МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

Синєглазов Віктор Михайлович
"_____"_____2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ "МАГІСТР"

Тема: «Система управління електроприводом транспортера вагового дозатора»

Виконав: Качан А.В.

Керівник: професор Мухіна М.П.

Консультант розділу
«Охорона навколишнього середовища»: Гай А.Є.

Консультант розділу «Охорона праці»: Козлітін О.О.

Нормоконтролер: доцент Туріцин М.Ф.

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра авіаційних комп'ютерно- інтегрованих комплексів

Освітній ступінь: магістр
Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
Освітньо-професійна програма "Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Синєглазов В.М.
" ____ " _____2021 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання дипломної роботи студента
Качана Андрія Васильовича

1. Тема проекту (роботи): "Система управління електроприводом транспортера вагового дозатора "

2. Термін виконання проекту (роботи): з _____ 2021 р. до _____2021 р.

3. Вихідні данні до проекту (роботи): Орієнтуватися на мініатюрні БПЛА.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1.Вступ. 2.Існуючі підходи до автоматизації роботи вагових дозаторів.

3.Структура системи керування транспортером вагового дозатора. 4.Підходи до керування електроприводами з асинхронними двигунами. 5.Дослідження роботи системи керування.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

1.Різновиди вагових дозаторів. 2.Окремі складові частини системи. 3.Структура електропривода зі скалярним керуванням швидкістю. 4.Віртуальна модель системи керування дозатором. 5. Результати дослідження роботи системи керування дозатором.

6.Календарний план графік

Етапи виконання дипломної роботи	Терміни виконання	Примітка
1. Підбір літератури	01.10.2021 – 10.10.2021	
2. Технічне завдання. Вступ	11.10.2021 – 18.10.2021	

3. Підходи до керування електроприводами з асинхронними двигунами.	18.10.2021 – 28.10.2021	
4. Підходи до керування електропривода з асинхронними двигунами.	28.10.2021 – 11.11.2021	
5. Дослідження роботи системи керування асинхронним двигуном.	11.11.2021 – 10.12.2021	
6. Охорона навколишнього середовища	11.12.2021-18.12.2021	
7. Охорона праці	19.12.2021-21.12.2021	
8. Висновки	21.12.2021-22.12.2021	

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.ф-м.н., Гай Анжела Євгенівна		
Охорона праці	Козлітін Олексій Олександрович		

Дата видачі завдання "_____"_____ 2021 р.

Керівник: _____ д.т.н, доц. Мухіна М.П.
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Качан А.В.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використання джерел, загальним обсягом робота складає 63 сторінки, має 15 рисунків, 1 таблицю. Список використаних джерел містить 17 найменувань і займає півтори сторінки.

Метою дипломної роботи є дослідити систему керування транспортером вагового дозатора, аналіз та вибір підходящого алгоритму керування асинхронними електроприводами.

В дипломній роботі було розглянуто структуру стрічкового дозатора та описано математичну модель процесів в асинхронному двигуні.

Результатом дипломної роботи є дослід, який показує, що стійкість асинхронного електроприводу можна підвищити результатом введення в систему управління коригувальних пристроїв, дія яких спрямована на компенсацію коливань, викликаних впливом внутрішніх перехресних зв'язків між змінними асинхронного двигуна.

Ключові слова: СТРІЧКОВІ ДОЗАТОРИ, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ…… 7

ВСТУП…… 8

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВАГОВИХ ДОЗАТОРІВ ТА ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДО ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ……. 10

1.1.Області використання вагових дозаторів…… 10

1.2. Методи дозування……. 11

1.2.1.Об’ємний метод……. 11

1.2.2 Ваговий метод……. 12

1.3. Види автоматичних дозаторів……. 13

1.3.1. Електро-тензометричні дозатори ……...…… 14

1.3.2. Багатокомпонентнті дозуючі установки…...……...16

1.3.3. Дозатори для безперервного дозування……...……21

1.3.3.1. Обємні дозатори безперервної дії……...……...26

1.4. Основні підходи до автоматизації стрічкових вагових дозаторів……..….33

РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТЕРОМ ВАГОВОГО ДОЗАТОРА……34

2.1. Опис структури та принципу роботи системи…….. 35

2.1.1.Принцип роботи стрічкового дозатора……**…….38**

2.2. Окремі складові частини системи…….. 40

2.2.1. Датчик швидкості……...40

2.2.2. Датчик сходу стрічки ДКСС-6320……41

2.2.3. Датчик наявності сипучого матеріалу ДПУ-10……...41

2.2.4. Датчик ваги Т50……..42

2.2.5.Перетворювач частоти SINAMICS V20……43
2.2.6. Програмований логічний контролер ADVANTECH APAX-5620KW…..44
РОЗДІЛ 3. ПІДХОДИ ДО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ З АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ……. 48
3.1. Загальна характеристика існуючих підходів до керування асинхронними двигунами……48
3.2. Вимоги до керування електроприводом транспортера та вибір підходящого алгоритму керування…….. 52
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ……. 55
4.1.Математичний опис дослідженої системи……..55
4.1.1. Математичний опис асинхронного двигуна……55
4.1.2. Математичний опис перетворювача частоти……..58
4.1.3. Математичний опис вимірювальних пристроїв та елементів керування.59
4.2. Результати досліджень……60
5.Охорона навколишнього середовища……61
6.Охорона праці……...66
ВИСНОВКИ……77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

НМ- нейронна мережа

АІН - автономного інвертора напруги

АІТ - автономного інвертора струму

ШІМ – широтноімпульсна модуляція

DTC - Direct Torque Control

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

ВСТУП

Ваговий дозатор – це пристрій, призначений для автоматичного дозування необхідної маси або обсягу сипучих твердих матеріалів, паст, рідин або газів. Ваговій дозатор використовується для зважування та дозування тих продуктів або матеріалів, які не можуть бути продані поштучно, наприклад цукор, крупи. Дозуючий пристрій може працювати з різними продуктами, будь то рідини, в'язкі, сипучі, великі чи дрібні матеріали. Зазвичай, ваговий дозатор є однією із складових частин фасувально-пакувального процесу виробництва. Дозування пристроєм може здійснюватися в залежності від ваги, кількості чи обсягу матеріалу.

Ваговий дозатор – автоматичний прилад, в лічені секунди здійснює зважування і видає точні порції продукт. Тому, головною характеристикою такого весоизмерительного пристрою є точність. Адже саме від неї залежить дозування, і, слідчо, витрати на виробництво продукції, що випускається і її якість.

Залежно від того, чи забезпечує дозатор видачу дози одного або декількох продуктів, розрізняють однокомпонентні і багатокомпонентні дозатори. Залежно від того, видаються ці дози одного або різним «споживачам» виділяють одноканальні і багатоканальні дозатори

Серед вагових дозаторів виділяють також дозатори співвідношення, які змінюють кількість компонентів в заданому процентному співвідношенні; Програмні дозатори можуть дозувати речовини в заданій тимчасової або логічної послідовності.

Кожен дозатор має блок управління, який називається вагодозуючий контролер. При цьому, найбільша ефективність використання дозатора досягається, якщо в якості керуючого пристрою використовувати Вагодозуючі контролер R 35.20. Такі регулятори дозволяють вести багатокомпонентне дозування за заданими програмами.

Основним критерієм для проведення класифікації дозаторів є принцип їх дії.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ВАГОВИХ ДОЗАТОРІВ ТА ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДЛЯ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В даному розділі розглядаються області використання та типи класифікації вагових дозаторів. Демонструються основні підходи до автоматизації стрічкових вагових дозаторів.

1.1Області використання вагових дозаторів.

Технічний прогрес вже давно зробив крок вперед, тому зараз є можливість використовувати різноманітну техніку і пристосування, які значно полегшують будь-яку діяльність людини. Наприклад, серед такого обладнання варто відзначити вагові дозатори, які просто незамінні на виробничих і промислових підприємствах.

Якщо необхідно відміряти матеріали або вироблені продукти в автоматичному режимі, то тут може допомогти саме ваговий дозатор. Він з легкістю дозує речовини і продукти, які після цього застосовуються в різних сумішах або упаковується. Зазвичай таке обладнання використовується для зважування сипучих, в'язких і рідких продуктів.

Подібна техніка являє собою відносно невелику машину, яка проста в монтажі і відрізняється нехитрій конструкцією. Зараз функціональність дозаторів значно зросла, адже можна не просто відміряти продукти, а й управляти їх порціями і витратою. На даний момент всі дозатори можна розділити на дві великі групи:

- Механічні;
- Автоматичні;

Механічні прилади для своєї роботи вимагають спеціальних вантажів, тому мають велику похибку. В автоматичних дозаторах похибка значно менше, тому вони найчастіше використовуються на заводах, підприємствах і фірмах.

1.2.Методи дозування

Сипучі і рідкі матеріали дозуються об'ємним або ваговим методом. При цьому зазвичай більш цінні матеріали дозуються по вазі, дешевші - за обсягом.

1.2.1 Об’ємний метод.

Дозуюче обладнання об'ємного принципу дії легке як по структурі, так і по експлуатації. Однак порівняно низька точність дозування на цьому обладнанні обмежує його застосування. Невисока точність дозування окремих матеріалів тягне за собою, як правило, значні відхилення в складі шихти і призводить до зниження якості готових виробів і перевитрати початкових матеріалів.

Внаслідок цього об'ємний метод застосовується рідше, особливо для значної кількості переробних матеріалів. Виняток становлять рідини і порошкові матеріали постійного гранулометричного складу.

При об'ємному дозуванні рідин може бути досягнута певна ідентичність і точність. Здатність заповнювати ємкості будь-якої форми, сталість об'ємної ваги, практична нестисливість рідин дозволяють використовувати об'ємні мірники в широких межах.

Тому в ряді технологічних процесів при дозуванні сипучих матеріалів ваговим методом необхідні за рецептурою добавки рідин виробляються за обсягом.

Задовільні результати при використанні об'ємного методу можна здобути при дозуванні також порошкоподібних речовин постійного гранулометричного складу, несхильних до грудкування і злежування.

Відмірювання встановлених доз матеріалу по об'ємному методу дозування в найпростіших випадках проводиться ємністю або мірниками. Об'ємні мірники перед застосуванням повинні бути протаровані і забезпечені чіткими і зручними для спостереження шкалами, що показують обсяг матеріалу. Градуювання шкал має відповідати точності дозування.

Співвідношення між вагою і об'ємом матеріалу визначається рівнянням:

$$P = \gamma \cdot \vartheta \qquad (1.1)$$

де Р - вага матеріалу в кг або т

ϑ - обсяг в л або м3 ;

γ - об’ємна вага матеріалу;

1.2.2. Ваговий метод.

Дозуванням матеріалів по вазі виходять більш точні результати, ніж дозуванням по об’єму. Дозування матеріалів ваговим методом може в принципі проводитися на звичайних вагах: платформних, настільних, лабораторно-технічних – в залежності від ваги заданих доз і інших умов процесу дозування.

При використанні товарних платформних ваг з вказівним приладом для дозування сипких матеріалів на платформі ваг встановлюється бункер необхідної ємності. Дозується матеріал надходить з бункера, вихідний отвір якого може перекриватися заслінкою. З бункером отвір з'єднується гнучкою манжетою. Відважена порція висипається через випускний рукав бункера. Таким чином, операції по піднесенню матеріалу і пересипання його в тару відпадають. Для виходу повітря з бункера є спеціальна труба.

Подібний пристрій точно фіксує та відвантажує задану дозу. Так, для прикладу, на дозаторі, побудованому з товарних ваг з граничним навантаженням 500 кг, доза матеріалу 200 кг легко може бути відважена з точністю до 200 г або з похибкою 0,1%.

Однак використання в якості дозаторів звичайних ваг, як правило, мало ефективно. Цей метод вимагає значного часу. Більш раціонально для вагового дозування в сталому технологічному процесі застосовувати спеціальні ваги, пристосовані до умов даного процесу. В даний час спеціальні дозатори ручної дії, напівавтоматичні та автоматичні широко застосовуються в самих різних виробництвах.

Механічні прилади для своєї роботи вимагають спеціальних вантажів, тому мають велику похибку. В автоматичних дозаторах похибка значно менше, тому вони майже повністю витіснили з ринку механічні дозатори.

1.3. Види автоматичних дозаторів

У зв'язку з автоматизацією виробничих процесів застосування автоматичних дозуючих пристроїв розвивається все більш широко. На підприємствах використовуються автоматичні дозатори, сконструйовані з урахуванням сучасних досягнень техніки. Класифікація існуючих автоматичних дозуючих пристроїв наведена в таблиці 1.

Автоматичні дозуючі пристрої		Об'ємні порційні				Вагові безперервної дії		Порційні безперервної дії	
з регулюванням подачі	з регулюванням обсягу	стрічкові	барабанні	шнекові	тарілчасті	зі змінними порціями	з постійними порціями	З регулюванням кількості матеріалу	З регулюванням швидкості подачі матеріалу

Таблиця1. Класифікація автоматичних дозуючих пристроїв

Як видно з таблиці, вагові автоматичні порційні дозатори поділяються: на дозатори постійної ваги дози і дозатори змінної ваги дози. У багатьох технологічних процесах при дозуванні матеріалів задана рецептура майже не піддається змінам, і призначені дози для певних матеріалів або залишаються

постійними або коливаються в межах 10-20%. Це дозволяє використовувати в практиці дозування так звані дозатори постійних порцій.

За своєю конструкцією такі дозатори являють собою автоматичні ваги, що працюють під дією сили тяжіння. Так як дозатори подібного типу не вимагають зовнішньої сили для відкривання і закривання затворів і роботи інших механізмів, то конструкція їх відносно проста, а це дозволяє досягти більш точного зважування та полегшити їх експлуатацію. Тому автоматичні дозатори безперервної дії останнім часом набули великого поширення.

1.3.1 **Електро-тензометричні дозатори**

Останнім часом в конструкції автоматичних дозаторів широке поширення набувають електро-тензометричні методи зважування. Отримані при цьому результати вимірів у виді електричних величин створюють значні переваги, дозволяючи проводити подальші перетворення цих величин, передавати показання приладів на відстань, а також застосовувати стандартні виконавчі механізми та прилади.

Суть цього методу зважування полягає в зміні омічного опору дротяного датчика під дією деформації дроту, спричиненої прикладеної навантаженням або в даному випадку вагою матеріалу.

Ці зміни після відповідних перетворень вимірюються приладами, шкали яких градуюються в вагових одиницях: кілограмах, тонах і т. Д.

Практично електро-тензометричні вагові пристрої складаються з трьох основних частин:

1. вагового «тензоелемента» з датчиками, що сприймає при зважуванні, що діють на ваги навантаження;
2. підсилювальної частини;

3. вказівного або записуючого обладнання, що фіксує результати зважування.

Основою вагового тензоелемента є дротяний датчик. Він складається з решітки і основи, зазвичай паперової.

Решітка тензодатчика виконується зазвичай з дроту діаметром 0,015 - 0,03 мм. Цей дріт має досить високу чутливість і близький до нуля температурний коефіцієнт опору.

Геометричні розміри датчиків визначаються в залежності від умов його застосування. База датчиків, що дорівнює довжині прямолінійних ділянок, змінюється в межах від 3 до 75 мм, ширина решітки від 10 до 0,03 мм, радіус закруглення від 0,1 до 0,3 мм. Найбільш споживані датчики з базою 20 мм.

У конструкціях вагових пристроїв чотири таких тензодатчика наклеюються на сталевий стрижень спеціальним клеєм - карбінольний, бакелітовим і ін. Місце під наклейку датчиків попередньо обробляється та зачищається. Датчики з'єднуються за схемою моста Уітсон. Сталевий стрижень з датчиками полягає в герметичний металевий кожух з висновком для проводів. Цей пристрій і являє собою ваговий тензоелемент, служить основною ланкою для пристрою електро-тензометричних дозаторів і ваг різних типів.

