

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпропетровська політехніка"

Електро-технічний факультет

Кафедра **Електропривода**
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань **0507 Електротехніка та електромеханіка**
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки **050702 Електромеханіка**
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність **6.050702 Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод**
(код і назва спеціальності)

освітній рівень **бакалавр**
(назва освітнього рівня)

кваліфікація **фахівець у галузі електромеханіки**
(код і назва кваліфікації)

на тему: **Електромеханічна система лінії пакування молочних виробів за
умовами живлення від сонячних панелей**

Виконавець:

студент **4** курсу, групи **ЕМ-14-2**

(підпис)

Антропов М.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівники проекту розділів:	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Автоматизований електропривод	Азюковський О.О.		
Дослідження динаміки електропривода	Азюковський О.О.		
Охорона праці економічного	Столбченко О.В. Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковский М.М.		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпропетровська політехніка"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект
бакалавра

студенту ЕМ-14-2
(група)

Антропов М.Д.
(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту "Електромеханічна система лінії пакування
молочних виробів за умовами живлення від сонячних панелей "

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ «Дніпропетровська політехніка» від

№ _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Автоматизований електропривод	Аналіз технології роботи механізму та розрахунок потужності електроприводу.	20.01.18 – 12.02.18
Дослідження динаміки електропривода	Вибір комплектного електроприводу, синтез САУ і дослідження її роботи.	16.02.18 – 15.03.18
Охорона Праці	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.	17.03.18 – 26.04.18
Техніко-економічне обґрунтування	Встановлення економічної доцільності прийнятих технічних рішень. Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.	29.04.18 – 30.05.18

Завдання видав _____

(підпис)

Азюковський О.О

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Антропов М.Д.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 20.01.2018

Термін подання дипломного проекту до ЕК 10.06.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 69 с., _ рис., _ табл., _ джерела, 4 аркуша креслень.

Об'єкт детальної розробки: електропривод робочого рольгангу чистової кліті стану по системі ТП-Д.

Мета роботи: Мета проекту: створення проекту електростанції для забезпечення електропостачання лінії пакування молочних продуктів, яка буду жититися від сонячних панелей.

У розділі «Технологічна частина» вказані основні відомості про вибрані елементи (фасовочно- пакувальний автомат М6-ОР2-Д-1, серводвигун SGMAN-08A16SD-0Y)).

У розділі «Автоматизований електропривод» виконаний аналіз навантажувальних характеристик електроприводу з використанням пакета MATLAB. Шляхом моделювання отримано діаграми навантаження та швидкості розробленої моделі.

У розділі «Охорона праці» виконано аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту. Проведені інженерно – технічні заходи з охорони праці, заходи щодо пожежної профілактики та ергономіки.

В економічній частині наведено розрахунки та витрати на електроенергію, експлуатацію.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Зміст

Вступ	4
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	5
1.1 Характеристика технологічного агрегату	5
1.2 Загальна характеристика електрообладання агрегату його режимів роботи та умов експлуатації	7
1.3 Опис електромеханічної системи пакування молочних виробів і технологічного процесу	8
1.4 Аналіз швидкості та навантаження електромеханічної системи пакування молочних виробів	13
1.5 Сервоприводи	15
1.6 Вибір типу двигуна для фасовочно-пакувальної машин	19
1.7 Выбор режима работы двигателя	22
1.8 Аналіз математичних моделей	23
1.9 Вимоги до електроприводу	26
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	28
2.1 Вибір двигуна	28
2.2 Вибір перетворювача частоти	29
2.3 Синтез САК	31
2.3.1 Критерії оптимальності	31
2.3.2 Технічний критерій оптимізації	32
2.3.3 Симетричний критерій оптимізації	33
2.4 Аналіз основних показників роботи сонячної електростанції	33
2.5 Показники і норми якості електроенергії	41
3 Розрахунок параметрів електропривода	43
3.1 Налаштування струмових контурів	44
3.2 Моделирование и анализ полученных результатов	45

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	47
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	48
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	48
4.3 Розрахунок захисного заземлення	50
4.4 Пожежна профілактика	53
4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	53
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	54
5.1 Розрахунок капітальних витрат	54
5.2 Витрати на придбання обладнання	56
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	57
5.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань	59
5.5 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування	60
5.6 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	62
Висновки	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	62

Вступ

Найзручнішим для використання у виробництві та побуті видом енергії, безумовно, є електрична енергія. Тому, перше місце на нинішньому етапі розвитку альтернативних технологій займає виробництво електроенергії за допомогою поетапного перетворення енергії вітру, води і сонячного світла. Дана тема широко відкрита для досліджень і різного роду рішень.

Сонячна енергетика дуже перспективний напрямок в нетрадиційній електроенергетиці особливо для використання їх в виробничих цілях, а не тільки споживчих. Тому, метою даної роботи є отримання знань з альтернативної енергетики, припущення оптимальних рішень для будівництва цієї електростанції для використання її для живлення виробничих агрегатів, розробка електричного приводу для лінії пакування молочних виробів

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 Технологічна частина

1.1 Характеристика технологічного агрегату

Технологічна машина - пристрій, що складається з станини або корпусу, приводу машини, що включає джерело руху - двигун та передавальні механізми, виконавчих механізмів з робочими органами, які об'єднані в єдине ціле загальною станиною або корпусом, системи управління, регулювання та захисту

Привід машини включає джерело руху - двигун та передавальні механізми.

Двигун - це функціональна частина машини, в якій безпосередньо відбуваються фізико-хімічні процеси, пов'язані з перетворенням енергії в механічну роботу; призначений для приведення в дію робочих органів виконавчого механізму технологічної машини.

Передавальний механізм служить для передачі руху від джерел руху до робочих органів виконавчих механізмів.

Основними видами передач є:

1. зубчасті,
2. ремінні,
3. ланцюгові (втулочно-роликові зубчасті),
4. фрикційні (конічні циліндричні).

Система управління здійснює пуск і зупинку машини, забезпечує задану послідовності спрацьовування робочих органів протягом робочого циклу, витримку часу, стабілізацію, стеження, виконання програми, оптимізацію режимів, синхронізацію роботи модулів машини, а також контроль за її роботою.

Система регулювання служить для настройки машини на заданий режим або ритм роботи.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система захисту використовуються для запобігання неправильного включення машини, а також виробничого травматизму.[3]

Виконавчий механізм приводить в рух робочі органи з інструментом.

До виконавчих механізмів відносяться пристрої для:

1. пристрої подачі матеріалів, заготовок в позицію обробки і видалення з неї напівфабрикатів або готової продукції (завантажувальний і розвантажувальний пристрої),
2. пристрої (або засоби) переміщення предмета обробки,
3. пристрої для приведення в рух основних робочих органів з інструментом обробки.

Робочий орган безпосередньо впливає на оброблюваний предмет відповідно до заданого технологічним процесом.

Робочими органами є:

1. інструменти,
2. пристрої для установки предмета обробки,
3. пристрої для фіксації предмета обробки,
4. пристрої для переміщення предмета обробки.

Робочий орган безпосередньо впливає на оброблюваний предмет відповідно до заданого технологічним процесом.

Робочими органами є:

1. Інструменти.
2. Пристрої для установки предмета обробки.
3. Пристрої для фіксації предмета обробки.
4. Пристрої для переміщення предмета обробки.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Загальна характеристика електрообладнання агрегату його режимів роботи та умов експлуатації.

До типових завдань регульованого електроприводу відносяться:

1. зміна швидкості або продуктивності шляхом регулювання частоти обертання двигуна;
2. позиціонування механізму;
3. стабілізація зусилля за допомогою регулювання крутного моменту двигуна;
4. управління декількома приводами з синхронізацією по куту повороту або по заданій траєкторії веденого щодо ведучого (докладніше див. нижче);
5. контурне управління.

Перетворювач частоти – це не тільки базовий компонент для децентралізованих приводних систем, але і відмінна заміна механічного варіатора або двошвидкісний двигун. [5]

Характеристика:

1. номінальна Потужність двигуна 370-3000 Вт;
2. живлення від трифазної мережі 380-500 В;
3. векторні управління гарантує 150% від номінального моменту двигуна
4. (починаючи з вихідної частоти 2 Гц);
5. діапазон регулювання 1: 5 або 1:10 з постійним моментом в тривалому режимі роботи S1 (ПВ = 100%);
6. чотирьох квадратний режим для двигунів з механічним гальмом (або без него
7. в стандартному виконанні;
8. оптимальні управління двигун з гальмом (не потрібні ні додаткові
9. контактори, ні гальмівні Випрямлячі);

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

10. простий набір параметрів (мінімальна и максимальна частота обертання,
 11. дві фіксовані швидкості, темп розгону и гальмування);
 12. плавні регулювання швидкості и діагностика через інтерфейс RS485;
 13. набір захисних и контрольних функцій;
 14. низьких рівень електромагнітних завад завдяки відсутності кабелю
 15. «перетворювач-двигун»;
 16. безшумна робота на частоті широтно-імпульсної модуляції 16 кГц;
- високий ступінь захисту IP65 Забезпечує роботу в умовах підвищеної вологості и запиленості.

1.3 Опис електромеханічної системи пакування молочних виробів і технологічного процесу

Сметана, сир, сирні вироби і інші в'язкі і в'язко - пластичні продукти фасують і упаковують в дрібну тару на фасовочно-пакувальних автоматах. Загальні конструктивні ознаки цих автоматів є застосування в основному об'ємного способу дозування продукту, періодичність руху виконавчих органів і формуючого столу. Приймальний бункер автоматів має шнековий живильник, що наповнює продуктову зону дозатора продуктом. З дозатора порція продукту витісняється поршнем. Обсяг порції продукту регулюється зміною ходу поршня дозатора. На фасувально-пакувальних автоматах виготовляють дрібну тару, заповнюють її продуктом, запаюють або закривають кришкою і подають до місця укладання в короба.

Автомат Мб - ОР2-Д служить для формування тари у вигляді прямокутних коробок з полімерних матеріалів і фасування в неї сметани порціями по 200 і 250 г з подальшим запечатуванням коробок зверху алюмінієвою фольгою або папером, ламінованої термозварювальним шаром. Автомат складається з рами, механізму формування коробок, механізму запечатування, механізму протягування плівки, штампа вирубного дозатора,

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

конвеєра і матриць. Дві модифікації автомата М6-ОР2- Д-1 і М6-ОР2 Д-2 відрізняються тільки технологічним оснащенням, дозатор по конструкції однаковий і встановлений на рамі автоматів, привід дозатора пневматичний.

Всі операції фасування та пакування в автоматі відбуваються послідовно по прямій. Основним сполучною ланкою є рама, на якій встановлені механізми формування коробок та їх запечатування, вирубний штамп, дозуюча головка або дозатор. До корпусу механізму запечатування прикріплений механізм протягування плівки, до корпусу останнього кріпиться конвеєр.

Механізми запечатування і протягування плівки, а також дозатор встановлені нерухомо, а механізм формування коробок і вирубний штамп можуть переміщатися уздовж поздовжньої осі рами. Це дозволяє з необхідною точністю змінювати між основними виконавчими органами (формувань, запечатування та вирубки) автомата відстані, кратні кроку протягування плівки (236 мм). Системи для фасування та пакування в'язких і в'язкопластичних продуктів.

У середині рами є апаратура підготовки стисненого повітря, частина повітродозподільної апаратури, що блокує реле тиску стисненого повітря і води, що охолоджує, проходять електро-, повітряно - і водопроводи. На лицьовій стороні автомата розташовані рулонодержатель пакувальної плівки, направляючі для коробок, рулонодержатель запечатує матеріалу, барабан для намотування відходів, пульт управління і планка аварійної зупинки автомата. Шафа електрообладнання знаходиться на тильній стороні автомата за пультом управління.

Цикл роботи автомата можна розділити на три частини. Перша частина - формувальний прес, штамп запечатування, вирубний штамп і гальмо плівки затиснуті. В цей час розмотується і нагрівається пакувальна плівка. Коробки формуються у формувальному пресі, заповнюються продуктом за допомогою дозатора, закриваються запаковуються і термозварюються з матеріалом

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

коробок в штампі. Готові упаковки вирубуються в вирубному штампі. Утворилися при цьому відходи намотуються на барабан. Готові упаковки відводяться (скидаються) за допомогою рухомого столика.

Друга частина - все штампи відкриті, а гальмо плівки відпущений. В цей час простягаються пакувальна плівка, що запечатує матеріал і відходи, а також відформовані і заповнені коробки.

За допомогою подає і притискного роликів пакувальна плівка по напрямних роликах 10 розмотується з рулону. Плівка, пройшовши через протяжної ролик, утворює петлю А, що компенсує витрати пакувальної плівки при протягуванні її на один крок (236 мм).

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

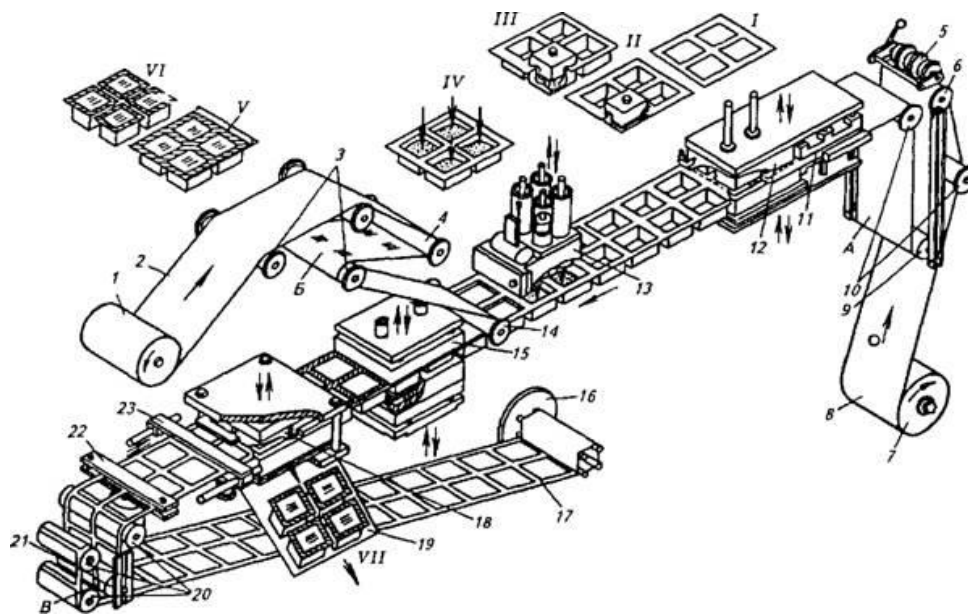


Рисунок 1.1 - Технологічна схема автомата М6-ОР2-Д-2:

I - нагрівання пакувальної плівки; II, III - формування коробок; IV - дозування продукту; V - закривання і запечатування коробок; VI - вирубання упаковки кришки; VII - готовий продукт в упаковці; а, б, в - петлі з пакувальної плівки; 1 - рулон запечатує матеріалу; 2 запечатує матеріал; 3, 10, 14, 20 напрямні ролики; 4, 21 - натяжні ролики; 5 притискної ролик; б-ролик; 7-рулон плівки; 8- пакувальна плівка; 9- протяжної ролик; 11 - нагрівач; 12- формувальний прес; 13 - дозатор; 15 штамп запечатування; 16- барабан; 17- відходи пакувальної плівки; 18- вирубний штамп; 19- рухомий столик; 22 - гальмо; 23- притиски.

