється на двох нижніх рівнях (фігура 1.8). На першому рівні використовуються мікроконтролери, а на другому - комп'ютерно-інтегрована система керування.

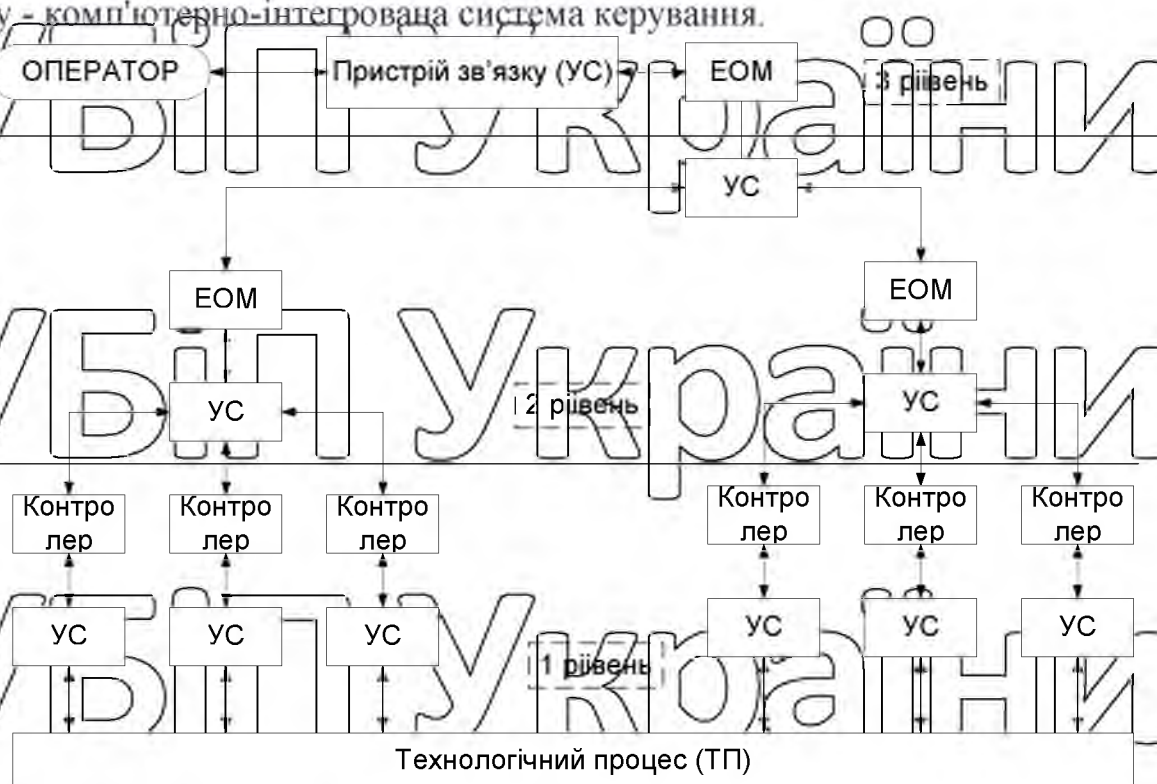
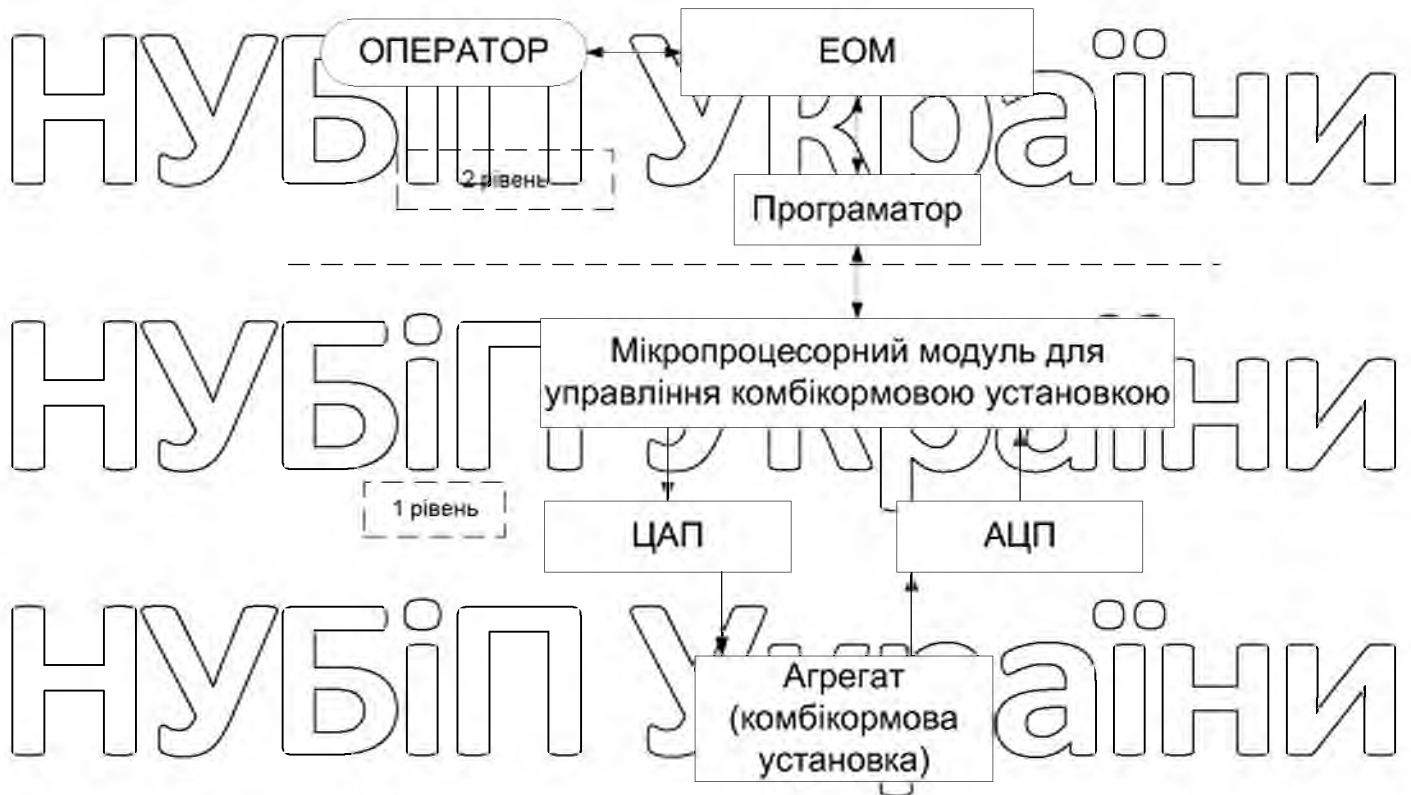