При роботі ваг, коли на тензоелемент починає діяти натуга від вантажу, що зважується, тензоелемент злегка деформується. Надійне з'єднання тензодатчика з тілом пружного стержня тензоелемента, дозволяє дроті датчика повністю повторювати деформації стрижня. При цьому в принципі тензоелемент може працювати як на розтяг, так і на стиск.

Внаслідок пружної деформації електричний опір датчика змінюється. Так як ці зміни дуже незначні, то застосовується попереднє посилення вихідних сигналів за допомогою електронних підсилювачів. Електричні імпульси

передаються далі на вимірювальну апаратуру, і результати зважування можуть бути прочитані за циферблатними вказівником безпосередньо в одиницях ваги або фіксуватися на іншому обладнанні для реєстрації.

Основною перевагою електротензометричних ваг є їх гнучкість в знятті показань. Візуальна складова цих проектів не пов'язана механічно. Приймальний пристрій підключено тільки проводами, тому установка може відбуватися на великі відстані.

Як показує досвід, електротензометричні ваги допускають дистанційну передачу показань без порушення нормальної їх роботи на відстані до 100 м. При цьому реєструючі прилади можуть встановлюватися в іншій будівлі, на іншому поверсі або на центральному пульті управління, що безумовно дуже зручно.

Передача показань може проводитися також одночасно в кілька точок або, навпаки, від ряду ваг результати зважувань можуть бути зосереджені в одному місці. Одночасно в точці зважування встановлюється віддалений рекордер. Пристрої можуть послідовно підключатися для запису результатів зважування до вагових приладів, розташованим в різних місцях підприємства.

1.3.2 Багатокомпонентні дозуючі установки

У найпростіших випадках організація процесу дозування може зводитися до дуже спрощених схем. Якщо, наприклад, потрібно дозування невеликого числа компонентів малими порціями без особливого обмеження часу для дозування, такий процес може бути виконано відважування матеріалів на звичайних вагах, або із застосуванням спеціальних дозаторів нескладної конструкції.

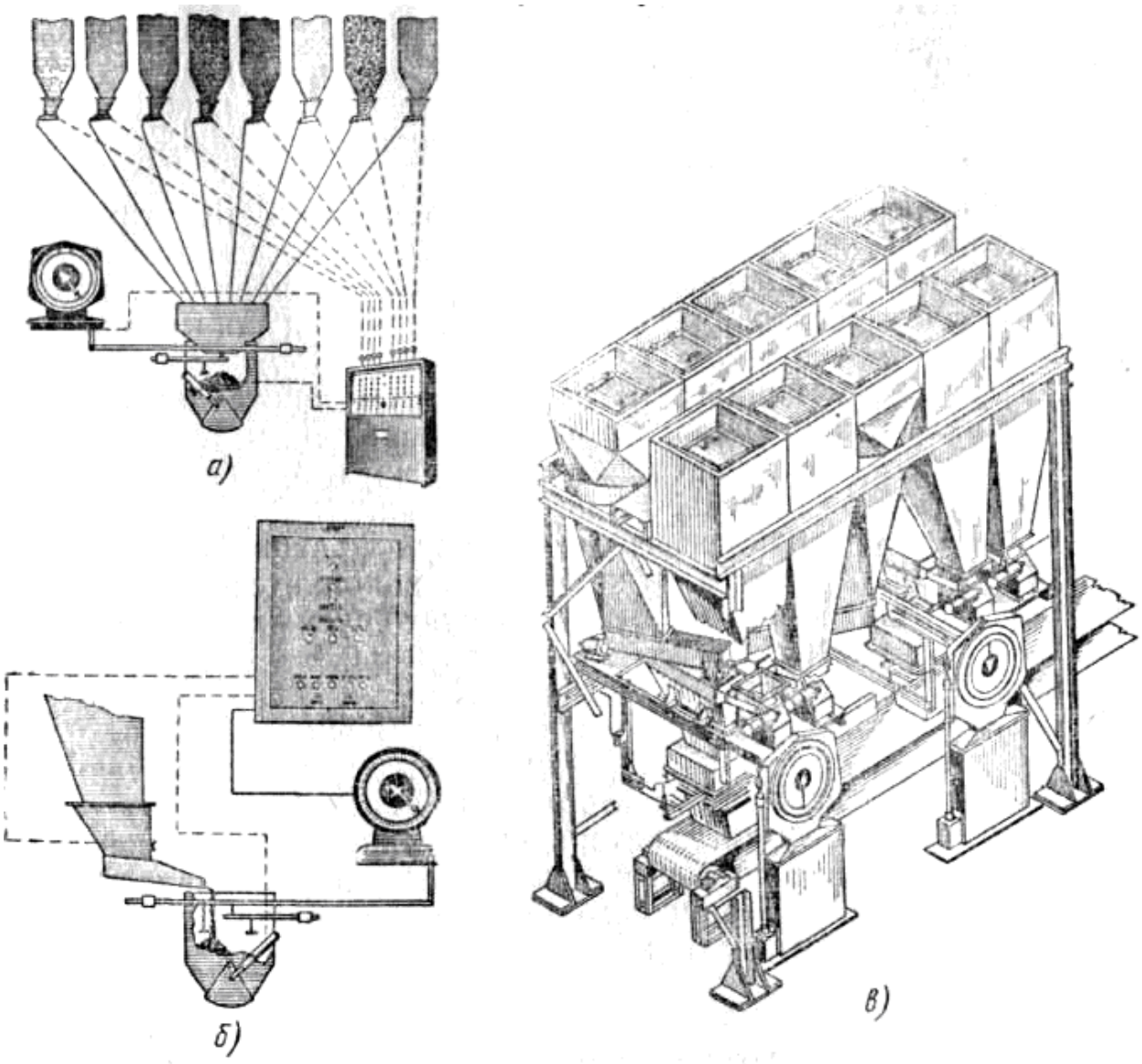

Рис.1.1 Схема багатокомпонентного дозування

Однак, повільне виконання роботи, значне число кваліфікованих працівників, необхідних для обслуговування, є незручностями подібної організації багатокомпонентного дозування і це призводить нерідко до перевитрати вихідних матеріалів і зайвої витрати коштів.

Тому в виробничих процесах, де застосовується систематичне дозування декількох різних матеріалів, раціонально застосовують багатокомпонентні дозуючі пристрої. Такі установки зазвичай максимально автоматизуються, причому робота обслуговуючого персоналу зводиться лише до спостереження за

роботою установки. Подібні багатокомпонентні системи застосовуються як для порційного, так і для безперервного дозування об'ємним або ваговим методами.

Багатокомпонентне дозування здійснюється за наступними технологічними схемами:

1. Для дозування всіх компонентів може застосовуватися один загальний дозатор (рисунок 2, а). При такій схемі зважування та спорожнення вагового бункера проводиться для кожного матеріалу окремо або застосовується послідовне зважування матеріалів з накопиченням їх у ваговому бункері з наступним висипанням відразу всього зваженого кількості. Останній метод швидше, але вимагає великої граничного навантаження ваг.

2. Для дозування кожного компонента встановлюється окремий спеціальний дозатор (рисунок 2, б). У цьому випадку матеріали знаходяться кожен в окремому бункері і можуть подаватися в дозатори одночасно, кожен своїм індивідуальним живильником.

3. Групова комбінована установка дозаторів (рисунок 2, в). При такій технології частину матеріалів відважують на одному дозаторі, а іншу частину - на другому і т.д. Можна установити для деяких компонентів окремих індивідуальних дозаторів. При цьому враховується, що, компоненти однієї суміші в різних кількостях, то доцільно мати дозатор великий граничного навантаження для роботи з великими кількостями дозованих матеріалів і менший дозатор для малих наважок.

Таким методом, краще забезпечується задана відповідність між вагою і точністю порції Вибір багатокомпонентного способу дозування залежить від конкретних умов виробничого процесу: кількості та характеристики компонентів, умови їх зберігання та транспортування, продуктивність установки.

Проте можна відзначити основні моменти при виборі схеми дозування. Перша схема - установка загального дозатора для всіх компонентів - є найбільш простою і економічною з точки зору витрат на обладнання і управління установкою.

До недоліків даних дозаторів відносяться великі їх габарити і власну вагу, що ускладнює маневрування з ними. Крім того, зростаюче граничне навантаження, яке в таких випадках є сумою граничних доз кожного матеріалу, ускладнює монтаж дозатора, викликаючи необхідність посилення відповідних конструкцій.

Застосування цієї схеми обмежується практичними труднощами, а саме розміщення великої кількості живильників над одним ваговим бункером. Як показує практика, розмістити над одним дозатором більше чотирьох живильників зазвичай важко.

До недоліків даного методу відноситься також тривалість загального циклу дозування, так як зважування матеріалів проводиться послідовно, одного за іншим і при великій кількості матеріалів забирає багато часу.

Все це обмежує застосування одного загального дозатора для багатокомпонентного дозування матеріалів.

При другому способі - установки індивідуального дозатора для кожного матеріалу - ці недоліки відпадають.

Застосовуючи блокування, можна подавати відважені дози в приймальний бункер або одночасно або по черзі.

Недоліком цієї схеми є необхідність в великої площі для розташування дозаторів, що веде до збільшення витрат.

Найбільш доцільно і економічно всі питання багатокомпонентного порційного дозування вирішуються при третьому варіанті - груповій установці дозаторів.

В цьому випадку дозатори можуть бути згруповані по граничним дозам і властивостями дозованих матеріалів, тим самим, забезпечуючи найбільш сприятливі умови для їх роботи.

Для деяких матеріалів, при необхідності може бути застосований об'ємний метод дозування - наприклад, для рідин.

1.3.3 Дозатори для безперервного дозування

Застосування того чи іншого типу автоматичного дозуючого пристрою в значній мірі залежить від характеру виробничого процесу, для якого цей пристрій призначається. Спосіб порційного дозування, при якому дози матеріалу відважуються через деякі проміжки часу, для багатьох безперервних технологічних процесів неприйнятний. У цих випадках порційне дозування замінюється безперервним.

Безперервні технологічні процеси стрімко розвиваються, що тягне за собою зростання популярності даного методу.

В автоматичному безперервному дозуванні подача дозуючого матеріалу відбувається без втручання людини, з великою точністю.

При цьому для дотримання безперервності процесу необхідно, щоб інтенсивність надходження матеріалу на дозатор дорівнювала швидкості руху стрічки цього дозатора. Інакше, через певний відрізок часу дозатор виявиться без матеріалу або, навпаки, матеріал накопичиться в надлишку, і буде заважати нормальній роботі дозатора.

Для забезпечення безперервного автоматичного дозування необхідна плавна і безперебійна подача матеріалу до дозатора в необхідній кількості.

Всі типи пристроїв для безперервного дозування матеріалів поділяються на об'ємні і вагові.

1.3.3.1. Об'ємні дозатори безперервної дії

Дозатори безперервної дії є одночасно і механічними живильниками, так як поряд з відмірюванням дози здійснюють автоматичну подачу матеріалу.

Шляхом вивірки їх продуктивності і забезпечення безперервності подачі матеріалу введенням в конструкцію живильників спеціальних регулюючих пристроїв, що дозволяють змінювати швидкість обертання робочих органів, такий живильник може використовуватися як об'ємний дозатор матеріалу.

Точність дозування об'ємних механічних дозаторів не може бути достатньо високою через наступні випадки.

Коливання числа обертів електродвигуна, а, отже, і зміни швидкості руху робочих органів живильника, мінливість в заповненні ємностей матеріалом, неточності моменту включення або виключення живильника - все це обумовлює значні похибки в подачі матеріалу.

Тому при об'ємному дозуванні для збереження ідентичності результатів необхідно при налаштуванні живильників ретельно перевіряти вагу дози на вагах. У процесі дозування слід періодично контролювати вагу окремих проб і в разі відхилення їх від заданого ваги негайно проводити відповідне регулювання живильника.

Об’ємні барабанні дозатори

Об'ємні дозатори барабанного типу зберігають задану продуктивність, якщо насипна вага матеріалу в ході дозування змінюється поступово.

У верхній частині дозатора над барабаном установлений ніж у вигляді металевої смужки. Він служить для того, щоб знімати частину продукту, яка

знаходиться вище країв барабана. Таким чином, ніж, сприяючи повному заповненню осередків барабана, разом з тим не пропускає зайвого матеріалу.

У верхній частині нерідко ставлять розпушувачі, що сприяють безперервному надходженню матеріалу в дозатор і повного заповнення його секцій або осередків. У нижній частині іноді розташовують клапан для відбору проб.

Дозатори барабанного типу широко застосовуються в ряді галузей промисловості, наприклад, при складанні комбікормів.

Продуктивність секторного барабанного дозатора можна визначити, знаючи видачу їм матеріалу за один оборот.

Остання визначається зі співвідношення:

$$v = 60 \cdot k \cdot F \cdot m \cdot l, м^3 \qquad (1.2)$$

де F - площа поперечного перерізу сектора в м^2;

l - довжина барабана по осі в м;

m - число секторів в барабані;

k - коефіцієнт заповнення.

Об'ємні шнекові дозатори

Шнекові об'ємні дозатори застосовуються в промисловості будівельних матеріалів для дозування матеріалів, які не бояться крошения, наприклад, меленої глини, шамоту, цементу, вапна, піску і т.п. Вони використовуються на керамічних і скляних заводах, а також в харчовій, хімічній промисловості і т.д. Продуктивність шнекового об'ємного дозатора визначається формулою:

$$v = 60 \cdot k \frac{\pi \cdot D^2}{4} s \cdot n, м^3 / ч \qquad (1.3)$$

де k - коефіцієнт заповнення;

s - крок в м;

n - число оборотів в хвилину

D - діаметр в м;

Коефіцієнт заповнення k залежить від діаметра гвинта шнека, кута нахилу гвинтової поверхні і роду дозується матеріалу. Для борошняних матеріалів k звичайно приймається рівним 0,25 - 0,35.

Слід зазначити, що практично коефіцієнт заповнення при будь-яких дозованих матеріалах коливається в досить значних межах. Тому продуктивність дозаторів зазвичай уточнюється дослідним шляхом.

Об'ємні тарілчасті дозатори

Об'ємні дозатори безперервної дії тарілчастого типу застосовуються в коксохімічному виробництві, харчовій, комбікормової промисловості. На деяких виробництвах застосовуються пересувні тарілчасті дозатори, які обслуговують ряд бункерів. Конструкція тарілчастих дозаторів дозволяє досить ретельно регулювати їх продуктивність.

Це досягається:

1. Зміною кількості обертів диска дозатора;
2. Зміною висоти кільцевої щілини між телескопом і диском;
3. Зміною положення ножа, що в свою чергу зменшує або збільшує кількість виданого в кінці продукту.

Випускний отвір бункера над тарілчастим живильником може бути за своїми розмірами значно більше, ніж над об'ємними дозаторами інших типів. Це сприяє більш рівномірному витікання матеріалу, попереджаючи утворення склепінь при продуктах з поганої сипкістю.

Для підвищення точності дозування на ряді заводів введені окремі удосконалення в конструкції тарілчастих дозаторів.

Так, в деяких випадках телескопи дозаторів обладнуються підшипниками шарикового типу. Це полегшує рух телескопа при його регулюванні та усуває можливі перекоси телескопа. В результаті забезпечується сталість роботи дозатора, так як краще дотримується однакову відстань від нижнього краю телескопа до поверхні диска в будь-якій точці.

Дозатор тарілчастого типу витримує задану продуктивність більш точно, ніж дозатори барабанного або стрічкового типу. При рівній площі вихідного перетину бункера тарілчасте дозатор дає меншу ширину потоку, що виходить матеріалу, ніж стрічковий. Це забезпечує можливість більш плавного регулювання продуктивності.

Точність роботи дозатора багато в чому залежить від справного стану його деталей і вузлів. При несправних телескопі і ножі, коли вони можуть змінювати своє положення, будуть відбуватися зміни в кількості матеріалу, що подається дозатором. Буксування або зміна кількості оборотів диска також впливає на точність показань дозатора/

Об’ємний стрічковий дозатор

Стрічкові дозатори. Пристрій стрічкового дозатора для безперервного об'ємного дозування показано на рис 1.