Третя частина - запечатує матеріал за допомогою ролика-рулонодержателя по напрямних роликах 3 і 14 розмотується з рулону. За допомогою натяжної ролика 4 утворюється петля Б, що компенсує витрати запечатує матеріалу при протягуванні його (разом з пакувальної плівкою) на один крок.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.4 Аналіз швидкості та навантаження електромеханічної системи пакування молочних виробів

Динамічні навантаження коливального характеру призводять до різкого скорочення терміну служби деталей механічної передачі по зносу і витривалості і відхилення процесів від запропонованих технологією.

Як фактор обмеження динамічних навантажень широко використовується на практиці демпфуючий ефект електропривода. Для головних електроприводів з двигунами постійного струму зниження коливаємості моментів в пружною механічною передачі може бути досягнуто за рахунок формування оптимальної жорсткості механічної характеристики електроприводу. В даний час широке застосування для головних приводів знаходить синхронний електропривод з частотним регулюванням.

Розрахунок динамічних навантажень в головних електроприводах з синхронними двигунами являє собою складне завдання і аналіз перехідних процесів з метою зниження коливання виконують за умови лінеаризації динамічної механічної характеристики.

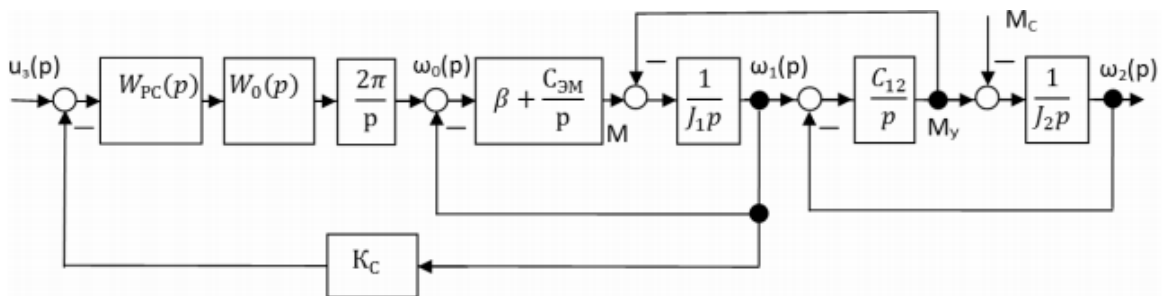


Рисунок 1.2 - Структурна схема головного електроприводу

Моделювання режимів роботи лінії пакування проводилося за допомогою ЕОМ в пакеті Simulink середовища Matlab для механічної підсистеми головного приводу з параметрами $\gamma = 1.5$, $\Omega_{12} = 78.2$ з -1. Механічна підсистема складається з робочих і опорних валків, шпинделів, шестеренні кліті, муфт і редуктора. Для приведення багатомасової системи до двохмасової схемою були виконані розрахунки окремих елементів кінематичного ланцюга.

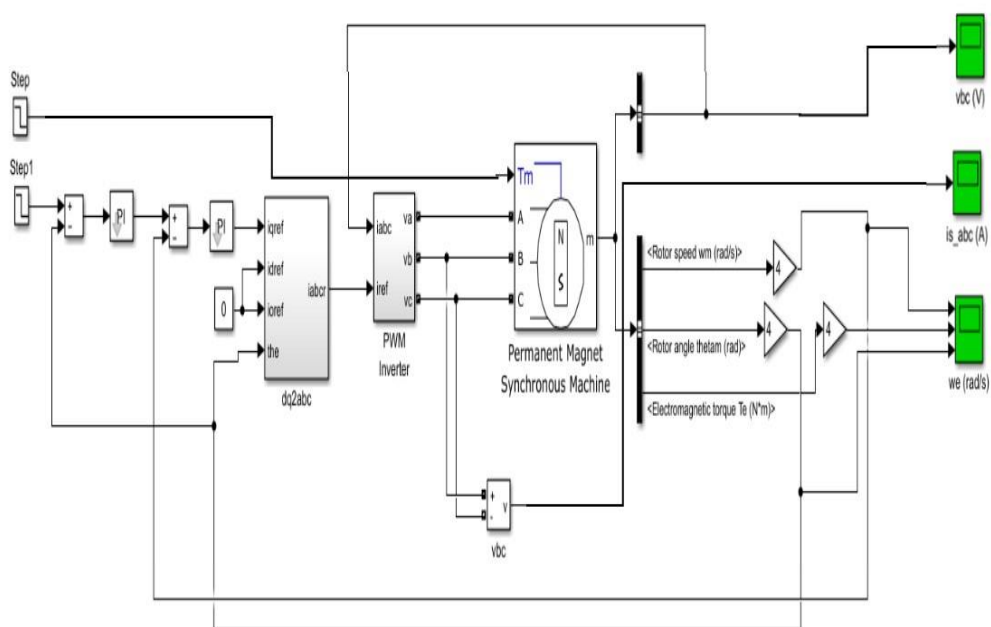


Рисунок 1.3 - Режими роботи лінії пакування

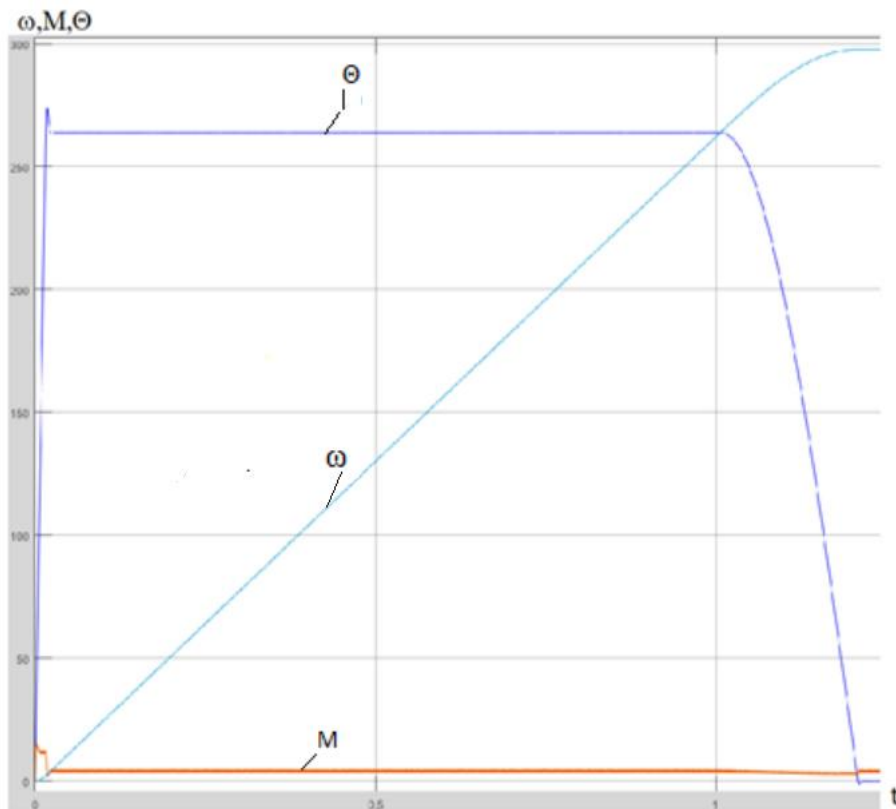


Рисунок 1.4 – Модель Simulink

На рисунку приведені графіки перехідних процесів основних координат головного електроприводу швидкості вала двигуна і валків, моментів двигуна і моменту в пружному ланці для режиму ударного доданого навантаження.

Електропривод з синхронним двигуном ефективно демпфує пружні коливання, реакція електропривода при мінімальній швидкості $t_p = 0.3-0.4$ с, значення коефіцієнта динамічності для ступеневої доданого навантаження становить $K_d = 1.75$, коливальність $\mu = 2.7$.

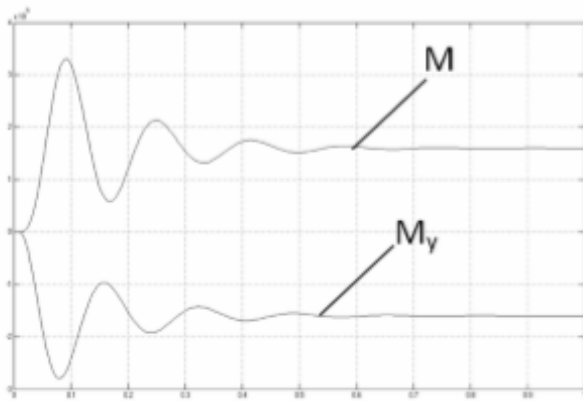


Рисунок 1.5 - Графіки перехідних процесів основних координат головного електроприводу

Отримані результати дослідження електромеханічної системи свідчать про можливість обмежених динамічних навантажень в електроприводах з синхронним двигуном і рекомендуються для практичного застосування у майбутній системі.

1.5 Сервоприводи

Серводвигун – це приворотний привід або лінійний привід, за допомогою якого можна з великою точністю регулювати кутове або лінійне положення, швидкість та прискорення.

Сервоприводом вважається будь-який механічний привід з датчиком (швидкості, положення, зусилля та ін.) і блоком управління приводом, що автоматично підтримує необхідні параметри на датчику відповідно до заданого зовнішнього значення.

Принцип дії сервоприводу припускає здійснимість рішення завдань стабілізації і стеження. Ці характеристики дають можливість використовувати сервоприводи в основному на тих об'єктах, які пред'являють високі запити точності роботи електромеханічних систем і до

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

динаміки. Сервоприводи використовуються в різних галузях промисловості. Вони вирішують такі завдання як фасування, пакування, переміщення різних частин деталей на складальній лінії, переміщення робочих органів роботів і маніпуляторів, а також застосовуються у багатьох інших процесах і системах, де потрібно підтримку вказаного моменту, точне позиціонування, завдання і підтримка швидкості обертання.

Сервопривод - це звичайно набір з блоку управління і двигуна, котрий виділяється високою якістю, надійністю і функціональністю при-
менения. Двигуни випускаються в захищеному виконанні з найвищою мірою захисту від довкілля. Тому їх можна використати для більшості систем в тяжких умовах експлуатації. Електричні серводвигатели найточніше управляють перемещени-ем, яке знаходить усе більш різноманітне застосування в промисловості. Перевагами сервомеханізмів є два особливі режими роботи : швидке поточкове переміщення навантаження і плавне, точне управління траек-торией між точками. Серводвигатели бувають різних розмірів, форм і конструкції - від круп-ных прямоприводных роторних двигунів з великим моментом, що крутить, і низькою швидкістю до невеликих двигунів з малоинерционным ротором, який забезпечує оптимальний розгін і гальмування, безкорпусных двигунів, лінійних двигунів, що створюють велику тягову силу при величезних прискореннях.

Сьогоднішній сервопривод є багатосенсорним интел-лектуальный приладом. Зазвичай до його складу входять наступні датчики: 1. датчик позиції. Його використовують в контурі позиціонування, щоб розрахувати поточну швидкість обертання і при обчисленні електричного кута в алгоритмі векторного управління. датчики струмів в обмотках двигуна забезпечують замкнуте регулювання контура струму. Замкнуте регулювання дає високі динамічні характеристики і підвищують надійність сервоприводу. 3. датчик короткого замикання. Цей датчик відрізняється високою быстро-дією. Він потрібний для того, щоб вмить відключити обмотки від силової напруги у разі пробою, короткого замикання силового напруге-ния на землю, виходу з ладу силових ключів системи управління і в інших аварійних ситуаціях. 4. датчики температури системи управління і двигуна не допускають перегрівання приводу. датчик напруги живлення двигуна. Цей датчик забезпечує безпечне пасное торможение двигателя.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

При гальмуванні двигун переходить в генера-торний режим, в результаті різкого гальмування великою інерційною на-грузки привід виробляє багато енергії. Частина виробленої приводом енергії поглинається накопичувальними місткостями блоку живлення, але велика її частина передається в мережу, підвищуючи напругу живлення. Підвищення напруги може привести до поломки приводу, а також зовнішнього устаткування, яке використовує цю ж мережу живлення. Тому сучасний привід при гальмуванні відстежує поточну напругу і, у разі перевищення заданого значення, переходить в режим стабілізації напруги.

Серводвигуни мають високу точність позиціонування, високу динаміку і високу перевантажувальну здатність. До того ж, серводвигатели мають малий момент інерції, малий час регулювання моменту, що обертає, малий час розгону, високу точність підтримання заданої частоти обертання, великий пусковий момент, широкий діапазон регулювання частоти обертання, невелику масу і компактну конструкцію. Динамічні характеристики сервоприводів задовольняють високі вимоги сучасних автоматизованих ліній для упаковки до производительности і точності роботи. Установка сервомашини прямо на вал виконавчого механізму дозатора прибирає із складу лінії устаткування з низьким життєвим ресурсом (редуктори, передатні пристрої, електромагнітні муфти), що вносить в погрішність в процес дозування.

Серводвигуни поєднують в собі велику потужність і компактність. Працювати вони можуть тільки за наявності електронного блоку. Зв'язка серводвигуна і електронного модуля, що управляє, називається сервоприводом. Головне достоїнство сервомоторів перед кроковими двигунами - це плавність ходу. Наявність зворотного зв'язку створює умову для точного позиціонування положення і швидкістю обертання валу сервомотора. Головні складові сервоприводу - це двигун, передача і елементи управління. Також в нім є такі пристрої як сигналізація, система включення/виключення, блокування і елементи зворотного зв'язку].