Рис. 1.8 – Типова багаторівнева ієрархічна система керування



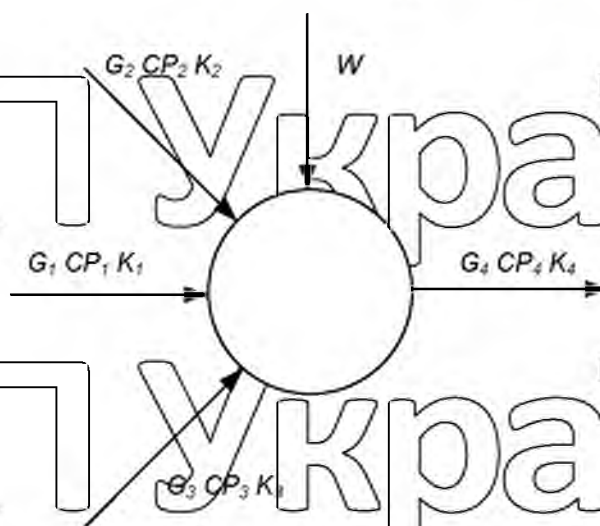
Структурна схема системи керування комбікормовою установкою на різних рівнях може бути описана наступним чином. Один з проектів автоматизації виробництва комбікормів, що реалізований у місті Тюмень (Росія), використовує обладнання ОВЕН для автоматизації процесу гранулювання [28]. У цьому проекті використовуються різні компоненти, включаючи модуль дискретного вводу/виводу, програмований логічний контролер ПЛК 154, сенсорну панель та частотний привід. Контролер перетворює сигнали від датчиків, обробляє їх і забезпечує керування паровим клапаном для підтримки заданої температури продукту і максимального завантаження пресу шляхом регулювання кількості борошна і генерації сигналів аварії та стану обладнання. Однак ключовою складовою автоматизованого виробництва комбікорму є система дозування та змішування. На основі обладнання ОВЕН була реалізована подібна система для виробництва бетонної суміші [29]. У цій системі оператор вибирає рецепт на панелі оператора, а контролер ПЛК керує засувками бункерних дозаторів та роботою двигуна шнека для подачі цементу. Для підвищення автоматизації виробництва комбікорму і покращення керування технологічними процесами рекомендується:

- Розробити дворівневу комп'ютерно-інтегровану систему керування для поліпшення управління виробництвом комбікорму.
- Використовувати моделювання окремих технологічних процесів.
- На другому рівні системи керування використати

овувати програмні засоби для розрахунку оптимального рецепту комбікорму з урахуванням поживної цінності.

Застосовувати сучасні хмарні технології для віддаленого спостереження за процесом через Інтернет.

У другому розділі досліджено об'єкт автоматизації виробництва комбікорму та побудовано математичні моделі. Розглянуто параметричну модель змішування компонентів комбікорму, де змішувач отримує компоненти з трьох видів з відповідними параметрами, такими як маса, вміст сухих речовин, частка маси та енергетична цінність у кормових одиницях, що обчислюється за допомогою коефіцієнта кормової цінності [рис. 2.4].



Фігура 2.4 відображає схему потоків матеріалів під час змішування компонентів комбікорму. Маса сухих речовин обчислюється шляхом множення маси на вміст сухих речовин ($G_{CP} = G * CP$), а енергетична цінність корму визначається за допомогою коефіцієнта енергетичної цінності, який відноситься до маси сухих речовин ($E = G * CP * K$). На виході необхідно отримати корм із заданим вмістом сухих речовин (CP_4) та енергетичною цінністю (K_4). В той же час, у змішувачі потрібно підтримувати заданий рівень корму (h).

Розділ 2.2 призначений визначенню передатної функції об'єкта керування. Шляхом дослідження матеріальних потоків під час змішування компонентів комбікорму використовується імітаційна модель в середовищі MathLab. Ця модель дозволяє отримати графіки перехідних процесів у об'єкті керування та визначити коефіцієнти передатної функції об'єкта.

У розділі 2.3 розглядається розробка функціональної схеми автоматизації. Система включає завантажувальні бункери, розпушувач, молоткову дробарку, дозуючий бункер, бункер з добавками та ваговий модуль. Датчики витрат та

рівня передають сигнали до контролера, який керує виконавчими механізмами, такими як заслінки та сервоприводи, для регулювання потоків матеріалів. Система також включає сигналізатори рівня та витратоміри для контролю та вимірювання процесу змішування компонентів комбікорму.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

