

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
ОРІЄНТАЦІЇ ГЕЛІОУСТАНОВКИ**

Виконав студент IV курсу, групи ЕТЗс-42

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

_____ Гураль Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гураль Денис Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованої системи орієнтації геліоустановки

Керівник роботи к.т.н., доц. Коваль В.П.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» лютого 2021 року № 4/7-132

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 14.06.2021

3. Вихідні дані до роботи Геліоустановка знаходиться у м. Тернопіль. Вона повинна містити: Систему автоматичної орієнтації із електроприводом та датчиком неузгодженості

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд енергетичних геліоустановок, які виробляють електроенергію

2. Вибір електродвигуна для електропривода проектованої геліоустановки

3. Розробка блоку управління сонячної батареї

4. Аналіз факторів, що впливають на необхідну потужність двигуна стеження

5. Розрахунок обертового вітрового моменту, що діє на плоский фотоприймач геліоустановки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Енергетичні геліоустановки, які виробляють електроенергію

2. Конструкція датчика неузгодженості

3. Принципові електричні схеми вузлів блоку управління сонячної батареї

4. Залежність струму якоря від часу при впливі на фотоприймач вітрового навантаження

5. Дія вітрових сил на плоский фотоприймач

6. Залежність аеродинамічних коефіцієнтів від кутів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Гурик О.Я. к.т.н., доцент кафедри МТ</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Вакуленко О.О., ст. викладач кафедри ЕІ</i>		

7. Дата видачі завдання _____ 22.01.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд за напрямком кваліфікаційної роботи	з 22.01.2021 по 20.02.2021	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	з 21.02.2021 по 21.04.2021	
3	Підготовка розділу «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці»	з 21.05.2021 по 28.05.2021	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	з 29.05.2021 по 05.06.2021	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	з 06.06.2021 по 10.06.2021	
6	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу кваліфікаційної роботи	з 11.06.2021 по 13.06.2021	
7	Отримання відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу, підготовка доповіді на захист	з 13.06.2021 по 14.06.2021	

Студент _____
(підпис)

Гураль Д.О.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Коваль В.П.
_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТзс–42. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 61; рис. 20; табл. 3; креслень (презентацій) ___; джерел 12.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка автоматизованої системи орієнтації геліоустановки».

Метою роботи є підвищення енергетичних показників, надійності і рівня автоматизації енергетичних геліоустановок (ГУ) наземного базування на основі розробки їх електроприводу.

Проведено аналіз ряду енергоустановок, які використовують енергію сонця для отримання необхідних людині енергоносіїв. Розроблено принципові схеми систем електроприводу і автоматики для геліоустановок. Розроблено датчик неузгодженості для використання у автоматичних системах орієнтування сонячних батарей за сонцем.

Ключові слова: ГЕЛІОУСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОПРИВІД, АВТОМАТИЧНА ОРІЄНТАЦІЯ, СОНЦЕ

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РЕФЕРАТ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Гураль Д.О.					4	
<i>Перевірів</i>		Коваль В.П.						
<i>Консульт.</i>		Коваль В.П.						
<i>Н. Контр.</i>		Вакуленко О.О.						
<i>Зав. каф.</i>		Тарасенко М.Г.				гр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ		

ЗМІСТ

ВСТУП

1	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1	Огляд енергетичних геліоустановок, які виробляють електроенергію	8
1.2	Напівпровідникові фотоелектричні перетворювачі	11
1.3	Динаміка розвитку фотоелектричної геліотехніки.....	15
1.4	Висновки до розділу	18
2	ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1	Вибір електродвигуна для електропривода проектованої геліоустановки.....	19
2.2	Аналіз специфіки та розробка системи автоматичної енергетичної геліоустановки.....	21
2.3	Розробка універсального модульного опорно-поворотного пристрою геліоустановки та датчика неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою	24
2.4	Розробка блоку управління сонячної батареї.....	24
2.4.1	Опис вузла управління, комутації та індикації.....	24
2.4.2	Опис вузла стабілізації струму і напруги акумуляторної батареї.....	26
2.4.3	Опис вузла автоматичної орієнтації.....	29
2.5	Відпрацювання режимів роботи СЕП і системою автоматички спроектованими геліоустановками.....	31
2.6	Висновки до розділу	33

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Гураль Д.О.</i>			ЗМІСТ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Коваль В.П.</i>				4		
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>				Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	34
3.1 Аналіз факторів, що впливають на необхідну потужність двигуна стеження	34
3.2 Основні дані для розрахунку вітрового навантаження	36
3.3 Розрахунок обертального вітрового моменту, що діє на плоский фотоприймач геліоустановки	38
3.4 Визначення моменту тертя в опорах фотоприймача.....	47
3.5 Спосіб зниження потужності двигуна	48
3.6 Висновки до розділу	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	53
4.1 Організація служби охорони праці на підприємстві	53
4.2 Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		5

ВТУП

Актуальність роботи. В даний час питанням використання поновлюваних джерел енергії приділяється серйозна увага. Ці джерела енергії розглядаються як серйозне доповнення до традиційних. На даний момент необхідність розвитку нетрадиційних відновлюваних джерел енергії обумовлена наступними факторами]:

- можливістю вирішення проблем будівництва ліній електропостачання для віддалених, важкодоступних та екологічно напружених районів;
- скорочення обсягів будівництва ліній електропередач, особливо у важкодоступних та віддалених місцях;
- участю їх в оптимізації графіків завантаження устаткування на електростанціях з урахуванням їх сезонного використання;
- зниження викидів CO₂, NO_x та інших, що дозволяє фінансувати будівництво за рахунок оплат «квот за викиди».

До поновлюваних джерел енергії відноситься вітрова, гідравлічна, сонячна, геотермальна енергії; енергія біомаси. Серед усіх джерел енергії сонячна радіація за масштабами ресурсів, екологічною чистоту і повсюдної поширеності найбільш перспективна. Річна кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі оцінюється в $1,05 \cdot 10^{18}$ кВт·год. Без шкоди для екологічного середовища може бути використано 1,5 % всієї падаючої на Землю енергії, тобто $1,62 \cdot 10^{16}$ кВт·год на рік, що еквівалентно $2 \cdot 10^{12}$ тонн умовного палива.

Основною актуальною задачею на даний час є збільшення ефективності генерування електроенергії із одиниці площі фотоелектричних перетворювачів.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Гураль Д.О.					6	
<i>Перевірів</i>		Коваль В.П.						
<i>Консульт.</i>		Коваль В.П.						
<i>Н. Контр.</i>		Вакуленко О.О.						
<i>Зав. каф.</i>		Тарасенко М.Г.			Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ			

Одним із шляхів вирішення цієї задачі є проектування енергоефективної автоматизованої системи орієнтування у напрямку на сонце.

Мета роботи: підвищення енергетичних показників, надійності і рівня автоматизації енергетичних геліоустановок (ГУ) наземного базування на основі розробки їх електроприводу.

Для виконання поставленої мети в роботі вирішуються наступні **завдання:**

- провести аналіз ряду енергоустановок, які використовують енергію сонця для отримання необхідних людині енергоносіїв;
- запропонувати принципові схеми систем електроприводу і автоматики для геліоустановок;
- розробити датчик неузгодженості для використання у автоматичних системах орієнтування сонячних батарей за сонцем;
- запропонувати спосіб зниження потужності в електроприводі, що дозволяє знизити витрати енергії на електропривід.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 частин, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 61 арк. формату А4, графічна частина – аркушів презентації.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд енергетичних геліоустановок, які виробляють електроенергію

Відомі методи термодинамічного перетворення сонячної енергії в електричну, базується на використанні термоелектричного і термоемісійного процесів, а також прямі методи фотоелектричного, фотогальванічного і фотоемісійного перетворень. На даний момент найбільшого поширення набули фотоелектричні перетворювачі і системи термодинамічного перетворення із застосуванням теплових двигунів. Сонячні електростанції (СЕС) із застосуванням теплових двигунів в даний час в основному будують або як СЕС баштового типу, або як СЕС турбогенераторного типу. У баштових СЕС використовується центральний приймач з полем геліостатів, що забезпечує ступінь концентрації в кілька тисяч. Управління системою, як правило, здійснюється за допомогою ЕОМ. Як робоче тіло в тепловому двигуні зазвичай використовується водяна пара з температурою до 550 °С, повітря та інші гази – до 1000 °С, низькокипучі органічні рідини (в тому числі фреони) – до 100 °С, рідкометалеві теплоносії – до 800 °С .

На рис.1.1. представлена схема роботи Кримської експериментальної сонячної електростанції баштового типу потужністю 5000 кВт. У реальних умовах, баштові СЕС потужністю до 10 МВт не рентабельні, їх оптимальна потужність 100 МВт, а висота вежі 250 м.

У СЕС модульного типу використовується велика кількість модулів, кожен з яких включає параболо-циліндричний концентратор сонячного випромінювання і приймач, розташований у фокусі концентратора і який використовується для нагрівання робочої рідини, що подається в тепловий

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Гураль Д.О.			1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		Коваль В.П.					8	
<i>Консульт.</i>		Коваль В.П.				гр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		Вакулєнко О.О.						
<i>Зав. каф.</i>		Тарасенко М.Г.						

двигун, який з'єднаний з електрогенератором. При невеликій потужності СЕС модульного типу більш економічні, ніж баштового типу. У СЕС модульного типу зазвичай використовуються лінійні концентратори сонячної енергії з максимальним ступенем концентрації близько 100.

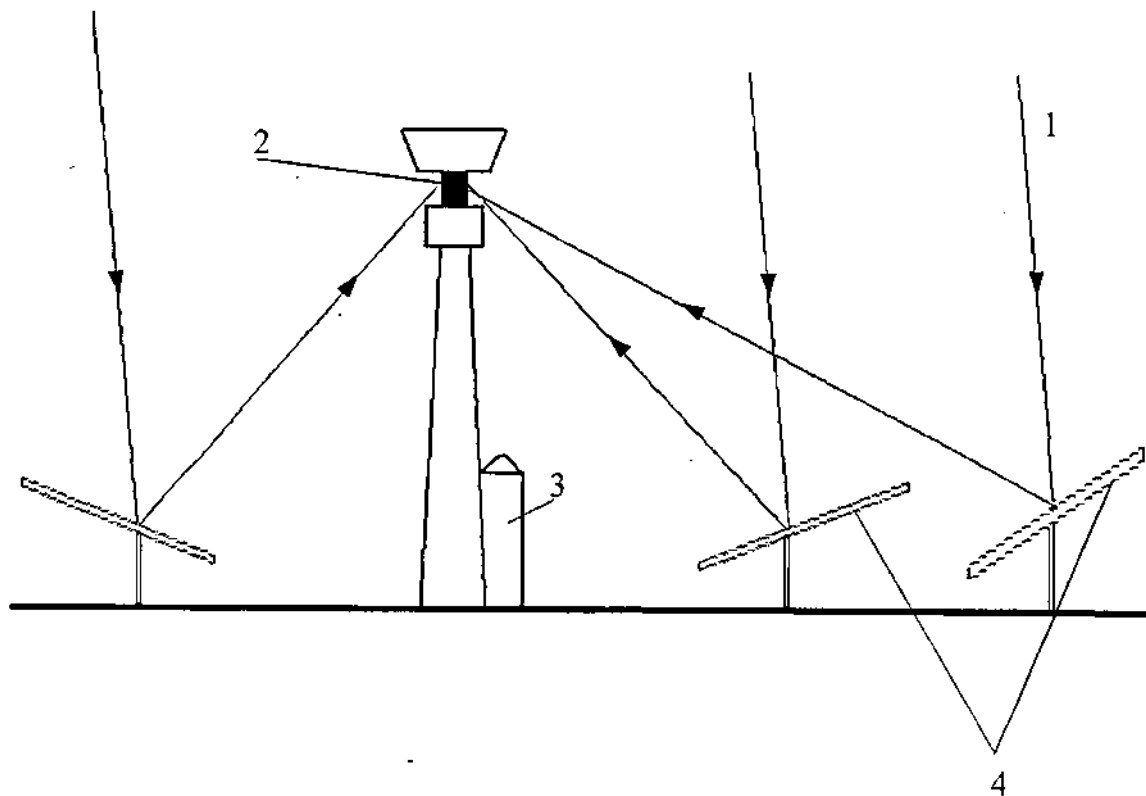


Рисунок 1.1 – Схема роботи Кримської сонячної електростанції баштового типу електричною потужністю 5000кВт.