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сервоприводи обертального руху бувають синхронними і асинхронними. Синхронний сервопривод може з високою точністю задавати кут повороту, швидкість обертання, прискорення. Час розгону менший, ніж у асинхронного, але його вартість у декілька разів більше. Асинхронний сервопривод також може задавати швидкість з високою точністю, навіть на низьких оборотах. Далі приведена з Синхронні двигуни на постійних магнітах з сервопідсилювачем мають наступні перевагами: високий ККД; висока точність позиціонування; висока перевантажувальна здатність; високий динамічний коефіцієнт; хороша керованість; велика величина відношення потужність/розмір; низький нагрів при малих швидкостях; широкий діапазон регулювання; забезпечення утримання валу при нульовій швидкості;

Недоліки: обмеження максимальної швидкості; висока вартість перетворювача і двигуна; обмеження максимальної швидкості; не працює без датчика зворотного зв'язку. Трифазні асинхронні двигуни (з енкодером) з полеорієнтованим управлінням перетворювачі частоти мають наступними достоїнствами: високий ККД; висока точність позиціонування; забезпечення утримання валу при нульовій швидкості; хороша керованість; не вимагають обслуговування; висока максимальна швидкість; великий діапазон регулювання; високе допустиме теплове навантаження в тривалому режимі в залежності від частоти обертання; практично повна відсутність пульсації моменту, що обертає. Недоліки: неможлива тривала робота в нижньому діапазоні частоти обертання без вентилятора примусового охолодження із-за високого теплового навантаження; висока вартість (перетворювач, енкодер); нагріваючи при малих швидкостях.

1.6 Вибір типу двигуна для фасовочно-пакувальної машини

Основним функціональним вузлом вертикальної фасувально-пакувальної машини є дозатор. Його роботою визначаються головні вихідні характеристики лінії - продуктивність і точність дозування. У цьому випадку розглядається фасувально-пакувальна машина, здійснююча упаковку заданої ваги сипкого продукту в пакети з поліетиленової плівки. Згори ставиться об'ємний, ваговий або шнековий дозатор. З рулону формується рукав, з нього

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пакет, в який згори насипаються продукти. Вертикальні пакувальні машини працюють покровоно або у безперервному режимі операції і розроблені для середньої і високої швидкостей [16,17]. В якості двигуна для управління дозатором фасувально-пакувальної машини був вибраний серводвигатель. Він має ряд переваг порівняно з іншими типами двигунів. Електричні сервосистеми забезпечують найбільш досконале і точне управління переміщенням, що знаходить усе більш різноманітне саме в промислових місцях.

Перевага сервомеханізмів полягає в двох особливих режимах роботи : швидкому поточковому переміщенні навантаження і плавному, точному управлінні траєкторією між точками, як при контурній обробці поверхні

Серводвигатели поєднують в собі велику потужність і компактність. Ці двигуни працюють тільки за наявності електронного блоку. Зв'язка серводвигуна і електронного модуля, що управляє, називається сервоприводом. Одно з достоїнств сервомоторів перед кроковими двигунами - це плавність ходу. Наявність зворотного зв'язку створює умову для точного позиціонування положення і швидкістю обертання валу сервомотора. Висока динаміка і висока точність, поміщені в компактний двигун, - ось відмітні властивості синхронного серводвигателя. Так само, головним їх плюсом є низький момент інерції ротора моменту, що відносно крутить, що дає можливість реалізувати високе швидкодействие, час розгону на номінальну частоту обертання за десятки мілісекунд і реверс з повної швидкості в межах одного обороту валу двигуна.

Отличительное свойство синхронных серводвигателей – высокая выходная мощность при любой скорости в сочетании с небольшими размерами. Их

основным достоинством является очень низкий момент инерции ротора относительно крутящего момента. Это позволяет реализовать очень высокое швидкодействие. Время разгона на номинальную частоту вращения за десятки миллисекунд и реверс с полной скорости в пределах одного оборота вала двигателя.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Синхронные двигатели отлично сочетаются с импульсными системами программного управления и отлично подходят для применения в разных отраслях промышленности, где нужно:

- позиционирование рабочих органов с высокой точностью; поддержание крутящего момента с высокой точностью;
-

підримання швидкості перемещения или подачи с высокой точностью. Синхронні серводвигатели створені для застосувань, що мають високі вимоги до динаміки переміщення. Застосування постійних магнітів в качестве збудження з боку ротора зменшує його момент інерції, а так само полегшує віддачу тепла, оскільки основна потужність виділяється на статорі двигуна і віддається в довкілля за допомогою природного або примусового охолодження. Основні переваги асинхронних серводвигателів по відношенню до синхронних - висока динаміка, точність позиціонування, хоча по удельной потужності асинхронний сервопривод програє синхронному, для нас це особливої ролі не грає.

Асинхронний серводвигун - найбільш широко поширений в промисленості через своєї нескладної і надійної конструкції за невелику ціну. Але цей тип двигуна є складним об'єктом управління з точки зору регулювання моменту і частоти обертання. Застосування високопроизводительных мікроконтроллерів, які реалізують векторний алгоритм управління, і цифрових датчиків швидкості з високою дозволяючою способностью, дозволяють отримати діапазон регулювання швидкості і точностные характеристики асинхронного електроприводу не гірше, ніж у синхронного сервоприводу. Регульований асинхронний електропривод дозволяє вирішувати різні завдання автоматизації виробництва і економії електроенергії, в частности, безступінчате регулювання частоти обертання або швидкості подання технологічних машин Після проведення аналізу було з'ясовано, що застосування синхронного серводвигателя

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

змінного струму для управління дозатором фасувально-пакувальної машини буде найбільш вигідним.

1.7 Выбор режима работы двигателя

Режим роботи електричної машини - це встановлений порядок чергування періодів, що характеризуються величиною і тривалістю навантаження, відключень, гальмування, пуску і реверсу під час її роботи. Можливі режими роботи електроприводів відрізняються великим многообразием за характером і тривалості циклів, умовам охолодження, значенням навантажень та ін., з цієї причини виготовлення електродвигунів для кожного з можливих режимів роботи електроприводу не має практичного сенсу. Діючий ГОСТ 52776-2007 передбачає 10 номінальних режимів, умовні позначення S1, що мають відповідно до міжнародної класифікації, - S10. Ознайомившись з усіма режимами роботи двигунів, для фасувально-пакувальної машини був вибраний повторно-короткочасний режим. Повторно-короткочасний режим S3 характерний для умов роботи, при якому тривалість циклу набагато більше часу пуску (тобто переходної процес при пуску не впливає на нагрів двигуна і не враховуються). У цьому режимі цикл роботи такий, що пусковий струм не робить значительного впливу на перевищення температури. Тривалість циклу недостатньо для досягнення теплової рівноваги і не перевершує 10 хвилин.

Нормовані значення тривалості включення : 15, 25, 40, 60 %, або відносні значення тривалості робочого періоду : 0,15; 0,25; 0,40; 0,60. Наочний опис режиму S3 можна наведено на малюнку 2. Малюнок 2 - Режим S3 Повторно-короткочасний режим характеризується відносною про-должительностью включення $P_v = [t_p / (t_p + t_o)] 100 \%$, де t_p і t_o - час ра-боты і паузи при тривалості циклу ($t_c = t_p + t_o$) не більше 10 хв.

Для двигуна фасувально-пакувальної машини був вибраний повторно-короткочасний режим роботи S3, оскільки цей режим відповідає прин-ципу роботи фасувально-пакувальної машини. Оскільки дозатор повинен забезпечувати продуктивність автомата 8 упаковок цукру по 1000 грам в хвилину, то тривалість включення має бути досить великою. Враховуючи те, що продуктивність автомата 8 упаковок в хвилину, на один цикл роботи двигуна доводиться 7,5 секунд. Розглянемо різну ва-рианты тривалість

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

включення двигуна. Приміром, при $t_p = 3$ з $t_o = 4.5$

$$\Pi = \frac{t_p}{t_p + t_o} = \frac{3}{3 + 4.5} \cdot 100\% = 40\%,$$

при $t_p = 4.5$ с и $t_o = 3$ с

$$\Pi_{\epsilon} = \frac{t_p}{t_p + t_o} = \frac{4.5}{4.5 + 3} \cdot 100\% = 60\%,$$

при $t_p = 2.5$ с и $t_o = 5$ с

$$\Pi_{\epsilon} = \frac{t_p}{t_p + t_o} = \frac{2.5}{2.5 + 5} \cdot 100\% = 33.3\%.$$

Використання циклу с $t_p = 4.5$ с и $t_o = 3$ с будет оптимальным для встановленної продуктивності.

1.8 Аналіз математичних моделей

Сервопривод працює від імпульсів змінної тривалості, які посилаються і проходять через сигнальний дріт. Якщо імпульс триває 1,5 мілісекунди, то сервопривод знаходиться в нейтральному положенні. Кут повороту сервоприводу залежить від тривалості імпульсу. Чим сильніше імпульс, тим швидше працює двигун. Коли сервоприводу дається команда переміститися, він виконує її. Якщо при цьому його спробує зрушити з цього положення яка-небудь зовнішня сила, то він буде всіляко цьому упиратися. Момент, що крутить, - це максимальна сила, яку може витримати сервопривод. Проте сервопривод не постійно підтримує вказане положення - для цього йому потрібні імпульси, яких він чекає впродовж 20 мс. Сервоприводи за способом управління бувають цифрові і аналогові. Цифрові сервоприводи управляються цифровим сигналом, який є кодовими командами, що передаються по

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовному інтерфейсу. Аналогові сервоприводи набагато дешевші за цифрові. Вони управляються аналоговим сигналом, параметри якого задаються за допомогою ШИМ. Сигнал, що управляє, - це імпульсним сигналом з ШИМ, він є послідовність прямокутних імпульсів з амплітудою 3-5 В і тривалістю від 0.9 до 2.1 мс.

Головними частинами сервоприводу є його двигун, елементи управління і передача. Окрім цього, в ній є і дрібніші і периферійні пристрої, такі як сигналізація, блокування, система включення/виключення і елементи зворотного зв'язку. Зазвичай сервоприводи працюють тільки від зовнішніх сторонніх джерел енергії, тому що потужності внутрішніх джерел енергії бракує для ефективної роботи сервоприводу.

На рисунку 3 представлена структурна схема системи управління серводвигателем. Структурну схему управління серводвигателем можна розбити на наступні блоки: формувач сигналу энкодера; вузол введення сигналів персонального комп'ютера; мікроконтроллер управління, що формує ШИМ-сигнали; мостовий підсилювач потужності; серводвигун.



Рисунок 1.8 – Структурна схема системи керування серводвигуном

Мікроконтроллер робить рахунок імпульсів энкодера, порівнює із заданим, визначає швидкість обертання двигуна, змінюючи шпаруватість управляючих імпульсів. З виходу контроллера керівник ШИМ-сигнали поступають на мостовий підсилювач потужності, до якого підключений двигун

приводу. У блоці "Контроль швидкості" відбувається порівняння напруги тахогенератора з опорною напругою. І якщо напруга тахогенератора перевищує опорна напруга, на мікроконтроллер подається сигнал зменшення швидкості. Для аварійної зупинки двигуна використовується кнопка "Стоп". При натисненні кнопки "Стоп" мікроконтроллер зупиняє виконання технологического процесу, відключає двигун.

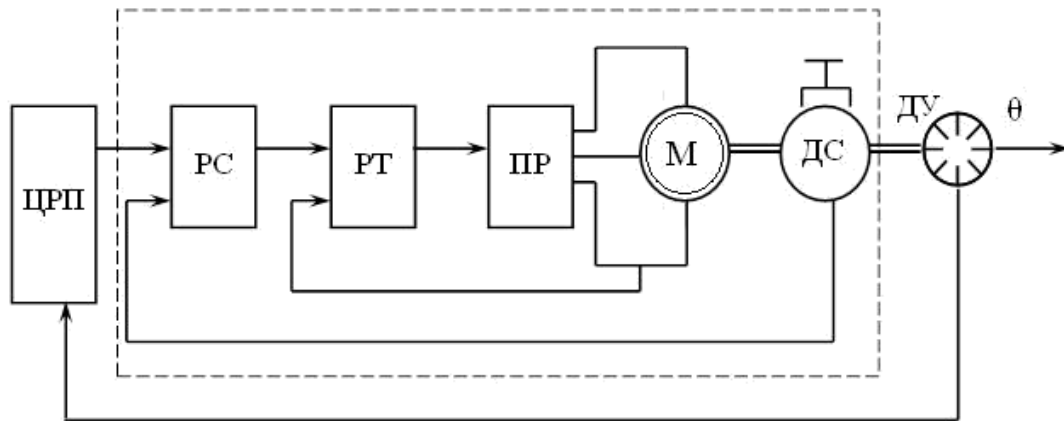


Рисунок 1.9 – Функціональна схема системи керування

Ця схема є аналогово-цифровою системою автоматического управління, в якій поєднуються переваги комбінованої аналогової системи, працюючої за принципом трьохконтурної системи подчиненого регулювання, з достоїнствами цифрової системи (висока точність і зручність програмування). Перший контур утворений двигуном (М) з перетворювачем (ПР) і регулятором струму (РТ). У другий контур входять датчик швидкості (ДС) і регулятор швидкості (РС). До складу третього контура додатково входять датчик уг-ла (ДУ) і цифровий регулятор положення (ЦРП). В якості регуляторів швидкості і струму в ПР найчастіше використовуються аналогові, а останнім часом - і цифрові, операційні підсилювачі з потужністю яких легко реалізується практично будь-який потрібний закон управління. Датчик швидкості також може бути як аналоговим, так і цифровим.

1.9 Вимоги до електроприводу

Вимоги до електроприводів, виходячи з умов експлуатації, такі:

Електроприводи повинні обов'язково відповідати вимогам ГОСТ 14691-69, ГОСТ 7192-89, ГОСТ 12997-84.

Будь-хто електричні приводи і комплектуючі необхідно виготовляти з певним ступенем захисту, а на вимогу замовників можна виготовляти електроприводи з підвищеним ступенем захисту.

Запропоновані вимоги по вибухобезпеки призводять до необхідності виготовлення електроприводів не тільки в звичайному, а й у вибухозахищеному виконанні.

Будь-хто електричні приводи повинні бути стійкими до різних видів ударних або вібраційних навантажень, щоб уникнути їх руйнування.

Обладнання повинне залишатися працездатним і зберігати всі параметри і характеристики, незважаючи на вплив постійного магнітного поля і змінних полів з різною мережевий частотою.

Вимоги до електроприводу щодо видів та функцій управління полягають в тому, що електричні приводи повинні забезпечувати такі види управління, як ручне за місцем з використанням ручного дублера, дистанційне керування з постійних пультів, а також автоматичне керування за допомогою спеціальних технічних засобів за типовими алгоритмами.