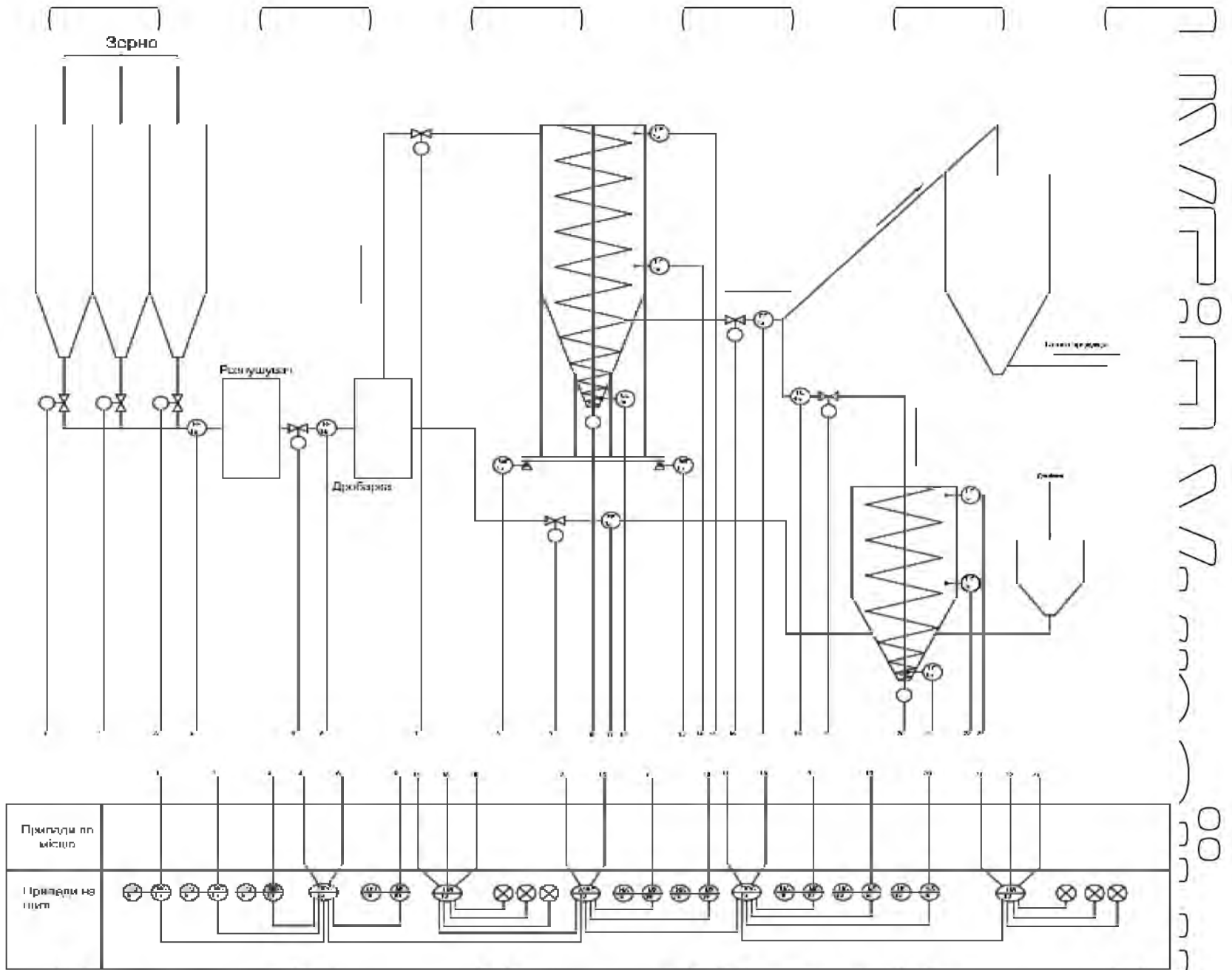


Рис. 2.7 – Функціональна схема автоматизації виробництва комбікорму

3. ВИБІР РЕГУЛЯТОРА І ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАННЯ

НУБІП Україна

3.1. Вибір елемента зворотного зв'язку системи керування

НУБІП Україна

У системі керування ваговим обладнанням для зважування корму в бункері використовуються тензодатчики серії М, зокрема тензорезисторний датчик М50. Ці тензодатчики мають мембранну конструкцію, що дозволяє їх легко вбудовувати у вагове обладнання та забезпечує високу надійність. Вони працюють в різних температурних умовах і підходять для зважування маси корму. Тензодатчики серії М мають широкий діапазон навантажень від 500 кг

до 50 тонн.

Датчики серії М

НУБІП Україна

3.2. Вибір регулюючого органу і виконавчого механізму

НУБІП Україна

Регулюючий орган (РО) є важливим компонентом системи керування, який безпосередньо впливає на об'єкт керування і визначає його працездатність та якість керування.

Регулюючі органи характеризуються трьома основними показниками, що визначають їх якість та ефективність:

НУБІП Україна

Пропускна здатність (K_u) - вимірює, наскільки вільно регулюючий орган пропускає потік речовини.

Пропускна характеристика - це залежність між пропускною здатністю (K_u) та переміщенням затвора при постійному перепаді тиску. Існують внутрішня та ідеальна пропускну характеристики.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

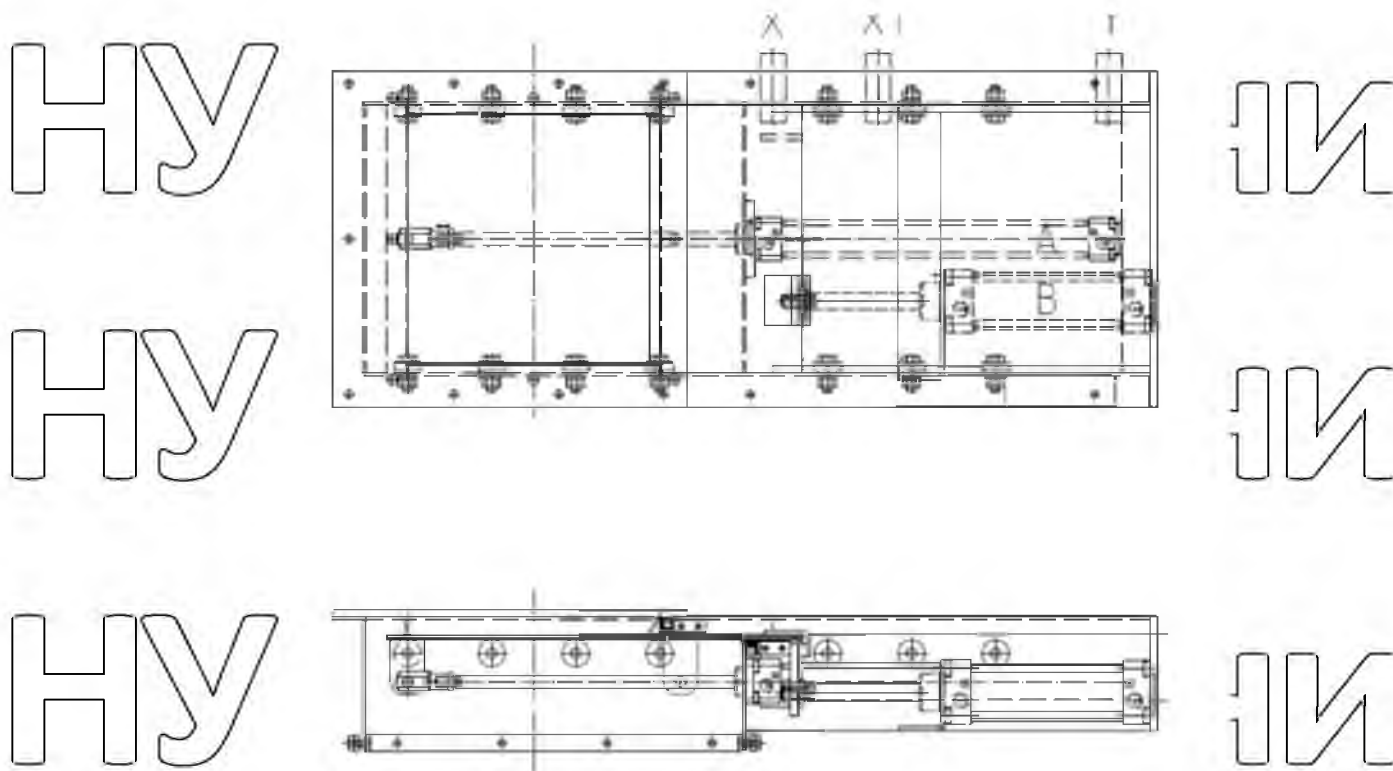


Рис. 3.7 – Задвижка у виконанні для дозування

У цьому виконанні задвижка має три позиції з керуванням від двох пневмоциліндрів. У позиції повного відкриття задвижка випускає продукт до бункеру дозатора або до змішувача. При досягненні приблизно необхідної кількості вивантаження продукту, задвижка переміщується в позицію малого вивантаження - тонкого дозування. При досягненні необхідної кількості продукту, задвижка переміщується в позицію повного закриття. Усі позиції контролюються кінцевими вимикачами IFM/115320.

Виконавчий механізм (ВМ) - це пристрій автоматички, який діє безпосередньо або через погоджуючі елементи на РО об'єкта керування. ВМ є частиною системи автоматичного регулювання та призначений для відпрацювання управляючого сигналу, що формується управляючими елементами автоматички. Це дозволяє зменшити відхилення регулюючої величини від заданого значення. Виконавчі механізми, що з'єднані безпосередньо з регулюючими органами, переміщують їх відповідно до сигналу, що надходить від пристрою, що формує закон регулювання.

До ВМ пред'являють такі вимоги:

- здатність розвивати необхідне переставне зусилля або момент, достатні для перестановки РО об'єкта;
- забезпечення перестановки РО на потрібну величину;

- забезпечення потрібної швидкості та прискорення переміщення РО;
- високі техніко-економічні показники, такі як надійність, ціна тощо.