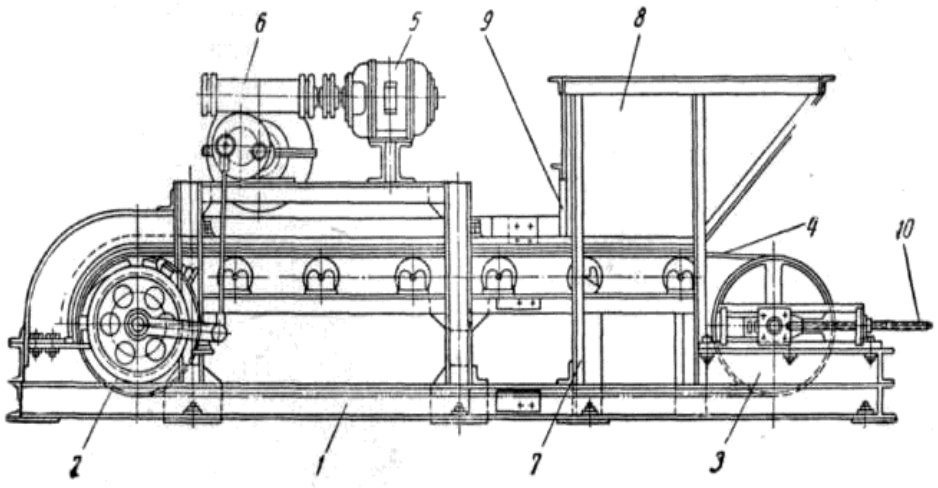

Рис.1.2Схема об'ємного стрічкового дозатора

На рамі 1 такого дозатора встановлено барабани 2 і 3, між якими проходить транспортерна стрічка 4. Барабан 2 є провідним і отримує рух від електродвигуна 5 через редуктор 6. Над стрічкою 4 на стійках 7 встановлено бункер 5, що не має дна. Матеріал для дозування витягується рухомою стрічкою з бункера через випускний отвір 9 і у барабана 2 скидається в прийомну лійку.

Площа випускного отвору 9, а, отже, і кількість матеріалу для видачі, регулюється заслінкою, яка піднімається вгору на необхідну висоту і в цьому положенні закріплюється. Натяг стрічки регулюється спеціальним натяжним пристроєм 10.

У стрічкових дозаторах матеріал в першу чергу сходить тільки по задній стінці бункера, що сприяє зависання і злежування матеріалу навіть при широкому вихідному перерізі.

Стрічкові дозатори застосовуються для дозування піску, глини при виробництві будматеріалів, дрібного вугілля та інших матеріалів.

Продуктивність дозатора регулюється зміною висоти шару матеріалу на стрічці і швидкістю транспортера. Вона може бути визначена за формулою:

$$Q = 3{,}6 \cdot h \cdot b \cdot v \cdot \gamma, кг / ч \qquad (1.4)$$

де Q - продуктивність дозатора в кг / год;

h - висота шару матеріалу на стрічці в см;

b - ширина шару в см;

v - швидкість стрічки в см / с;

г - об'ємна вага матеріалу в г / $см^3$

1.3.3.2 Вагові дозатори безперервної дії

Вагові дозатори безперервної дії за своєю конструкцією представляють собою зазвичай короткий стрічковий транспортер, обладнаний відповідним ваговим механізмом.

В результаті вагового контролю, що проходить по транспортеру матеріалу, автоматично підтримується сталість його подачі.

Робота такого дозатора виражається залежністю:

$$Q = v \cdot p \qquad (1.5)$$

де Q - продуктивність дозатора в кг / год;

v - швидкість стрічки транспортера в м / ч;

p - навантаження на 1 м стрічки транспортера дозатора в кг.

При цьому навантаження p може коливатися внаслідок зміни об'єму матеріалу, наприклад, через збільшення вологості його.

У свою чергу, це може викликати зміну продуктивності дозатора Q.

Для забезпечення збереження заданої продуктивності в конструкції дозатора можуть передбачатися два види пристроїв:

1. Регулятори, що призводять навантаження p до заданої величиною при її можливі зміни. Зазвичай це бувають різного роду пристрої, які впливають на потік дозуючого матеріалу в сторону його зменшення або збільшення відповідно до тим, що сталося зміною. Конструктивно ці пристрої виконуються у вигляді заслінок або інших елементів, що змінюють перетин отвору, через яке матеріал надходить на транспортерну стрічку живильника.

2. Пристрої, які змінюють швидкість v транспортерної стрічки живильника в залежності від зміни навантаження p. При цьому вираз v · p залишається постійним.

За своєю будовою дозатори безперервної дії можуть мати живлять механізми, вбудовані безпосередньо в конструкцію дозатора або ж виконані у вигляді самостійних, окремо розташованих агрегатів.

Структура стрічкового вагового дозатора.

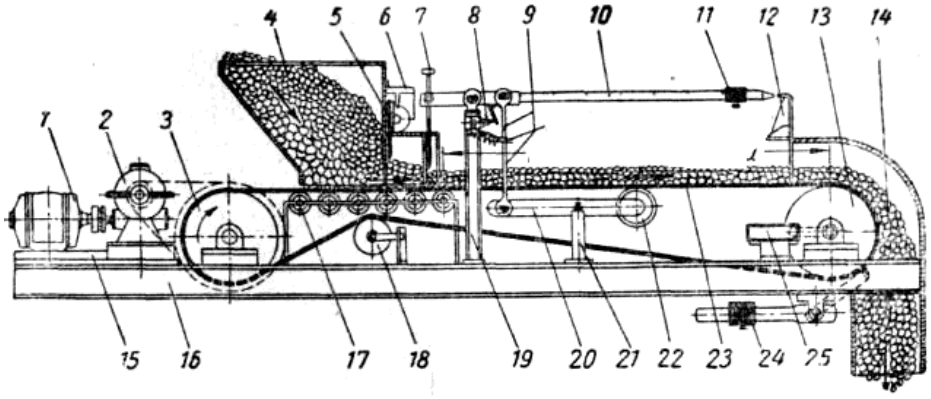

Рис. 1.3.Схема стрічкового вагового дозатора

На стійці 21, укріпленої на рамі 16, розташований ваговій важіль 20. На одному плечі цього важеля змонтований ваговій ролик 22, на який діє вага стрічки з перебувають на ній матеріалом на ділянці від осі останнього опорного ролика і до осі веденого барабана. Ця ділянка стрічки виділений на рис.3 і є ваговою платформою дозатора.

Друге плече важеля 20 тягою 9 пов'язане з коромислом 10. Що знаходиться на ваговій платформі матеріал врівноважується пересувається по коромисла гирею 11. При цьому кінець коромисла повинен збігатися з покажчиком рівноваги 12. Захисна заслінка повинна бути піднята трохи вище автоматичної 7, щоб не заважати виходу матеріалу. Регулювання висоти автоматичної заслінки проводиться обертанням верхнього гвинта, що проходить через лівий кінець коромисла.

Потім дозатор пускають в хід і спостерігають рівновагу коромисла.

Якщо коромисло опускається вниз, то шар матеріалу на стрічці малий і не відповідає заданій продуктивності. В цьому випадку запобіжну заслінку відкривають до тих пір, поки шар матеріалу на стрічці не врівноважить коромисло. Після підйому запобіжної заслінки остання закріплюється в новому положенні стопорним гвинтом.

У зворотному випадку, коли матеріалу на стрічці занадто багато і коромисло йде вгору, запобіжну заслінку опускають, прикриваючи кілька випускний отвір.

Якщо спостереження за коромислом при ході стрічки робити важко, то можна для цього зупиняти дозатор, а потім, змінивши відкриття заслінки, знову пустити в хід.

З метою прискорення попереднього регулювання, можна за наявними на диску контрольними позначками визначити додатковий підйом або опускання заслінки.

Відрегулювавши рівновагу запобіжний заслінкою, включають в роботу автоматичну заслонку, опускаючи її до тих пір, поки вона не торкнеться виходить шару матеріалу. При цьому рівновага коромисла має зберегтися. Потім піднімають запобіжну заслінку на 15 - 20 мм, і далі дозатор працює автоматично.

Якщо матеріал надходить рівномірним потоком і з незмінним об'ємною вагою, то коромисло знаходиться в положенні рівноваги і, отже, подача матеріалу в заданому кількості буде забезпечена.

Як тільки вага матеріалу, що знаходиться на ваговій платформі зміниться, зміниться і тиск на ваговій ролик 22. Так, приміром, якщо кількість матеріалу на стрічці збільшується і тиск посилюється, то ролик 22 опускається. Тоді інший кінець передавального важеля 20 переміститься вгору і через тягу почне

піднімати праве плече коромисла, що обертається в підшипнику на стійці 19. Внаслідок цього ліве плече коромисла почне опускатися, і пов'язана з ним шарнірно автоматична заслінка 7 також опуститься і зменшить відкриття випускного отвору приймальної воронки. В результаті вихід матеріалу на стрічку зменшиться, і задана продуктивність буде відновлена.

При зменшенні ваги матеріалу, що знаходиться на ваговій платформі, станеться все навпаки.

У разі значної нестачі матеріалу на стрічці, коли, незважаючи на збільшення випускного отвору, приплив його з яких-небудь причин буде все ж недостатнім, коромисло, все більше опускаючись вниз, зустріне своїм упором електроконтакт сигналу 8 і автоматично зупинить роботу дозатора, вказуючи на необхідність поповнення запасу матеріалу або усунення інших причин, що заважають нормальній роботі.

Пройшовши вагову платформу, стрічка огинає ведений барабан 13, де матеріал вільно зсипається через приймальню воронку 14. Тут іноді вбудовується перекидний клапан, яким матеріал може бути направлений в спеціальний приймач. Цей пристрій дозволяє періодично перевіряти точність подачі матеріалу шляхом відбору проб за певний відрізок часу і зважування їх на звичайних вагах.

Щітка 24 служить для очищення стрічки від прибули до неї частинок матеріалу, тим самим, зберігаючи незмінність власної ваги стрічки, так як зміна його відбилося б на точності роботи дозатора.

Для захисту від цвітіння стрічка і механізм живильника закриваються захисним кожухом, в якому є оглядові вікна для спостережень за роботою дозатора.

Ваговий ролик 22, на якому лежить стрічка, повинен вільно коливатися при змінах навантаження на стрічку. При сильному натягу стрічки остання буде ускладнювати перебіг ролика, вимагаючи занадто великого зусилля для подолання її опору. При ході ролика вниз стрічка, сильно натягуючи, може відставати від нього. Таким чином, натяг стрічки має бути невеликим і достатнім для того, щоб виключити її пробуксоване. Сама стрічка повинна бути, можливо, більш гнучкою і еластичною. Натяг стрічки регулюється зміною положення натяжного ролика.

Можливі зміни рівноваги вагової системи дозатора в ненавантаженому стані регулюються додаванням або зніманням тарного вантажу.

Лічильник 25 визначає кількість матеріалу пропущеного дозатором. Показує число погонних метрів, пройдених стрічкою.

Таким чином, визначивши за лічильником кількість погонних метрів, пройдених стрічкою в заданий відрізок часу, і знаючи навантаження на погонний метр в кілограмах, підраховують кількість матеріалу, що пройшов через дозатор по співвідношенню:

$$Q = \frac{k \cdot p}{1000} \qquad (1.6)$$

де Q - кількість матеріалу, пропущеного дозатором в т;

k - різниця в показаннях лічильника при початку виміру і в кінці;

p - навантаження в кілограмах на погонний метр стрічки.

Продуктивність стрічкового дозатора може змінюватися в залежності від зміни навантаження на стрічку.

Обсяг матеріалу, що знаходиться на стрічці при даній продуктивності і погонного навантаження на стрічку визначають за рівнянням:

$$F = \frac{p}{\gamma} \qquad (1.7)$$

де F - обсяг матеріалу на погонному метрі стрічки;

г - об'ємна вага матеріалу.

Виходячи з цих значень продуктивності, швидкості, погонного навантаження і товщини шару, підбирають найбільш оптимальні умови роботи дозатора.

Максимальне погонне навантаження на стрічку для певного матеріалу, в свою чергу, обмежується перетином випускного отвору дозатора. Останнє зазвичай виконується трикутної форми або у вигляді трапеції, так як при виході з воронки матеріал розташовується на стрічці під кутом природного укосу. По боках стрічки залишаються вільні краї на випадок можливого осипання матеріалу, як це показано на малюнку 36 для стрічки шириною 500 мм

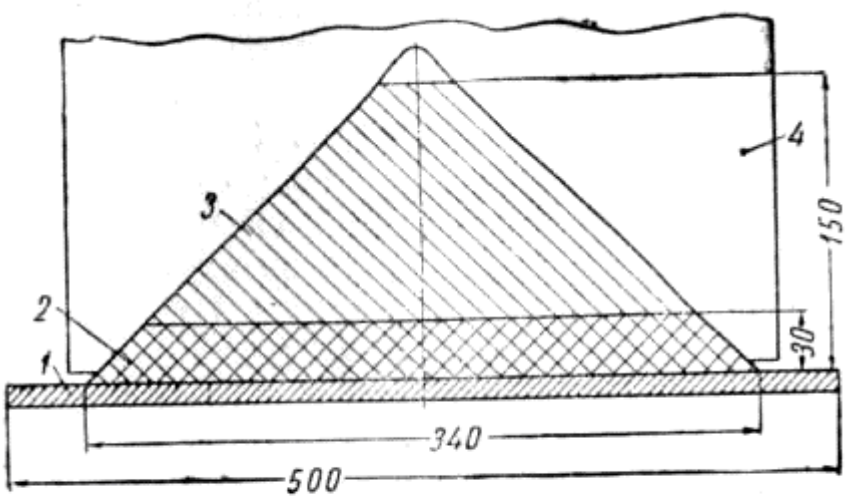

Рис.1.4.Розташування дозуючого матеріалу на стрічці дозатора.

1. – стрічка
2. – мінімальний шар
3. – максимальний шар
4. – передня стінка бункера

Таким чином, максимальна висота шару на стрічці обмежується кутом природного укосу матеріалу і шириною випускного отвору. Мінімальний шар для нормальної роботи дозатора необхідний товщиною 20 - 30 мм для дрібнозернистого матеріалу. При товщині шару менше 20 мм автоматична заслінка дозатора може при коливаннях коромисла торкнутися стрічки і таким чином порушити нормальну роботу. З іншого боку важко мати на стрічці шар матеріалу більше 120 - 150 мм. Зайва висота шару викличе застосування досить широкої стрічки, що, в свою чергу, призведе до значного розширення габаритів всієї конструкції.

1.4.Основні підходи до автоматизації стрічкових вагових дозаторів.

Автоматизація виробництва - основа розвитку сучасної промисловості, генеральний напрямок технічного прогресу. Мета автоматизації виробництва полягає в підвищенні ефективності праці, поліпшенні якості продукції, що випускається, створення умови для оптимального використання всіх ресурсів виробництва.

Автоматизація може підвищити продуктивність, покращити якість продукції, оптимізувати процеси управління. В системи автоматизації включені датчики, пристрої введення, пристрої управління, стартери, вихідні пристрої, комп’ютери.

Автоматизація виробництва - один з головних факторів науково-технічної революції, що відкриває перед людством нескінченні можливості для перетворення природи, створення величезних матеріальних цінностей.

Основним завданням автоматизації дозаторів є:

- Автоматичне програмне регулювання подачі дозованого матеріалу
- Автоматичний контроль швидкості стрічки конвеєра.
- Автоматичне вимірювання щільності дозованого матеріалу.

Система управління дозатором забезпечує:

- Режим безперервного вагового дозування. Задані значення продуктивності підтримується шляхом регулювання швидкості переміщення матеріалу в залежності від вагового навантаження стрічці дозатора.
- Режим ваг безперервної дії. Проводиться підрахунок переміщеної маси матеріалу за обліковий період часу.
- Режим дискретного вагового дозування. Необхідна порція формується шляхом пропуску дозатором певної кількості продукту з подальшою зупинкою дозатора.
- вимірювання ваги продукту в головному бункері дозатора;
- облік споживання продукції за зміну та підсумкового;

відображення та регулювання параметрів роботи дозатора на панелі оператора.