Говорячи про вимоги до електроприводу, варто відзначити і вимоги, що пред'являються до конструкції. Електричні приводи виготовляють і розробляють під конкретні види енергетичної арматури в якості інструменту управління нею. Вони діляться на однооборотні, багатооборотні і прямохідні. Виходячи з конструкції і виконуваних функцій, електроприводи поділяються на два види: для регулюючої і для запірної арматури, а в залежності від типу зчленування з арматурою електроприводи бувають вбудовані і виносні.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Ще одна з вимог, що пред'являються до електроприводу, є те, що в його склад повинні входити такі конструктивні елементи:

1. Електродвигун, який забезпечує переміщення у арматури робочого органу;
2. Редуктор, який забезпечує необхідну швидкість переміщення у вихідного вала електричного приводу;
3. Пристрій обмеження крутного моменту. Цей елемент забезпечує необхідний рівень ущільнення електродвигуна при повному відкритті або закритті запірної арматури;
4. Пристрій для відключення електричного приводу при крайніх положеннях запірного органу.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Вибір двигуна

Продуктивність автомата - 8 упаковок по 1000 грам в хвилину. Про-цес дозування повинен складати 4.5 секунд. На підставі цих даних був вибраний серводвигатель SGMAH - 08a16sd - OY від компанії Omron, зображений на малюнку 2.1.



Рисунок 2.1 – Серводвигун SGMAH-08A16SD-OY

Таблиця 2.1 - Технічні параметри серводвигуна

Номінальна потужність, кВт	0,75
Номінальний крутний момент, Н	2,39
Номінальна швидкість обертання, об / хв	3000
Номінальний струм, А	4,4
Напруга живлення, В	230
Ступінь захисту	IP55
Клас ізоляції	B
Момент інерції ротора, кг	0,672 10 ⁻⁴

Оскільки швидкість обертання двигуна 3000 про/мін, а нам необхідно забезпечувати швидкість 1000 про/мін, нам слід використати знижуючий редуктор. Для його вибору вимагається розрахувати передатне число

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{3000}{1000} = 3,$$

где i – передатне число редуктора; ω_1 – кутова швидкість обертання двигуна; ω_2 – кутова швидкість обертання механізму.

2.2 Вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти - цей пристрій, призначений для преоб-разования змінного струму (напруга) однієї частоти в змінний струм (напруга) іншої частоти. Паспортна потужність частотного перетворювача має бути більша або дорівнює паспортній потужності двигуна. Якщо потужність перетворювача буде занадто велика, він не зможе в належній мірі забезпечити захист двигуна. Якщо потужність перетворювача мала, він не зможе забезпечити високо-динамічний режим роботи і із-за перевантажень може вийти з ладу. Номінальний робочий струм частотного перетворювача завжди має бути більше номінального струму, споживаного електродвигуном, інакше електропривод блокуватиметься помилково "перевищення струму". Виходячи зі значення потужності і струму серводвигателя, був вибраний частотний перетворювач Omron 3g3mx2-2007, зображений на малюнку 2.2.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рисунок 2.2 – Частотний перетворювача частоти Omron 3G3MX2-2007

Таблиця 2 – Технічні характеристики частотного перетворювача Omron 3G3MX2-2007

Мощность двигателя, кВт	0,75
Номинальный выходной ток, А	5
Максимальная выходная частота, Гц	400
Номинальное входное напряжение, В	200...240
Номинальная входная частота, Гц	50/60
Допустимые отклонения напряжения, %	10
Допустимые отклонения частоты, %	5

2.3 Синтез САК

2.3.1 Критерії оптимальності

Для оптимізації окремих контурів систем підпорядкованого керування у практиці розрахунків системи керування електроприводами найбільше поширення отримали два критерії – *технічний* та *симетричний*.

Вказані критерії спираються на використанні часового критерію оптимальності, який полягає в тому, що *якість* перехідних процесів в оптимізованому контурі з одиничним зворотнім зв'язком при ступінчастому керуючому впливі буде оптимальною якщо АЧХ замкненого контуру (модуль передатної функції замкненого контуру) в достатньо широкому частотному інтервалі починаючи з нуля, дорівнює одиниці. Максимальному наближенню до ідеального фільтру низьких частот відповідає:

$$W(p) = \left| W(p) = \frac{U_{\text{вих}}(p)}{U_{\text{вх}}(p)} \right| = \begin{cases} 1 & 0 \leq \omega \leq \omega_{\text{зр}} \\ 0 & \omega > \omega_{\text{зр}} \end{cases} \quad (3.7),$$

де $\omega_{\text{зр}}$ - частота зрізу, й може бути виконане при виконано за умовою:

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{d^k}{d\omega^k} |W(j\omega)| = 0, \text{ де } k = 1, 2, K. \quad (3.8).$$

За умови, що передатна функція замкненої системи має вигляд:

$$W(p) = \frac{b_0 + \sum_{i=1}^m b_i p^i}{a_0 + \sum_{j=1}^n b_n p^n}, \quad (3.9)$$

з використанням (3.8) отримаємо співвідношення для коефіцієнтів поліномів чисельника й знаменника:

$$\begin{aligned} (b_1^2 - 2b_0b_2)a_0^2 &= b_0^2(a_1^2 - 2a_0a_2) \\ (b_2^2 - 2b_1b_3 + 2b_0b_4)a_0^2 &= b_0^2(a_2^2 - 2a_1a_3 + 2a_0a_4) \\ (b_3^2 - 2b_2b_4 + 2b_1b_5 - 2b_0b_6)a_0^2 &= b_0^2(a_3^2 - 2a_2a_4 + 2a_1a_5 - 2a_0a_6) \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$b^2 + 2 \sum_{l=1}^r (-1)^l b_{r-l+1} b_0 a^2 = b_0^2 a^{2+2} \sum_{l=1}^r (-1)^l a_{r-l} a_r$$

В випадку, коли система містить r коефіцієнтів, то r рівнянь можуть бути розв'язані й передатна функція (3.9) буде оптимальною. Досягнутий при цьому оптимум є *оптимумом за модулем*.

2.3.2 Технічний критерій оптимізації

Припустимо, що передатна функція об'єкту керування має вигляд:

$$W(p) = \frac{K_{об}}{\prod_{k=1}^m (1 + \tau_{wk} p)(1 + T_{\mu} p)} \quad (3.11),$$

де τ_{wk} - більша стала часу об'єкту керування;

T_{μ} - мала некомпенсована стала часу ($\tau_{wk} \gg T_{\mu}$). Передатну функцію регулятора запишемо як:

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^n (1 + \tau_{ri} p)}{r \tau_0 p} \quad (3.12).$$

Передатна функція замкненої системи (рис. 3.7) за прямим каналом керування запишеться у вигляді:

$$W_{зам}(p) = \frac{K_{об} \prod_{i=1}^n (1 + \tau_{ri} p)}{\tau_0 p \prod_{k=1}^m (1 + \tau_{wk} p)(1 + T_{\mu} p) + K_{об} \prod_{i=1}^n (1 + \tau_{ri} p)} \quad (3.13).$$

2.3.3 Симетричний критерій оптимізації

Розглянемо систему, що наведена на рис. 3.9. На вхід системи ввімкнута ланка з передатною функцією (задавач інтенсивності):

$$W_f(p) = 1 \text{ або } \tau_0 p$$

$W_{fp} = \frac{1}{(1 + T_z p)}$; $F_2(p)$ - збурення, що діє на об'єкт керування (момент опору на валу двигуна).

Передатна функція контуру, що оптимізований за симетричним критерієм набуває вигляду:

$$W_{opt}(p) = \frac{k_{об} (1 + \tau_{ру} p)}{(1 + T_z p) [1 + \tau_0 p T_m p (1 + T_{\mu} p)] + k_{об} (1 + \tau_{ру} p)} \quad (3.19)$$

При умові, що: $(1 + T_z p) = 1$, отримуємо:

$$W_{opt}(p) = \frac{1}{p^2 \frac{T_m \tau_0}{k_{об}} (1 + T_{\mu} p) + (1 + \tau_{ру} p)} \quad (3.20)$$

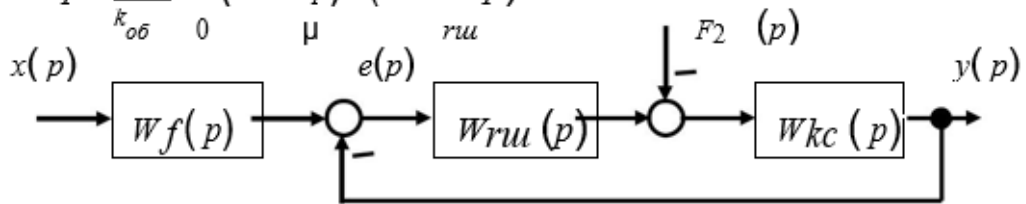


Рис. 3.9 Структурна схема контуру, що оптимізується

2.4 Аналіз основних показників роботи сонячної електростанції

У будь-якій енергосистемі відбуваються безперервні зміни таких величин, як частота, напруга, кут зсуву між напругою різних вузлів системи, ток, активна і реактивна потужність і інші показники, які називаються параметрами режиму. Режим енергосистеми - це такий стан енергетичної системи, що характеризується поєднанням деяких показників. Існує три режими роботи енергосистеми.

Нормальний - це режим, в якому всі параметри відхиляються від номінальних значень в допустимих межах, навантаження змінюються повільно, а електростанція встигає здійснювати регулювання параметрів режиму. При цьому режимі можливі короточасні відхилення будь-яких параметрів (наприклад, при комутації деяких елементів системи) з миттєвим (частки секунди) відновленням усталеного нормального стану.

Перехідний режим - це режим переходу системи з одного сталого стану в інше, що виникає при несподіваних змінах у схемі, а також при раптових швидких змінах споживаних або генеруються потужностей. Причинами, що приводять до таких режимам, можуть бути як короткі замикання, так і відключення елементів системи, аварії та інше. Параметри перехідного режиму можуть сильно відрізнятись з нормованими. Перехідний режим може бути симетричним або несиметричним.

Після аварійний режим настає після усунення аварійної ситуації та забезпечення нових параметрів режиму. Як правило він має відмінності від доаварійний, тому що з роботи виводяться деякі елементи системи, може бути змінена конфігурація мережі. Параметри режиму зазвичай виходять за межі нормованих. У тому випадку, коли параметри режиму зберегли своє значення в допустимому межі, результат аварії вважається благополучним. Найнебезпечніші після аварійні режими - при найвищих навантаженнях.

В особливих режимах присутній серйозна несиметрія трифазної системи або вищі гармоніки. До особливого режиму можна віднести не повно фазного режим з однією або двома відключеними фазами, режим роботи з потужною вертикальної установкою і т.п. Ці режими не вважаються нормальними, але можливо їх використання, якщо вони технічно допустимі і економічно доцільні.

Вибір сонячної батареї

Максимальна потужність сонячної батареї 300 Вт. Для отримання 400кВт

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

номінальної потужності потрібно приблизно 33 таких сонячних модулів. Для даного проекту підходить монокристалічна сонячна батарея Suoyang 300Вт / 24В. Технічні характеристики даного сонячного модуля задовольняють запитам щодо забезпечення електропостачання та представлені в таблиці.

З огляду на вихідні дані були обрані всі пристрої схеми електропостачання, в які входять:

1. Сонячні модулі Suoyang SY-300WM 300Вт / 24В
2. Акумуляторні батареї LI-ION 24 В / 1000 Ач
3. Інвертор АВВ ACS800-107-0510-3

Для перетворення постійної напруги від акумуляторів в змінну, що використовується для харчування безлічі електроприймачів, разом із сонячною батареєю необхідно використовувати спеціально призначені пристрої - інвертори.

Не використовуючи інвертор від сонячної батареї може харчуватися тільки те навантаження, яка працює на постійній напрузі, в т.ч. різноманітна портативна техніка, енергозберігаючі лампи і т.д.

За допомогою фільтрів усуваються гармонійні складові і виділяється основна складова струму (напруги). Фільтри підключаються або на вхід або на вихід перетворювача.

Число сонячних елементів визначається номінальною напругою модуля. Кожен елемент будь-якого розміру представляється кремнієвим фотодіодів, що має напругу в точці максимальної потужності ~ 0.5 Вольта. Типовий модуль з номінальною напругою 12 вольт складається з 36 елементів.

Якщо послідовно з'єднати 36 елементів напругою по 0.5 У кожен, то вийде ~ 18 В в точці максимальної потужності. Саме такою напругою слід заряджати 12-й вольта акумулятор, тому що для повноцінної зарядки напруга

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

акумулятора повинно досягати 14,2-14,9 В залежно від типу акумуляторної батареї, але необхідний ще і певний запас на втрати в проводах, нагрів модуля і т.д. Типова схема з'єднання осередків сонячної батареї представлена на рисунку.[3]

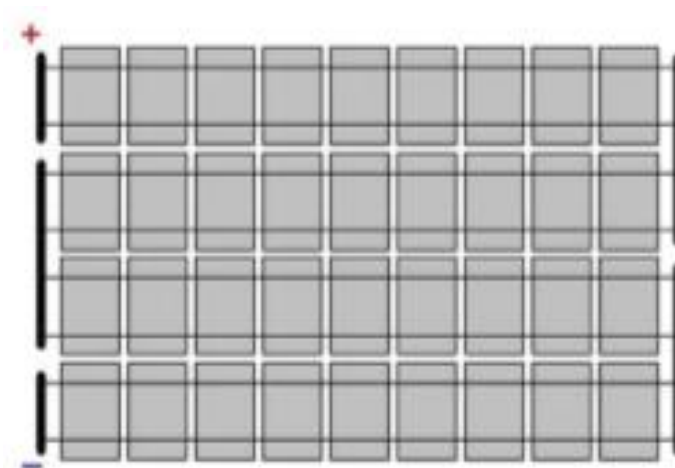


Рисунок 2.3 - Схема з'єднання комірок сонячної батареї

У фотоелектричній системі (рисунок 2.5) входять: одна чи кілька сонячних батарей в паралельному з'єднанні, контролер заряду і розряду акумулятора, кілька акумуляторних батарей, інвертор. Найбільш поширені 24-вольт системи з одночасним перетворенням постійної напруги в 220 вольт змінного. Принципова схема сонячної батареї представлена на рисунку 2.6. [6]