1 – сонячні промені; 2 – парогенератор-геліоприймач; 3- пароводяний акумулятор енергії; 4 – геліостати з площею дзеркала $5,25\text{м}^2$ (загальна їх кількість 1600 штук)

Енергія сонячного випромінювання може бути перетворена в постійний електричний струм за допомогою фотоелектричних перетворювачів. Модульний тип конструкції дозволяє створювати установки практично будь-якої потужності і робить їх дуже перспективними. Установки мають малу масу і відрізняються простотою обслуговування. Недоліком

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

фотоелектричного перетворювача є висока вартість і низький ККД. Фотоелектричний ефект виникає в сонячному елементі при його освітленні світлом у видимій і ближній інфрачервоній областях спектру. У сонячному елементі з напівпровідникового кремнію товщиною 50мкм поглинаються фотони, і їх енергія перетворюється в електричну за допомогою р-п з'єднання. Перехід на гетероз'єднання типу арсеніду галію і алюмінію, застосування концентраторів сонячної радіації з кратністю концентрації 50-100 дозволяє підвищити ККД до 35%. Однак вартість елементів на базі з'єднання арсеніду галію і алюмінію значно вище, ніж на базі кремнію.

У ряді країн розробляються геліоенергетичні установки з використанням так званих сонячних ставків. СЕС на базі сонячних ставків значно дешевше СЕС інших типів, однак їх можна споруджувати тільки в районах з жарким кліматом. Схема сонячного ставка представлена на рис. 1.2.

У сонячному ставку відбувається одночасне вловлювання та накопичення сонячної енергії у великому обсязі рідини. Виявлено, що в деяких природних солоних озерах температура води на дні може досягати 70 °С. Це обумовлено високою концентрацією солі. У звичайному водоймищі сонячна енергія, яка поглинається, нагріває в основному поверхневий шар, і ця теплота досить швидко втрачається. Сонячна енергія, яка проникає через всю масу рідини в сонячному ставку, поглинається забарвленим в темний колір дном і нагріває прилеглі шари рідини, в результаті чого їх температура може досягати 90-100 °С. Такий ефект виникає завдяки тому, що за глибиною сонячного ставка підтримується градієнт кухонної солі, спрямований зверху вниз, і на самому нижньому рівні концентрація кухонної солі досягає максимального значення.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

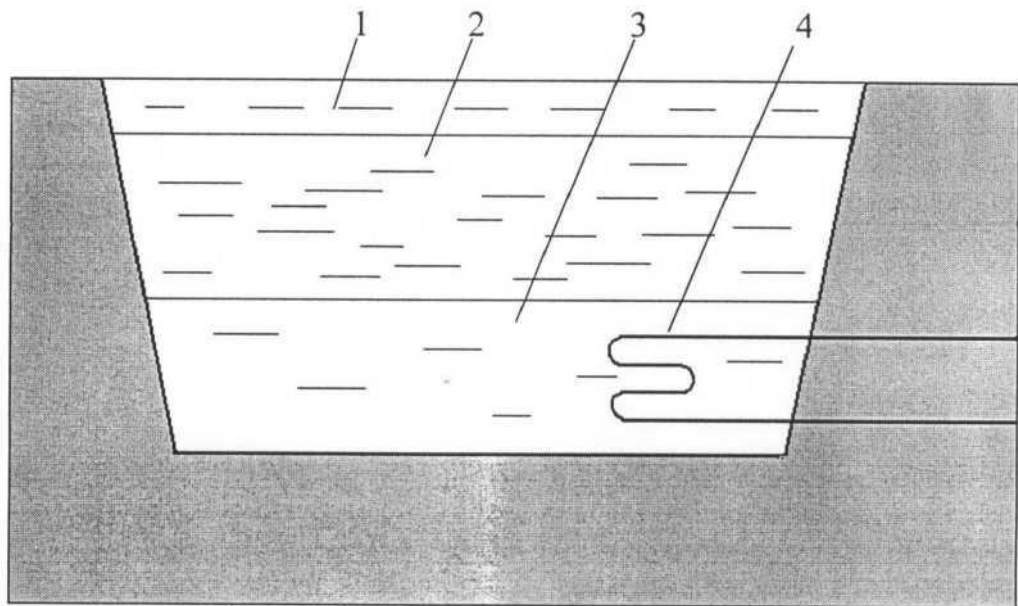


Рисунок 1.2 – Схема сонячного ставка

- 1 – прісна вода;
- 2 – ізолюючий шар з концентрацією, яка збільшується до низу;
- 3 – шар гарячого розчину;
- 4 – теплообмінник

Зазвичай глибина ставка становить 1-3 м. Найбільший з існуючих сонячних ставків знаходиться в містечку Бейт-Ха-Арава в Ізраїлі. Його площа становить 250 000м². Він використовується для виробництва електроенергії. Електрична потужність енергетичної установки, що працює по циклу Ренкіна, дорівнює 5 МВт.

1.2 Напівпровідникові фотоелектричні перетворювачі

Фотоелектричні перетворювачі – це напівпровідникові прилади, принцип дії яких базується на фотогальванічному ефекті – явищі виникнення фото-ЕРС в електричному р-п переході при опроміненні його світловим потоком. Широке застосування знаходять сонячні фотоелементи з кремнію і

арсеніду галію. Основними параметрами сонячних елементів фотоелементів є вихідна потужність P і коефіцієнт корисної дії:

$$\eta_{\phi} = \frac{P_{MAX}}{P_{CB}}$$

де P_{max} – максимальна потужність, яку можна отримати від фотоелемента, Вт;

P_{CB} – потужність потоку випромінювання, яке падає на фотоелемент, Вт.

У кращих моно кристалічних кремнієвих сонячних фотоелементів ККД досягає 15-20%, ККД серійних кремнієвих фотоелементів досягає 10-15%. Такий відносно низький ККД пов'язаний з недосконалістю сонячного фотоелемента як перетворювального пристрою, в якому одночасно з корисним перетворенням відбуваються процеси, що супроводжуються марним її розсіюванням.

Всі види втрат в сонячному фотоелементі можна розділити на дві групи:

- втрати енергії, пов'язані з процесами, коли енергія, яка перетворюється, має вигляд променевої енергії – втрати випромінювання;
- втрати енергії генерованих випромінюванням електронів і дірок, що відбуваються під час їх руху всередині напівпровідника;
- електричні втрати.

Втрати першої групи відбуваються внаслідок: відбиття падаючого випромінювання від поверхні фотоелемента, проходження випромінювання на глибину, більшу дифузійної довжини нерівноважних носіїв заряду (поглинання випромінювання в неробочій області), нефотоелектричне поглинання випромінювання в провіднику. Для сонячного елемента з кремнію до нефотоелектричного поглинання відноситься вся довгохвильова частина сонячного спектра з довжиною хвилі більше 1,09 мкм. Ця частина випромінювання в спектрі Сонця становить 12-20% по потужності [1]. Для зменшення втрат, пов'язаних з нефотоелектричним поглинанням

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

випромінювання Сонця, розробляються гетеропереходи між напівпровідниками з різною шириною забороненої зони. Розширення області спектральних характеристик сонячних фотоелементів може бути досягнуто при використанні систем з плавно змінюваною шириною забороненої зони.

Втрати другої групи відбуваються за рахунок:

- рекомбінації генерованих випромінюванням пар носіїв заряду, що супроводжується передачею енергії решітки;
- розсіювання енергії нерівноважними носіями заряду при взаємодії їх з решіткою;
- наявності внутрішнього послідовного опору фотоелемента, що зменшує напругу на навантаження;
- витоку фотоструму, зумовленої опором резистора, який шунтує перехід.

Для зниження втрат на рекомбінацію необхідно, щоб товщина шару, де утворюються пари нерівноважних носіїв заряду, не перевищувала дифузійної довжини неосновних носіїв заряду. Однак в тонкому зовнішньому шарі напівпровідника випромінювання поглинається незначно. Для задоволення обох вимог сонячні елементи необхідно виготовляти з матеріалів з великою дифузійною довжиною неосновних носіїв заряду, що залежить від чистоти напівпровідника і регулярності його структури. Крім того, слід звести до мінімуму швидкість поверхневої рекомбінації.

На рис.1.3 представлена спрощена, еквівалентна електрична схема фотоперетворювача [2]. Опір, який шунтує фото-ЕРС і внутрішній послідовний опір знижують ККД фотоелемента і вносять значні корективи в вольт-амперну характеристику сонячного елемента. Всі види електричних втрат становлять 50-55%. У серійних кремнієвих фотоелементів як правило щільність струму короткого замикання 200-250 А /м², щільність струму при оптимальному навантаженні 150-200 А /м², напруга холостого ходу

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

становить приблизно 0,5 0,55 В, напруга на оптимальному навантаженні 0,35 -0,4 В [1].

Недоліком сонячних фотоелементів на базі монокристалів є неможливість отримання великих робочих поверхонь, низьке відношення вихідної потужності до маси, а також висока вартість. За цими показниками вони поступаються плівковим фотоелементам.

Плівкові фотоелементи з сульфїду кадмію і телуриду кадмію характеризуються значно вищим відношенням вихідної потужності до маси (різниця більше, ніж в чотири рази), дешевше монокристалічних кремнієвих фотоелементів, мають досить високу радіаційну стійкість і великий термін служби. Але при цьому їх ККД поступається монокристалічним фотоперетворювачам. [3].

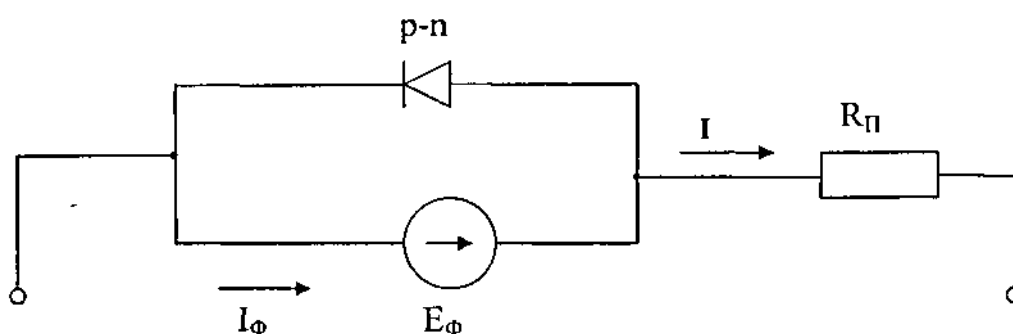


Рисунок 1.3 – Спрощена еквівалентна схема освітленого сонячного елемента з послідовним опором

Досліджувані високоомні епітаксіальні структури кремнію, на низькоомних дешевих підкладках кремнію можуть стати основою для створення високоефективних і дешевих фотоперетворювачів [4]. Фотоелементи на основі епітаксійних структур мають ряд особливостей: підвищена фоточутливість, широкі межі ват-амперної характеристики (залежність струму фотоперетворювача від потужності випромінювання), логарифмічне зростання напруги холостого ходу з ростом освітленості (область насичення відсутня). ККД таких фотоелементів порівнюємо з ККД монокристалічних фотоперетворювачів.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		14

Сонячні фотоелементи, змонтовані і електрично з'єднані за певними схемами, утворюють сонячну фотобатарею. Фотобатареї мають більш низький у порівнянні з окремими фотоелементами ККД за рахунок комутаційних втрат і неідентичності вольтамперних характеристик фотоелементів, що призводить при з'єднанні їх в батарею до порушення оптимального режиму роботи кожного фотоелемента. Наприклад, на підставі досвідчених даних, можна навести такі цифри: фотобатарея, що складається з 28000 фотоелементів має ККД 7,4%, її максимальна потужність 680 Вт.

1.3 Динаміка розвитку фотоелектричної геліотехніки

На перспективи використання фотоелектричного перетворення сонячної енергії звернув увагу ще в тридцятих роках академік А. Ф. Йоффе. Однак в той час ККД сонячних елементів не перевищував 1%. В даний час коефіцієнт корисної дії перетворення сонячної енергії фотоелементами на основі монокристалічного кремнію на практиці доходить до 12-15%. Проте витрати на створення геліоустановок, навіть якщо враховувати при цьому тільки витрати на виробництво фотоелементів, по своїй питомій вартості все ще перевершують витрати на створення атомних, тепло- і гідроелектростанцій. Це пояснюється низькою щільністю сонячного випромінювання. Необхідно збирати сонячне випромінювання з великих площ, покриваючи їх дорогими напівпровідниковими фотоелементами. Вартість одержуваної таким чином електроенергії значно перевершує вартість електроенергії, що виробляється традиційними методами. З плином часу відбувається зниження вартості сонячних елементів, головним чином за рахунок зниження вартості напівпровідникових матеріалів.