РОЗДІЛ 2
СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТЕРОМ ВАГОВОГО ДОЗАТОРА

В даному розділі детально розглянуто принцип роботи стрічкового дозатора, продемонстрована структура схема системи керування транспортером вагового дозатора.

Розглянуто складові частини системи керування, приведено характеристику та принципи роботи цих частин.

2.1. Опис структури та принципу роботи системи.

Дозатори безперервної дії служать для автоматичного вагового дозування сипучих матеріалів в абсолютно різних системах керування технологічними процесами. Дозатор складається з вагового транспортера з бортами, підвісками для контрольних ваг, кожухами, формуючої воронки, датчика рівня матеріалу та електрообладнання.

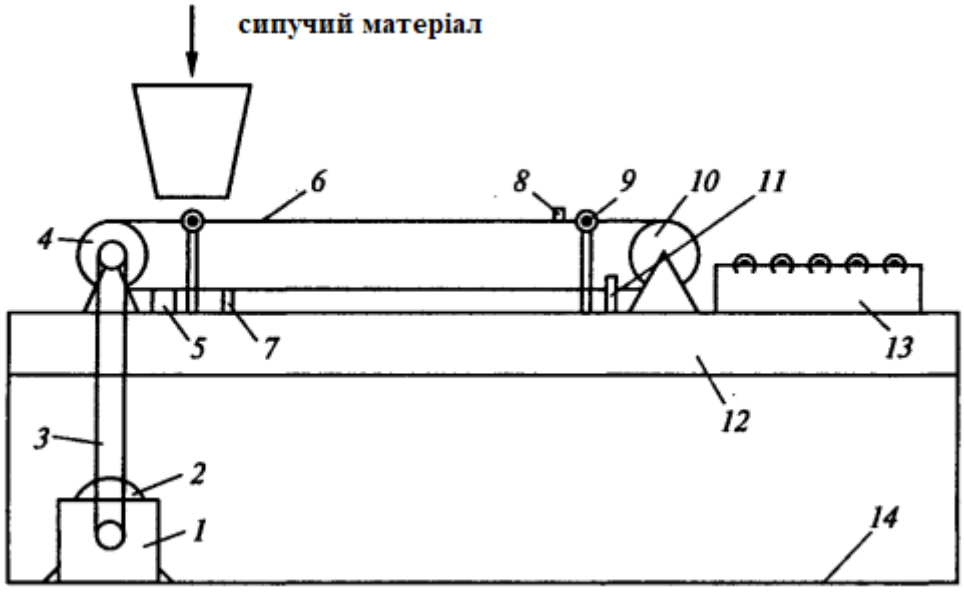

Рис 2.1. Схема транспортера вагового дозатора

- основа *14*
- рама *12*
- привід
- плугова скребка *8*
- скребка *9*

- веденого *10* і провідного *4* барабанів
- вантажоприймальний вузол *13*
- транспортна стрічка *6*
- центрувальний пристрій 9
- асинхронний електродвигун *2*
- циліндричний редуктор *1*
- ведучий барабан *3*
- датчик ваги *5*

Застосований частотно-регульований електропривід з керуванням по *U/f* характеристиці. Асинхронний електродвигун з'єднаний муфтою з двоступеневим циліндричним редуктором і передачею з датчиком швидкості. Двигун знаходиться на основі транспортера зі сторони загрузки матеріалу та сполучений з ведучим барабаном ланцюговою передачею. Натяг ланцюга здійснюється переміщенням барабана в пазах, розташованих в плиті привода.

Стрічка транспортера через ланцюгову передачу отримує рух від привода з двигуном змінного струму. Матеріал, який подається на вантажопідйомну частина транспортера, стрічкою переміщається на вагову ділянку. На ваговій ділянці навантаження продукту вираховується спеціальними вагами і перетворюється тензодатчиком в пропорційний електричний сигнал.

Датчик рівня продукту, служить для показу сигналу про наявність матеріалу в формуючій воронці. Існують ваговий або діафрагмовий види датчиків. Принцип дії датчика заснований на властивості матеріалу давити на стінки та дно бункера.

Комплект електрообладнання з шафи керування (в тому числі і контролера), стійки приладів, перетворювача, аварійного вимикача та поста оператора.

Електрообладнання використовується для перетворення сигналів тензорезисторних датчиків ваги та швидкості в сигнал, пропорційний миттєвій продуктивності, обліку сумарної ваги виданого матеріалу, а також автоматичного регулювання і підтримці заданої продуктивності.

Електродвигун приводу транспортера, тензорезисторні датчики і кінцеві вимикачі розташовані на транспортері дозатора. Апаратура комутації і захисту,

частотний перетворювач розташовані в шафі керування, апаратура регулювання, вимірювання, керування та сигналізації розташована на стійкі приладів.

Задача керування зводиться до підтримки постійної продуктивності дозатора в рамках допустимої похибки.

Маса матеріалу, який рухається по стрічці:

$$M = dmvT, \qquad (1.8)$$

де dm- маса на одиницю довжини стрічки, без врахування маси самої стрічки кг/м;

v – швидкість стрічки, м/с ;

T – періодичність аналізу продуктивності дозатора, с;

Продуктивність дозатора:

$$Q = M/T = dmv. \qquad (1.9)$$

Продуктивність самого дозатора можна керувати швидкістю стрічки або самим значенням dm, або ж цими параметрами одночасно. Для цього системою керування в циклі постійно фіксується значення dm, після чого вираховується швидкість, яка задається приводу.

Функціональна схема системи керування транспортером вагового дозатора.

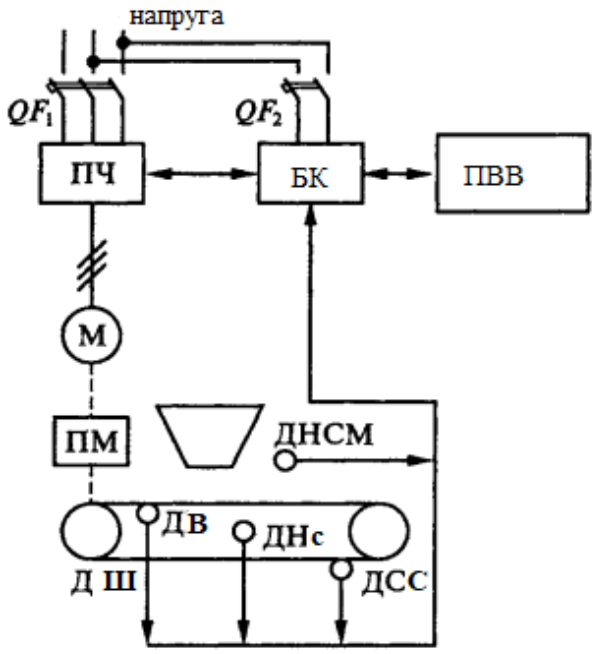

Рис.2.2 Схема системи керування транспортером

На схемі в наявності такі датчики :

ДНСМ- датчик наявності сипучого матеріалу

ДСС- датчик сходу стрічки ДКСС-6320

ДШ-датчик швидкості

ДНс-датчик натягу стрічки

ДВ-датчик ваги

2.1.1.Принцип роботи стрічкового дозатора.

Перед початком роботи задається продуктивність дозатора. Цю дії повинен виконати оператор. Контролер зрівнює задану продуктивність з реальною і в залежності від результату подає сигнал для зміни швидкості двигуна. Порівняння продуктивності відбувається наступним чином: тензодатчик фіксує масу матеріалу і передає інформацію в контролер, де дані перемножуються на швидкість стрічки і порівнюються з заданою продуктивністю. З цього слідує, що задача контролера зводиться витримки постійної продуктивності, обліку матеріалу що надходить, забезпечення оператора на терміналу регулювати продуктивність, фіксації миттєвої продуктивності та повідомленню про аварію.

На контролері реалізований алгоритм функціювання, який поділений на три частини: *«АВАРІЯ», «АВТОМАТ», «ПЕРЕХОДИ ПО ЕКРАНАМ»*

Алгоритм «АВАРІЯ» забезпечує обробку аварійних ситуацій, виникаючих в процесі роботи системи. В алгоритмі передбачені п’ять аварійних ситуацій: схід стрічки, занадто великий натяг стрічки, перевантаження приводу, помилка приводу, аварійний СТОП.

Інформацію про перші три аварії СК отримує від датчиків, а про останні дві – від перетворювача частоти.

Якщо при роботі програми один з датчиків прийшов в роботу, на терміналі загружається відповідний екран, сповіщаючий оператора про аварійну ситуацію.

Кнопка аварійної зупинки виконана з фіксацією, при натиску відбувається розмикання ланцюга, а потім інформація відправляється в контролер. Для відновлення роботи, оператор повинен натиснути кнопку «ПУСК» в шафі.

Алгоритм «Автомат» демонструє собою основну частину програми. В цей алгоритм входять функції стежки за змінними та контроль роботи системи керування.

В автоматичному режимі відбувається відстеження реальної продуктивності даного дозатора. Якщо оператор не задав продуктивність, двигун буде обертатися з мінімальної швидкістю. При рівності заданого і виміряного

показника продуктивності цикл закінчується, а при нерівності вираховується швидкість, а за тим цикл так само зупиняється.

Алгоритм «ПЕРЕХОДИ ПО ЕКРАНАМ» це інтерфейс, і забезпечує перехід по екранам в залежності від натиску запрограмованих кнопок. В програмі передбачено 8 екранів, кожен з яких показує певну інформацію

2.2 Окремі складові частини системи.

2.2.1. Датчик швидкості

Датчик швидкості призначений для перетворення поступального руху конвеєрної стрічки в обертальний рух вала датчика швидкості і генерації електричних імпульсів, частота яких пропорційна швидкості обертання валу. Електричні імпульси можуть передаватися по кабелю зв'язку в обробляє пристрій (наприклад, прилад ваговимірювальний конвеєрний М0600-К6 НПКМ 406.018) для обчислення швидкості переміщення стрічки конвеєра.

Вимірювальне колесо за допомогою конструктивних елементів притискається до рухомій стрічці і перетворює поступальний рух стрічки в обертальний рух вала.

Вихідний каскад схеми - відкритий колектор. Це дозволяє підвищити стійкість лінії зв'язку з тензодатчиком ваги. Кабель зв'язку пропускається в корпус датчика через герметичний кабельний ввід.

Датчик швидкості призначений для роботи в приміщеннях і на відкритому повітрі при температурі навколишнього повітря від мінус 30 до плюс 40 оС, при відносній вологості не більше 80% при температурі 25 оС, атмосферному тиску від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.)

2.2.2. Датчик сходу стрічки ДКСС-6320

Датчик контролю сходу стрічки ДКСЛ-6320 (ДКСЛ-1320) призначений для контролю аварійного сходу конвеєрної стрічки в бік і видачі сигналу (шляхом замикання або розмикання електричного кола) в систему дистанційного або автоматичного керування. Датчик може застосовуватися на всіх типах стрічкових конвеєрів.

В основі вироби - електронний датчик нахилу. Даний принцип пристрою дозволяє до мінімуму скоротити механічні складові, забезпечує високу надійність і довговічність виробу.

Рис.2.3 Датчик сходу стрічки

Характеристики:

Габарити, мм	350x140x60
кут спрацьовування	30°
Тип контакту	Нормально замкнутий (NC)
Напруга живлення, U	20...250В AC / 20...320В DC
Робочий струм, I	25...500 мА
Залишковий струм	≤1,7 мА
Максимальний струм, Imax	при t=20 мс1,5А f=0,5 Гц
Комплексний захист	В наявності
Діапазон робочих температур	-45°С...+65°С
Материал корпуса	Сталь
Маса	1,3 кг

2.2.3. Датчик наявності сипучого матеріалу ДПУ-10

Принцип роботи:

Вилка датчика вібрує на своїй резонансній частоті під впливом п'єзоелектричних елементів, встановлених всередині корпусу. При зануренні вилки в контрольований продукт або звільнення від нього відбувається зміна амплітуди коливань, що в свою чергу реєструється контролером, який видає команду на спрацювання сигналізації і включення / відключення навантаження, що підводиться до контактів реле електронного блоку.

Рис.2.4. ДПУ-10

Установка:

Датчик встановлюється на корпусі по висоті контрольованого рівня. При цьому пластини вібраційної вилки повинні розташовуватися паралельно руху продукту. При необхідності відстеження рівня на певній відстані від верхньої частини ємності використовується подовжувач робочої частини корпусу датчика

Технічні характеристики

Живлення:	Udc = 24 В, P = 1 Вт
Навантаження, що підключається:	Udc = 30 В, I = 2 А, Uac = 250 В, I = 3 А
Час спрацювання:	2-3 секунди

2.2.4. Датчик ваги T50

Тензодатчик може використовуватися в будь-яких умовах навколишнього середовища, точність висока.

Рис.2.5. Датчик ваги T50

Технічні характеристики:

Параметри датчика	Одиниці вимірювання	Значення параметрів
Число повірочних інтервалів	C	3000
Робочий коефіцієнт передачі (РКП)	мВ/В	2 ± 5%
Початковий коефіцієнт передачі (ПКП)	% від РКП	≤ ±5
Комбінована похибка	% від РКП	≤ ±0,0200
Найбільша напруга живлення постійного струму	В	12
Вхідний опір	Ом	1100 ±50
Вихідний опір	Ом	960 ±50
Діапазон термокомпенсації	°C	10... +40
Робочий діапазон температур	°C	-30... +40
Матеріал		Сталь

2.2.5.Перетворювач частоти SINAMICS V20.

Це перетворювач частоти з базовою функціональністю для широкого спектра промислових завдань з приводами, керованими по швидкості.

Рис.2.6. Перетворювач частоти SINAMIC V20

Переваги:

- настінний або наскрізний монтаж, обидва варіанти можуть розташовуватися в одному ряду бік-о-пліч
- універсальний послідовний інтерфейс USS і інтерфейс Modbus RTU
- вбудований гальмівний переривник від 7,5 до 30 кВт
- параметрування - завантаження і копіювання установок можливі без електроживлення
- точно підібрані макроси для настройки входів / виходів і прикладні макроси
- вбудований режим зниженого енергоспоживання в стані спокою.

Характеристики:

Напруга живлення, В	380
Потужність, кВт	2.2
Кількість входів	6
Кількість аналогових входів	2
Робоча температура, °С	0…60

Вихідна частота, Гц	0…599
Номінальний струм, А	5,6
Кількість аналогових виходів	1
Захист	IP20
Маса, кг	1,2

2.2.6. Програмований логічний контролер ADVANTECH APAX-5620KW

Рис.2.7. Програмований логічний контролер ADVANTECH APAX-5620KW

Контролер APAX-5620KW на базі RISC-процесора Intel XScale PXA270.

Програмування контролера може здійснюватися в середовищі розробки Microsoft Visual Studio .Net, що значно спрощує процес його інтегрування в різні додатки користувача.

Контролер APAX-5620KW оснащений двома CAN інтерфейсами з підтримкою стека протоколу CANOpen (специфікація DS301 і 302), а також двома портами RS-485, що дозволяють працювати з пристроями віддаленого вводу / виводу. Контролер допускає підключення до 32 модулів введення / виведення серії APAX.

Контролер APAX-5620KW також підтримує мови програмування стандарту IEC-61131-3 в середовищі Multiprog KW, що дозволяє створювати і

завантажувати додатки і забезпечує точно визначений (детерміноване) час виконання додатків.

Перераховані вище функціональні особливості роблять контролер APAX-5620CE ідеальним економічним рішенням для широкого спектру додатків в самих різних областях, включаючи систему моніторингу процесу виробництва сталі, прядильне і ткацьке устаткування, промислова автоматизація, транспортні системи тунелів і автострад.