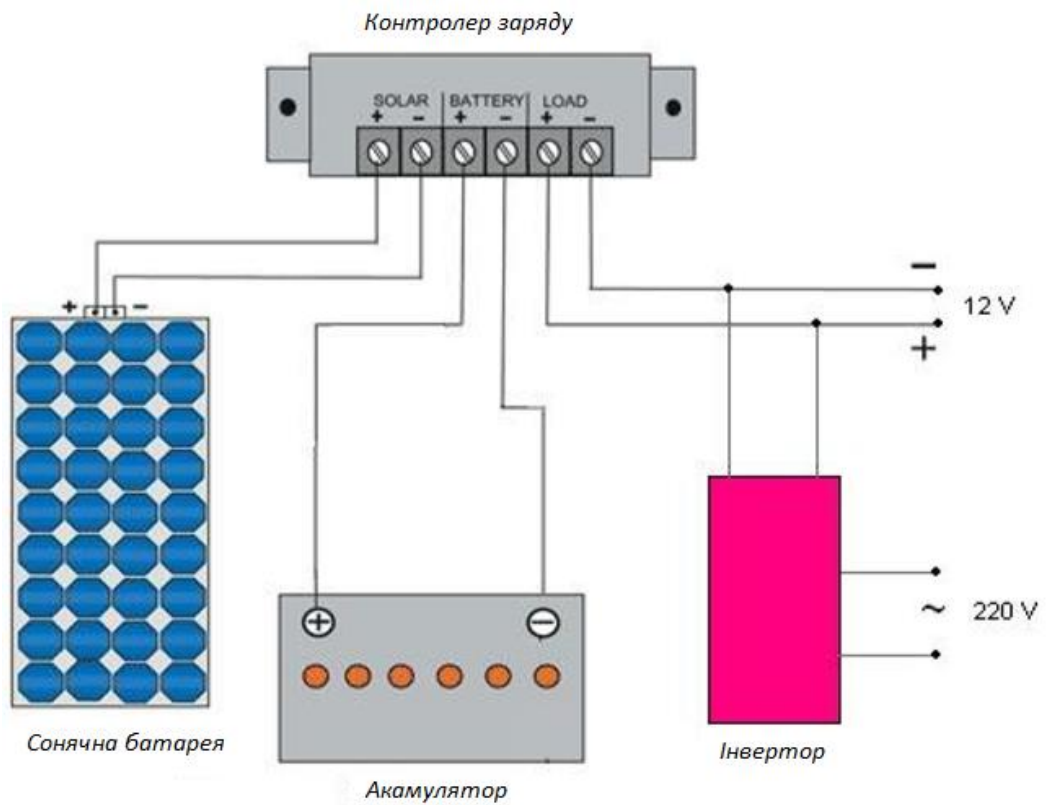


Рисунок 2.4 - Схема фотоелектричної системи

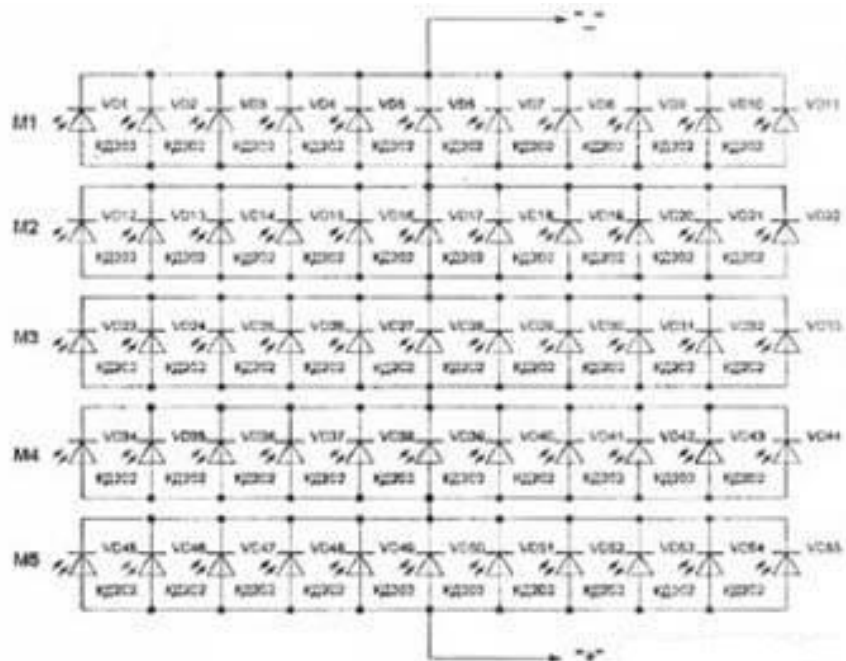


Рисунок 2.6– Принципова схема сонячної батареї.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики сонячної батареї SY-300WM

Потужність, Вт	300
Напруга холостого ходу, В	45,5
Струм короткого замикання, А	8,56
Напруга в точці макс. потужності, В	38
Струм в точці макс. потужності, А	7,89
ККД сонячної панелі, %	15,5
Номінал запобіжників, А	15
Максимальна напруга системи,	1000
Робоча температура, С	40 ... +85
Займана площа, м ²	1,9

Для забезпечення напруги в 380 400 В на виході інвертора необхідно на вхід подати 600 В. Таке можливо при послідовному з'єднанні 25 акумуляторних батарей по 24 вольта. Для більш довгої роботи в автономному режимі без перебоїв живлення краще вибрати акумулятори великого об'єму.

Для проекту були підібрані акумуляторні батареї LI-ION 24 В / 1000 Ач. Літій-іонні акумулятори: Висока щільність енергії У порівнянні з AGM і GEL батареями економиться до 70% простору Низька маса Великий термін експлуатації приблизно 4000 циклів Система управління батареями (BMS) для балансування елементів входить в комплект поставки. [9]

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 2.3 - Характеристики акумуляторної батареї

Номінальна ємність, Ач	1000
Номінальна напруга, В	25,5
Номінальна потужність, кВт	25,6
Рекомендоване напруга заряду, В	28,8
Робоча напруга заряду, В	25,6
Рекомендований заряд / розряд, А	500
Максимальний струм заряду / розряду, А	1000

Виходячи з формули повної потужності:

$$P_{\text{ном}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot I_{\text{ном}}, \quad (19)$$

де $U_{\text{ном}} = 400 \text{ В}$; $\cos\varphi = 0,8$ знаходимо номінальний струм сонячної батареї:

$$I_{\text{ном}} = \frac{400 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 722 \text{ А}. \quad (20)$$

Струм короткого замкнення на виході сонячної батареї перевищує номінальний струм в 3,5 рази, отже:

$$I_{\text{к.з.солн.бат.}} = 3,5 \cdot 722 = 2\,527 \text{ А}. \quad (21)$$

Далі, виходячи з розрахунків, підбираємо інвертор з запасом по потужності.

В якості відповідного інвертора виступає інвертор фірми АВВ типу ACS800-107-0510-3. Типорозмір R8i. Номінальні характеристики представлені в таблиці 2.4.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Розрахунковий струм к.з. інвертора з урахуванням запасу по струму:

$$I_{к.з.инв} = 0,95 \cdot 1014 = 963 \text{ А.} \quad (22)$$

Таблиця 2.4 Номінальні характеристики інвертора

Номінальні характеристики		Робота без перевантаження	Робота з невеликим перевантаження 10%		Робота у важкому режимі		Потужність, що розсіюється, кВт	Код типу	Тип розмір
I _{cont} , А	I _{max} (10с), А	P _{cont} , кВт	I _N , А	P _N , кВт	I _{hd} , А	P _{hd} , кВт			
U _{ном} = 400 В (діапазон 380 415 В)									
741	1014	500	711	500	554	315	8	ACS 800 - 1070 510- 3	R8i

2.5 Показники і норми якості електроенергії.

Контроль якості електричної енергії має на увазі оцінку відповідності показників встановленим нормам, а подальший аналіз якості електроенергії - визначення сторони, яка винна в погіршенні цих показників.

Основними завданнями контролю якості електроенергії є:

1. перевірка виконання вимог стандарту в частині експлуатаційного контролю показників якості електроенергії в електричних мережах загального призначення;
2. перевірка відповідності дійсних значень показників КЕЕ на кордоні розділу мережі по балансової належності значень, зафіксованих в договорі енергопостачання;
3. розробка технічних умов на приєднання споживача в частині КЕЕ;
4. перевірка виконання договірних умов в частині КЕЕ з визначенням допустимого розрахункового фактичного вкладів споживача в погіршення КЕЕ;
5. розробка технічних і організаційних заходів щодо забезпечення КЕЕ;
6. визначення знижок (надбавок) до тарифів на електроенергію за її якість;
7. сертифікація електричної енергії.[12]

Виділяється чотири методи контролю показників якості електроенергії. Вони залежать від розв'язуваних цілей при контролі КЕЕ. Це такі методи: діагностичний; інспекційний; оперативний; технологічний.

Діагностичний метод контролю КЕЕ - основна мета діагностичного контролю - виявлення «винуватця» погіршення КЕЕ, установка дозволеного відсотка вкладу в відступ від вимог стандарту за кожним показником якості, внесення їх в договір електропостачання, нормалізація КЕЕ.

Інспекційний контроль КЕЕ проводиться фахівцями з сертифікації з метою отримання повної інформації про поточний стан сертифікованої

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

електроенергії в електромережах постачає компанії, про прямування умов та правил застосування сертифікатів, а так само для підтвердження відповідності КЕЕ встановленим вимогам протягом терміну дії сертифіката.

Оперативний метод контролю КЕЕ потрібен за умови експлуатації в точках електромережі, в яких існує і не може бути усунуто спотворене напруга.

Якість електричної енергії вважається головним показником, який впливає на надійність роботи технологічного обладнання і енергетичної системи споживачів в цілому. Якість електроенергії повинно відповідати параметрам, прописаним в ГОСТ 13109-97. Якщо цього не відбувається, то може виникнути порушення в роботі будь-якого обладнання, можуть знизитися економічні показники роботи енергосистеми в цілому.

До причин порушень якості електроенергії можна віднести підключення до електромережі технічні засоби з нелінійної вольт-амперної характеристикою, такі як: зварювальні установки, газорозрядні лампи і ряд інших електронних технічних засобів.

Тривалі відхилення характеристик напруги від номінальних значень є тривалими змінами характеристик напруги електроживлення. Дані відхилення зазвичай залежать від змін навантаження або впливу нелінійних навантажень. До випадкових подій належать раптові і значні зміни форми напруги, які призводять до відхилення параметрів від номінальних значень. Що трапляються зміни напружень, за статистикою, відбуваються через непередбачуваних подій (наприклад, через пошкодження обладнання користувачів електромережі) або через зовнішніх впливів (погодні умови або дії сторін, які не є користувачами електричної мережі).

У стандарті встановлюються показники і норми якості електричної енергії, що відносяться до тривалих змін характеристик напруги

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

електроживлення, що стосуються частоти, значень, форми напруг і симетрії напруг в трифазних системах.

3 Розрахунок параметрів електропривода

Використовуючи паспортні данні обмотки двигуна Omron, представленні у таблиці 4, можна визначити основні коефіцієнти і постійні часу.

Таблица 3 – Паспортные данные обмотки двигателя

P, кВт	R1, Ом	R2, Ом	L _{1σ} , мГн	L _{2σ} , мГн	L _m , мГн
0,75	6,55	3,21	6,15	10,39	338,92

Визначимо індуктивність:

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m = 6,15 + 338,92 = 345,07 \text{ мГн,}$$

$$L_2 = L_{2\sigma} + L_m = 10,39 + 338,92 = 349,31 \text{ мГн.}$$

Постійна часу фази обмотки статора:

$$T_1 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{345,07}{6,55} = 52,68 \text{ мс.}$$

Постійна часу фази обмотки ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{349,31}{3,21} = 108,82 \text{ мс.}$$

Коефіцієнт розсіяння машини:

$$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2} = 1 - \frac{(338,92)^2}{345,07 \cdot 349,31} = 0,05.$$

3.1 Налаштування струмових контурів

Частота ШИМ $f_{шим} = 4000$ Гц, тоді значення чистого запізнювання:

$$\tau = \frac{1}{f_{шим}} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Приймаючи малу постійна часу $T_{I \mu} = \tau$ и для настройки контура на МО застосовується ПИ регулятор з наступними параметрами:

Динамічний коефіцієнт:

$$\beta_p = \beta_{p.m.} = \frac{\sigma \cdot T_1 \cdot R_1}{2 T_1^\mu \cdot K_{II} \cdot K_{DT}} = \frac{0,05 \cdot 52,68 \cdot 6,55}{2 \cdot 0,25 \cdot 19 \cdot 2,9} = 0,62.$$

$$\text{де } K_{II} = \frac{U_n}{10} = \frac{190}{10} = 19.$$

$$K_{DT} = \frac{10 A}{I_n} = \frac{10}{3,4} = 2,9.$$

Постійна часу регулятора тока:

$$\tau_{рм} = \sigma \cdot \frac{T}{1} = 0,05 \cdot 52,68 \cdot 10^{-3} = 2,63 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

□

Приймаємо малу постійна часу

$$T_{\mu\omega} = 4T_{\mu I} = 4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Так як реальна швидкість контура нижче, ніж розрахована)

Для налаштування контура и вибору параметрів регулятора замкнутий контур струму налаштовується як еквівалентне аперіодичне звено.

$$\beta_{p.c} = \frac{K_{дт \cdot J}}{2 T_{\mu\omega} \beta K_i \cdot P \cdot K_{ДС}} = \frac{2,9 \cdot 0,002}{2 \cdot 4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 0,97 \cdot 2 \cdot 9,09} = 0,055,$$

где $K_{ДС} = \frac{10}{1,1} = 9,09$.

ПФ регуляторов:

$$W_{p.n}(p) = \beta_{p.m} \cdot \frac{p + 1}{\tau_{p.m} p} = 0,62 \frac{0,00263 p + 1}{0,00263 p},$$

$$W_{p.c}(p) = \beta_{p.c} = 0,055.$$

3.2 Моделирование и анализ полученных результатов

Беручи розрахункові параметри електропривода реалізуємо систему керування у математичній моделі Matlab Simulink.