Вибір ВМ залежить в

ід величини обертового моменту, необхідного для переміщення РО

У цьому виконанні задвижка має три позиції з керуванням від двох пневмоциліндрів. У позиції повного відкриття задвижка випускає продукт до

бункера дзатора або до змішувача. При досягненні приблизно необхідної

кількості вивантаження продукту, задвижка переміщується в позицію малого

вивантаження - тонкого дозування. При досягненні необхідної кількості

продукту, задвижка переміщується в позицію повного закриття. Усі позиції контролюються кінцевими вимикачами IFM 115320.

Виконавчий механізм (ВМ) - це пристрій автоматики, який діє безпосередньо

або через його ключові елементи на РО об'єкта керування. ВМ є частиною

системи автоматичного регулювання та призначений для відпрацювання

управляючого сигналу, що формується управляючими елементами автоматики.

Це дозволяє зменшити відхилення регулюючої величини від заданого значення.

Виконавчі механізми, що з'єднані безпосередньо з регулюючими органами,

переміщують їх відповідно до сигналу, що надходить від пристрою, що формує

закон регулювання.

До ВМ пред'являють такі вимоги:

- здатність розвивати необхідне переставне зусилля або момент, достатні для перестановки РО об'єкта;
- забезпечення перестановки РО на потрібну величину;
- забезпечення потрібної швидкості та прискорення переміщення РО;
- високі техніко-економічні показники, такі як надійність, ціна тощо.

Вибір ВМ залежить в

ід величини обертового моменту, необхідного для переміщення РО

$$M_z = k \cdot (M_p + M_m),$$

Де M_p - реактивний момент:

$$M_p = 0.07 \cdot D_\gamma^3 = 0.07 \cdot (200 \cdot 10^{-3})^3 \approx 0.0006 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_m = 0.785 \cdot D_\gamma^2 \cdot r_m \cdot \lambda = 0.785 \cdot (200 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.15 \approx 0.00005 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_z = 2 \cdot (0.0006 + 0.00005) = 0.0013 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент обертання валу обраного ВМ має бути більшим за момент, необхідний для обертання заслінки: $M_n > M_z$.

Ми обрали у якості ВМ: МЭО-16/160-0,63-И90К У2 (рис. 3.7),
характеристики зазначені в табл. 3.3:

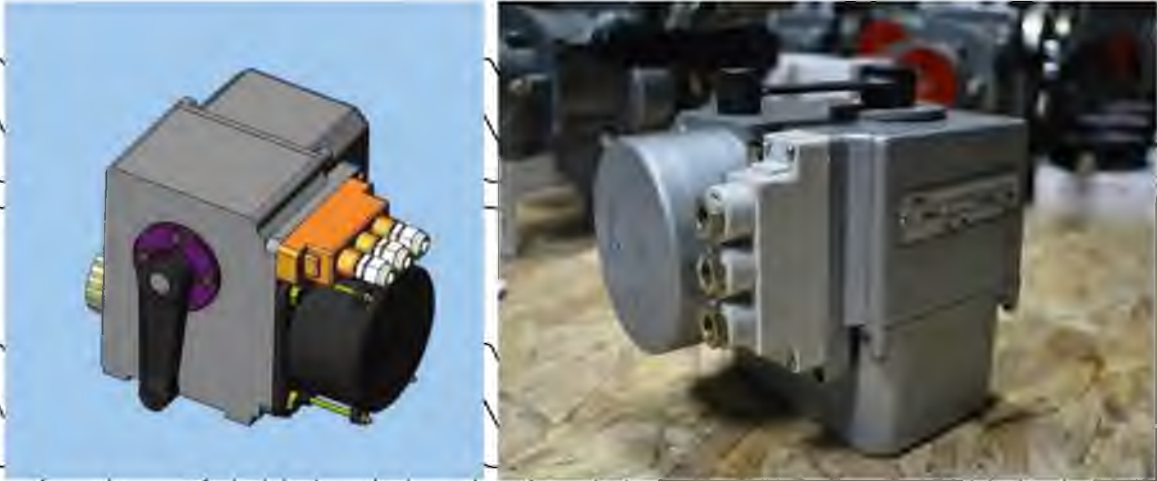


Рис.3.7 - Виконавчий механізм електричний ричажний МЭО-16

Передажна функція ВМ МЭО-16:

$$W_{\text{ВМ}}(s) = \frac{k_{\text{ВМ}}}{s}$$

$$k_{\text{ВМ}} = \frac{227}{160} = 1,41 \text{ град/сек}$$

$$W_{\text{ВМ}}(s) = \frac{1,41}{s}$$

На сьогоднішній день існує багато різних систем та пристроїв для керування об'єктами управління, обробки і передачі інформації. Серед численних виробників на українському ринку виділяється компанія ОВЕН, яка спеціалізується на виробництві автоматизаційних систем для різних сфер діяльності і пропонує широкий вибір апаратних та програмних рішень для вирішення таких завдань.

Один з пристроїв компанії ОВЕН - це сигналізатор рівня рідких і сипучих середовищ з дистанційним керуванням, відомий як САУ М7Е (зображений на рис. 3.2). Цей прилад призначений для контролю рівня рідких або сипучих матеріалів у резервуарі. Він може використовуватись для керування заповненням, випорожненням або підтриманням рівня в опалювальних котлах, водонапірних вежах, зерносховищах та інших об'єктах. Прилад доступний у двох типах корпусу: настінному (Н) і щитовому (Щ1). Характеристики приладу наведені в таблиці 3.1.

Функціональні можливості приладу включають

- контроль рівня рідких або сипучих матеріалів за допомогою трьох датчиків;
- можливість підключення різноманітних датчиків рівня, таких як кондуктометричні, поплавкові, безконтактні вимикачі та інші;
- режим роботи в заповненні або опорожненні резервуара, можливість керування електроприводом виконавчого механізму (насоса, транспортера, електромагнітного клапана тощо) вручну або автоматично;
- сигналізацію про аварійне переповнення або виснаження резервуара;
- сумісність з різними рідкими електропровідними середовищами, такими як питна вода, забруднена вода, молоко та харчові продукти (наприклад, слабосмет, дужні тощо).



Рис. 3.2 – Стабілізатор рівня ОВЕН САУ-М7Е

Таблиця 3.1. Характеристики стабілізатору рівня ОВЕН САУ-М7Е

ОВЕН TRM200 - це прилад від компанії ОВЕН, який є двоканальним вимірювачем з інтерфейсом RS-485. Він призначений для вимірювання різних фізичних параметрів, таких як температура, рівень, тиск, вологість, вага і інші, в залежності від підключених датчиків. Прилад ОВЕН TRM200 широко використовується в холодильних установках, сушильних шафах, печах, пастеризаторах та іншому технологічному обладнанні.

Прилад доступний у трьох типах корпусів: настінному (Н) і щитових (Щ1, Щ2). Характеристики приладу можна знайти в таблиці 3.2.