Вміст кремнію в земній корі становить 29,5% і перевищує вміст алюмінію в 3,35 рази. Сонячний кремній з чистотою 99,99% коштує стільки ж, скільки уран для АЕС, хоча вміст кремнію в земній корі перевищує вміст

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

урану в 100000 раз. Світові достовірні запаси урану оцінюються в 2763000 т . Урановий паливний цикл, що включає виробництво гексафториду урану, значно складніший і небезпечніший хлорсиланового способу отримання сонячного кремнію. З огляду на розсіяність і малий вміст урану в земній корі в порівнянні з кремнієм, важко зрозуміти, чому уранове паливо для ядерних реакторів і кремній для сонячних електростанцій мають однакову вартість. Існує кілька причин, що пояснюють таку ситуацію. У розвиток технології і виробництва урану вкладені мільярдні кошти, які виділялися, в основному, по військовим програмам і обсяги виробництва урану в 6 разів перевищують обсяги виробництва сонячного кремнію.

Хлорсиланова технологія виробництва сонячного кремнію, розроблена півстоліття назад, до теперішнього часу практично не змінилася, зберігши всі негативні риси хімічних технологій 50-х років: висока енергоємність, низький вихід кремнію, екологічна небезпека.

Основний матеріал для виробництва кремнію – кремнезем у вигляді кварциту або кварцового піску, становить 12% від маси літосфери. Велика енергія зв'язку Si-O – 464 кДж/моль обумовлює великі витрати енергії на реакцію відновлення кремнію і подальше його очищення хімічними методами – 250 кВт·год/кг, а вихід кремнію складає 6-10%.

Фірма «Сіменс» запропонувала нову технологію виробництва кремнію. У разі застосування цієї технології в широких масштабах вартість сонячних елементів і модулів за деякими оцінками [1] складе 0,7-1,4 дол/Вт і 1,0-2,0 дол/Вт відповідно, а вартість електроенергії 0,10 0,12 дол/кВт·год. У новій технології хімічні методи замінені на екологічно прийнятні електрофізичні методи.

Як один із способів зниження вартості сонячної електроенергії може розглядатися застосування концентраторів випромінювання. У цьому випадку необхідна площа сонячних елементів, а, отже, і їх вартість можуть бути знижені пропорційно кратності концентрування сонячного

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		16

випромінювання дзеркалами або лінзами. Однак в цьому випадку виникає ряд проблем. Перш за все, при підвищенні потужності випромінювання збільшується щільність фотоструму, який генерується, що вимагає ускладнення конструкції сонячних елементів для зменшення омічних втрат. По-друге, збільшується теплове навантаження на сонячні елементи, що може потребувати створення ефективної системи відводу тепла. По-третє, потрібна розробка високоефективних і дешевих концентраторів випромінювання. І, по-четверте, потрібно порівняно більш точне наведення на Сонце. Таким чином, доцільність застосування концентраторів необхідно визначати як різницю економії коштів за рахунок зменшення площі фотоперетворювача і витрат, спрямованих на рішення вищевказаних проблем.

У 1989р. фірмою «Boeing» створений двошаровий елемент, що складається з двох напівпровідників – арсеніду і антимоніду галію – з коефіцієнтом перетворення сонячної енергії в електричну, рівним 37 % [5]. Отриманий ККД 37 % можна порівняти з ККД теплових і атомних станцій. Однак виробництво таких елементів на сьогоднішній день є дорогим і їх використання в фотоелементах геліоустановок замість кремнію економічно не обґрунтоване.

У багатьох країнах держава надає підтримку розвитку поновлюваних джерел енергії, яка проявляється як у створенні відповідної законодавчої бази, так і в прямому економічному стимулюванні.

1.3 Висновки до розділу

1. У багатьох країнах держава надає підтримку розвитку поновлюваних джерел енергії, яка проявляється як у створенні відповідної законодавчої бази, так і в прямому економічному стимулюванні.
2. Представлено аналіз ряду енергоустановок, які використовують

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
						17
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

енергію сонця для отримання необхідних людині енергоносіїв.

3. Розглянуто основні параметри сонячних елементів фотоелементів та їх еквівалентну електричну схему.
4. Проаналізовано динаміку розвитку фотоелектричної геліоенергетики.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	<i>Арк</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір електродвигуна для електропривода проектованої геліоустановки

Проектовані геліоустановки зі встановленою вихідною електричною потужністю 200 Вт і 2000 Вт призначені для роботи за межами України, на широтах, близьких до екватора. Опорно-поворотний пристрій установок виконаний на основі екваторіальної системи координат, причому основна вісь розташована горизонтально.

Для розрахунку потужності двигуна стеження енергетичної геліоустановки без концентрації випромінювання із заданою вихідною потужністю $P_e = 2000$ Вт і заданим рівнем сонячної радіації $E_o = 850$ Вт/м, попередньо визначається необхідна активна площа фотоелементів [6]:

$$S = \frac{P_e}{\eta_n \cdot E_o \cdot K_{з-я}},$$

де η_n – ККД фотоперетворювача, що враховує ККД перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію і омичні втрати, $\eta_n = 0,08$;

$K_{з-я}$ – коефіцієнт заповнення сонячних модулів фотоелементами, $K_{з-я} = 0,9$.

$$S = \frac{2000}{0,08 \cdot 850 \cdot 0,9} \approx 33 \text{ м}^2$$

При розрахунку площі фотоприймача враховані параметри наявних на сучасному ринку фотоелементів, а також наявний досвід проектування реальних геліоустановок. Подальший розрахунок ведеться за нижче наведеними формулами.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Гураль Д.О.					19	
Перевірів		Коваль В.П.						
Консульт.		Коваль В.П.						
Н. Контр.		Вакулєнко О.О.						
Зав. каф.		Тарасєнко М.Г.			Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ			

Вибираються лінійні розміри фотоприймача і окремих модулів; в даному випадку $l = 3\text{м}$.

На основі наявної інформації район експлуатації установки зіставляється з районом №1 і для конкретної місцевості визначається нормований швидкісний тиск вітру $W_0 = 0,23 \text{ кПа} = 230 \text{ Па}$; визначається коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску по висоті – для місцевості = 0,5.

$$M_{\text{вітр}} = \frac{1}{4} S l k W_0^2 = 2846 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$F_{\text{вітр}} = 2 S k W_0 = 7950 \text{ Н},$$

де $S=33\text{м}^2$; $l = 3\text{м}$; $k = 0,5$; $W_0 = 230 \text{ Па}$.

$$M_{\text{ТР}} = \sqrt{F_{\text{вітр}}^2 + m g^2} \cdot f \frac{d}{2} = 28 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $m = 500\text{кг}$; $g = 9,8\text{м/с}^2$; $f = 0,15$; $d = 0,04\text{м}$.

$$M_{\text{дисб}} = 0,01 \cdot l \cdot F_{\text{вітр}} + m g = 378 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_{\text{дв}} = K_3 \frac{M_{\text{вітр}} + M_{\text{ТР}} + M_{\text{дисб}} \omega_{\text{вв.м}}}{\eta_{\text{КЦ}}}$$

На підставі даних заводу-виробника редуктора, приймаємо $\eta_{\text{КЦ}} = 0,5$.
Максимальну швидкість виконавчого валу розрахуємо з умови

$$\omega_{\text{вв.м}} = \frac{\theta_m}{t_n}$$

Необхідна тривалість переходу $t_n = 600 \dots 1800 \text{ с}$, ширина зони спостереження оцінюється приблизно $\theta_m = 2,79 \text{ рад}$, тоді

$$\omega_{\text{вв.м}} = 1,55 \cdot 10^{-4} \dots 4,65 \cdot 10^{-4} \text{ рад/с}.$$

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

$$P_{\text{дв}} = 1,2 \frac{2846 + 27 + 378 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 31,2 \text{ Вт}$$

Для приводу проектованої геліоустановки обраний двигун постійного струму ME215 з номінальною потужністю 30 Вт, номінальною напругою 12 В і номінальною швидкістю 2500 об/хв. Порухення двигуна здійснюється від постійних магнітів.

2.2 Аналіз специфіки та розробка системи автоматики енергетичної геліоустановки

Вимоги простоти, надійності, економічності і високого ступеня автоматизації ставлять перед системою автоматики геліоустановки ряд специфічних завдань. Перш за все, необхідно ще раз відзначити, що для фотоелектричних геліоустановок без концентрації випромінювання представляється раціональним режим покрокового автосупроводження Сонця з керуванням від датчика неузгодженості. При проектуванні необхідно передбачити можливість відходу Сонця за хмари в процесі здійснення кроку. В цьому випадку поворот установки повинен бути зупинений. Якщо передбачається, що крок починає відбуватися при деякому позитивному, а зупин відбувається при досягненні деякого негативного кута α , то рівність нулю сигналу з датчика неузгодженості не приведе до зупину. У цьому випадку необхідний додатковий датчик – датчик контролю рівня сонячної радіації. При заході Сонця за хмари можуть виникати відблиски, що викликають високий сигнал з датчика неузгодженості. У зв'язку з цим повинен бути передбачений захист від помилкового включення при низькому рівні радіації. При цьому чутливість датчика контролю сонячної радіації і датчика неузгодженості може бути відрегульована таким чином, що при

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

заході Сонця за хмари фотоприймач повертається в бік найбільш освітленої ділянки неба.

Розворот із заходу на схід доцільно здійснювати вранці, коли Сонце, яке сходить, створить на датчику неузгодженості різницю потенціалів.

При проектуванні необхідно передбачити, щоб датчик рівня сонячної радіації не перешкоджав цьому. Відзначимо, що якщо зупин передбачений не при деякому негативному куті α , а при рівності його нулю або деякого невеликого позитивного значення, то необхідність в датчику рівня сонячної радіації відсутня.

Часті включення двигуна істотно знижують його надійність. Тому необхідно передбачити деяку витримку часу, яка визначає мінімальний інтервал між двома сусідніми включеннями. У найпростішому випадку це може бути реалізовано з використанням конденсатора в якості часозадаючого елемента. Цілком виправданим буде, якщо цей же часозадаючий елемент буде визначати і мінімальну тривалість кроку.

Система автоматики повинна передбачати можливість переходу на ручне управління, захист від недопустимих переміщень, реалізований на базі кінцевих вимикачів.

У зв'язку з тим, що фотоприймач має високу парусність, вітрове навантаження представляє дуже небезпечний фактор, що впливає на конструкцію геліоустановки. Результат дії вітру на фотоприймач можна розглядати як виникнення згинальних моментів, що діють на окремі частини установки і рівнодіючої сили, яка діє на всю конструкцію. Кожна з цих складових може призвести до руйнування конструкції. Крім того, високе вітрове навантаження може призводити до перевантаження виконавчого двигуна. Таким чином, для попередження виходу з ладу системи внаслідок високих вітрових навантажень, при вимозі повної автоматизації геліоустановки, виникає два завдання: по-перше, контроль цих навантажень, і, по-друге, адекватна реакція системи автоматики. Реакція системи

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		22

автоматики в найпростішому випадку може полягати в генерації команд на електропривід для розвороту фотоприймача в положення, відповідне мінімуму вітрових навантажень на фотоприймач. Дане положення може бути одноразово визначене на підставі метеорологічних розрахунків. При виникненні небезпеки перевантаження двигуна повинен відбуватися зупин. Якщо з інженерних розрахунків випливає, що високі вітрові навантаження можуть призводити до виходу з ладу кінематичного ланцюга, то повинна бути передбачена стопорна муфта на виході кінематичного ланцюга.

Таким чином, розворот в положенні мінімальних навантажень повинен відбуватися під час затишшя. Вийти з цього стану установка повинна або по команді оператора, або автоматично через певний час після зниження сили вітру до допустимого рівня.