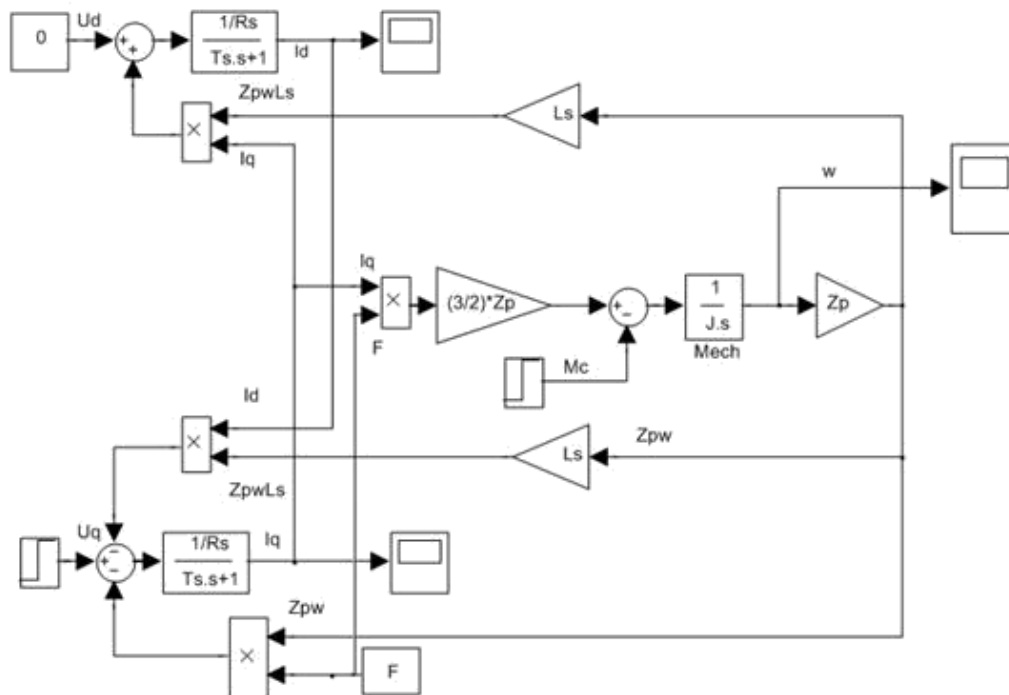


Рисунок 3.1 – Математична модель

Моделювання виконувалось з використанням асинхронного і синхронного серводвигуна. Были получены наступні графіки (рисунки 3.2, 3.3):

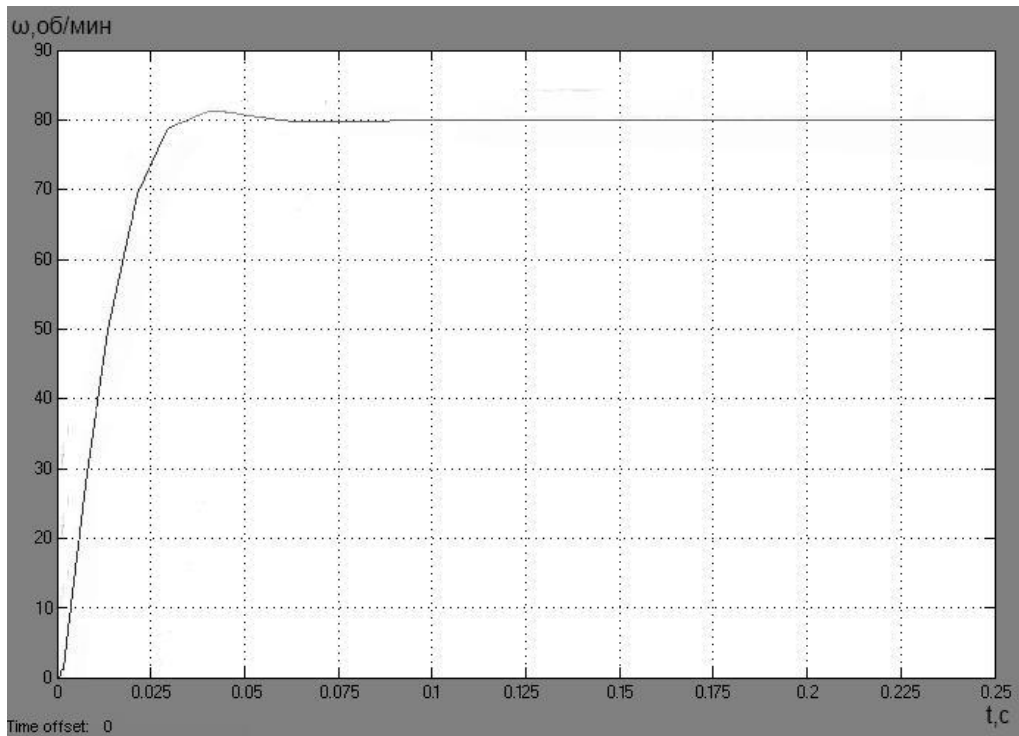


Рисунок 3.3 – Графік ПП при використанні синхронного серводвигуна

$$\delta = \frac{y_m - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{84 - 80}{84} \cdot 100\% = 4.76\%$$

З графіка видно, що перерегулювання перевищує 4%, отже використання данного типа двигателя не є умістним.

З рисунка 3.2 видно, що номінальні значення, отриманні на моделі, відповідають паспортним. Отже, модель можна застосувати для моделювання роботи дозатора фасовочно-пакувальної машини.

На основі теоретичного аналізу, проведеного у першій главі, і експериментального аналізу було прийнято рішення використовувати синхронний серводвигун.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Даний проект розроблений як електростанція закритого типу.

Струмопровідні частини електростанції не доступні для випадкового дотику, а ті частини, які доступні і відкриті не перебувають під напругою, що становить небезпеку ураження електричним струмом як у нормальному режимі роботи, так і при пошкодженні ізоляції.

Заходи захисту від ураження електричним струмом передбачені в кожній електроустановці станції і реалізовані при виготовленні даного електрообладнання. Система має захист у разі непрямого дотику. Частини, що перебувають у вільному доступі є безпечними для життя.

Доступні частини обладнання повинні захищені від можливості стати небезпечними для життя способами, зазначеними нижче:

1. Захисні бар'єри - забезпечують захист за допомогою обмеження доступу (може бути застосовано до сонячних панелей, основи вежі вітряка і силовому шафі біля її основи);
2. Основна ізоляція - забезпечує основну ізоляцію між доступними частинами та небезпечними для життя частинами.

До основних засобів захисту, зазначеним вище, додано додатковий засіб захисту: автоматичне відключення живлення. Селективні автоматичні вимикачі захищають систему від коротких замикань і перенапруг. Всім вимогам дана система відповідає.

Також застосовується додаткова ізоляція. Вона витримує електричні удари, викликані напругою, які можуть з'явитися на мережевому джерелі живлення або в обладнанні. Система має клас захисту від ураження електричним струмом II. В даному проекті основний захист - захисні бар'єри і

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

основна ізоляція, додатковий захист - автоматичні вимикачі та додаткова ізоляція.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

В якості основного об'єкта для розробки інженерно-технічних заходів з охорони праці труда було обрано сонячну електростанцію. Загалом до шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації даного об'єкту можна віднести:

- недостатність робочого простору (в межах даху);
- виконання робіт на висоті;
- наявність електричної напруги та металоконструкцій, що можуть опинитися під напругою;
- робота переважно на відкритому повітрі з змінними кліматичними умовами.

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Всі пов'язані з розбудовою та експлуатацією дахових сонячних електростанцій, повинні виконуватись:

- при наявності відповідних зареєстрованих проектних архітектурно-будівельних рішень;
- при наявності дозволів на виконання будівельних робіт і підключення до необхідних комунікацій;
- робітниками, які мають профільну підготовку, пройшли медичний огляд, навчання з техніки безпеки, пожежної безпеки і мають відповідні діючі посвідчення.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Всі будівельні роботи виконуються не менше ніж двома робітниками.
Під час роботи робітники повинні використовувати спеціальний захисний одяг, взуття, каски та окуляри.

- Доставка будівельних матеріалів та інструменту на дах повинна здійснюватись спеціальною технікою або спеціально обладнаними пристроями.

При відсутності таких використовувати перевірені канати та мотузки.
Перед переміщенням матеріалів необхідно впевнитись у надійності кріплень.

Забороняється переміщувати інструмент та матеріали на дах закиданням на висоту. Для запобігання нещасним випадкам при скиданні матеріалів, або випадковому падінні з даху, прилегла територія повинна бути огорожена, встановлені захисті навіси і обов'язково присутній спостерігач.

- Переміщення робітників на дах і з даху повинно здійснюватись за допомогою перевірених технічних засобів у суворій послідовності з використанням всіх правил безпеки.

- Забороняється виконання робіт робітниками, які знаходяться у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.

При роботі у жаркі пори року і суху сонячну погоду для уникнення сонячних ударів, опіків робітники повинні користуватись головними уборами, спецодягом з довгим рукавом та притримуватись питного режиму.

Робітники повинні притримуватись правил користування ручним допоміжним інструментом.

При роботі на висоті робітники повинні використовувати захисний монтажний пояс для усунення випадкових падінь з висоти.

Облаштування та експлуатація елементів сонячних дахових електростанцій повинна здійснюватись у відповідності до Правил

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

облаштування електроустановок та правил технічної та безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Як правило дахові сонячні електростанції виконуються на вихідну напругу 220/380 В змінного струму. Тому обслуговуючий персонал повинен мати групу допуску не нижче III. Він повинен знати улаштування електроустановок, які обслуговує, і дотримуватись діючих правил експлуатації електроустановок та техніки безпеки.

Електрообладнання (вимикачі, перетворювачі і т.і.) повинно розташовуватись у металевих шафах з необхідним ступенем захисту, як правило не нижче IP54.

Всі шафи повинні бути обов'язково заземлені.

На шафах повинна бути індикація наявності напруги у шафі та індикація стану обладнання.

Інструмент, яким користується обслуговуючий персонал, повинен бути перевіреном на цілісність ізоляції.

Дахи, на яких розташовані сонячні електростанції повинні бути облаштовані захистом від блискавок.

При виконанні робіт у робітників повинні бути засоби первинної допомоги, аптечки. Робітники повинні вміти користуватись засобами первинної допомоги.

4.3 Розрахунок захисного заземлення

Мета розрахунку – визначити необхідну кількість елементів для встановлення захисного заземлення.

Вихідні дані для розрахунку: матеріал горизонтального заземлювача – стальна смуга 20×4 мм (ширина × товщина), вертикальний заземлювач – стержень діаметром 24 мм, довжина стрижня – 1,5 м. Заземлювач встановлюється в одношаровий ґрунт – чорнозем.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача визначимо за виразом:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{екв}}}{2\pi \cdot L} \left(\ln\left(\frac{2L}{d}\right) + 0,5 \ln\left(\frac{4T + L}{4T - L}\right) \right),$$

де: $d = 24$ мм, діаметр стержня;

$\rho_{\text{екв}} = 50$ Ом*м – еквівалентний питомий опір чорнозему; $L = 1,5$ м – довжина стержня;

T – відстань від поверхні землі до середини заземлювача:

$$T = \frac{L}{2} + t = \frac{1,5}{2} + 0,7 = 1,45 \text{ м}$$

де: $t = 0,7$ м – заглиблення вертикального заземлювача.

$$R_0 = \frac{50}{2\pi \cdot 1,5} \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 1,5}{0,024}\right) + 0,5 \ln\left(\frac{4 \cdot 1,45 + 1}{4 \cdot 1,45 - 1}\right) \right) = 26,52 \text{ Ом}$$

Необхідна кількість стержнів заземлення без урахування горизонтального заземлення:

$$n_0 = \frac{R_0 \cdot \psi}{R_H} = \frac{26,52 \cdot 1,5}{30} = 1,32 \cong 2,$$

де $\psi = 1,5$ – сезонний кліматичний коефіцієнт опору ґрунту;

$R_H = 30$ Ом – нормований опір розтіканню струму заземлюючого пристрою.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Стержні розташовані на відстані 1 м один від одного.

Опір розтіканню струму горизонтального заземлювача дорівнює:

$$R_{\Gamma} = 0,366 \left(\frac{\rho_{\text{екв}} \cdot \psi}{L_{\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma}} \right) \lg \left(\frac{2L_{\Gamma}^2}{bt} \right),$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \left(\frac{50 \cdot 1,5}{1 \cdot 0,77} \right) \lg \left(\frac{2 \cdot 1^2}{0,02 \cdot 0,7} \right) = 76,65 \text{ Ом},$$

$L_{\Gamma} = 1$ м – довжина горизонтального заземлювача, з'єднуючого вертикальні стержні;

$\eta_{\Gamma} = 0,77$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

Визначимо опір вертикального заземлювача з урахуванням опору

розтіканню горизонтального заземлювача:

$$R_B = \frac{R_H R_{\Gamma}}{R_{\Gamma} - R_H} = \frac{76,65 \cdot 30}{76,65 - 30} = 49,3 \text{ Ом}$$

Повна кількість вертикальних заземлювачів:

$$n_B = \frac{R_0}{R_B \eta_B} = \frac{26,52}{49,3 \cdot 0,86} = 0,63 \cong 1$$

Висновок. Згідно з розрахунком для підвищення надійності та зменшення опору заземлюючого пристрою встановлюємо заземлювач, що складається з двох вертикальних стержнів та горизонтальної стрічки, що з'єднує стержні.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

4.4 Пожежна профілактика

Дахова сонячна електростанція повинна бути облаштована первинними засобами пожежегасіння – ящиками з сухим піском та ручними вуглекислотними вогнегасниками типів ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8. Зазначені типи вогнегасників використовуються для гасіння невеликих вогнищ всіх видів спалахів.

Засоби пожежегасіння повинні знаходитись у захищеному легкодоступному місці. Обслуговуючий персонал повинен вміти користуватись засобами пожежегасіння та знати план оперативних дій при виникненні пожежі.

4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Уявімо наступну ситуацію. Під час виконання висотних робіт на даху сонячної електростанції сталося падіння робітника з висоти.

Якщо внизу немає людей, інші робітники повинні терміново спуститися до низу. При цьому вони повинні користуватись всіма правилами безпеки і не допустити свого падіння або травмування і бути готовими оказати першу невідкладну допомогу.

Необхідно зберігати самовладання і не панікувати.

Спершу необхідно оцінити стан потерпілого, виявити можливі травми, переломи, струси органів.

У разі виявлення серйозних пошкоджень забезпечити нерухомий стан потерпілого і викликати швидку допомогу.

При необхідності оказати невідкладну первинну допомогу: накласти шину при переломах, зупинити кровотечу повернути до тями, штучне дихання.

По можливості, до прибуття швидкої допомоги, забезпечити комфортні умови перебування потерпілого – встановити навіс, підкласти щось під тіло, забезпечити водою. Необхідно вести постійні спостереження за станом потерпілого і фіксувати зміни, які відбуваються. При можливості потерпілого пересуватись надати йому супроводжуючого та транспортний засіб і обов'язково направити у найближчий медичний заклад для проведення огляду і визначення стану.

Після надання первинної допомоги потерпілому і направлення його до лікарні необхідно провести розслідування причин виникнення нещасного випадку. Провести позачерговий інструктаж з техніки безпеки і ознайомити всіх робітників з причинами виникнення нещасного випадку.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Метою даного розділу є визначення капітальних та експлуатаційних витрат на впровадження проектного варіанту електромеханічної системи орієнтування сонячних панелей.