Рис. 3.3 Вимірювальний прилад ОВЕН TRM200

Функціональні можливості вимірювача ОВЕН TRM200 включають:

- Два універсальних входи для підключення різноманітних датчиків, які вимірюють температуру, тиск, рівень та інші фізичні параметри. Ці входи забезпечують можливість використання датчиків різних типів.
- Функції цифрової фільтрації та корекції вхідного сигналу, а також можливість масштабування шкали для аналогового входу.
- Обчислення різниці між вимірюваними величинами.
- Індикація поточних значень вимірюваних величин та їх різниці за допомогою двох вбудованих 4-всхідних світлодіодних цифрових індикаторів.
- Обчислення та індикація квадратного кореня з вимірюваної величини, наприклад, для вимірювання миттєвої витрати.
- Вбудований інтерфейс RS-485 з підтримкою протоколів ОВЕН і Modbus ASCII/RTU.
- Різні рівні захисту налаштувань приладу для різних груп фахівців.
- Конфігурування вимірювача-регулятора можливе з використанням ПК або лицьової панелі приладу.

Таблиця 3.2 Технічні характеристики приладу ОВЕН ТРМ200

В нашому випадку використаємо аналого-цифровий перетворювач (АЦП), враховуючи межі зміни ваги корму сушильного агента (1...+240 кг) та необхідну точність $\Delta=1$ кг.

Кількість дискретних рівнів АЦП визначається за формулою

$$N = \frac{X_{Bmax} - X_{Bmin}}{\Delta} = \frac{240 - 1}{1} = 239. \quad (3.47)$$

Р розрядність АЦП за формулою

$$n = [\log_2 N]^+, \quad (3.48)$$

де $[\dots]^+$ – найбільше ціле, яке більше або дорівнює аргументу.

$$n = [\log_2 100]^+ = 7.$$

Розрахуємо коефіцієнт масштабування за допомогою пакету MathCAD, враховуючи діапазон кодів АЦП (0...250).

$$\begin{aligned} \text{Каср} &:= 1 & \text{Васр} &:= 1 \\ \text{given} \end{aligned}$$

$$\text{Каср} \cdot 0 + \text{Васр} = 0$$

$$\text{Каср} \cdot 100 + \text{Васр} = 250$$

$$\begin{pmatrix} \text{Каср} \\ \text{Васр} \end{pmatrix} := \text{Find}(\text{Каср}, \text{Васр}) \quad \text{Каср} = 2,5 \quad \text{Васр} = 0$$

Таким чином, залежність коду АЦП від ваги матиме вигляд

$$X_{AOI} = 2,5 \cdot P, \quad (3.49)$$

де P – вага об'єкта.

3.4 Розробка електричної принципової схеми

Виконавчі механізми (ВМ) підключені до трьохфазної мережі живлення з напругою 380-400 В. Коло керування отримує живлення з третьої фази мережі L31 та захищене автоматичним вимикачем типу a9f79116 16А. Напруга 24В надходить від блока живлення 220/24В.

При ручному (налагоджувальному) режимі керування:

- Вмикаємо автоматичний вимикач 2.1-QF1, що замикає додатковий контакт 2.1-QF1-1 живлення подається до схеми керування двигуном, а також замикається котушка контактора 2.1-KM1 та живлення до силової частини частотного перетворювача 2.1-A1.
- При встановленому перемикачі 2.1-SA в положенні 1 (Ручний режим, точки 13-14), натискаємо кнопку "Пуск" 2.1-SB4. Це призводить до подачі живлення на котушку реле KV1, яке активує контакт KV1.2 для запуску частотного перетворювача. Частоту можна регулювати за допомогою інтерфейсного перемикача або резисторного блоку R1, встановленого на щиті керування MCC1.2.
- Для зупинки ланцюгового конвеєра, необхідно натиснути одну з кнопок "Стоп" 2.1-SB2 (розташована в кінці конвеєра) або 2.1-SB3 на кнопковій панелі.

У автоматичному режимі керування:

- Вмикаємо автоматичний вимикач 2.1-QF1, що замикає додатковий контакт 2.1-QF1 та живлення подається до схеми керування двигуном, а також замикається котушка контактора 2.1-KM1 і живлення до силової частини частотного перетворювача 2.

Regenerate response
Continue generating

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (4.8)$$

де Q – реактивна потужність двигуна:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.9)$$

$$\cos \varphi = 0,87 \rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 0,5667$$

$$Q = 7,5 \cdot 0,5667 = 4,25 \text{ кВАр}.$$

За формулою (8) обчислимо повну потужність двигуна:

$$S_{\text{ном.ДВ}} = \sqrt{7,5^2 + 4,25^2} = 8,62 \text{ кВА}.$$

Визначимо номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{ном.ДВ}} = \frac{P_{\text{ном.ДВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}, \quad (4.10)$$

$$I_{\text{ном.дв}} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,92} = 14,25 \text{ А.}$$

Приймаємо для установки частотний перетворювач типу ПЧВ-101 виробництва корпорації ОВЕН [6], параметри якого наведені в табл.4.4.

Даний перетворювач частоти повністю відповідає нашим вимогам.
Даний перетворювач частоти повністю відповідає нашим вимогам.

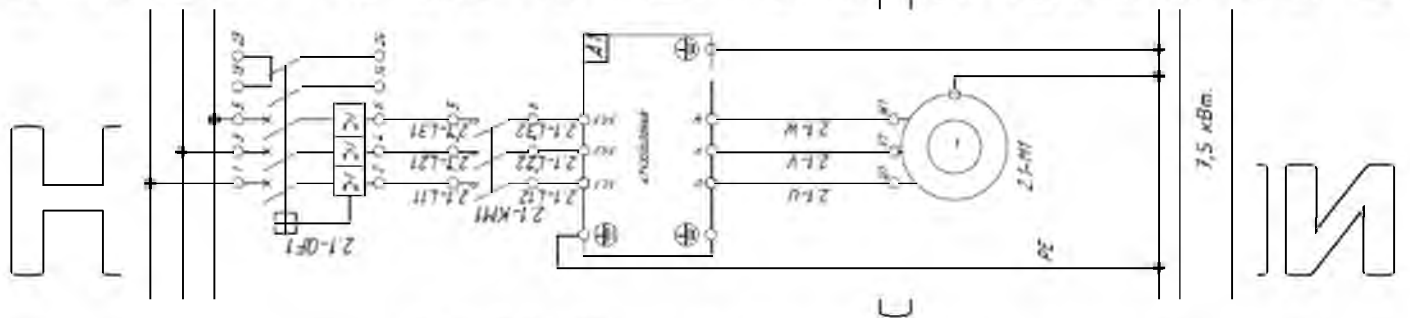


Рис. 3.4 – Схема підключення силових ланцюгів

Вибір силових кабелів
Згідно [2], для силових кабелів з гумової й пластмасовою ізоляцією товщина ізоляції жил перетином 1-240 мм² на напругу 0,4 кВ прийнята рівною

$t = 0,2,4 \text{ мм}$ залежно від перетину жил. Товщина екрану лежить у межах 0,3 - 0,9 мм. Згідно з [3, табл. 1.12] приймаємо товщину для ізоляції провідів на номінальну змінну напругу від 220 до 400 і зводимо до таблиці 4.6.