Очевидно, що реалізація захистів від неприпустимих вітрових навантажень призводить до подорожчання системи і її ускладнення. Тому використання таких елементів автоматики вимагають економічного обґрунтування і врахування таких факторів, як ймовірність і частота виникнення високих вітрових тисків в конкретній місцевості, необхідність реакції системи без втручання людини, доцільність або недоцільність підвищення надійності установки іншими способами та ін.

В спроектованих геліоустановках відсутня система захисту від неприпустимих вітрових навантажень і датчик рівня сонячної радіації. Початок руху (кроку) фотоприймача відбувається, коли сигнал з датчика неузгодженості досягає максимального значення, а зупин відбувається при досягненні деякого невеликого – в межах 1% – 5% від максимальної величини – сигналу з датчика неузгодженості.

В спроектованих геліоустановках не був реалізований також спосіб зниження потужності двигуна, описаний в третьому розділі цієї роботи, що пов'язано з обмеженими термінами виконання замовлення і іншими не виробничими факторами.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23

2.3 Розробка універсального модульного опорно-поворотного пристрою геліоустановки та датчика неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою

В процесі проектування енергетичних геліоустановок розроблено універсальне модульне ОПУ, де окремі модулі фотоприймача з'єднуються за допомогою карданних валів, як це показано на рис. 4.3. Розроблене ОПУ дозволяє нарощувати модулі без істотних змін у вже діючій конструкції і електроприводі, за умови, що електропривод на стадії проектування був обраний з достатнім запасом потужності. Розроблена конструкція полегшує транспортування і монтаж установки на місцевості, особливо при наявності нерівної поверхні.

Також в процесі проектування розроблено і виготовлено датчик неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою.

Конструкція датчика неузгодженості представлена на рис.2.1. Пеленгаційна характеристика датчика представлена на рис.2.2. Розширена лінійна частина дозволяє регулювати величину кроку в широких межах, змінюючи тільки параметри настроювальних елементів в електричному ланцюзі. Розширений кут захоплення дозволяє отримувати стабільний інформаційний сигнал про становище Сонця при будь-якій величині кута неузгодженості між оптичною віссю фотоприймача і напрямком на Сонце. Прототипом для розробленого датчика неузгодженості послужив датчик, описаний в авторському свідоцтві [7].

2.4 Розробка блоку управління сонячної батареї

2.4.1 Опис вузла управління, комутації та індикації

Блок управління призначений для автоматичної орієнтації сонячної батареї на Сонце, а також для забезпечення заряду акумуляторної батареї

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		24

(АБ). У блоці передбачена можливість ручного управління сонячними батареями (СБ), регулювання напруги заряду АБ, індикація стану АБ і запобіжників, захист від переполюсовки СБ і АБ, від перевантаження двигуна стеження приводу.

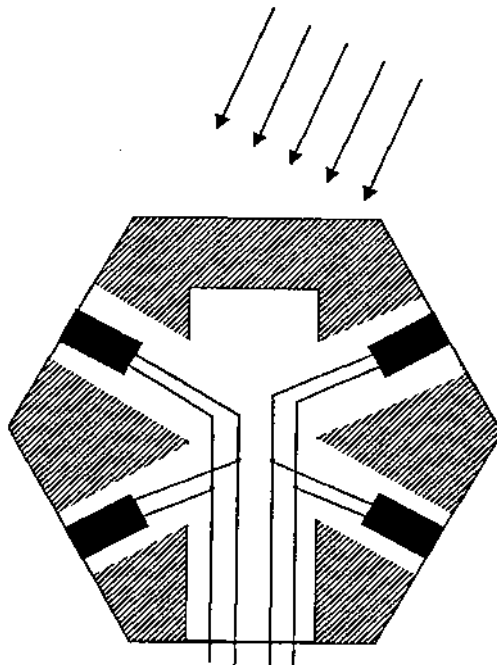


Рисунок 2.1 – Конструкція датчика неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою.

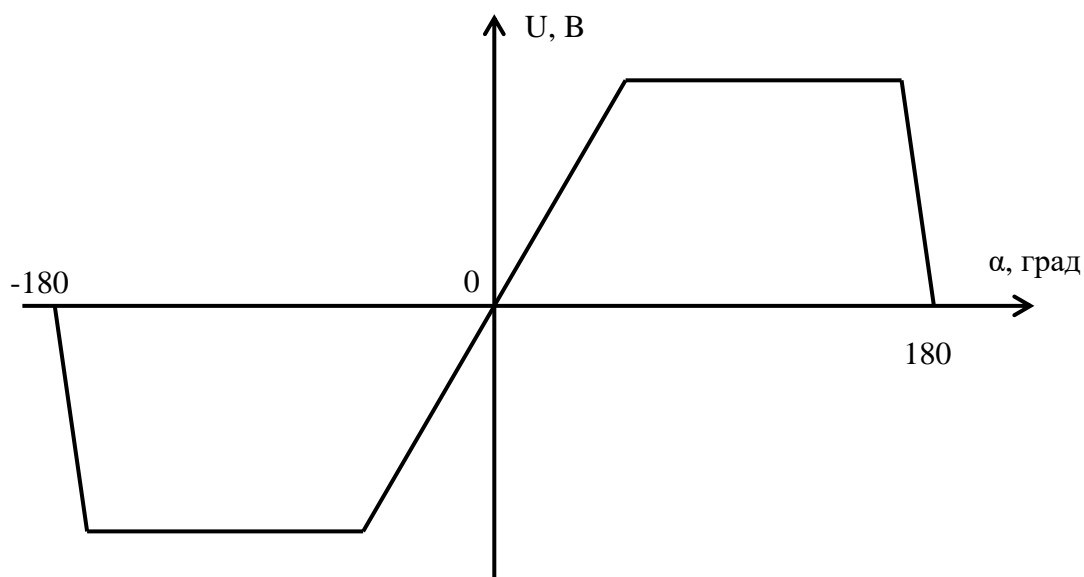


Рисунок 2.2 – Пеленгаційна характеристика розробленого датчика неузгодженості

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

В системі управління розроблена система сигналізації аварійних і передаварійних станів на базі світлодіодів.

Індикатори вмикаються при:

- перегоранні запобіжників;
- протіканні струму заряду від СБ до АБ;
- зниженні напруги АБ нижче 10,5 В;
- перевищенні напруги АБ більше 15 В

(При загорянні індикатора забороняється подальший розряд АБ).

На рис.2.3 представлена схема вузла управління, комутації та індикації.

На схемі присутні три силових перемикача: «стоп – пуск», що подає живлення на електропривід, «автоматичний – ручний», що дозволяє вибрати режим управління і перемикач «вперед – назад», що визначає полярність напруги на двигуні при ручному управлінні.

Кінцеві вимикачі з нормально замкнутими контактами в силовому ланцюзі двигуна виконують захист від неприпустимих переміщень. Їх шунтують діоди. Така схема при розмиканні контакту кінцевого вимикача дозволяє виключити подальший рух виконавчого органу в одну сторону, але при цьому зберегти можливість переміщення в іншу сторону.

2.4.2 Опис вузла стабілізації струму і напруги акумуляторної батареї

Вузол стабілізації струму і напруги АБ, принципова схема якого представлена на рис.2.4, призначений для захисту від неприпустимо високих значень струму і стабілізації напруги на виході з СБ, і являє собою імпульсний стабілізатор напруги на основі інтегральної мікросхеми КР1156ЕУ1. Мікросхема містить джерело опорної напруги, диференційний підсилювач, генератор імпульсів і пороговий обмежувач струму. Напруга 1,3 В подається з виводу 8 на один вхід диференціального підсилювача 9.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