Характеристики APAX-5620KW:

- Вбудований процесор Intel XScale PXA270 520 МГц
- 64 МБ SDRAM, 32 Мб флеш-пам'яті
- Розширення введення / виведення при підключенні з модулями введення / виведення APAX-5000
- 2 x 10/100 Mbps LAN RJ-45 портів, 2 x Ізольованих порту RS-485
- 2 x ізольованих CAN BUS
- інтерфейси для підтримки стека CANOpen
- 1 x VGA порт для дисплея і 1 x USB порт
- 1 x слот CompactFlash для зберігання даних
- ОС : KW Multiprog
- Робоча температура -10°C ~ +55°C
- Інтерфейси (порти): Ethernet,RS485, USB, VGA, CAN

2.2.6.1. KW Multiprog

Multiprog підтримує всі мови програмування IEC 61131-3. Залежно від завдання, яке потрібно вирішити, вашого досвіду та стандартів компанії, ви можете вибрати одну з п’яти стандартизованих мови програмування IEC 61131-3:

- Instruction List (IL)
- Structured Text (ST)
- Function Block Diagram (FBD)

- Ladder Diagram (LD)
- Sequential Function Chart (SFC)

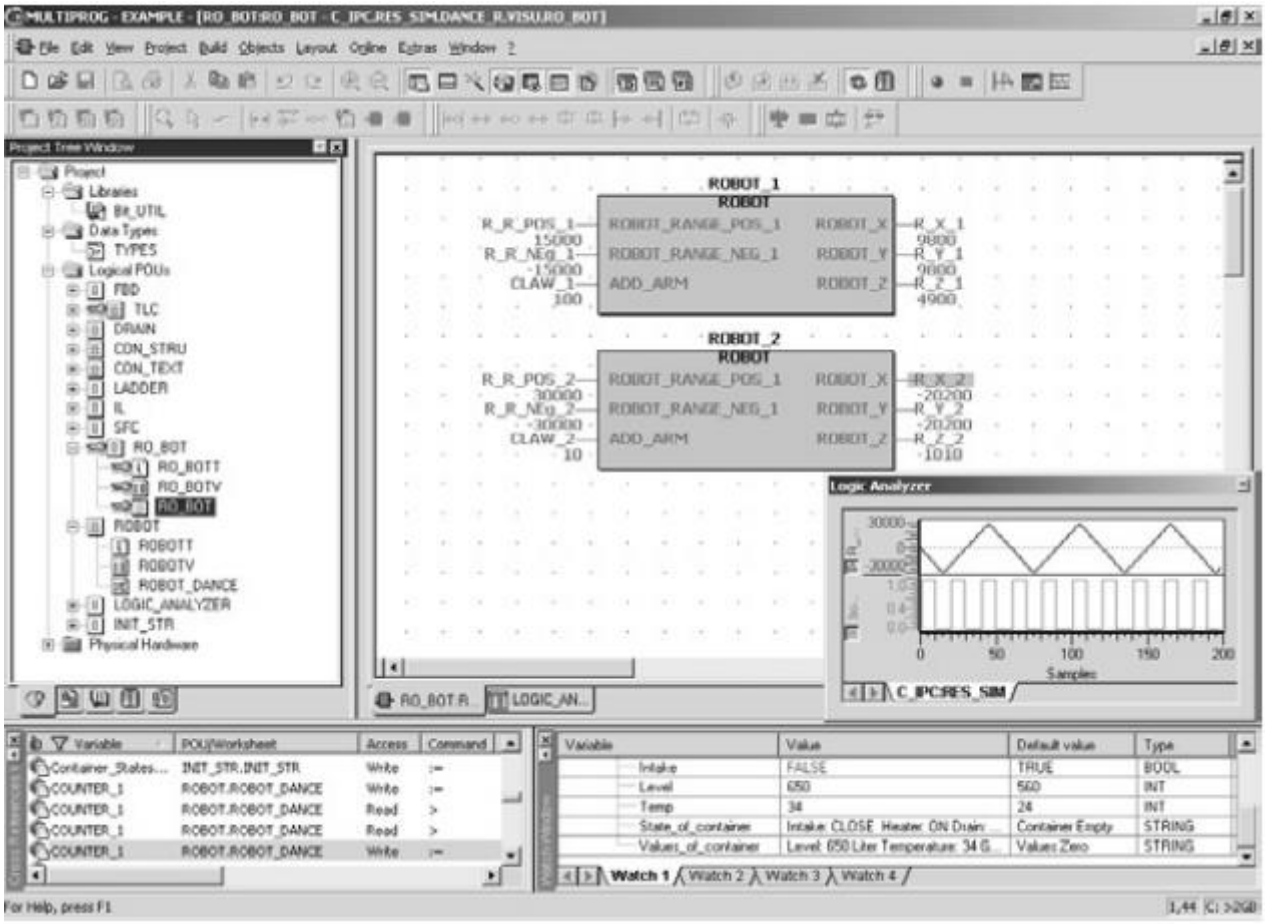

Рис.2.8. Інтерфейс KW Multiprog

Особливості:

- IEC 61131-3 мови програмування
- Інтуїтивне програмування з чіткою структурою проекту
- Перехресне складання: FBD, LD та IL можуть бути складені між собою
- Багатофункціональність користувачів скорочує час програмування
- Керування розподіленими елементами управління
- Потужні інструменти налагодження: зміни в Інтернеті, моделювання PLC, перезапис та &примушування, точки перерви, перегляд вікон та рецептів, логічний аналізатор та перехрестя довідник

- Завантаження програми в Інтернеті
- Support Підтримка Advantech FBs (автоматична настройка PID, контроль партії)

Вимоги до апаратного забезпечення:

Пристрій	Рекомендація
ПК, сумісний з IBM, з процесором Pentium	Pentium 4, 2 ГГц або вище
Оперативна пам’ять	Windows XP : 512 MB Windows Vista : 1 GB Windows 7 : 1 GB
Жорсткий диск	1 Гб вільного місця в пам'яті
Роздільна здатність налаштувань кольорів монітора VGA	True color 1024 x 768
Інтерфейс RS-232	Необовязково
Мишка	Рекомендовано

РОЗДІЛ 3
ПІДХОДИ ДО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ З АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

В розділі розглянуто основні підходи до керування електроприводами з асинхронними двигунами. Зроблено вибір основного керування електроприводом

3.1. Загальна характеристика існуючих підходів до керування асинхронними електроприводами.

Системи частотно-регульованого асинхронного електропривода виконуються на базі перетворювачів частоти двох основних типів:

- безпосередніх перетворювачів частоти (НПЧ), які також називаються в літературі матричними перетворювачами;

- перетворювачів частоти з ланкою постійного струму, виконаних на базі автономного інвертора напруги (АІН), або на базі автономного інвертора струму (АІТ).

Більшість вироблених перетворювачів частоти виконані з ланкою постійного струму на базі АІН, зібраного з IGBT – транзисторів по мостовій схемі, з системою широтноімпульсної модуляції (ШІМ) і управляються контролерами.

Системи частотного асинхронного електроприводу, що здійснюють регулювання двох основних вихідних координат двигуна – швидкості і моменту, будуються за двома основними принципами:

- з формуванням сигналів завдання вхідних сигналів - частоти і напруги статора;

- з формуванням сигналів завдання вхідних сигналів - частоти і струму статора.

Системи, що здійснюють регулювання струму статора, реалізують частотно-струмове управління, і будуються в основному на базі АІТ. Основною

перевагою АІТ порівняно з АІН є простота реалізації інвертування енергії в мережу при гальмуванні, що визначає їх застосування в потужних асинхронних електроприводах. Однак при побудові систем керування перетворювачем на базі АІТ необхідно здійснювати одночасне узгоджене управління регульованим випрямлячем і інвертором, що ускладнює систему управління. Запропонована система скалярного частотного керування на базі АІТ з РРН може використовуватися для керування АД, як з фазним, так і з короткозамкненим ротором, але її система управління складніша, ніж типова система скалярного управління частотним електроприводом на базі АІН.

В даний час більшість систем частотного електроприводу, малої та середньої потужності, виконані на базі АІН, вони містять нерегульований діодний випрямляч і ємнісний фільтр в ланці постійного струму.

Частотне керування забезпечує пуск, гальмування, плавне і економічне регулювання швидкості АД в широких межах, воно застосовується для більшості асинхронних електроприводів допоміжних механізмів металургійних: конвеєрів, рольгангів, мостових кранів.

У системах частотного електроприводу використовуються:

- векторне управління;
- скалярне управління;
- пряме керування моментом.

На металургійних транспортних механізмах при стандартних вимогах до діапазону регулювання швидкості і динамічних характеристик в основному використовують скалярне управління частотним асинхронним електроприводом. Динамічні показники перехідного процесу залежать від закону зміни керуючого впливу і властивостей електроприводу.

Скалярне управління по закону U / f = const широко застосовується для регулювання частоти обертання АД з невисоким діапазоном регулювання, в основному від 1:20 до 1:40. Точність підтримки заданої частоти обертання становить близько 2..3%. Прості алгоритми скалярного управління не дозволяють забезпечити контроль і управління крутним моментом

електродвигуна, який не регулюється, а визначається навантаженням. Найбільш ефективна сфера застосування даного способу частотного управління АД - вентилятори, повітродувки і насоси, в металургійній промисловості системи скалярного керування застосовуються на конвеєрах і мостових кранах. Цей закон при відсутності коригуючих впливів не забезпечує мінімізацію втрат енергії в двигуні. Скалярне частотне управління АД може бути здійснено як за відсутності датчиків швидкості, струмів і напруг, так і при наявності всіх або декількох з цих датчиків.

Основними регульованими параметрами асинхронного двигуна є швидкість ротора і момент. У замкнутих системах векторного керування вплив здійснюється по першому каналу, формує завдання на момент. При побудові різних систем регулювання за другу змінну приймають різні величини, наприклад, в скалярних системах регулюють швидкість обертання поля статора, ковзання, у векторних системах - реактивний струм статора, що формує потік в зазорі. При цьому в багатьох системах управління вирішуються задачі мінімізації втрат, струмів та ін.

У системах частотного електроприводу з векторним керуванням здійснюється формування просторових векторів електромагнітних змінних. У таких системах можна змінювати магнітний потік і електромагнітний момент двигуна, регулюючи проекції вектору струму статора на осі прямокутної системи координат, подібно управління магнітним потоком і моментом двигуні постійного струму. Векторні системи управління АД забезпечують найбільшу швидкодію і діапазон регулювання швидкості до 1: 1000 і більше при наявності датчика швидкості, що є їх недоліком.

В системах векторного керування виконується великий обсяг обчислень, що включають перемножування сигналів, а також характеризуються запізненням при формуванні моменту. Алгоритми управління, що отримали назву Direct Torque Control (DTC) (безпосереднє керування моментом та потокозчеплення) значною мірою позбавлені цього недоліку. Алгоритм DTC відрізняє висока швидкодія і відносна простота. На відміну від векторного способу управління,

заснованому на регулюванні двох складових струму статора, при прямому управлінні моментом величини потоку і моменту регулюють безпосередньо, а струми і напруги – опосередковано. Основна ідея полягає у відмові від стандартного ШІМ - модулятора і виборі такого стану ключів інвертора, яке викликає зміну потоку і моменту в потрібному напрямку. В системах прямого керування моментом використовуються релейні (гістерезисні) регулятори. Системи прямого керування моментом успішно застосовуються в транспортних системах.

Слід зазначити, що в даний час на металургійних підприємствах системи прямого керування моментом не отримали широкого поширення, на різних агрегатах, у тому числі у транспортних системах, які використовуються типові системи векторного керування АД, що забезпечують прийнятну якість управління.

У відомих системах частотного електроприводу використовують різні орієнтації координатної системи, в них здійснюється регулювання векторів струму та потокозчеплення. Можна виділити системи з орієнтацією координатної системи за вектором потокозчеплення ротора і вектору потокозчеплення статора.

Зміна деяких параметрів двигуна в процесі його роботи, наприклад, активного опору в процесі нагрівання обмоток, взаємної індуктивності внаслідок насичення магнітопроводу, враховують при побудові деяких систем векторного управління.

Незважаючи на те, що сучасні системи частотного електроприводу в основному задовольняють вимогам з боку виробничих механізмів, їх енергетичні показники можуть бути поліпшені.

Перспективним методом векторного керування є отримання заданого моменту при мінімумі струму статора за допомогою регулювання магнітного потоку. При цьому забезпечується стабілізація моменту на низьких частотах, проте система управління вимагає використання декількох датчиків. Найбільш дослідженими з точки зору забезпечення необхідної кратності пускового

моменту АД, регулювання швидкості, точності підтримки швидкості і мінімуму втрат є закони регулювання потоку і абсолютного ковзання. При синтезі систем управління необхідно враховувати насичення магнітопроводу, зміну активного опору при нагріванні обмоток.

3.2. Вимоги до керування електроприводом транспортера та вибір підходящого алгоритму керування.

Розгляд умов роботи транспортерів дозволяє визначити основні вимоги до електроприводів і систем керування з урахуванням особливостей їх статичних і динамічних властивостей.

Електроприводи транспортерів дозаторів повинні забезпечувати роботу в тривалому режимі при змінному навантаженні без реверсування напрямку руху.

З метою обмеження динамічних навантажень, забезпечення надійного зчеплення стрічки з барабаном і вантажу зі стрічкою електропривод транспортерів, особливо при їх великій довжині, повинен обмежувати прискорення при пуску допустимою величиною і усувати коливальні динамічні навантаження.

При роботі дозаторів електропривод транспортеру виконує наступні функції:

- забезпечує плавний пуск та зупинку,
- здійснює регулювання продуктивності дозатора шляхом завдання швидкості стрічки транспортера,
- обмежує динамічні навантаження,
- мінімальний діапазон регулювання швидкості повинен бути 10: 1.

Проаналізувавши існуючі підходи до керування асинхронними приводами, можна зробити висновок про доцільність використання в розглядуваному випадку скалярного керування за законом $U/f = const$.

Даний підхід до керування забезпечує достатні для керування дозатором діапазон зміни швидкості та точність її підтримання. Крім того, цей підхід не вимагає виконання значних обчислень, та часто реалізований в серійно

виконуваних перетворювачах частоти (в тому числі в обраному перетворювачі *SINAMIC V20*).

Структура електропривода, в якому реалізоване скалярне керування наведена на рис. 3.1 [X1].

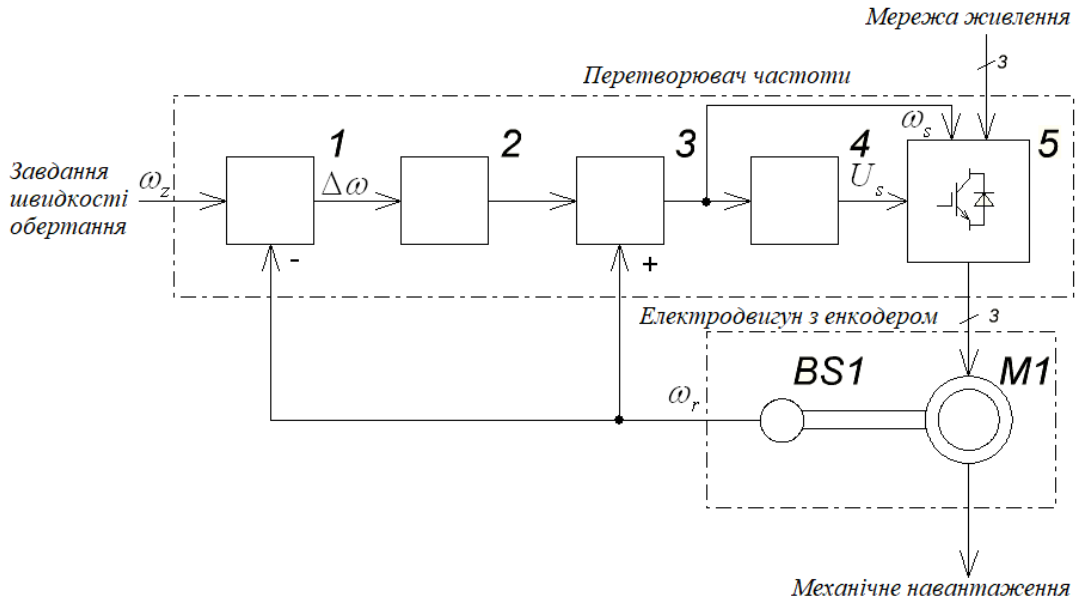

Рис. 3.1. Структура електропривода зі скалярним керуванням швидкістю

На рис.3.1 позначені: 1 - блок порівняння; 2 - блок регулятора; 3 - блок суматора; 4 - блок функціонального перетворювача; 5 - ШІМ-інвертор на повністю керованих ключах; BS1 - інкрементний датчик частоти обертання і кута повороту; M1 - асинхронний електродвигун. Блок порівняння розраховує різницю між сигналами завдання та сигналом зворотного зв’язку по швидкості. Блок регулятора визначає значення абсолютного ковзання, яке має бути забезпечено для мінімізації похибки регулювання швидкості. Блок суматора визначає бажану частоту вихідної напруги перетворювача частоти. Блок функціонального перетворювача визначає амплітуду вихідної напруги перетворювача частоти.