Вибір перетину кабелю, розрахований на струм двигуна М1
 $S_{\text{п,дв}} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ мм}^2$, приймаємо 4 мм^2 ,

$S_{\text{п,св}} = \frac{7,5}{3,5} = 2,15 \text{ мм}^2$, приймаємо найближче номінальне значення $2,5 \text{ мм}^2$

НУБІП України

Для забезпечення високої надійності рекомендується вибирати мідні жили. Приймаємо кабель силовий гнучкий з мідними жилами екранований ВВГФнг (4x4+1x2,5).

Для забезпечення довговічності електричного приймача необхідно правильно вибрати пуско-захисну апаратуру для керування силовими колами. Вибір апаратури здійснюється з урахуванням напруги, виду струму, кліматичних умов, відповідності технологічним вимогам та іншим параметрам. Також потрібно враховувати характер і режим роботи електроприймачів.

Згідно з принциповою електричною схемою керування обирається пускова та захисна апаратура. Для захисту горизонтального транспортера від струмів короткого замикання обирається автоматичний вимикач серії GV2ME20 з комбінованим розчіплювачем (електромагнітний і тепловий) з номінальним струмом не менше 14,2 А. Пускачем обирається магнітний пускач LC1D18M7.

Для захисту керуючого кола від струмів короткого замикання встановлюється автоматичний вимикач Acti 9 A9F79116, призначений для напруги 220 В з максимальним струмом витрати 16 А. Теплове реле для захисту електродвигуна не потрібно, оскільки в автоматичному вимикачі GV2ME20 вже встановлено тепловий розчіплювач зі значенням 18 А, відповідно до стандарту IEC 60947-4-1. Розрахунок пуско-захисної апаратури для інших випадків проводиться аналогічно. Результати розрахунків заносяться до розрахунково-монтажної таблиці.

Також виконується розрахунок та вибір силової електропроводки для подачі електроенергії до споживачів. Залежно від технічних вимог та правил безпеки встановлюється марка проводу,

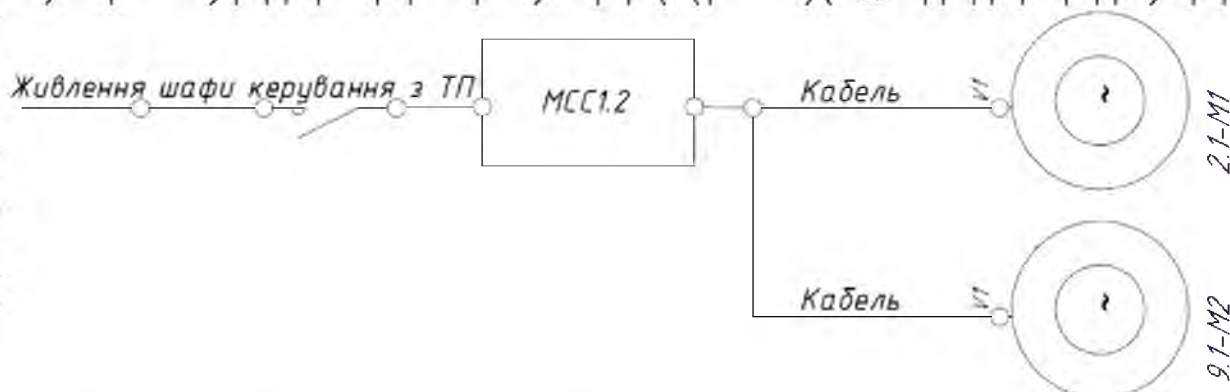


Рис. 3.5 Загальна схема підключення споживачів до мережі

НУБІП України

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті проведеної роботи була розроблена комп'ютерно-інтегрована система керування виробництвом комбікорму.

Розроблена система керування здійснює контроль:

- ваги бункера-дозатора та бункера-змішувача,
- стану задвижок змішувача й дозатора;
- часу змішування компонентів комбікорму;

Система формує сигнали:

- керування двигунами конвеєрів ланцюгових;
- змішувача та розпушувача,
- управління задвижками дозатора та змішувача

Похибка при дозуванні компонентів комбікормів не більше 3%;

Максимальна віддаленість точки встановлення виконавчого механізму від диспетчерського пункту - 50 м.

Впровадження дослідженої системи дозволить підвищити точність дозування компонентів комбікорму. При цьому збільшиться продуктивність технологічної лінії виробництва комбікорму. Також значно покращиться якість готової суміші внаслідок більш точного дотримання рецептури та вимог технологів при виробництві комбікорму.

Розроблено дворівневу комп'ютерно-інтегровану автоматизовану систему управління (ІАСУ) такими процесами, як дозування та змішування. Система дає можливість спостерігати за ходом процесу, отримувати графіки, зберігати дані. Також є зв'язок СКАДА-системи Master Scada з базою даних SQL, що дозволяє передавати рецепт комбікорму з бази даних SQL .

З використанням «хмарних технологій» з'явилася можливість спостерігання за процесом з мобільного додатку зі смартфона або планшета.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

НУБІП України

Додаток А

Визначення періоду квантування за теоремою Котельникова

Період квантування знаходимо за теоремою Котельникова за допомогою амплітудно - частотної (АЧХ) замкненої неперервної частини системи при похибці 1% , використовуючи ППП MathCAD.

$$W := 0,0001 \dots 1$$

$$W_p(w) := \frac{5}{200 \cdot j \cdot w + 1} e^{-50 \cdot j \cdot w} \quad |s| = \sqrt{-1}$$

$$w := |$$

Given

$$|W_p(w)| = 0.01$$

$$f(w) := \text{Find}(w)$$

$$w = 2.5 \quad \pi := 3,14$$

$$T_k := \frac{\pi}{w}$$

$$T_k = 1.256$$

$$w := 0,00001 \dots 0.4$$

$$A_p(w) := |W_p(w)|$$

$$A_p(0.308) = 0.081$$

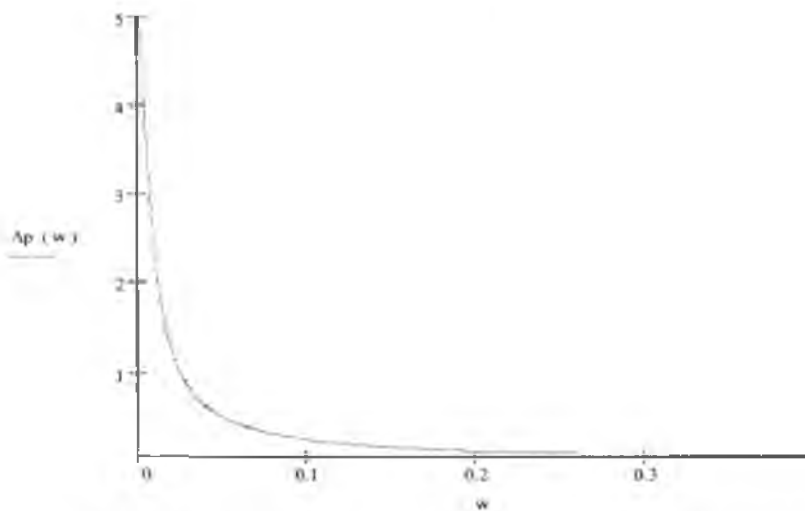


Рис. 3.7 АЧХ замкненої неперервної частини системи.