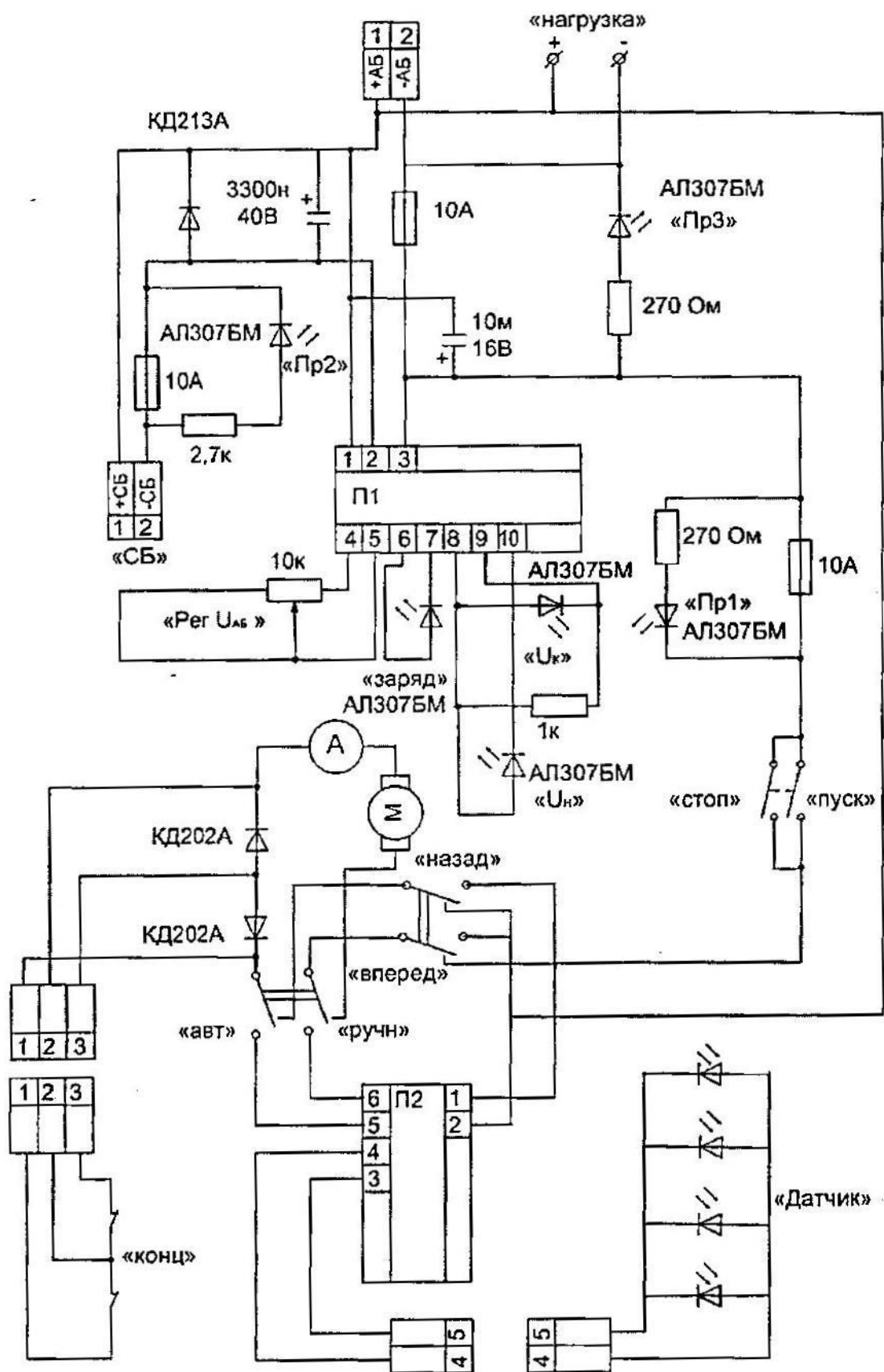


Рисунок 2.3 – Принципова схема вузла керування, комутації та індикації

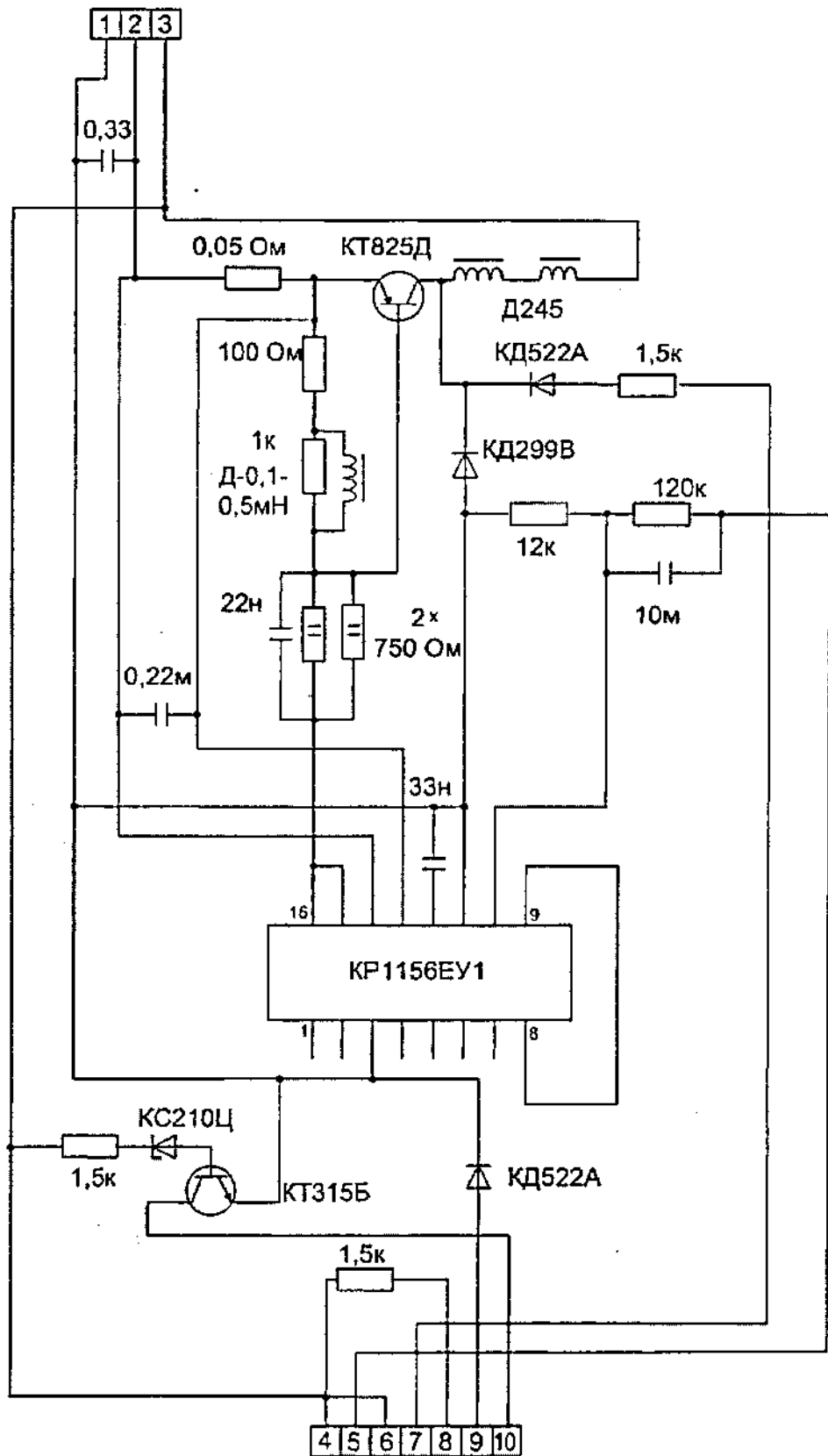


Рисунок 2.4 – Принципова схема вузла стабілізації струму і напруги (ПІ)

На його інший вхід 10 подається напруга через регульований дільник. Сигнал зворотного зв'язку по струму подається з датчика струму, який виконаний на основі шунта 0,05 Ом, на виводи 14,15 інтегральної мікросхеми. Загальна тривалість вихідних імпульсів інтегральної мікросхеми зменшується при зростанні вихідної напруги або струму більш заданого рівня. Для підвищення вихідної потужності стабілізатора сигнал з виходу інтегральної мікросхеми (виводи 15,16) посилюється транзистором КТ825Д.

Протікання струму від СБ до АБ супроводжується зміною полярності напруги на дроселі Д245. Ця напруга з контактів 6,7 вузла надходить на індикатор «зар». Якщо напруга АБ стане нижче 10,5 В, транзистор КТ315Б замкнеться і подасть напругу через контакти 8,9 на індикатор «U <». Якщо напруга АБ перевищить 10,5 транзистор відкриється, закоротить контакти 8,9 і через контакти 8,10 подасть напругу на індикатор «ін».

2.4.3 Опис вузла автоматичної орієнтації

На рис.2.5 представлена принципова схема вузла автоматичної орієнтації сонячних батарей. Напруга з виведення фотоелектричного датчика, зібраного на основі фотодіодів, подається на диференційний підсилювач А 1.1, а з нього на інвертор А 1.2 (інтегральна мікросхема КР140УД20А). Залежно від полярності сигналу з датчика, його вихідна напруга, що перевищує 0,1 призводить до замикання одного з транзисторів КТ316Б. Нульовий сигнал з відповідного колектора замкненого транзистора переводить підключений до нього тригер Шміта (зібраний на інтегральній мікросхемі КР1006ВІ1) в стан «1», і після посилення, через контакти 5,6 вузла, кінцеві вимикачі і амперметр подається на двигун слідкуючого приводу. Обертання СБ спільно з фотоелектричним датчиком призводить до вирівнювання освітленості фотодіодів і обнулення сигналів датчика і вихідних напруг операційного підсилювача. Це призводить до відмикання

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

транзисторів КТ315Б і переключу тригерів Шміта в стан «0». Напряга на двигуні зникає аж до чергового зсуву Сонця і зміни вихідної напруги датчика більш 0,1.

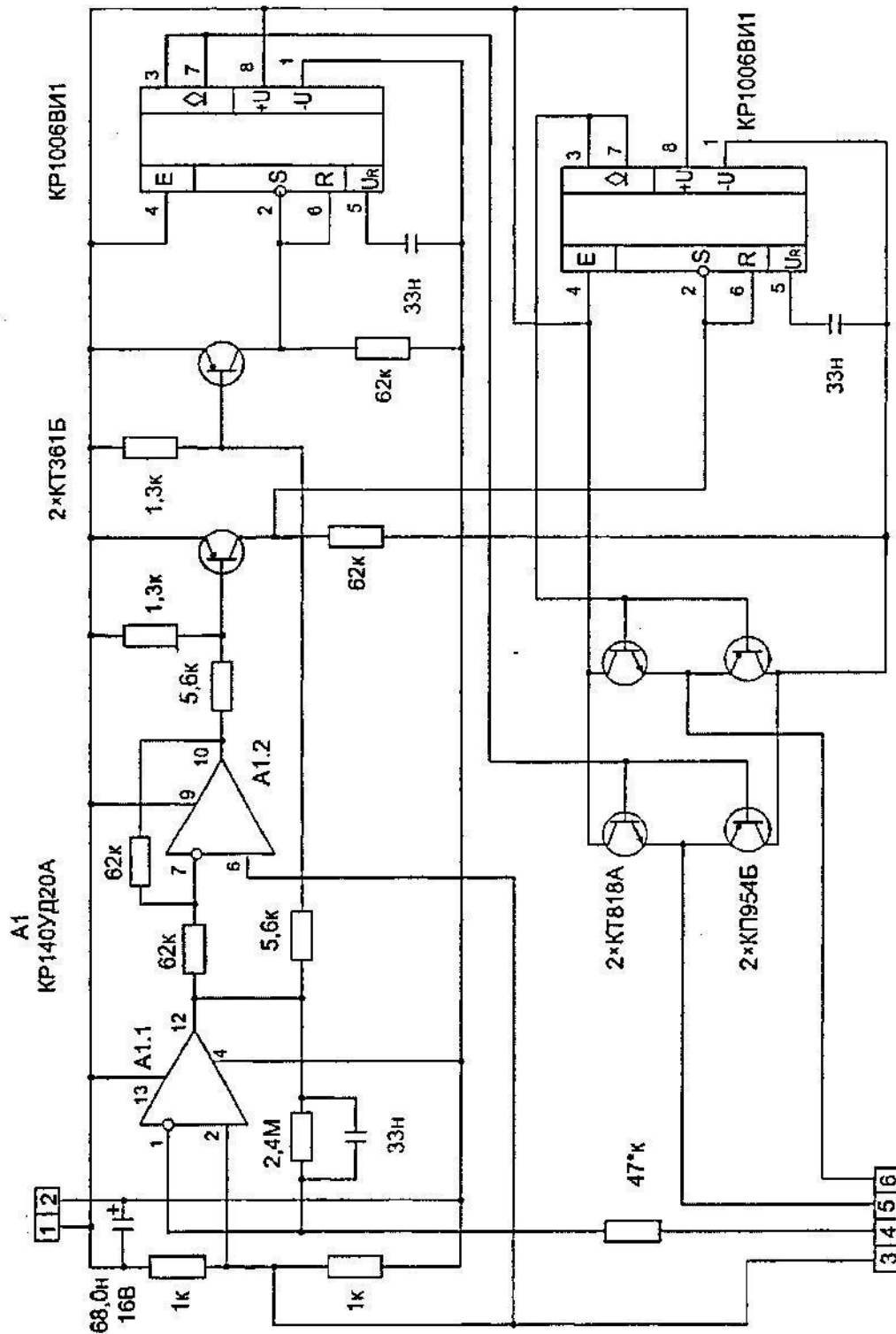


Рисунок 2.5 – Вузол автоматичної орієнтації сонячної батареї

Силова частина приводу виконана на силових транзисторах КТ 818А з n-p-n – переходом і транзисторах КП 954Б з p-n-p – переходом. Сигнал з тригера, що надходить одночасно на бази цих транзисторів призводить до замикання одного і відмикання іншого силового ключа. Разом з цим сигнал протилежної полярності надходить на іншу аналогічну пару транзисторів. Протилежні плечі моста на силових ключах КТ 818А і КП 954Б відкриваються, подаючи на двигун напругу необхідної полярності.

При досягненні СБ будь-якого крайнього положення розмикається відповідний кінцевий вимикач і в ланцюг двигуна включається один з діодів КД202А, перешкоджаючи подальшому повороту СБ в даному напрямку.

2.5 Відпрацювання режимів роботи СЕП і системою автоматики спроектованими геліоустановками

Правильність функціонування СЕП і системи автоматики геліоустановки необхідно перевірити в режимах стеження, захоплення цілі і перекидання. Крім того, необхідно переконатися в адекватності реакцій автоматизованого приводу при заході і виході Сонця через хмари. Таке відпрацювання проводилася в реальних умовах. Діаграми швидкості і положення вала в режимі стеження представлені на рис. 4.10. На рис. 4.11 представлені діаграми швидкості і положення в режимі перекидання. Випробувальна експлуатація геліоустановок показала, що спроектована система відповідає вимогам надійності і високого ступеня автоматизації, яка передбачає багатоденну роботу обладнання без втручання людини. На основі наявних даних можна зробити висновок про велику практичну цінність розробленого універсального модульного опорно-поворотного пристрою і датчика неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою.