В існуючих перетворювачах частоти блоки з 1 по 4 реалізовані у вигляді стандартних програм, які мають бути вибрані під час налаштування.

Вхідний сигнал завдання частоти обертання формується програмованим логічним контролером ADVANTECH APAX-5620KW, який розраховує його в залежності від різниці між заданою та поточною продуктивністю дозатора.

Висновки

В розділі розглянуті існуючі підходи до керування електроприводами та вибраний найбільш підходящий для керування транспортером дозатора. Визначена структура системи електроприводу, в якому реалізоване скалярне керування швидкістю.

РОЗДІЛ 4
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1 Математичний опис досліджуваної системи

4.1.1. Математичний опис асинхронного двигуна

Електрична машина є найскладнішим елементом в розглядуваній системі. Для опису процесів в асинхронному двигуні найбільшого поширення набули моделі [1,2,3], складені на підставі законів Кірхгофа, закону магнітної індукції, закону Ньютона. Ці моделі являють собою систему рівнянь, в якій використовуються еквівалентні параметри обмоток двигуна і електричні змінні.

Математична модель являє собою систему рівнянь, що описують залежності між напругами, потокозчеплення і струмами, а також рівняння електромагнітного моменту і рівняння обертального руху валу ротора.

Відповідно до [2] рівняння напруг статора і ротора в загальному випадку мають вигляд:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_\mathbf{s} &= R_s \mathbf{i}_\mathbf{s} + \frac{d\boldsymbol{\psi}_\mathbf{s}}{dt} \\ \mathbf{u}_\mathbf{r} &= R_r \mathbf{i}_\mathbf{r} + \frac{d\boldsymbol{\psi}_\mathbf{r}}{dt} \end{aligned}, \qquad (4.1)$$

де $\mathbf{u}_s$, $\mathbf{u}_r$ – вектори напруг статора і ротора;

$\mathbf{i}_s$, $\mathbf{i}_r$ – вектори струмів статора і ротора;

$\boldsymbol{\psi}_s$, $\boldsymbol{\psi}_r$ – вектори потокозчеплення статора і ротора;

R_s, R_r – опори обмоток статора, ротора.

Дані рівняння складені з використанням другого закону Кірхгофа і закону електромагнітної індукції. По суті, кожна обмотка двигуна являє собою провідник, що має активний опір, по якому протікає струм і який зчеплений із загальним магнітним потоком. Відповідно загальна напруга складається з суми падання напруги на активному опорі цього провідника і ЕРС взаємоіндукції, яка визначається як похідна потокозчеплення за часом. Для короткозамкнутого асинхронного двигуна напруги ротора дорівнюють нулю.

Потокозчеплення зазвичай представляють через струми електричної машини і індуктивності обмоток наступним чином:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\psi}_{\mathbf{s}} &= (L_M + L_s)\mathbf{i}_{\mathbf{s}} + L_M \mathbf{i}_{\mathbf{r}} \\ \boldsymbol{\psi}_{\mathbf{r}} &= L_M \mathbf{i}_{\mathbf{s}} + (L_M + L_r)\mathbf{i}_{\mathbf{r}} \end{aligned}, \quad (4.2)$$

де L_s, L_r, L_M – індуктивності розсіювання статора, ротора і індуктивність ланцюга намагнічування.

Індуктивності розсіювання відображають магнітні потоки розсіювання, які присутні в кожній фазі і не беруть участь у створенні головного магнітного потоку. Індуктивність ланцюга намагнічування визначається не тільки головним магнітним потоком, створюваним даної фазою, а й двома іншими фазами, тобто це еквівалентна індуктивність, що відображає дію всіх трьох фаз. Вона в півтора рази більше індуктивності однієї фази від головного магнітного потоку, взятої окремо, що обумовлено взаємним розташуванням обмоток двигуна.

Електромагнітний момент визначається як векторний добуток загальних векторів потокозчеплення статора і струму статора, і більше його в півтора p раз:

$$M = 1.5p\boldsymbol{\psi}_{\mathbf{s}} \times \mathbf{i}_{\mathbf{s}}, \quad (4.3)$$

де M – електромагнітний момент двигуна;

p – число пар полюсів.

Для випадку, коли технологічний об'єкт представлений приєднаної до валу двигуна обертається масою з постійним моментом інерції, до якої прикладається момент опору, для визначення швидкості обертання валу ротора використовують рівняння обертального руху, складене згідно із законом Ньютона:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M - M_S}{J}, \quad (4.4)$$

де M_S, J – момент опору і момент інерції, приведені до валу двигуна;

ω_r – кутова швидкість обертання валу ротора.

Необхідно відзначити, що в рівняннях напруг змінні статора представлені в системі координат статора, а змінні ротора - в системі координат ротора. Для подання змінних в системі координат, яка обертається з деякою швидкістю, необхідно перетворити рівняння напруг в такий спосіб:

$$\begin{aligned}\mathbf{u_s} &= R_s\mathbf{i_s} + \frac{d\boldsymbol{\psi}_\mathbf{s}}{dt} + j\omega_k\boldsymbol{\psi}_\mathbf{s} \\ \mathbf{u_r} &= R_r\mathbf{i_r} + \frac{d\boldsymbol{\psi}_\mathbf{r}}{dt} + j(\omega_k - \omega_r)\boldsymbol{\psi}_\mathbf{r}\end{aligned}, \quad (4.5)$$

де ω_k – кутова швидкість обертання даної системи координат.

Використовувати для аналізу перехідних процесів систему рівнянь (4.1) - (4.5) важко, оскільки це передбачає роботу з векторними змінними. Тому зазвичай використовуються системи рівнянь, в яких змінні представлені не через вектори, а через миттєві значення в будь-якій системі координат [2].

Широке поширення отримали моделі, в яких електричні величини представлені в двофазних ортогональних системах координат [2]. Це обумовлено тим фактом, що в такій системі кількість диференціальних рівнянь менша, що знижує витрати машинного часу для розрахунку одного циклу. Найвідомішими двофазними системами координат є: α-β і d-q. Система координат α-β нерухома, d-q обертається разом з ротором (або потокозчепленням ротора). У зв'язку з тим, що напруги на виході перетворювача частоти є трифазними, використання цих моделей на кожному розрахунковому кроці вимагає двох перетворень систем координат: з трифазної, де величини мають фізичний зміст, в двофазну, а потім з двофазної в трифазну.

Одночасно з цим, згідно існує можливість застосування більш простих моделей для аналізу поводження електричної машини в системах автоматичного керування. Спрощена передаточна характеристика, яка описує залежність електромагнітного моменту від вхідної напруги, має вигляд аперіодичної ланки першого порядку:

$$W_E = \frac{k_E}{T_E p + 1}, \quad (4.6)$$

де T_E – електромагнітна стала часу електричної машини (розраховується згідно з виразом $T_E = \frac{L_m}{R_r}$), k_E – коефіцієнт, який залежить від способу регулювання

двигуна (при використанні закону керування *U/f = const* цей коефіцієнт є константою $k_E = \frac{f_{ном}^2}{U_{ном}^2}$).

4.1.2. Математичний опис перетворювача частоти

Моделювання динамічних процесів в різних видах перетворювачів має специфічні особливості, причому процеси повинні розглядатися з урахуванням динамічних властивостей двигунів. При цьому структурні моделі виходять складними, взаємопов'язаними, з істотно нелінійними ланками, з блоками перемноження і ділення координат, з параметрами, залежними від керуючих дій і режимів роботи електроприводу. Однак математичну модель можна значно спростити [5], якщо використовувати наближений опис процесів в силовій частині перетворювача частоти з автономним інвертором напруги застосовуючи такі припущення:

- вихідна напруга синусоїдальна, з амплітудою, що дорівнює амплітуді першої гармоніки;

- інвертор є безінерційною ланкою з постійним коефіцієнтом передачі;

- випрямляч являє собою ідеальне джерело напруги, рівної середньому значенню випрямленої ЕРС;

- вентильні властивості джерела враховуються односпрямованістю протікання струму і значенням фіктивного активного опору в ланцюзі його навантаження.

Але навіть при прийнятті цих припущень опис процесів в приводах змінного струму виявляється дуже складним і зазвичай вимагає використання повних диференціальних рівнянь, раціонального вибору координатної системи, в якій здійснюється регулювання векторів напруги, струму і потокозчеплення. Такі дослідження можливо здійснювати тільки з використанням обчислювальних машин при заданих конкретних значеннях параметрів, визначених умовах і режимах роботи електроприводів. У той же час для отримання узагальнюючих висновків можна використовувати більш прості математичні моделі перетворювачів.

У роботах [5,6] показано, що в першому наближенні при лінеаризації характеристик на малих інтервалах збільшень координат динамічні властивості керованих перетворювачів для двигунів змінного струму можна враховувати моделлю у вигляді аперіодичної ланки першого порядку з передавальної функцією:

$$W_{П} = \frac{k_{П}}{T_{П} p + 1}, \tag{4.7}$$

де $T_П$ – стала часу перетворювача частоти (найчастіше приймається рівною періоду імпульсної модуляції), $k_П$ – коефіцієнт пропорціональності, що дорівнює відношенню номінального значення вихідної напруги перетворювача до номінального значення вихідної частоти.

4.1.3. Математичний опис вимірювальних пристроїв та елементів керування

В якості вимірювальних пристроїв в розглядуваній системі використовуються датчики ваги та швидкості. Для спрощення математичного опису будемо вважати їх ідеальними, тобто такими, які мають нульову затримку передачі сигналу та нульову похибку.

Для регулювання продуктивності необхідно змінювати швидкість обертання. Для керування швидкістю доцільно використати ПІ-регулятор, який реалізований програмно в контролері перетворювача частоти. Математично він описується виразом:

$$W_{РШ} = k_{РШ} + \frac{1}{T_{РШ} p}, \tag{4.8}$$

В цьому виразі $k_{РШ}$ – пропорційна складова, $T_{РШ}$ – постійна інтегрування. При налаштуванні електроприводу на модульний оптимум, згідно з [7] ці величини розраховуються наступним чином:

$$T_{РШ} = k_{П} \cdot (T_{П} + \frac{1}{2T_E} \cdot (1 - \sqrt{1 - \frac{4T_E}{T_M}})), k_{РШ} = \frac{\frac{1}{2T_E} \cdot (1 + \sqrt{1 - \frac{4T_E}{T_M}})}{T_{РШ}}, \tag{4.9}$$

де T_M – механічна постійна часу електропривода, яка визначається сумарним моментом інерції валу двигуна та приведеної маси.

4.1.4. Структурна схема системи керування дозатором

Система керування дозатором, в якій враховані перелічені вище спрощення наведена на рис. 4.1.

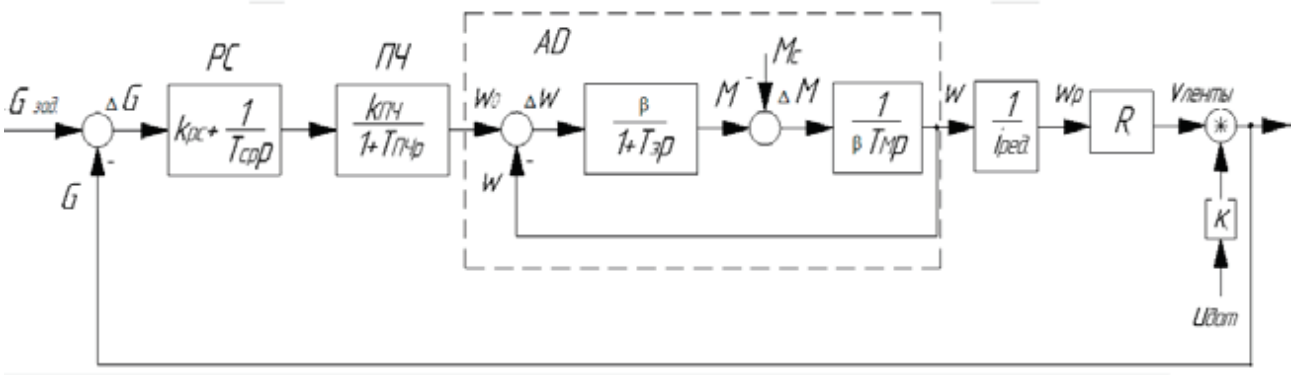

Рис. 4.1. Спрощена структура системи керування дозатором

На рисунку позначені: G – продуктивність, РШ – регулятор швидкості, П – перетворювач частоти, АД – асинхронний двигун, $i_{ред.}$ — передаточне число редуктора, R — радіус роликів, K — вага матеріалу від датчика, w – кругова частота обертання, M – момент на валу двигуна.

4.2. Результати досліджень

Для дослідження працездатності розробленої системи керування дозатором використаємо імітаційне моделювання в програмному пакеті Matlab Simulink. Для цього розробимо віртуальну модель системи керування дозатором, наведеної на рис.4.1.

Для побудови віртуальної моделі розрахуємо значення параметрів для випадку керування дозатором, транспортер якого керується асинхронним двигуном 4A100S4 потужністю 3 кВт, передаточне число редуктора дорівнює 40, радіус ролика складає 50 см, а приведений к валу двигуна момент інерції дорівнює 2 кг*м^2. По довідниковим даним [8] з використанням формул (4.6 – 4.9) розрахуємо значення параметрів складових математичних моделей: k_E = 0.154,

T_E = 0.0173 с, $k_П$ = 7.63, T_E = 0.0001 с, T_M = 0.309 с, $k_{РШ}$ = 7.6, T_E = 0.96 с. Момент опору обертанню двигуна приймемо постійним і рівним 0.2 Н*м.

Побудована віртуальна модель наведена на рис.4.2.

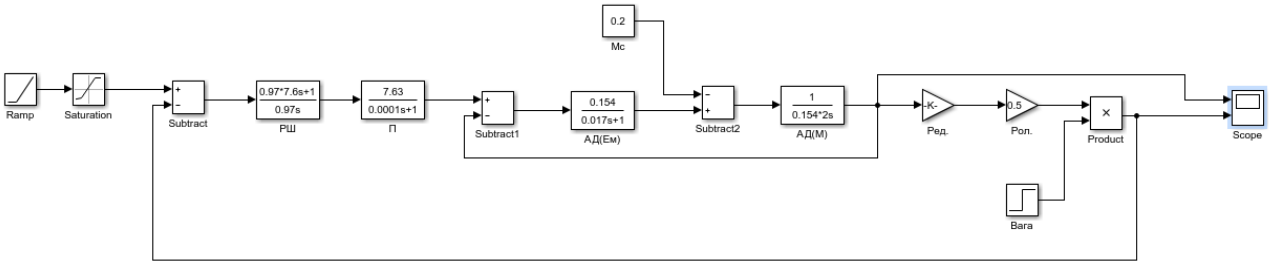

Рис. 4.2.. Віртуальна модель системи керування дозатором

В побудованій моделі елементи Ramp та Saturation виконують функцію задавання продуктивності. При цьому вказані елементи налаштовані таким чином, щоб задане значення продуктивності збільшувалось від нульового значення до величини 10 кг/с за час 0.5 с. Елемент *Вага* здійснює емуляцію роботи датчика ваги і в момент часу 5 с змінює свої покази з 100 кг до 110 кг, таким чином емулюючи раптове збільшення ваги на стрічці транспортера. Для відображення результатів моделювання встановлений елемент Scope, який відображає зміну частоти обертання двигуна та продуктивності дозатора.