Отже, період квантування приймаємо $T_k=1$ с. Постійна часу об'єкта керування (дозатору), визначена при моделюванні, дорівнює 200 секунд.

Визначений період квантування значно менше, ніж постійна часу дозатору ($T_k \ll T_{ок}$).

Таким чином, є можливість використання для нашої нелінійної системи методів оцінки САК для лінійних систем.

НУБІП | УКРАЇНИ

НУБІП | УКРАЇНИ Додаток Д
Електричні схеми

НУБІП | УКРАЇНИ

НУБІП | УКРАЇНИ

НУБІП | УКРАЇНИ

НУБІП | УКРАЇНИ



Рис. Д1 – Схема електрична принципова

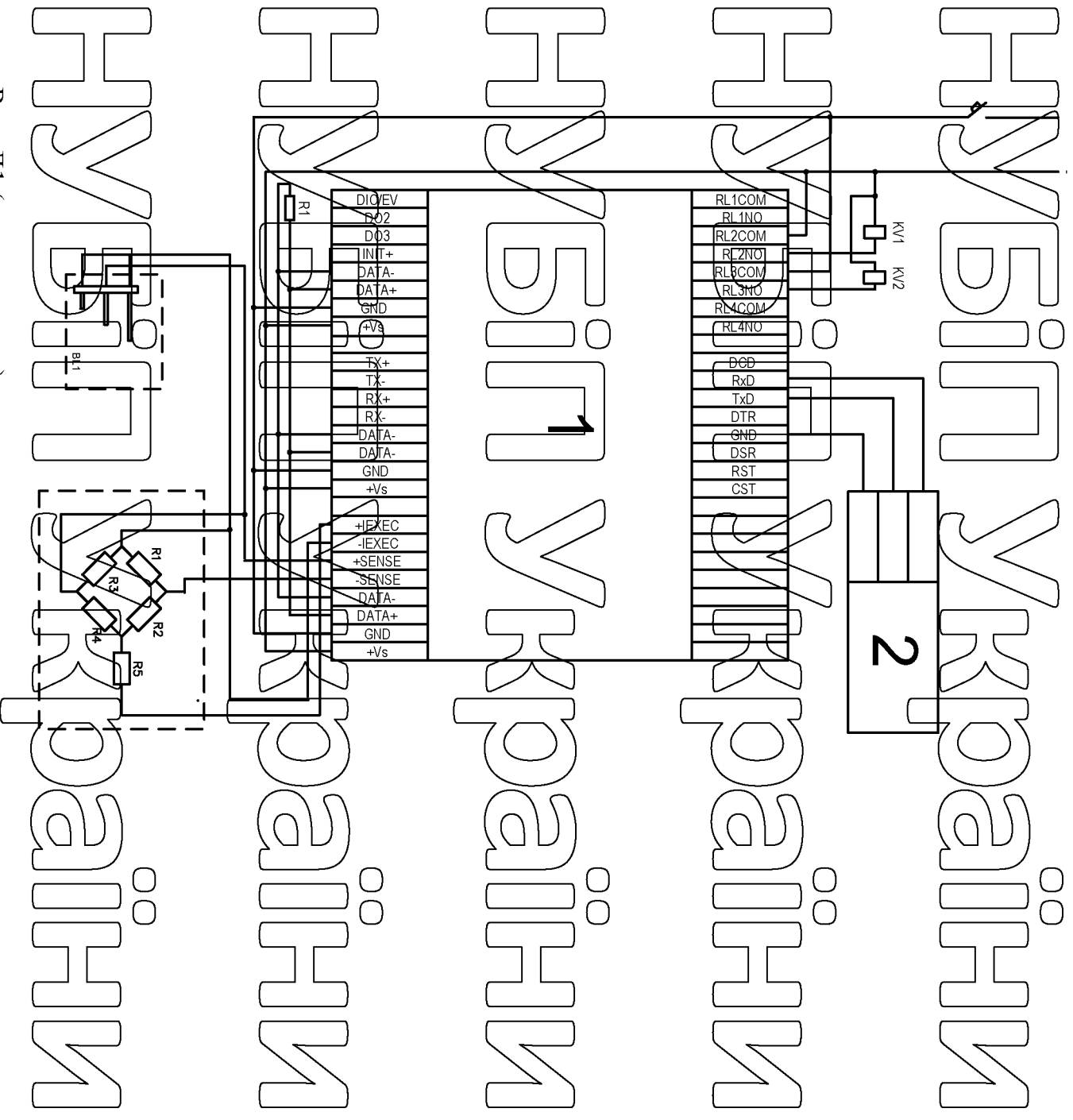


Рис. Д1 (продовження)

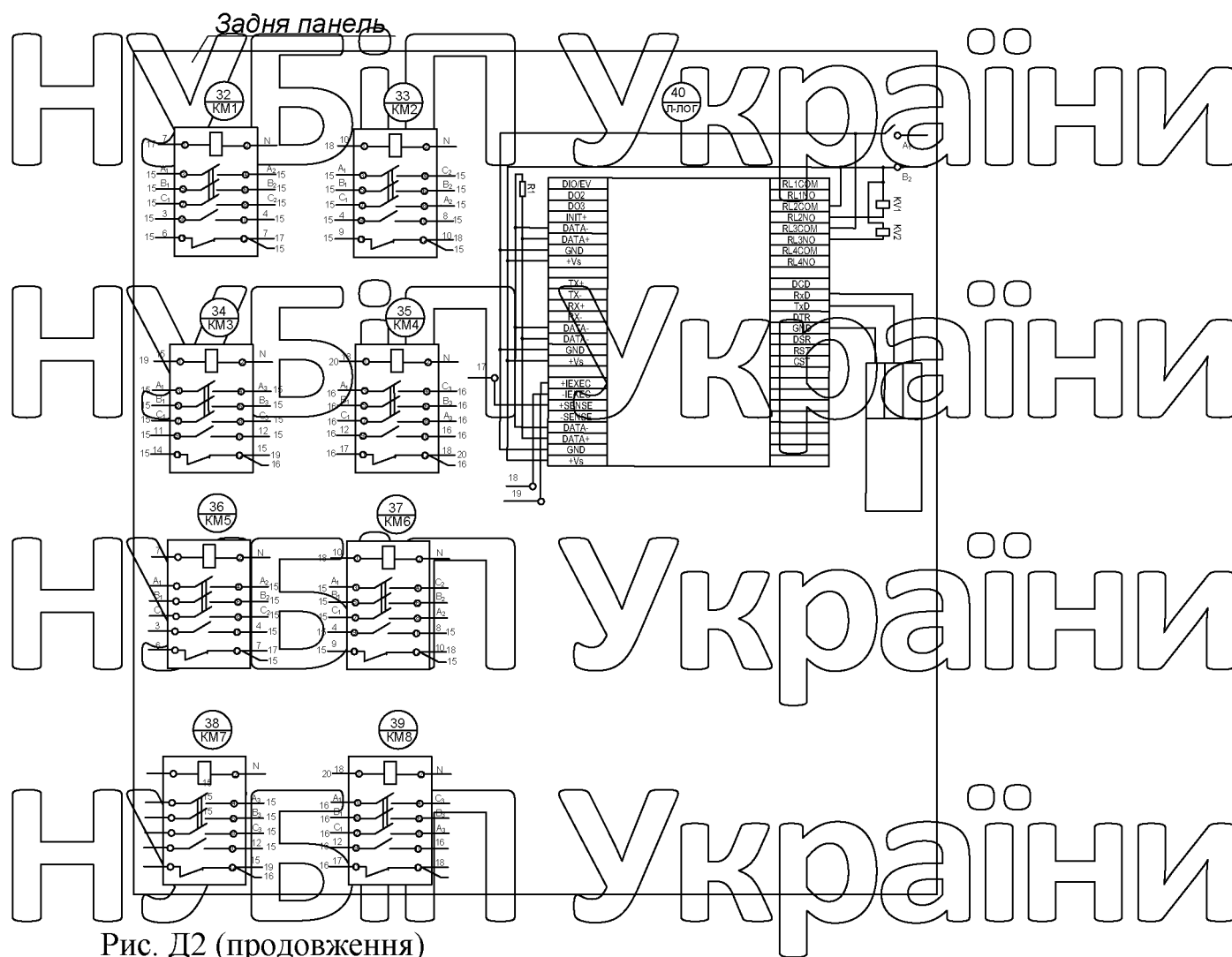
НУБІП УКРАЇНИ
 НУБІП УКРАЇНИ
 НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця Д1 – Специфікація електричної принципової схеми