Крім того, були отримані залежності, представлені на рис. 2.6, 2.7, 2.8.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		31

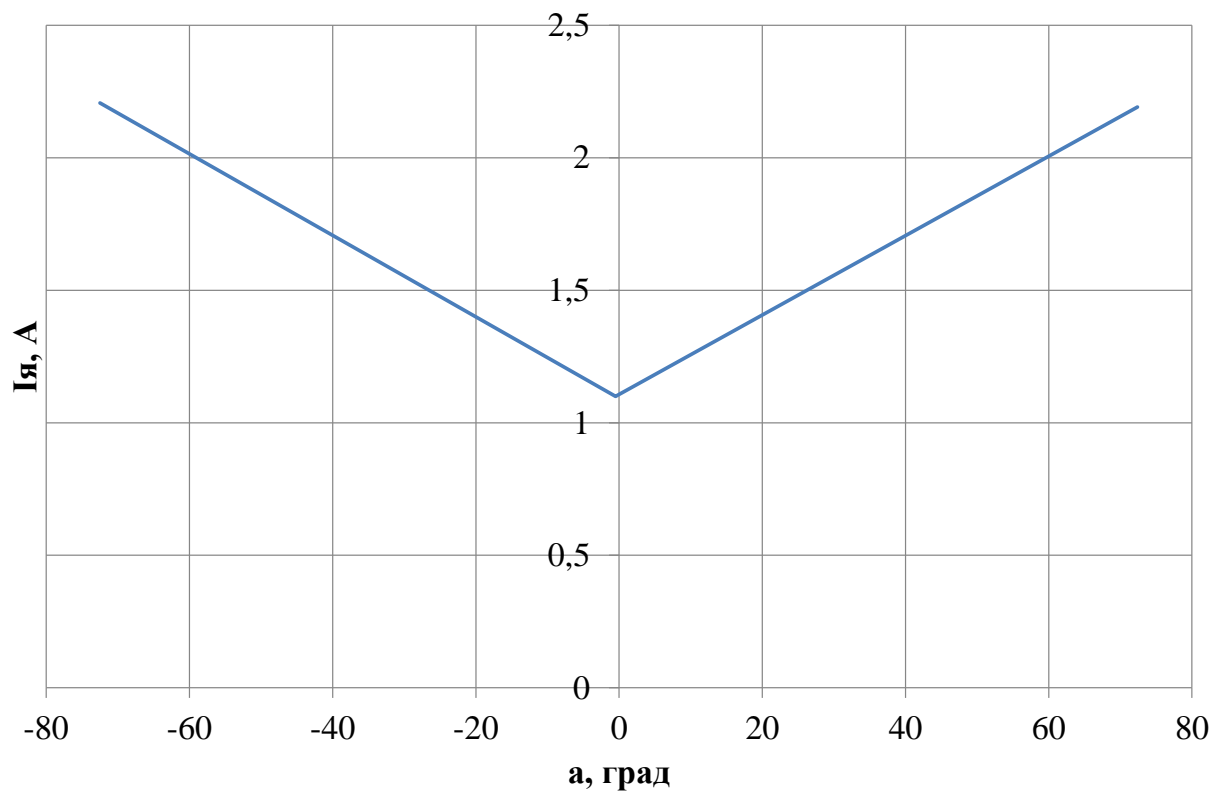


Рисунок 2.6 – Залежність струму якоря від кута нахилу фотоприймача до горизонталі

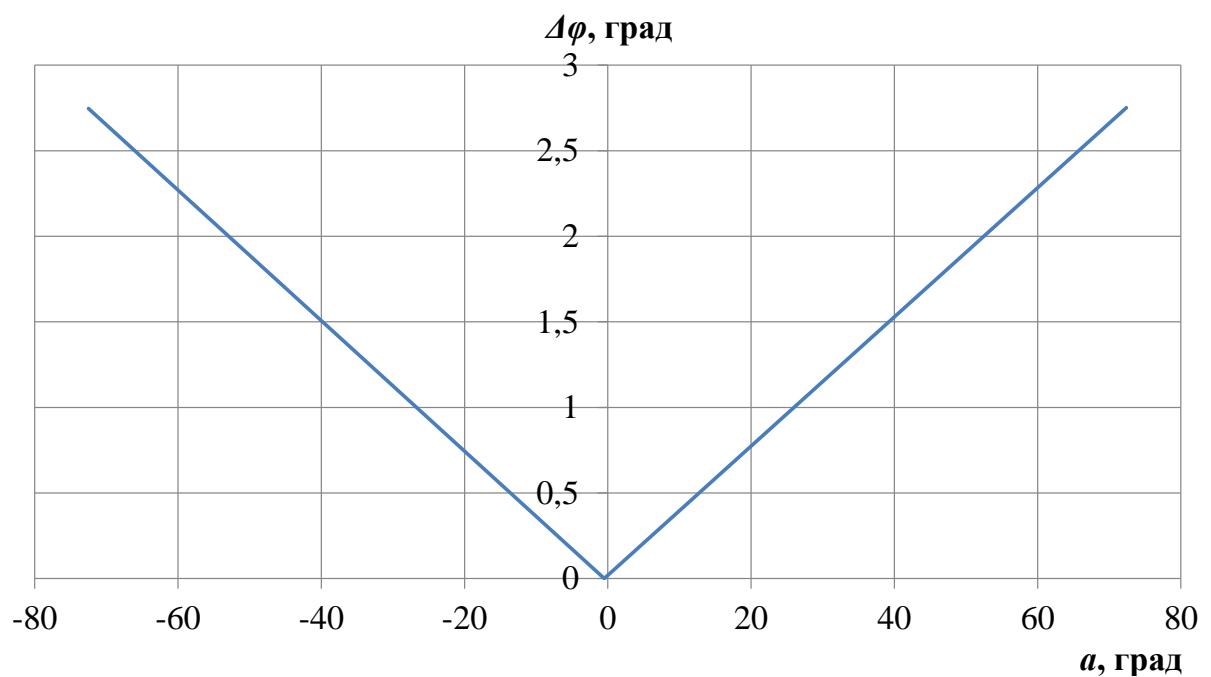


Рисунок 2.7 – Залежність кута дизбалансу від кута нахилу фотоприймача до горизонталі

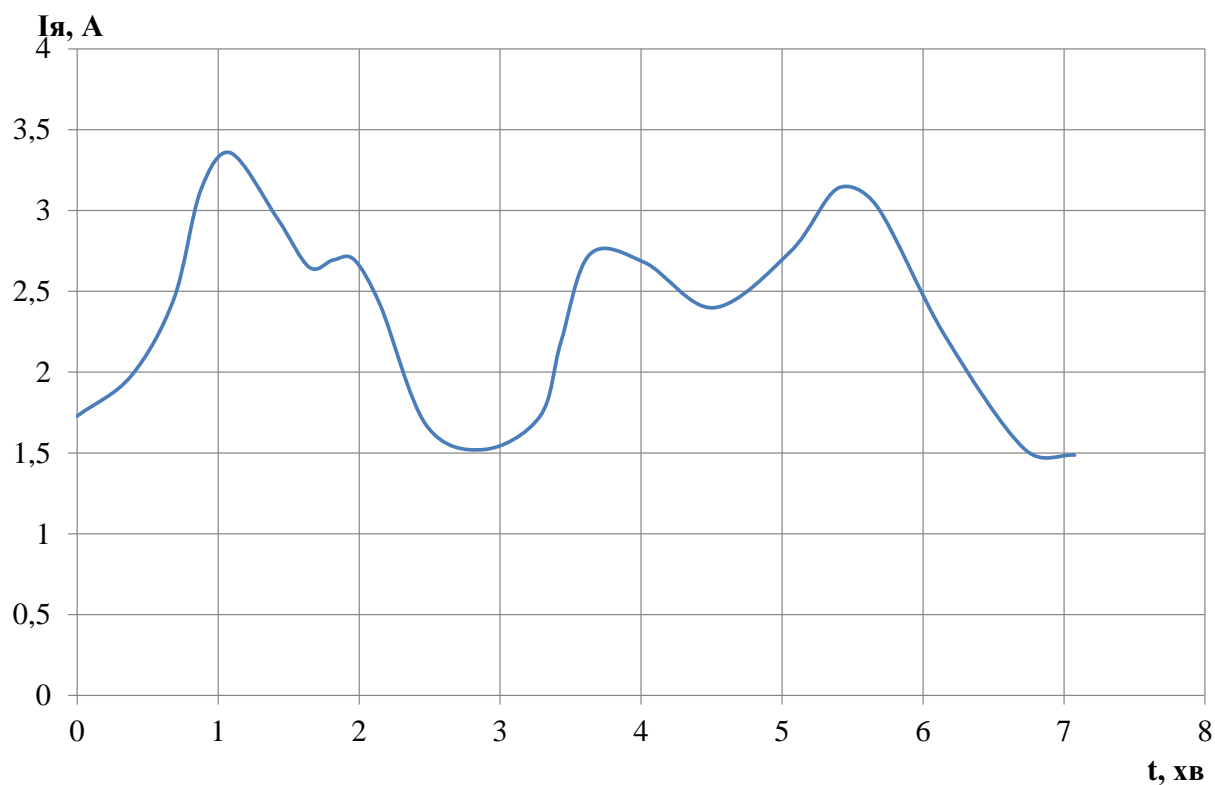


Рисунок 2.8 – Залежність струму якоря від часу при впливі на фотоприймач вітрового навантаження

2.6 Висновки до розділу

1. Запропоновані схеми електричні принципові систем електроприводу і автоматики для геліоустановок.
2. Розроблено датчик неузгодженості із розширеною пеленгаційною характеристикою для використання у автоматичних системах орієнтування сонячних батарей за сонцем.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз факторів, що впливають на необхідну потужність двигуна стеження

Потужність двигуна стеження можна розрахувати за формулою:

$$P_{дв} = K_3 \frac{M_{вітр} + M_{тр} + M_{дисб} \omega_{ввм}}{\eta_{кц}} \quad (3.1)$$

де $M_{вітр}$ – розрахункове значення моменту сил обертання фотоприймача, обумовленого дією вітру, Н;

$M_{тр}$ – момент тертя в опорах фотоприймача, Н;

$M_{дисб}$ – момент сил обертання фотоприймача, обумовлений дисбалансом моментів обертання, що визначаються вагою фотоприймача і врівноважуючого вантажу, Н;

$\omega_{вв.м}$ – максимальна необхідна швидкість виконавчого валу, рад / с;

$\eta_{кц}$ – ККД кінематичного кола;

K_3 – коефіцієнт запасу по потужності двигуна.

Момент обертання $M_{вітр}$ визначається на підставі дослідних даних, нерідко за аналогією з подібними установками. Визначення аналітичної залежності, що відображає вплив реальних факторів на $M_{вітр}$ – одне із завдань, що мають важливе практичне значення при розрахунку потужності двигуна стеження і розрахунках надійності конструкції. Момент тертя в опорах фактично являє собою момент тертя в підшипниках, на яких кріпиться несучий вал фотоприймача. $M_{дисб}$ залежить від радіального результуючого зусилля, що діє на підшипник.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Гураль Д.О.			3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Коваль В.П.					34	
Консульт.		Коваль В.П.				Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Вакулєнко О.О.						
Зав. каф.		Тарасєнко М.Г.						

M_{disc} визначається на основі дослідних даних за аналогією з подібними установками, або для фотоелектричних геліоустановок без концентрації випромінювання з екваторіальною системою координат можна попередньо оцінити за формулою:

$$M_{disc} = 0,01 \cdot l \cdot F_{vimp} + m_{\phi} g, \quad (3.2)$$

де m_{ϕ} – сумарна маса фотоприймача, кг;

l – довжина фотоприймача по осі, перпендикулярній основній осі обертання і лежить в площині фотоприймача, м;

F_{vimp} – сила тиску вітру на фотоприймач, н;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Максимальна необхідна швидкість виконавчого валу $\omega_{вв.м}$ як правило відповідає швидкості виконавчого валу в режимі «переходу» і визначається як

$$\omega_{вв.м} = \frac{\theta_m}{t_n}, \quad (3.3)$$

де t_n – необхідна тривалість «переходу», с;

θ_m – ширина зони спостереження, рад.

ККД кінематичного кола визначається як добуток ККД всіх ланок кінематичного кола:

$$\eta_{кц} = \Pi \eta_i. \quad (3.4)$$

Як правило, кінематичне коло системи наведення геліоустановок будується на базі шнекових передач з високими передатними відносинами, що і визначає низький ККД $\eta_{кц}$

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		35

3.2 Основні дані для розрахунку вітрового навантаження

Вітер створює додаткове навантаження на електропривод системи наведення двома способами:

- 1) створюючи обертальний момент площини фотоприймача;
- 2) створюючи додатковий тиск на фотоприймач, тим самим, підвищуючи силу тертя в опорах.

Розрахунок вітрового навантаження на кожен конкретну установку являє собою досить складну задачу, тому що потрібно враховувати не тільки метеорологічні особливості району, де експлуатується установка, але також особливості конкретної місцевості, вплив розташованих по сусідству будівель і споруд, штучних і природних перешкод, вплив елементів конструкції самої установки і т.д. на розподіл вітрового потоку. У зв'язку з цим ставиться завдання узагальнення різних варіантів по ряду умов і подальшого спрощеного розрахунку максимального вітрового навантаження для найбільш несприятливого варіанта навантаження, в рамках, обмежених обраними умовами. Такий підхід дозволяє істотно спростити розрахунок вітрових навантажень, і відтворити його в загальному вигляді, не вдаючись у конкретні особливості розташування і конструкції кожної установки.