Об'єктом проектування є система позиційного електропривода постійного струму.

Розрахунки в спеціальній частині проекту показали доцільність використання сучасної системи електропривода широтно-імпульсний перетворювач – двигун постійного струму (ШП-ДПС).

Використання такої системи електропривода дозволить більш точно орієнтувати сонячні панелі за сонцем. Таким чином підвищується кількість згенерованої ними електроенергії.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати – це грошові ресурси, призначені для створення та придбання основних фондів та нематеріальних активів, які підлягають амортизації.

Капітальні витрати на впровадження проектного варіанта визначаються наступним чином: $K_{np} = K_{об} (\sum C_i) + K_{тр} + K_{мн} + K_{пр}$

де $K_{об}$ – вартість придбаного обладнання, грн;

$K_{тр}$ – транспортно - заготівельні та складські витрати, грн; $K_{мн}$ – витрати на монтаж та наладку обладнання, грн; $K_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошей.

Транспортно-заготівельні витрати включені у вартість електрообладнання, так як фірма – продавець здійснює його доставку відповідно до договору.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Монтажно-налагоджувальні роботи здійснюються спеціалізованим монтажно-налагоджувальним персоналом організації-постачальника обладнання і розраховуються відповідно до формули:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{CM} \times K_{Pr}$$

де $i = 4$ – розряд робочих, що здійснюють монтажно – налагоджувальні роботи;

$C_i = 2$ чол. – чисельність робочих 4-го розряду задіяних у монтажі;

$a_i = 30,5$ грн. – годинна тарифна ставка робочих (електромонтер 4-го розряду);

$t_i = 40$ год. – час на виконання монтажу та наладки; $K_d = 1,15$ – коефіцієнт доплат;

$K_{CM} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок; $K_{Pr} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує непередбачені витрати. Вартість монтажних робіт: $Z_M = (2 \times 40 \times 30,5) \times 1,15 \times 1,22 \times 1,05 = 3594,5$ грн.

Оскільки сонячні панелі і допоміжне обладнання встановлюються вперше на місце де раніше нічого не розташовувалось то роботи з демонтажу старого обладнання відсутні $Z_M = 0$ грн.

Разом: $Z_{M(H)} = Z_H + Z_M = 3594,5 + 0 = 3594,5$ грн.

Проектні капіталовкладення в обладнання та монтажно-налагоджувальні роботи прийняті на основі цін на електрообладнання фірм постачальників сонячних панелей та допоміжного обладнання [12, 13, 14] терміном на 01.04.18 року.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Витрати на придбання обладнання

Ціни на комплектуючі елементи взяті з офіційних сайтів виробників або сертифікованих виробником дилерів.

Таблиця 5.1 Зведення капітальних витрат, грн

№	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.	Постачальник
Проектний варіант					
1	Фасувально-пакувальний автомат М6-ОР2-Д-1	1	13000	13000	Інтернет магазин "http://ua.bizorg.su" м.Київ
2	Сонячні модулі Suoyang SY-300WM	1	5000	5000	Компанія "СЕА", м. Київ
3	Акумуляторні батареї LI-ION	1	10569	10569	Інтернет магазин "Техэлектро" м.Київ

4	Інвертор ABB ACS800-107- 0510-3	1	15000	15000	Компанія "СЕА", м. Київ
5	Серводвигун SGMAN- 08A16SD-OY	1	100985	100985	Компанія "СЕА", м. Київ
6	Частотный преобразовате ль типа Omron 3G3MX2-2007	1	11075	11075	Інтернет магазин "prom.ua", м. Київ
	Всього				155629 грн.

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкту проектування за певний період, виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат за електротехнічним обладнанням відносяться:

f амортизаційні відрахування (C_a);

f заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);

f відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);

f витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (C_m);

f вартість електроенергії, спожитої об'єктом проектування ($C_э$). Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_m + C_э, \text{ грн.}$$

Так як в процесі впровадження проектного варіанту не планується змінювати чисельність обслуговуючого персоналу, то розрахунки річного фонду заробітної плати та відрахувань на соціальні заходи не проводяться.

$$C = C_a + C_m + C_э, \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться за проектним варіантом.

Таблица 5.2 Витрати на монтаж ($З_m$)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	$Ч_i$	2
Часова ставка монтажника IV разряду, грн.	a_i	39,3
Время, необходимое для выполнения монтажных работ, ч	t_i	8
Коэффициент, учитывающий размер доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коэффициент, учитывающий единый социальный взнос	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коэффициент, учитывающий прочие затраты на осуществление монтажных работ	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_M = \sum(2 \cdot 39,3 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 1387 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Таблиця 5.3 Витрати на налагодження (Z_H)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Численность работников VI разряда, чел.	$Ч_i$	1
Часовая ставка работников монтажника VI разряда, грн.	a_i	41,8
Час виконання робіт, г	t_i	3
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$Z_H = \sum(1 \cdot 41,8 \cdot 3) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 277 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

5.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат струму з рекуперацією.

Амортизаційна вартість основних фондів:

$$O_a = O_{\text{п}} - Л = 255953 - 0 = 255953 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де O_n - початкова (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

L - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів. Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Електрообладнання відноситься до IV групи основних засобів з мінімальним строком корисного використання $T_k = 5$ років.

Норма амортизації H_a при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і визначається за формулою:

$$H_a = \frac{O_n - L}{O_n \cdot T_k} \cdot 100\% = \frac{255953 - 0}{255953 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\%$$

Таблиця 5.5 Розрахунок амортизаційних відчислень

Найменування	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сумма амортизації, грн.
Проектний варіант	255953	20	51190

5.4 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$P_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi}) \quad (5.10)$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для малого приймаємо 1,2 год / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

Π - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, год;

T_{ϕ} - число годин роботи обладнання в рік, год.

Номинальний річний фонд робочого часу електрообладнання становить:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{р}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot t_{\text{зм}} = 245 \cdot 1 \cdot 8 = 1960 \text{ год.} \quad (5.11)$$

де $K_{\text{зм}}$ - кількість робочих змін;

(245 робочих днів, зміна 8:00, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт :

$$T_{\text{п.рем.}} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ год.} \quad (5.12)$$

Технічна зупинка на обслуговування становить приблизно 1 год. в зміну тобто 245 годин.

Загальний час обслуговування

$$T_{\text{обсл}} = 48 + 245 = 293 \text{ год.} \quad (5.13)$$

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_{\text{р}} = 1960 - 293 = 1667 \text{ год.} \quad (5.14)$$

Загальні витрати на експлуатацію і ремонт складають:

$$Z_{\text{т.р.}} = 24,59 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 10 + \frac{250 \cdot 6}{600} \cdot 1667 = 5348 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

5.6 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e \quad (5.16)$$

де W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт · год;

C_e - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт · год.

Ціна електроенергії для I класу споживачів станом на 1.05.2018 складає 1,86 грн / кВт · год.

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1667 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_n \cdot T_p = 40,217 \cdot 1667 = 67042 \text{ кВт} \cdot \text{час.} \quad (5.17)$$

де: P_n – номінальна споживана потужність.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року складає:

$$C_e = 67042 \cdot 1,86 = 124698 \text{ грн.}$$

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

Метою роботи було створення проекту електростанції для забезпечення електропостачання лінії пакування молочних продуктів 9 кВт, напругою 380 В, частотою 50 Гц.

На початку роботи були вивчені переваги і потенціал альтернативної енергетики на сьогоднішній день. Актуальність розробки досить висока, тому що можна отримати екологічно чисте джерело енергії з низькою вартістю виробництва електроенергії.

В ході виконання роботи була спроектована схема сонячної електростанції.

Для уникнення аварій і позаштатних ситуацій були представлені вимоги державного стандарту на якість електричної енергії і можливі методи контролю якості.

Був спроектований захист енергетичної системи засобами автоматичного розриву ланцюга. Всі автоматичні вимикачі вибиралися відповідно до номінальних електропристроїв і їх струмів.

					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

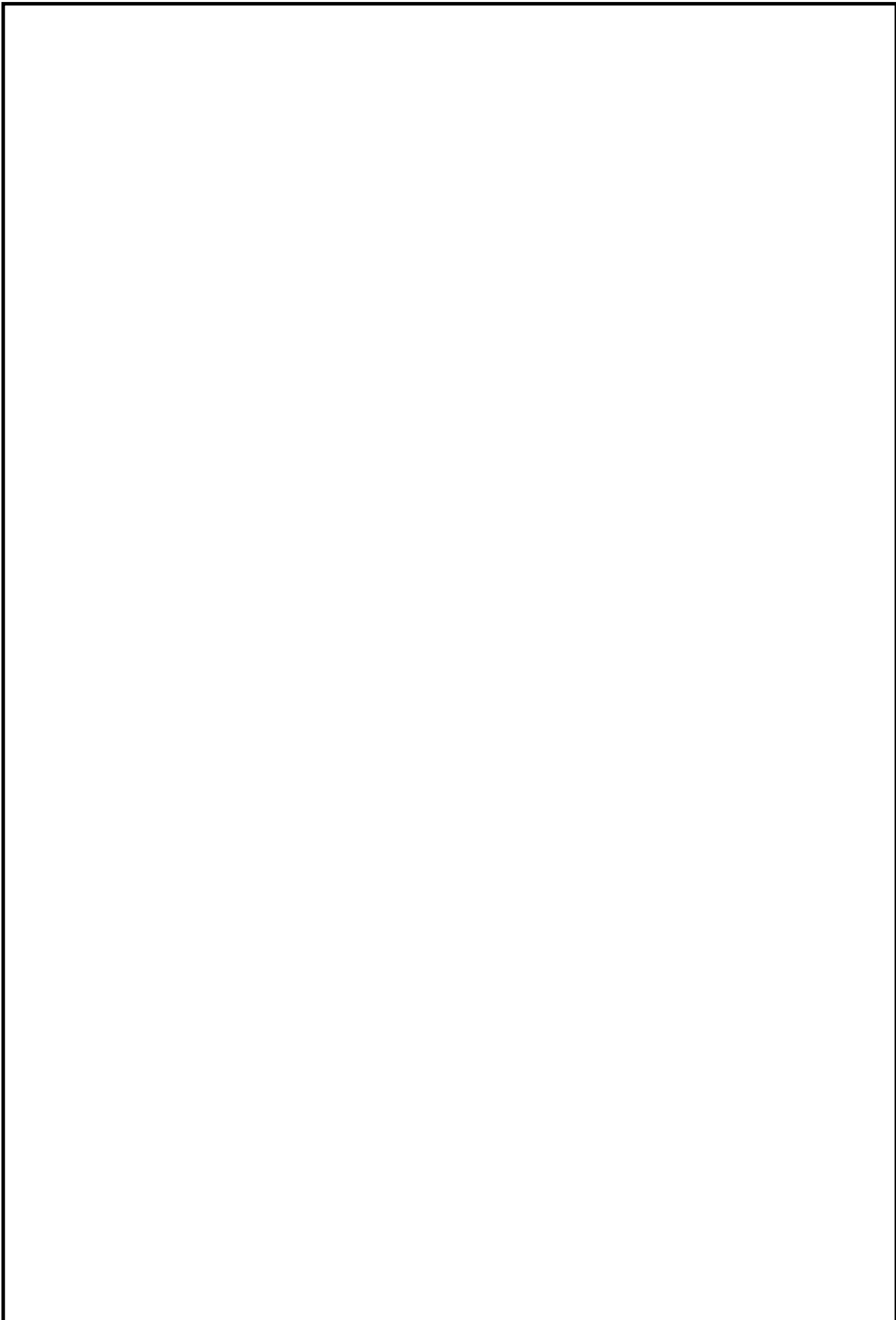
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Преобразовательная техника./ М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский – Южно-Уральск: Издательский центр ЮУГУ, 2009. – 425 с.
2. Электрические сети и энергосистемы [Текст]/ С. Д. Волобринский, И. Н. Ковалев.—Москва: Транспорт, 1988. 326 с.
3. Контроль показателей качества электроэнергии в промышленных электрических сетях [Текст] / В. В. Дубнин, А. Н. Попов. – Ползуновский вестник № 4-2, 2013.
4. Основы релейной защиты, 2 изд., Федосеев А. М., М. – Л., 1961
5. Справ очник технолога-машиностроителя: В 2-х т., А.Г. Косилова, 1986 г., т.1 – 456 с., т.2 – 495 с.
6. Методические указания к самостоятельной работе студентов по разделу “Электроприводы с бесконтактным вентильным двигателем для механизмов подачи станков с ЧПУ и промышленных роботов”/ Сост.: Н.Н.Казачковский, С.Л.Ковалев. – Днепропетровск: ДГИ, 1991. – 63 с.
7. Трифазні тиристорні електроприводи ЕПУ1 та ЕТУ2: Методичні вказівки до самостійної роботи студентів/ Упор.: М.М.Казачковський. – Дніпропетровск: ДГА України, 1996. - 43 с. 13
8. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине “Автоматизированный электропривод промышленных установок в машиностроении и металлургии”/ Сост.: Н.Н.Казачковский. – Днепропетровск: ДГИ, 1992. – 71 с.
9. Справочник по электрическим машинам: В 2-х т./ Под общ. ред. И.П.Копылова и Б.К.Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. т.1 – 655 с.; т.2 – 495 с. 8. Altivar 71. Преобразователи частоты: Каталог DIA2ED2050104UA. – К. Schneider Electric, 2009. – 334 с. 9. Altivar 71. Преобразователи частоты для асинхронных двигателей: Руководство по программированию. – К. Schneider Electric, 2007. – 286 с.