Познч. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
КМ1-7- КМ8-1	Пускач Електромагнітний ПМА-6100	8	
QF1	Вимикач автоматичний АЕ 2046М-10Р-00УЗ-Б	1	$I_n = 25 \text{ A}$
QF2-QF9	Вимикач автоматичний АЕ2046М-10Р-20УЗ-Б	8	$I_n = 1,6 \text{ A}$
КМ1-КМ8	Пускач електромагнітний ПМЛ-1160ДМ	8	
КК1-КК8	Електротеплове реле РТИ-1306	8	
SB1-SB16	Вимикач кнопочний ВК-1421	16	
2	Асеп Аспіге С20-720	1	
1	Програмно-логічний контролер SHNIDER MODICON M340	1	
HL1-HL4	Лампа сигнальна СКЛ-16.2 А-3М-220	4	Зелена
М1-М8	Електродвигун ДИРП80А6У2 0,37 кВт	8	
A4	Стабілізатор рівня ОВЕН САУ-М7Е	1	
R1-R5	Мостовий тензодатчик М50	5	
BL1	Датчик рівня ДКЕ	1	



Рис. Д2 — Схема з'єднань електрична



Таблиця Д2 – Специфікація схеми з'єднань

Позич. Познач.	Найменування	К-ть	Примітка
1-9	Автоматичний вимикач	1	
10	Запобіжник	1	
11-26	Вимикач кнопочний	1	
27-29	Сигнальні лампи	1	
30-31	Клемна збірка	1	
32-39	Контактні реле	1	
40	ПЛК Modicom 340	1	

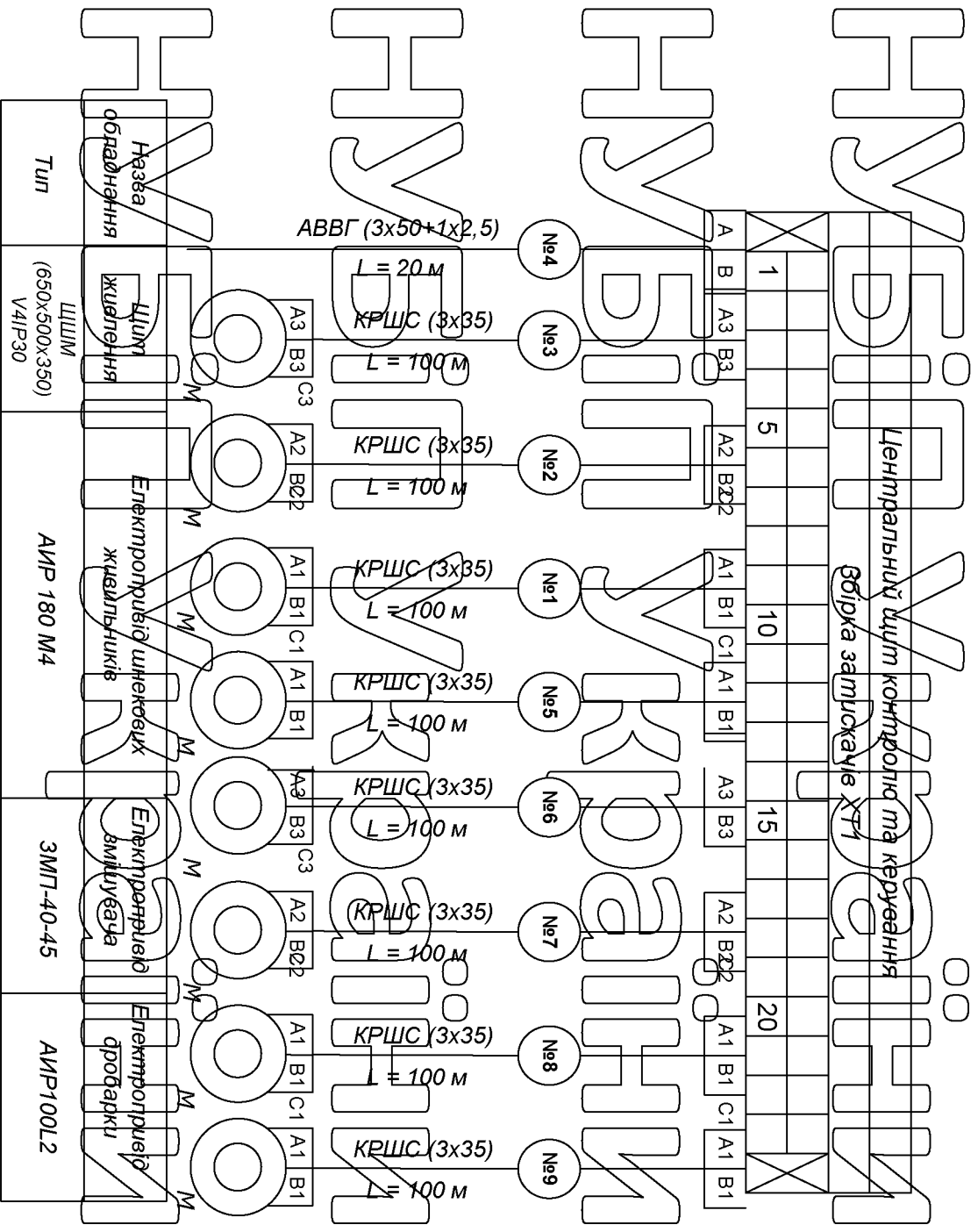


Рис. 13 - Схема електрична підключень

НУБІГ УКРАЇНИ

НУБІГ УКРАЇНИ

НУБІГ УКРАЇНИ