Дія вітру на будівлі і споруди регламентується чинним стандартом ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [8]. Вітрове навантаження, що діє на фотоприймач, який являє собою плоску прямокутну пластину, можна уявити як сукупність:

- тиску W_e , прикладеного до зовнішньої (верхньої) поверхні фотоприймача;
- сил тертя W_f , спрямованих по дотичній до зовнішньої поверхні фотоприймача;
- тиску W_i , прикладеного до внутрішньої (нижньої) поверхні фотоприймача.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

Нормативне значення середньої складової вітрового тиску визначиться за формулою:

$$W_m = W_0 k c, \quad (3.5)$$

де W_0 – нормативне значення вітрового тиску;
 k – коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску по висоті;
 c – аеродинамічний коефіцієнт.

Нормативне значення вітрового тиску визначається на основі даних метеостанцій про швидкості вітру. При цьому W_0 в паскалях визначається за формулою:

$$W_0 = 0,61 \cdot V_0^2 \quad (3.6)$$

де V_0 – швидкість вітру на рівні 10 м над поверхнею землі для типу місцевості А, яка відповідає 10-хвилинному інтервалу усереднення і перевищується в середньому раз в п'ять років, м/с.

Нормативне значення вітрового тиску також можна визначити за табл.3.1 відповідно до районування території країни за рівнями вітрового тиску. Коефіцієнт k визначається за табл.3.2 в залежності від висоти над поверхнею землі і типу місцевості. До типу А відносять відкриті місцевості (степи, моря, озера, пустелі і т. П.); до типу Б – міста з околицями, лісові масиви і т.д. місцевості, рівномірно вкриті перешкодами висотою 10м; до типу В – міські райони з забудовою будинками заввишки більше 25 м.

Таблиця 3.1 – Нормативне значення вітрового тиск

Райони (по ДБН В.1.2-2:2006)	1a	1	2	3	4	5	6	7
Швидкісний натиск, кПа	0,1	0,23	0,30	0,38	0,48	0,6	0,73	0,85

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску по висоті

Тип місцевості	Висота, м								
	5	10	20	40	60	100	150	200	250
А	5	10	20	40	60	100	150	200	250
Б	0,75	1	1,25	1,5	1,7	2	2,25	2,45	2,65
В	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3

Аеродинамічний коефіцієнт визначається в залежності від типу і форми конструкції.

3.3 Розрахунок обертального вітрового моменту, що діє на плоский фотоприймач геліоустановки

Дія вітрових сил на плоский прямокутний фотоприймач представлено на рис.3.1. Припускаємо, що вісь обертання розташована горизонтально. При іншому розташуванні осі, обертальний момент від вітрового навантаження не перевищує розрахованого при горизонтальному розташуванні осі. Вітрова проникність площини між землею і віссю обертання, в залежності від особливостей конструкції установки, може бути різною. Найбільший дисбаланс вітрових сил, що діють на фотоприймач, досягається, коли вітрова проникність площини між землею і віссю обертання мала; при цьому досягається максимальний обертовий момент. Тому розрахунок вітрових сил будемо вести для розглянутого випадку.

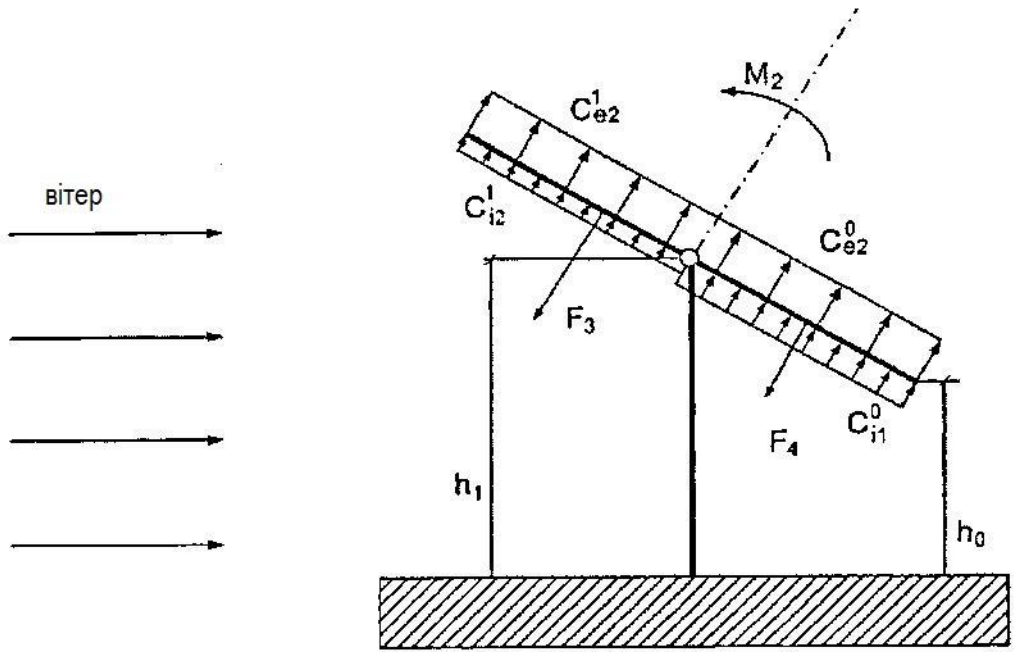
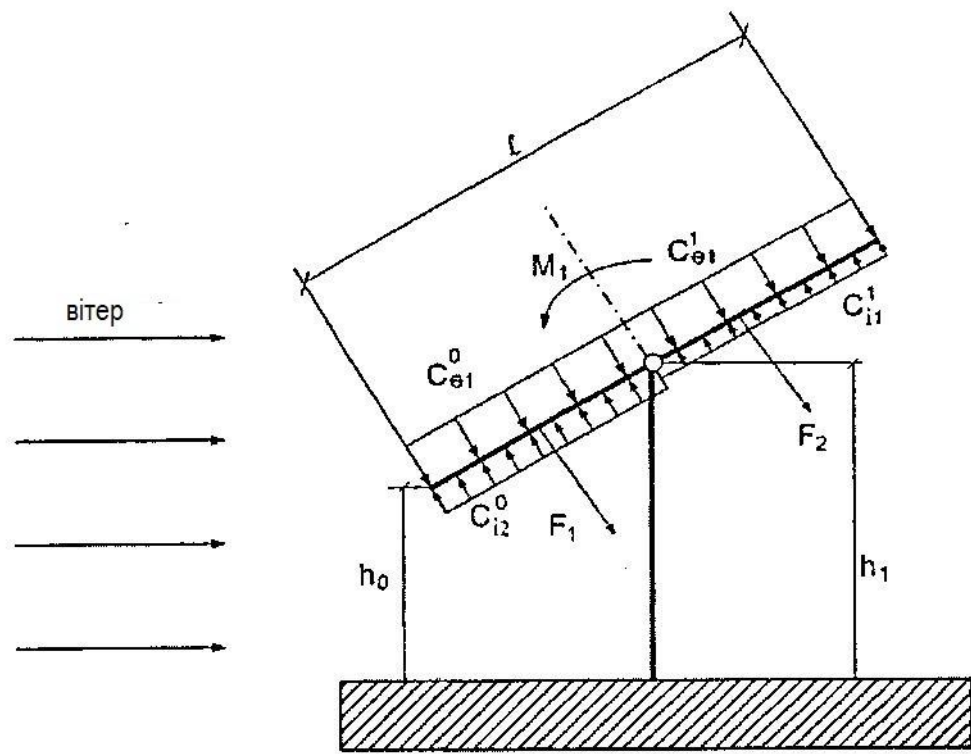


Рисунок 3.1 – Дія вітрових сил на плоский фотоприймач

Моменти обертання обчислюються за формулою:

$$M_l = F_1 - F_2 \cdot \frac{l}{4}, \quad (3.7)$$

$$M_l = F_3 - F_4 \cdot \frac{l}{4};$$

де l – довжина фотоприймача, м;

F_1, F_2, F_3, F_4 – сили вітрового навантаження, що діють на фотоприймач.

Кожна з сил $F_1 \dots F_4$ є алгебраїчною сумою сил вітру, що діють на верхню і нижню поверхні фотоприймача:

$$F = F_e - F_i, \quad (3.8)$$

де F_e – сила вітру, що діє на верхню поверхню;

F_i – сила вітру, що діє на нижню поверхню фотоприймача.

Тоді вирази для сил $F_1 \dots F_4$ можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} F_1 &= W_0 k C_{el}^0 - C_{i2} \cdot \frac{S}{2}, \\ F_2 &= W_0 k C_{el}^l - C_{il}^l \cdot \frac{S}{2}, \\ F_3 &= W_0 k C_{e2}^l - C_{i2} \cdot \frac{S}{2}, \\ F_4 &= W_0 k C_{e2}^0 - C_{il}^0 \cdot \frac{S}{2}, \end{aligned} \quad (3.9)$$

де S – площа площина фотоприймача;

$C_{il}^0, C_{il}^l, C_{i2}$ – аеродинамічні коефіцієнти для нижньої поверхні фотоприймача;

$C_{el}^0, C_{el}^l, C_{e2}^0, C_{e2}^l$ – аеродинамічні коефіцієнти для верхньої поверхні фотоприймача.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		40

Відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 приймається $C_{i2} = 0,8$, а C_{il}^0, C_{il}^1 можна вибрати залежно від відношення висоти осі обертання до проекції довжини фотоприймача на землю $\frac{h}{l_n}$:

при $-\frac{h}{l_n} \leq 0,5$ приймається $C_{i1} = -0,5$

при $\frac{h}{l_n} \leq 1$ приймається $C_{i1} = -0,6$.

При цьому для визначення C_{il}^0 висота h ототожнюється з h_0 , а для C_{il}^1 h ототожнюється з висотою осі обертання над поверхнею землі h_1 (рис.3.1).

Аналогічно, в залежності від відношення $\frac{h}{l_n}$ і кута нахилу площини фотоприймача до горизонталі β , по табл.3.3 визначаються аеродинамічні коефіцієнти $C_{el}^0, C_{el}^1, C_{e2}^0, C_{e2}^1$; при цьому для визначення C_{el}^0, C_{e2}^0 висота h ототожнюється з h_0 , а для C_{el}^1, C_{e2}^1 висота h ототожнюється з h_1 .

Таблиця 3.3 – Аеродинамічні коефіцієнти

Коефіцієнт	β , град.	h/l_n			
		0	0,5	1,0	>2
C_{e1}	0	0	-0,6	-0,7	-0,8
	20	0,2	-0,4	-0,7	-0,8
	40	0,4	0,3	-0,2	-0,4
	60	0,8	0,8	0,8	0,8
C_{e2}	<60	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8

Якщо при розрахунку виходять негативні значення сил або моментів, це свідчить про те, що знайдені сили або моменти спрямовані протилежно обраним напрямкам на рис.3.1.

Введемо позначення:

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		41

$$\begin{aligned}
C_{F1} &= C_{el}^0 - C_{i2}; \\
C_{F2} &= C_{el}^1 - C_{il}^1; \\
C_{F3} &= C_{e2}^1 - C_{i2}; \\
C_{F4} &= C_{e2}^1 - C_{il}^0; \\
C_{M1} &= C_{F1} - C_{F2}; \\
C_{M2} &= C_{F3} - C_{F4};
\end{aligned}
\tag{3.10}$$

Досліджуємо залежність аеродинамічних коефіцієнтів C_{M1} , C_{M2} в залежності від кута β при постійних відносинах $\frac{h_1}{l}$. Для цього необхідно врахувати, що довжина фотоприймача і її проекція на горизонтальну площину пов'язані співвідношенням:

$$l_n = l \cdot \cos \beta, \tag{3.11}$$

відповідно

$$\frac{h_1}{l} = \frac{h_1}{l_n} \cos \beta \tag{3.12}$$

також врахуємо

$$\frac{h_0}{l} = \left(\frac{h_1}{l} - \frac{1}{2} \sin \beta \right) / \cos \beta. \tag{3.13}$$

На рис.3.2 і рис.3.3 наведені, отримані в результаті інтерполяції значень табл. 3.3 з урахуванням виразів (3.10), (3.12), (3.13), графіки функцій

$C_{F1} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$ і $C_{F2} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$ – при постійних кутах β , на які нанесені ізолінії

постійних відношень $\frac{h}{l}$ - відповідають значенням 0,5; 0,75; 1,0; 1,25.