Результати дослідження роботи наведені на рис.4.3.

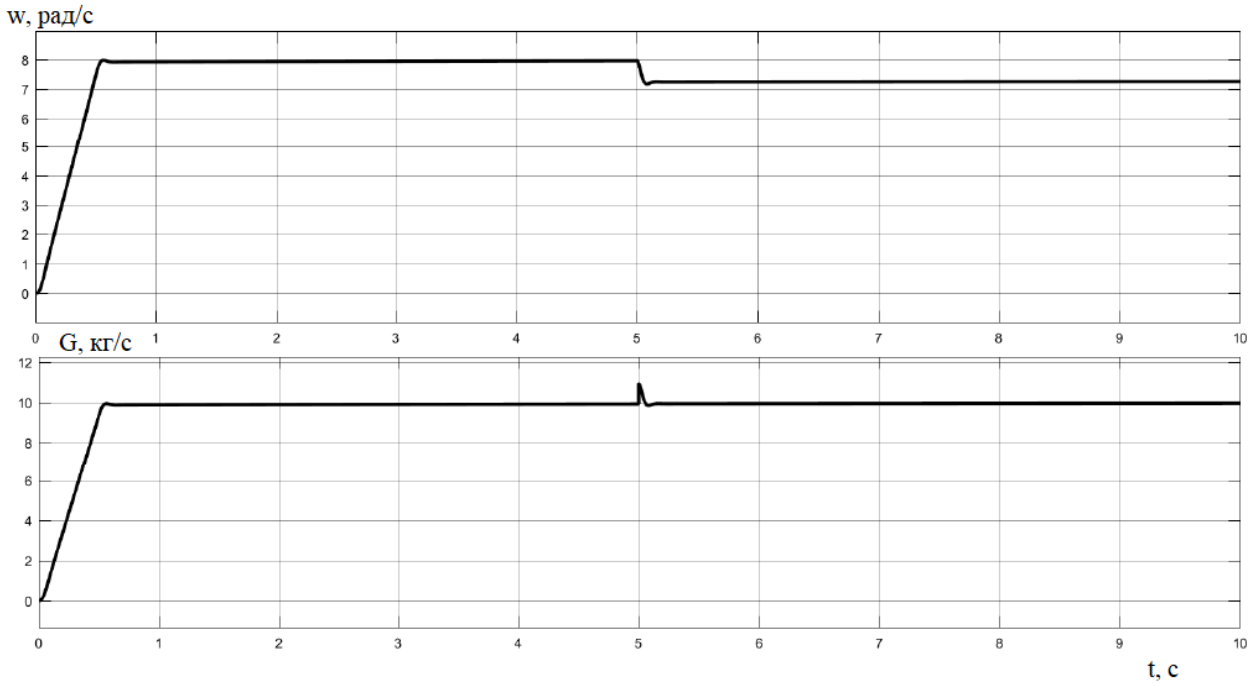

Рис.4.3. Результати дослідження роботи системи керування дозатором

Як видно з наведеного рисунка, під час лінійної зміни сигналу завдання продуктивності, швидкість обертання двигуна також змінюється лінійно. При стрибкоподібному збільшенні ваги на транспортері продуктивність також збільшується, але образу після цього система керування починає зменшувати швидкість обертання задля компенсації цього збільшення, і, після проходження перехідного процесу, продуктивність встановлюється на заданому значенні.

Висновки

В даному розділі розглянуті математичні моделі основних складових частин системи керування дозатором, складена спрощена структурна схема системи керування, по якій розроблена віртуальна модель та проведені дослідження, які підтверджують коректність роботи запропонованої системи.

РОЗДІЛ 5.

Охорона праці

Питання охорони праці людини має вирішуватися на всіх етапах трудового процесу, незалежно від виду професійної діяльності.

Забезпечення безпечних і здорових умов праці значною мірою залежить від правильної оцінки небезпечних виробничих факторів.

У цьому розділі розглядається питання охорони праці програмістом на етапі розробки системи керування електроприводом вагового дозатора . Тому і об’єктом дослідження являє собою програміст.

5.1.Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії підрозділяються на такі групи:

• фізичні;

• хімічні;

• біологічні;

• психофізіологічні.

5.2 Аналіз умов праці

Приміщення, де працює програміст, має загальну площу 20 м2, висота стель 30 м. Є 7 робочих місць з ПК. Кожне робоче місце обладнано письмовим столом 1,2 м2, стільцем та персональним комп’ютером, що складається з монітора, системного блоку, клавіатури та миші. Слід зазначити, що площа робочого місця оператора ПК не повинна бути менше 6м2, а об’єм не менше 20м3, тобто площі та об’єму цього приміщення недостатньо для розміщення 7 робочих місць з операторів ПК.

5.3.Заходи щодо зменшення впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Програма навчання повинна бути розроблена та проведена відповідними навчальними організаціями для інформування та навчання відповідного персоналу щодо небезпек та заходів захисту під час встановлення

фотоелектричної станції, яка охоплює більш широкий спектр тем (наприклад, проектування, встановлення, тестування і введення в експлуатацію, експлуатацію та технічне обслуговування).

Заявник/Підрядник повинен забезпечити, щоб увесь відповідний персонал був добре поінформований та навчений щодо ризиків для здоров'я та безпеки та заходів щодо будь-якого конкретного проекту.

5.4.Інструкція з охорони праці

Загальні вимоги з охорони праці:

I.I. Особи, які досягли 18 років, пройшли обов’язковий медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, допускаються до самостійної роботи та обслуговування комплексу автоматичної системи розпізнавання координат на основі звукової інформації.

I.II. При роботі з комплексом системи керування електроприводом транспортера вагового дозатора працівник повинен:

I.II.I. Виконувати тільки роботу, визначену трудовою інструкцією, затвердженою адміністрацією підприємства, за умови, що працівник добре знає безпечні способи її виконання.

I.II.III. Користуйтеся засобами індивідуального та колективного захисту правильно.

I.II.V. Про будь-які ситуації, що загрожують життю та здоров’ю людей, про всі нещасні випадки на виробництві або про погіршення здоров’я, у тому числі про прояв ознак гострого професійного захворювання негайно повідомляти свого безпосереднього або вищестоящого керівника.

I.II.VI. Навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт та надання першої медичної допомоги потерпілим на виробництві, інструктаж з охорони праці, перевірка знань вимог охорони праці.

I.III. Містять інструменти та робочу зону в сухому стані.

II. Вимоги безпеки перед початком роботи:

II.I. Перевірте та переконайтеся, що стаціонарне обладнання, інструменти, приладдя та захисні пристрої в справному робочому стані. Розташуйте інструмент для максимально зручного використання, уникаючи непотрібних предметів у робочій зоні.

II.II. Переконайтеся, що інструменти та робоча поверхня сухі.

II.III. Від'єднайте інвертор від мережі.

III. Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

IV.I. Під наглядом відповідального за роботу невідкладно вживати заходів щодо усунення причин нещасних випадків або ситуацій, які можуть призвести до нещасних випадків чи нещасних випадків.

IV.II. Негайно повідомити пожежну охорону за телефоном «101», повідомити працівників, повідомити керівника підрозділу, повідомити про пожежу пост охорони.

IV.III. Знеструмити установку, закрити вікна та двері.

IV.IV. Розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, якщо це не пов'язано з небезпекою для життя.

IV.VI. Негайно надати першу медичну допомогу потерпілому і при необхідності доставити його до медичної організації;

IV.VII. Вживати невідкладних заходів для запобігання розвитку надзвичайної чи іншої надзвичайної ситуації та впливу травмуючих факторів на оточуючих;

V. Вимоги охорони праці після закінчення роботи.

V.I. Переконайтеся, що всі елементи правильно з'єднані та закріплені.

V.II. Прибрати робоче місце.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

6.1 Вступ.

Кінцевим результатом дипломного проекту є дослідження системи керування транспортером вагового дозатора, аналіз та вибір підходящого алгоритму керування асинхронними електроприводами. Також розробка таких систем вважається доцільним через широку необхідність самих систем керування, з огляду на їх ресурсну ефективність, а отже і екологічність. У цьому розділі буде розглянуто роль вагового дозатора в екології та захисті навколишнього середовища.

Охорона навколишнього середовища за останні десятиліття стала однією із найважливіших проблем сучасності. Тому потрібно дуже відповідально, ретельно ставитися до цього та завчасно знаходити засоби щодо запобігання забруднення та погіршення навколишнього середовища, як для людини, так і для природи взагалі. А також проектувати такі пристрої, датчики, системи, які б не наносили шкоди навколишньому середовищу.

6.2 Екологічність БПЛА

Оцінку екологічності мультикоптерів для доставки вантажів проводили за допомогою методу розрахунку вуглекислого сліду – кількості вуглекислого газу, що утворюється при виробництві електроенергії, споживаної безпілотними літальними апаратами на всіх етапах транспортування та необхідної для забезпечення його функціонування.

6.3.Вагова класифікація БПЛА

Останнім часом дрони все частіше використовуються для доставки відносно невеликих вантажів. Маленькі дрони вже доставляють пошту, покупки, їжу і навіть гроші. Цей спосіб доставки зручний для перевезення на

короткі відстані та у випадку, коли наземна доставка утруднена: зокрема, якщо потрібно подолати якусь перешкоду (наприклад, річку чи протоку) або доставити вантаж в район з неякісними дорогами. . Деякі дрони можуть доставляти невеликий вантаж безпосередньо в руки одержувача. Щоб вивчити, наскільки екологічно безпечною буде доставка вантажів на короткі відстані за допомогою різноманітних мультикоптерів, ми розрахували витрати енергії, необхідні дронам для доставки вантажу, оцінили кількість викидів парникових газів і порівняли ці цифри з подібними значеннями для традиційних наземних методів доставки. (рис. 6.1). У рамках дослідження

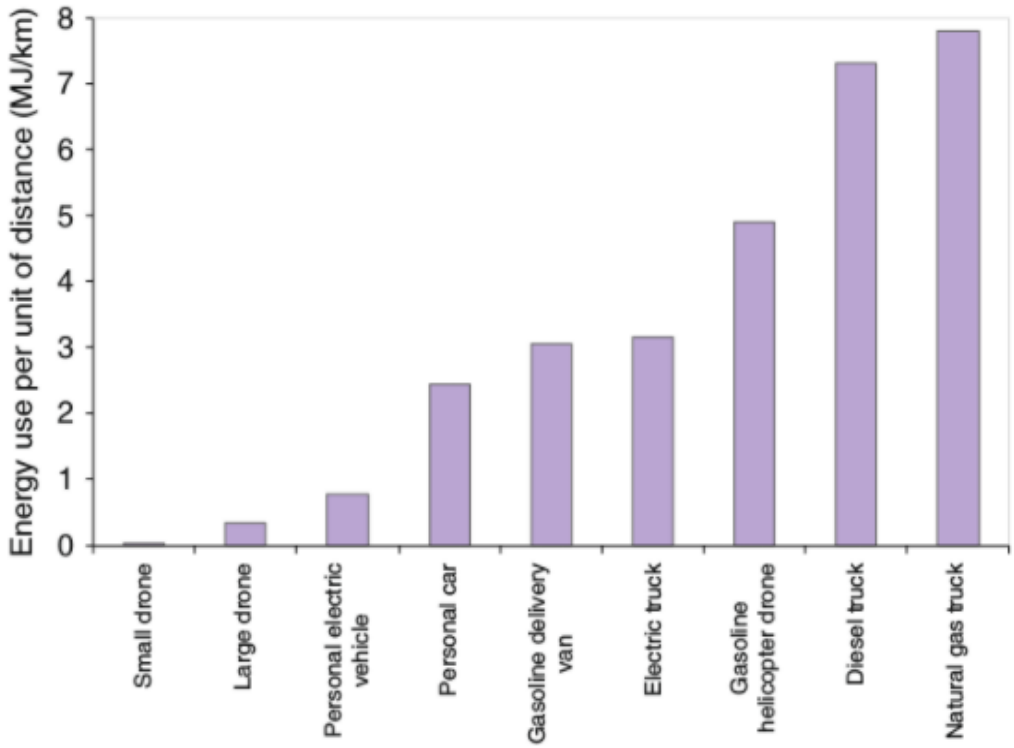

Рисунок 7.1. Рівень використання енергії популярними способами транспортування

Використання квадрокоптерів для доставки невеликих вантажів виявилося набагато вигіднішим з точки зору зменшення викидів парникових

газів в атмосферу – їх «вуглецевий слід» був значно меншим, ніж у звичайних вантажівок з такою ж загальною масою вантажу.

Доставка легких пакетів невеликими квадрокоптерами в будь-якому випадку екологічно ефективніша, ніж традиційна наземна доставка, наприклад, за допомогою вантажівок. Однак дослідники відзначають, що наявні на даний момент акумулятори для квадрокоптерів можуть доставляти вантаж на відстань не більше 4 кілометрів. Тому для створення нормально функціонуючої транспортної мережі необхідно створити цілу систему станцій і складів, витрати енергії на які також необхідно враховувати при розрахунках.

Size	Nomenclature	Specifics	Operational requirements	Application areas	Examples
Very large (3–8 tons)	HALE (High Altitude, Long Endurance)	Fly at the highest altitude (> 20 Km) with huge operating range that extend thousands of km, long flight time (over 2 days), very heavy payload capacity (more than 900 kg in under-wing pods)	Prohibitively expensive for most users (high maintenance, sensors, crew training costs), long runway for takeoff and landing, ground-station support, and continuous air-traffic control issues, challenging deployment/recovery and transport	Assessments of climate variable impacts at global scales, remote sensing collection, and earth/atmospheric science investigations	Global Hawk, Qinetiq Zephyr, NASA PathFinder
Large (1–3 tons)	MALE (Medium Altitude, Long Endurance)	Medium altitude (3–9 Km), over 12 h flight time with broad operating range (> 500 km), heavy payload capacity (~100 kg internally, external loads of 45 up to 900 kg)	Similar requirements as for HALE but with reduced overall costs	Near-real-time wildfire mapping and surveillance, investigation of storm electrical activity and storm morphology, remote sensing and atmospheric sampling, arctic surveys, atmospheric composition and chemistry	NASA Altus II, NASA Altair, NASA Ikhana, MQ-9 Reaper (Predator B), Heron 2, NASA SIERRA

Medium (25–150 kg)	LALE (Low Altitude, Long Endurance), LASE (Low Altitude, Short Endurance)	Fly at moderate altitude (1–3 Km) with operating ranges that extend from 5 to 150 km), flight time (over 10 hours), moderate payload capacity (10–50 kg)	Reduced costs and requirements for takeoff and landing compared to MALE (hand-launched platforms and catapult-launch platforms), simplified ground-control stations	Remote sensing, mapping, surveillance and security, land cover characterization, agriculture and ecosystem assessment, disaster response and assessment	ScanEagle, Heron 1, RQ-11 Raven, RQ-2 Pionee, RQ-14 Dragon Eye, NASA J-FLiC, Arcturus T-20
Small, mini, and nano (Less than 25 kg for small AUVs, up to 5 Kg for mini and less than 5 Kg for nano)	MAV (Micro) or NAV (Nano) Air Vehicles	Fly at low altitude (< 300 m), with short duration of flight (5–30 min) and range (< 10 Km), small payload capacity (< 5 kg)	Low costs and minimal take off/landing requirements (Hand-launched), often are accompanied by ground-control stations consisting of laptop computers, flown by flight planning software or by direct RC (Visual Line Of Sight or Beyond Visual Line Of Sight when allowed), usually fixed-wing (small AUVs) and copter-type (mini and nano AUVs)	Aerial photography and video, remote sensing, vegetation dynamics, disaster response and assessment, precision agriculture, forestry monitoring, geophysical surveying, photogrammetry, archeological research, environmental monitoring	AR-Parrot, BAT-3, SenseFly eBee, DJI Inspire 3, DJI Phantom 4, Draganflyer X6, Walkera Voyager 4

Рисунок 6.2. Вагова класифікація БПЛА та приклади

Для більш потужних октокоптерів і більш важких вантажів збільшення викидів набагато менш очевидне. Отже, якщо дрон-доставник працює в регіонах, для яких основним джерелом електроенергії є викопні ресурси, то при доставці вантажу такої ж маси на таку ж відстань дрон вироблятиме на 50 відсотків більше вуглекислого газу, ніж вантажівка. Якщо для виробництва електроенергії використовувати відновлювані джерела, то мультикоптер вже буде у виграшній позиції, але різниця складе лише 9 відсотків.