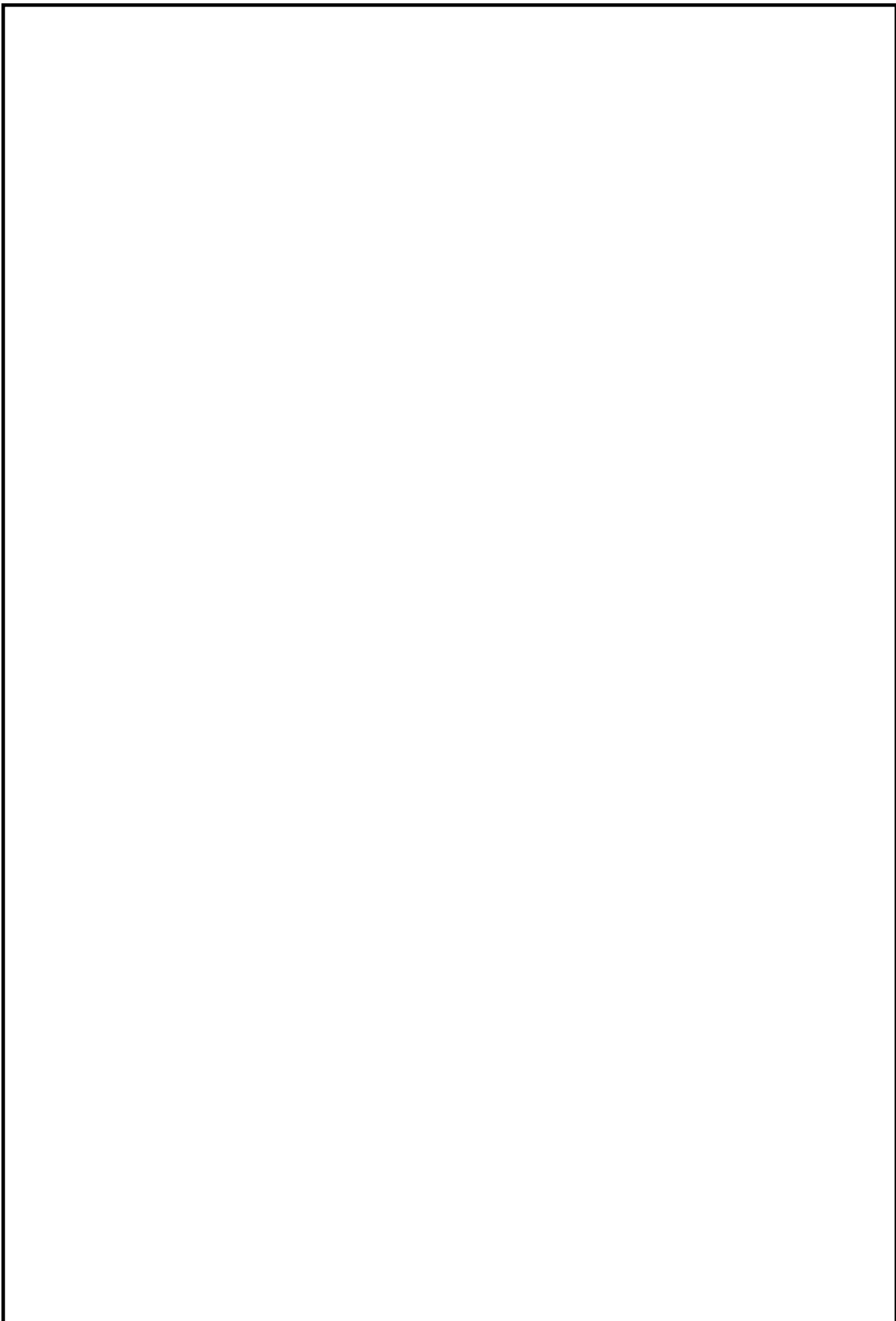
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

10. Преобразователи частоты Altivar 61: Каталог DIA2ED2050704UA. – К. Schneider Electric, 2007. – 210 с.
11. Технологическое оборудование ГПС / О.И.Аверьянов, Ф.П.Васильев, Н.Н.Хвостов и др. – Л.: Политехника, 1991. – 320 с..
12. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт/ Упорядн.: В.О.Салов, О.М.Кузьменко, В.І.Прокопенко. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 52 с.

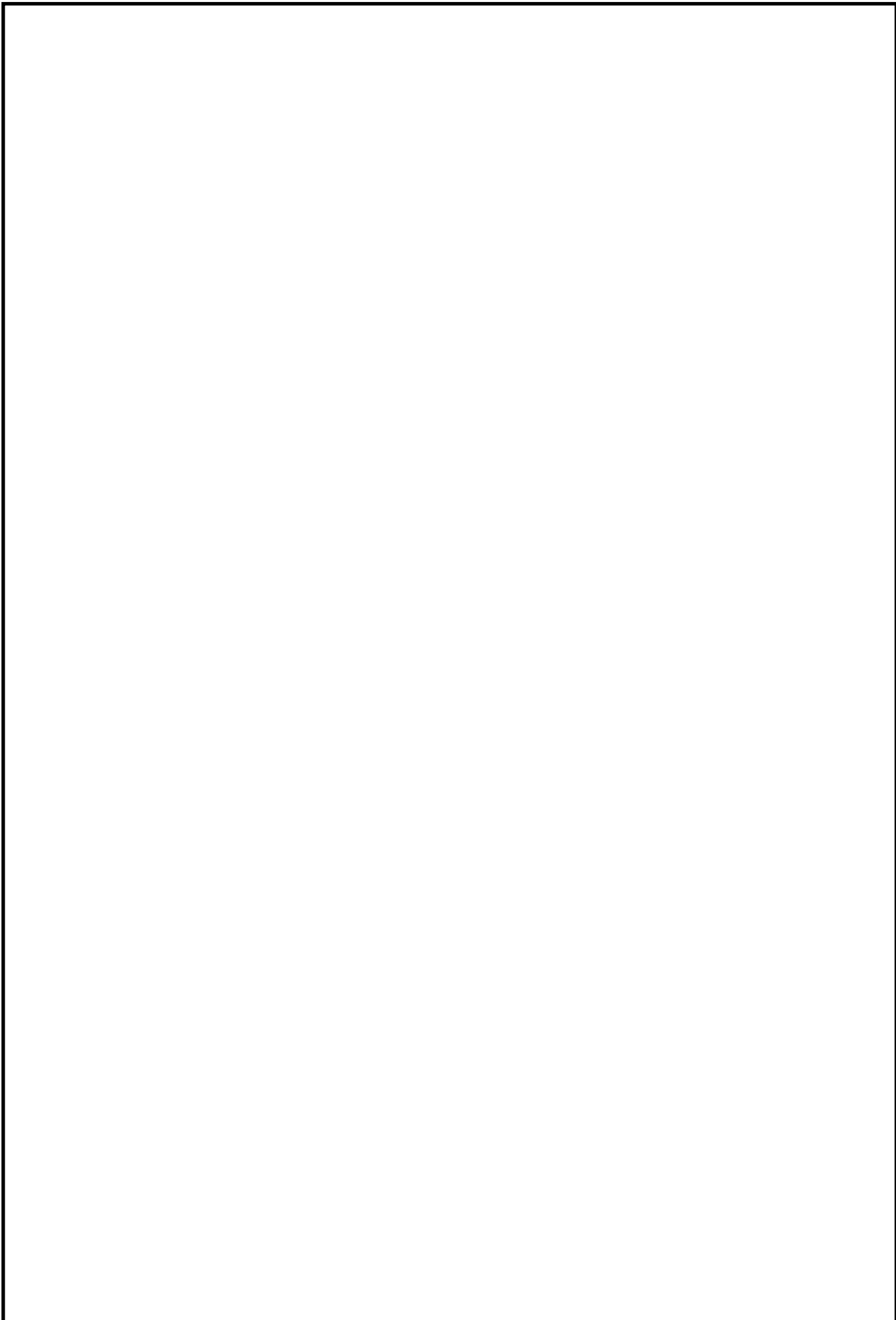
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66



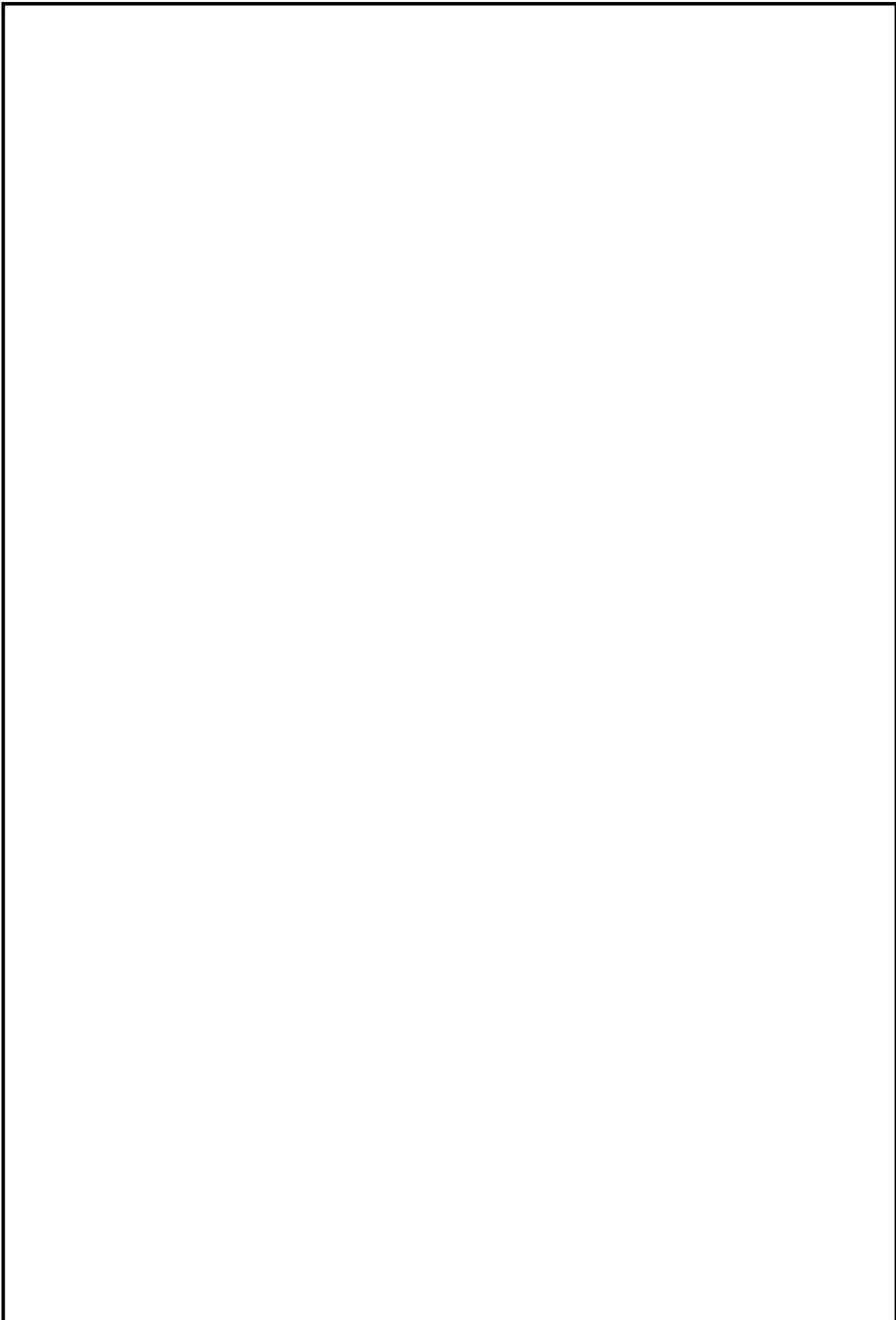
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67



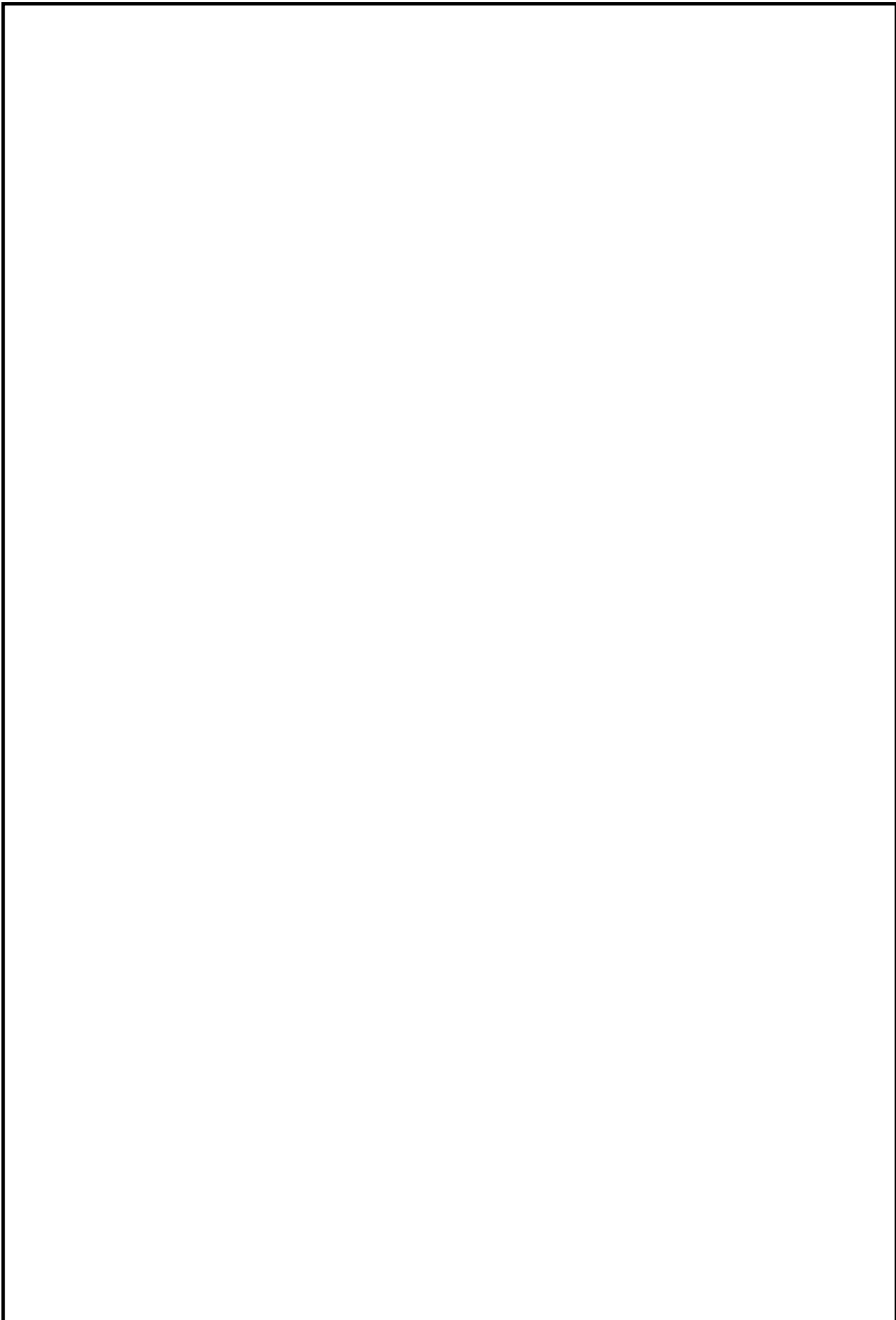
					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



					ЕП.18.15.5.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71