6.4.Роль БПЛА в охороні навколишнього середовища

Дрони або безпілотні літальні апарати (БПЛА) стають все більш популярними не тільки на ринку відпочинку, але і для моніторингу навколишнього середовища. Технологія дронів увійшла в багато сфер, включаючи спостереження, пошуково-рятувальні операції, аерофотозйомку, цифровий зв'язок – і, звичайно, відпочинок. Безпілотники недорогі, вимагають малої підготовки та інфраструктури, а також не мають палива (крім батарей), тому не дивно, що вони завоювали ринок. Крім того, вони можуть бути оснащені будь-якою кількістю датчиків або камер, що робить їх ідеальними для моніторингу навколишнього середовища.

Вибір того чи іншого типу БПЛА залежить від особливостей досліджуваного об’єкта, потреби в передачі даних у реальному часі та типу даних, що визначається поставленим завданням. Зокрема, для повітряного моніторингу технічного стану та безпеки нафто-, газо- та продуктопроводів великої довжини ефективніше використовувати БПЛА авіаційного типу середньої та великої дальності. Висока стабільність і хороша керованість дозволяють використовувати БПЛА в несприятливих погодних умовах і з обмежених місць.

6.5.Моніторинг навколишнього середовища

Нині одним із перспективних напрямків застосування БПЛА є гірометеорологічний моніторинг води та повітря. Тут актуальним є контроль за забрудненням повітря, ґрунту, водних джерел відходами тваринного походження, нераціональним використанням добрив та обладнання. Аерофотозйомка та відеозйомка – це одна з областей, де дрони відіграють життєво важливу роль: маленький дрон може літати кілька годин, записуючи зображення з роздільною здатністю 1 м, що означає, що вони підходять для аерофотокартографування та моніторингу природи. Перебуваючи на висоті близько 200 метрів, дрони здатні робити кришталево чисті зображення будь-якого середовища в будь-який день року, не обмежені хмарами. Вони також можуть бути озброєні метеорологічними приладами, такими як вітрометри, термометри та датчики вологості чи тиску, що дозволяє їм збирати кліматичні дані.

БПЛА також можуть перевозити метеорологічне обладнання, таке як вітрометри, термометри, датчики вологості та тиску, щоб збирати кліматичні дані з регіонів по всьому світу. Таким чином, ця технологія в даний час використовується для картографування недоступних тропічних лісів Конго та Суринаму, щоб вирішити складні проблеми збереження, які лежать на поєднанні екології та соціальних змін. Вони можуть виявити, як місцевість змінюється з часом, аж до найдрібніших деталей, і були використані для моделювання льодовикових особливостей, моніторингу ерозії, в управлінні узбережжям, моделюванні місцевості, лісовому господарстві та при оцінці річок і повеней.

Крім того, БПЛА можуть успішно використовуватися для моніторингу об’єктів паливно-енергетичного комплексу, трубопроводних систем транспортування вуглеводнів, розливів нафти, стану та цілісності об’єктів ядерного паливно-енергетичного комплексу, ліній електропередачі

Багато завдань екологічного біомоніторингу можна успішно вирішувати за допомогою спеціалізованих безпілотних систем. Безпілотний літальний комплекс, призначений для цілей екологічного біомоніторингу, містить:

1) стаціонарні, або один або кілька мобільних центрів управління польотами БПЛА;

2) кілька спеціалізованих БПЛА, оснащених датчиками та пробовідбірниками для аналізу твердих, рідких та газоподібних проб із навколишнього середовища, наприклад, повітря, води та ґрунту;

3) розподілена система управління польотом, елементи якої розташовані як на борту БПЛА, так і на борту мобільних пунктів управління, або в стаціонарному центрі управління польотом;

4) інформаційна система відеоогляду, яка може включати модулі з можливостями радіолокаційного, оптико-спектрального, лідарного, телевізійного та тепловізійного (інфрачервоного - ІЧ) сканування земної поверхні та навколишнього середовища;

5) комплекс датчиків для експрес-аналізу стану навколишнього середовища;

6) мікропроцесорний комплекс для обробки та зберігання інформації;

7) комунікаційний комплекс для інтенсивної передачі великого обсягу інформації до центру

обробка даних (ЦОД) по радіо або оптико-електронному каналу;

8) комплекс групових навігаційних засобів БПЛА на основі позиціонування за допомогою системи GPS-ГЛОНАСС;

9) робочі та запасні бортові джерела живлення, або електрогенератори.

тощо. вигідно і безпечно. БПЛА для аеророзвідки надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, у тому числі моніторингу довкілля після радіаційних аварій на атомних та промислових об’єктах.

Допомога при катастрофах

Дрони ідеально підходять для польотів у важкодоступні або небезпечні райони, щоб оцінити та запобігти екологічним катаклізмам. Вони збирають інформацію з місць, до яких люди не можуть дістатися, щоб створити моментальний знімок ситуації, що дозволяє чиновникам визначати, як найкраще розгорнути ресурси, мінімізувати шкоду та врятувати життя. Дрони американської компанії senseFly були використані після тайфуну Хайян вздовж південно-східного узбережжя Філіппін у 2013 році, вони створили 2D базові карти та 3D моделі місцевості, щоб оцінити пошкодження та спланувати реконструкцію укриття, надаючи поточні та точні дані для надання допомоги.

Повітряні дрони є однією з найперспективніших та найпотужніших нових технологій для покращення реагування на катастрофи та надання допомоги. Безпілотники природно доповнюють традиційні пілотовані операції з надання допомоги, допомагаючи гарантувати, що операції можна проводити безпечніше, швидше та ефективніше.

Коли відбувається катастрофа, безпілотники можуть використовуватися для надання допомоги працівникам кращої обізнаності про ситуацію, визначення місця розташування тих, хто вижив серед завалів, виконання структурного аналізу пошкодженої інфраструктури, доставки необхідних матеріалів та обладнання, евакуації постраждалих та допомоги в гасінні пожеж — серед багатьох інших потенційних застосувань. .

Напередодні надзвичайних ситуацій дрони можуть допомогти в оцінці ризику, картографуванні та плануванні. Коли окремі особи, підприємства та спільноти можуть розуміти ризики та ефективно планувати їх, вони зменшують загальну шкоду та збитки. Відновлення та відновлення можуть початися швидше і в кінцевому підсумку посилити стійкість громад.

6.6. Правові аспекти охорони навколишнього природного середовища

На сьогодні практично всі питання, які стосуються світової цивільної авіації вирішує Міжнародна організація цивільної авіації. ІКАО виробляє основні вимоги до роботи цивільної авіації, в тому числі й вимоги щодо сертифікації літаків за рівнем впливу на навколишнє середовище, а також обмежує використання літаків, що не відповідають екологічним вимогам. При цьому, Міжнародна організація цивільної авіації майже не займається питаннями компенсації екологічних збитків від впливу повітряних суден на навколишнє середовище, віддаючи ці питання на вирішення кожної окремої держави.

Сучасними головними нормативно-правовими актами, що регулюють основи організації охорони навколишнього природного середовища, є такі Закони України: “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25 червня 1991 р., “Про охорону атмосферного повітря” від 16 жовтня 1992 р., “Про природно-заповідний фонд України” від 16 червня 1992 р., “Про тваринний світ” від 3 березня 1993 р., “Про карантин рослин” від 30 червня 1993 р. та ін. До того ж деякі відносини у сфері використання та охорони навколишнього природного середовища врегульовано кодексами (земельним, водним, лісовим, про надра), а також Законами України “Про плату за землю” від 3 липня 1992 р. та “Про ветеринарну медицину” від 25 червня 1992 р. Важливе значення у вирішенні цього питання має затверджений постановою Верховної Ради України “Порядок обмеження, тимчасової заборони (зупинення) чи припинення діяльності підприємств, установ, організацій і об'єктів у разі порушення ними законодавства про охорону навколишнього природного середовища” від 29 жовтня 1992 р.

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (Мінекобезпеки України) є центральним органом державної виконавчої влади, підвідомчим Кабінету Міністрів України. Міністерство реалізує державну політику в галузі охорони навколишнього природного середовища,

раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту населення і навколишнього природного середовища, від негативного впливу господарської діяльності шляхом регулювання екологічної, ядерної та радіаційної безпеки на об´єктах усіх форм власності (Витяг з Положення про Міністерство навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, затвердженого Указом Президента України від 10 лютого 1995 року).

Екологічно небезпечна діяльність в транспортній галузі є спеціальною сферою правового регулювання, на яку розповсюджується система міжгалузевих нормативно-правових актів, що встановлюють засоби забезпечення екологічних вимог.

Відповідно до Повітряного кодексу України від 4 травня 1993 року, важливими засобами правової охорони повітряного простору від впливу авіації є додержання авіаційних правил, до яких, зокрема, належать стандарти і норми у галузі охорони навколишнього природного середовища (п. 4 ч. 2 ст. 7), а також запровадження сертифікації різних типів цивільних повітряних суден, їх розробку, виробництво і експлуатацію (статті 5, 16-21).

У багатьох країнах діють економічні механізми компенсації шкідливого впливу цивільної авіації на навколишнє середовище. На жаль, в Україні цим питанням приділяється незначна увага. Майже повністю відсутні теоретичні та методичні підходи до еколого-економічної оцінки впливу цивільної авіації на навколишнє середовище. Потребують подальшого поглиблення та доповнення теоретичні та методичні положення, що пов’язані зі створенням механізму компенсації еколого-економічних збитків від авіатранспортних процесів.

6.7.Шляхи утилізації авіаційної техніки, яка виводиться з експлуатації

Під час утилізації АТ з рідинними реактивними двигунами виконують такі види робіт: нейтралізація і її розбирання; підготовка до утилізації,

розбирання АТ і її елементів; утилізація основних елементів; утилізація матеріальної частини; захоронення відходів.

Захоронення відходів утилізації (залишки хімреагентів, продуктів розкладу ракетних палив та ін.) повинно проводитись з врахуванням діючих санітарних норм, вимог конструкторської і технічної документації.

У загальному випадку до складу продуктів згоряння палив входять такі токсичні сполуки: хлористий водень, молекулярний фтор, фосген, алюміній та його оксид, окис вуглецю, окисли азоту, формальдегід, синильна кислота (ціанистий водень), аміак (ГОСТ 17.2.1.01 – 76).

Проблема утилізації та ліквідації виробів АТ в масовому масштабі виникла лише в останні десятиріччя і стала для суспільства дещо несподіваною, що пов’язано з переважно закритим характером робіт в цій області. Екологічно чистих, вибухобезпечних і економічно доцільних методів утилізації та ліквідації виробів АТ на основі твердих палив в даний час практично не існує в жодній країні.

Реальними є такі способи ліквідації: підриви і механічні руйнування; випалювання зарядів; руйнування за допомогою хімічних реагентів; затоплення. З великою увагою розглядається метод використання енергетичних можливостей твердих палив, які мають детонаційні властивості, при виготовленні штучних алмазів.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена вирішенню комплексу питань пов’язаних з реалізацією автоматизованого керування електроприводом транспортера вагового дозатора стрічкового типу.

Основні результати дипломної роботи:

1. Проаналізовано існуючі підходи та системи дозування сипких матеріалів та визначені їх основні переваги та недоліки.
2. Запропонована структура та принцип роботи автоматизованого стрічкового дозатора, який полягає в регулюванні продуктивності дозатора шляхом керування швидкості стрічки транспортера; визначений принцип функціювання, який включає три режими роботи: «АВАРІЯ», «АВТОМАТ», «ПЕРЕХОДИ ПО ЕКРАНАМ»
3. Для реалізації запропонованої системи обрані її складові частини, визначені їх характеристики та способи установки.
4. Розглянуті існуючі методи керування асинхронними двигунами, визначені їх переваги та недоліки, для керування електроприводом транспортера обране скалярне керування, яке забезпечує підтримання постійним співвідношення «напруга - частота». Розроблена структура системи електроприводу, яке забезпечує обраний тип керування.
5. Визначений математичний опис складових частин системи керування та розроблена імітаційна модель, яка описує її роботу. З використанням розробленої системи проведені дослідження роботи системи керування дозатором, які підтвердили правильність обраних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М.: Гардарики, 2001. – 638 с.
2. Виноградов А. Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / А. Б. Виноградов. – Иваново, 2008. – 298 с.
3. Лавренов Е. О. Методы компенсации влияния электрической несимметрии на механический момент индукционного двигателя // Известия томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. – № 1. – С. 72–78. URL: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/9008/1/bulletin_tpu-2016-v327i1-08.pdf
4. Афанасьев В. Д. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве: учебное пособие для студентов металлургических вузов – М.: Металлургия, 1977. – 281 с.
5. Онищенко Г.Б. Основные тенденции развития автоматизированного электропривода // Труды международной (XX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП 2016. – Пермь. 2016. – С 81-83.
6. Дацковский Л. Х., Роговой В.И., Абрамов Б.И., Моцохейн Б.И., Жижин С.П. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) // Электротехника. – 1996. – № 10. – С. 18-28
7. Сандлер А. С., Сарбатов В. С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергия, 1974. – 328 с
8. Осипов О. И. Частотно регулируемый асинхронный электропривод. – М.: издательство МЭИ, 2004. – 80 с.
9. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: Учеб. пособие. СПб:СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.

10. Башарин А. В., Новиков В.А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-е, 1982. – 392 с.
11. Бушуев С.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа». 1985.
12. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. «Теория автоматизированного электропривода» – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
13. А.И.Вольдек "Электрические машины"– М.: Энергия, 1974. – 840 с.
14. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. «Теория автоматизированного электропривода» – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
15. Конвейеры: Справочник/Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, и др. Под общей редакцией Ю.А. Пертена Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. 367 с., с ил.
16. Дукаев Л.Ф., Ликов О.П. "Детали машин. Курсовое проектирование". Высшая школа. М. 1967г.
17. Вольдек, А.И. Электрические машины /А.И. Вольдек. – М.: Энергия, 1978. – 832 с.
18. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / Булгаков А.А. – М.: Энергоиздат, 1982, – 216 с.
19. Ковач К.П. Переходные процессы в машинах переменного тока / Ковач К.П., Рац И. : [пер. с немецкого Дартау А.А., Щедрович В.А.]; под ред. А.И. Вольдека – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 744 с.
20. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин / Копылов И.П. – [2-е изд.]. – М.: Высшая школа, 1994. – 318 с.
21. Пятибратов Г.Я., Барыльник Д.В, Моделирование электромеханических систем: Учеб. пособие /Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т.– Новочеркасск: ЮРГПУ, 2013.– 103 с.
22. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями.– М.: Энергия, 1974.– 328 с.
23. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода.– СПб.: Энергоатомиздат, 1994. – 496 с.

24. Терехов В. М. Системы управления электроприводом / В. М. Терехов, О. И. Осипов. — М.: Академия, 2005. — 304 с.