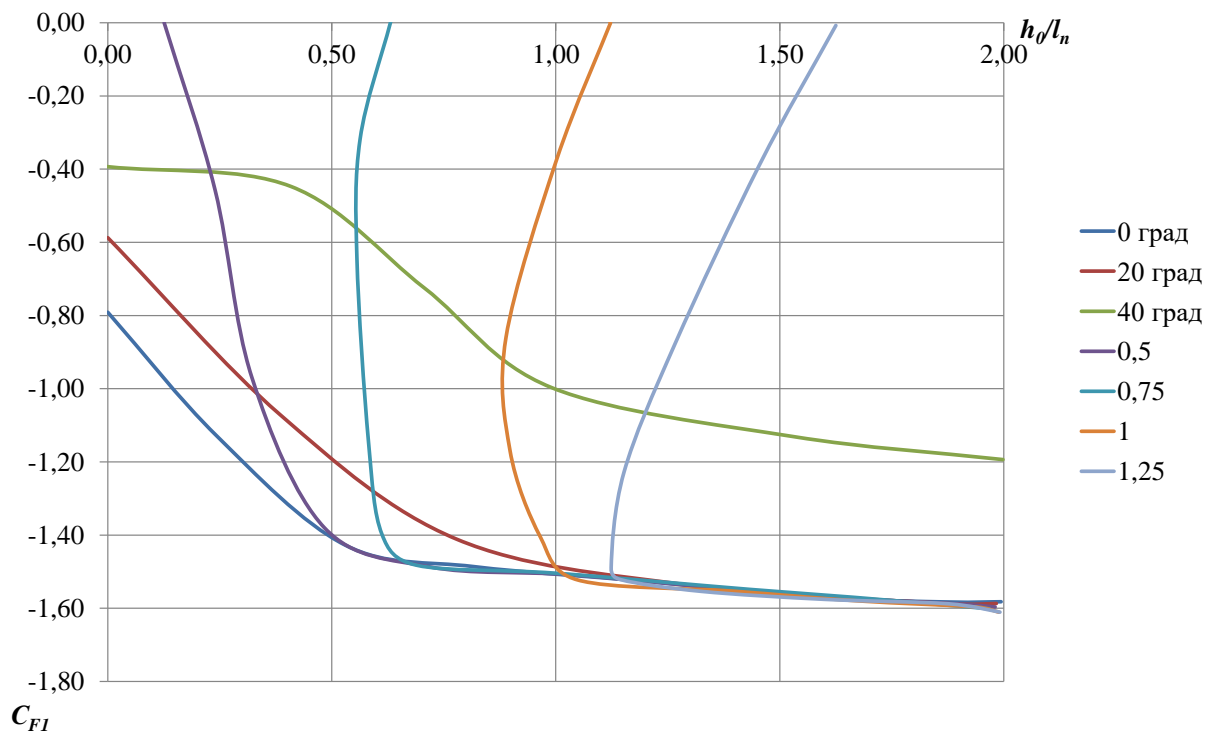


Рисунок 3.2 – Залежність аеродинамічного коефіцієнта C_{F1} від відношення h_0/l_n при різних кутах β , з нанесеними ізолініями h_1/l .

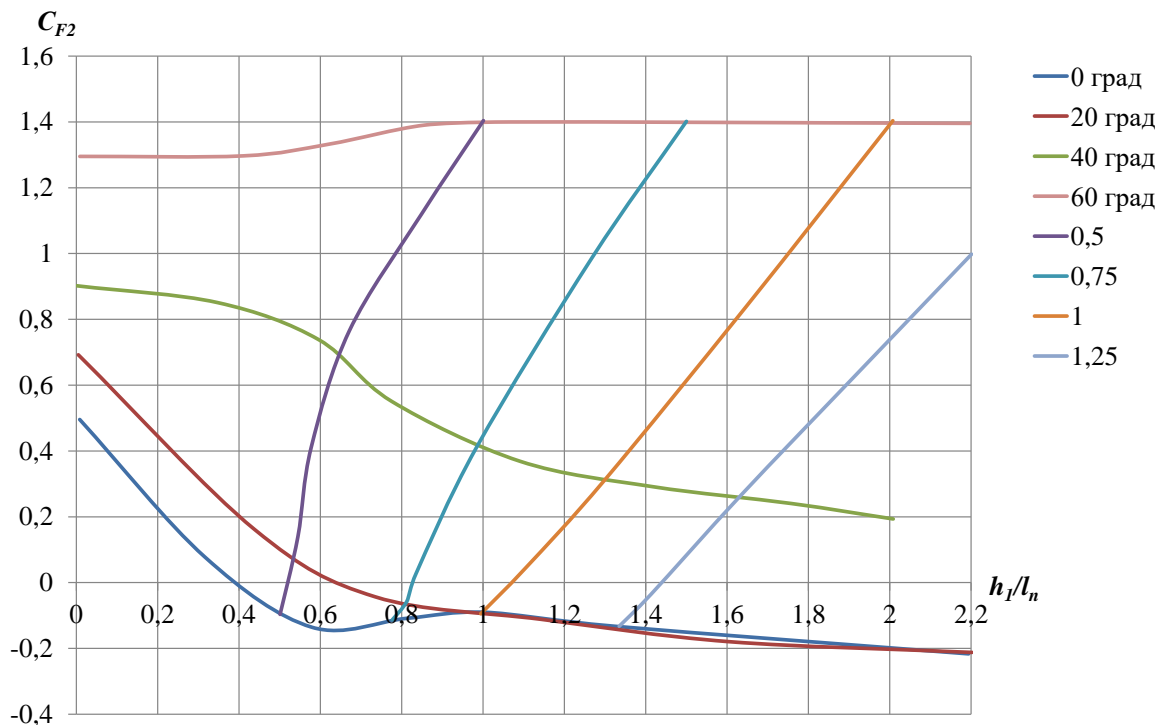


Рисунок 3.3 – Залежність аеродинамічного коефіцієнта C_{F2} від відношення h_1/l_n при різних кутах β , з нанесеними ізолініями h_1/l

На рис.3.4 і рис.3.5 наведені графіки функцій $C_{F3} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$ і

$C_{F4} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$ для кутів $\beta < 60^\circ$. За рис.3.4 і рис.3.5 визначимо максимально можливий (по модулю) коефіцієнт C_{M2} при $h_1/l_n > 2$ $C_{F3} = -1,6$, при $h_0/l_n < 0,4$ $C_{F4} = -0,9$; з урахуванням виразів (3.10):

$$C_{M2} = -1,6 - (-0,9) = -0,7.$$

На рис.3.6 представлені залежності коефіцієнта C_M , який представляє собою узагальнення коефіцієнтів C_{M1} і C_{M2} – при цьому кути β для коефіцієнтів C_{M1} вважаються позитивними, а для C_{M2} негативними. Отримані характеристики не поширюються в області, де β близький до $\pm 90^\circ$. В області цих значень β зростає роль неврахованих чинників. ДБН В.1.2-2:2006 рекомендує для окремо розташованих плоских суцільних конструкцій, вертикальних і тих, які відхиляються від вертикалі не більше ніж на 15° для навітряного боку, приймати $C = 0,8$, для підвітряного $C = -0,6$.

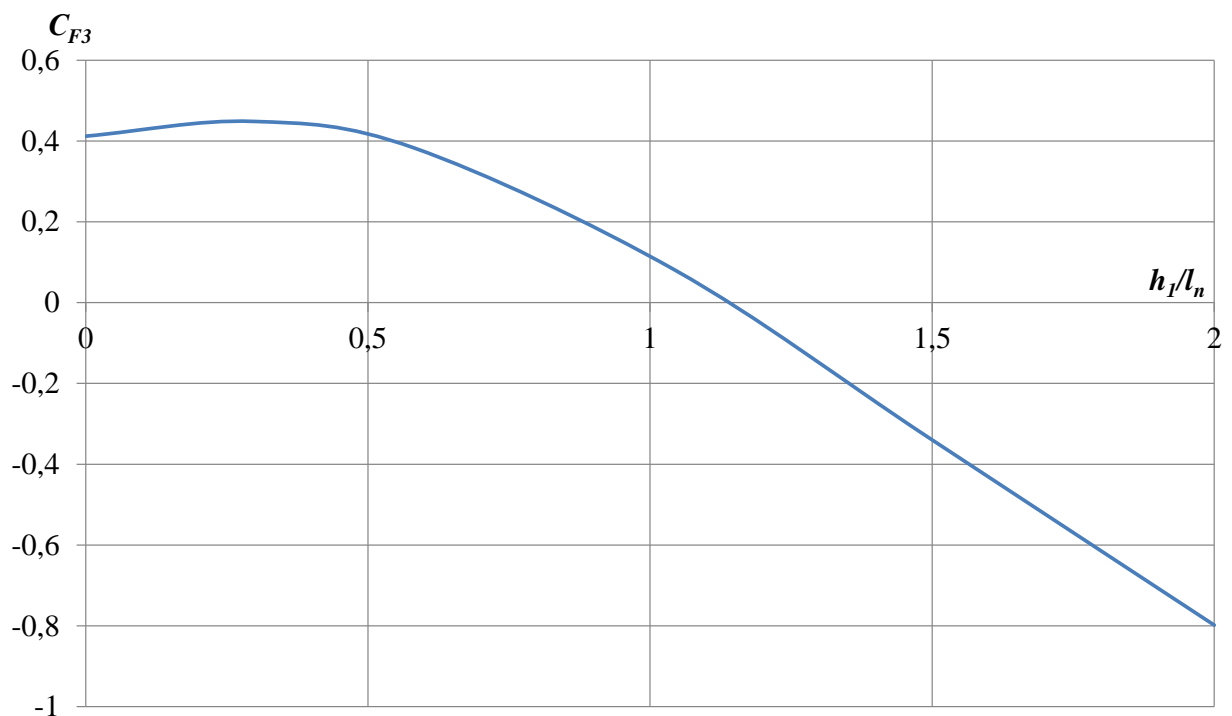


Рисунок 3.4 – Залежність аеродинамічного коефіцієнта C_{F3} від відношення h_1 / l_n при різних кутах β

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		44

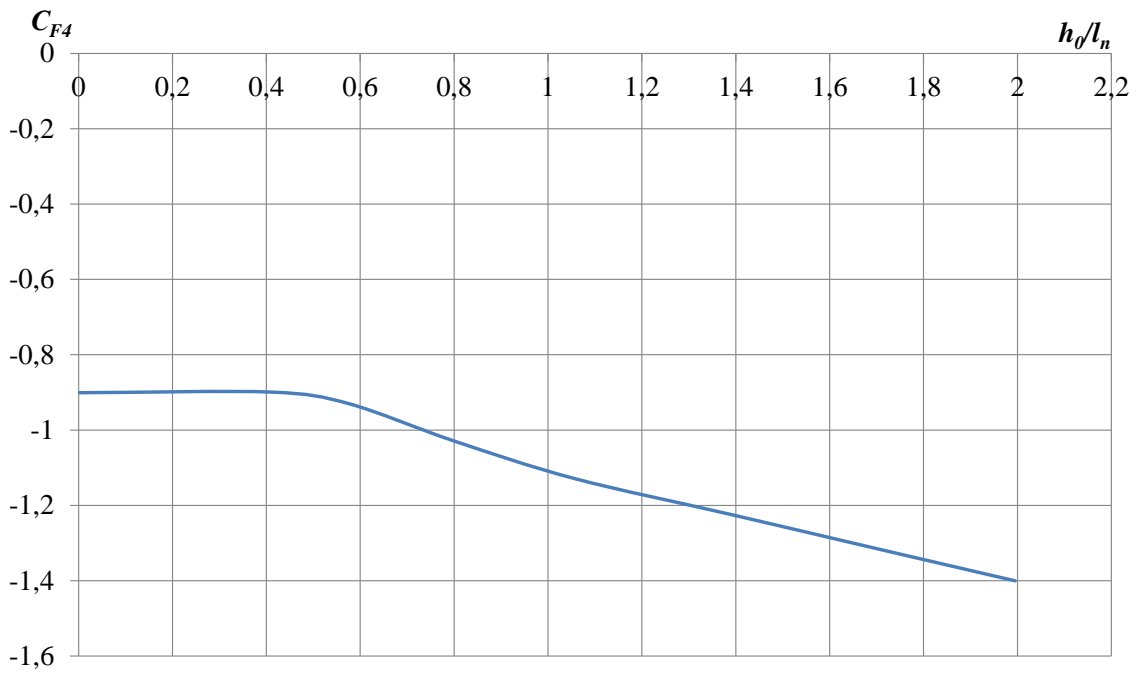
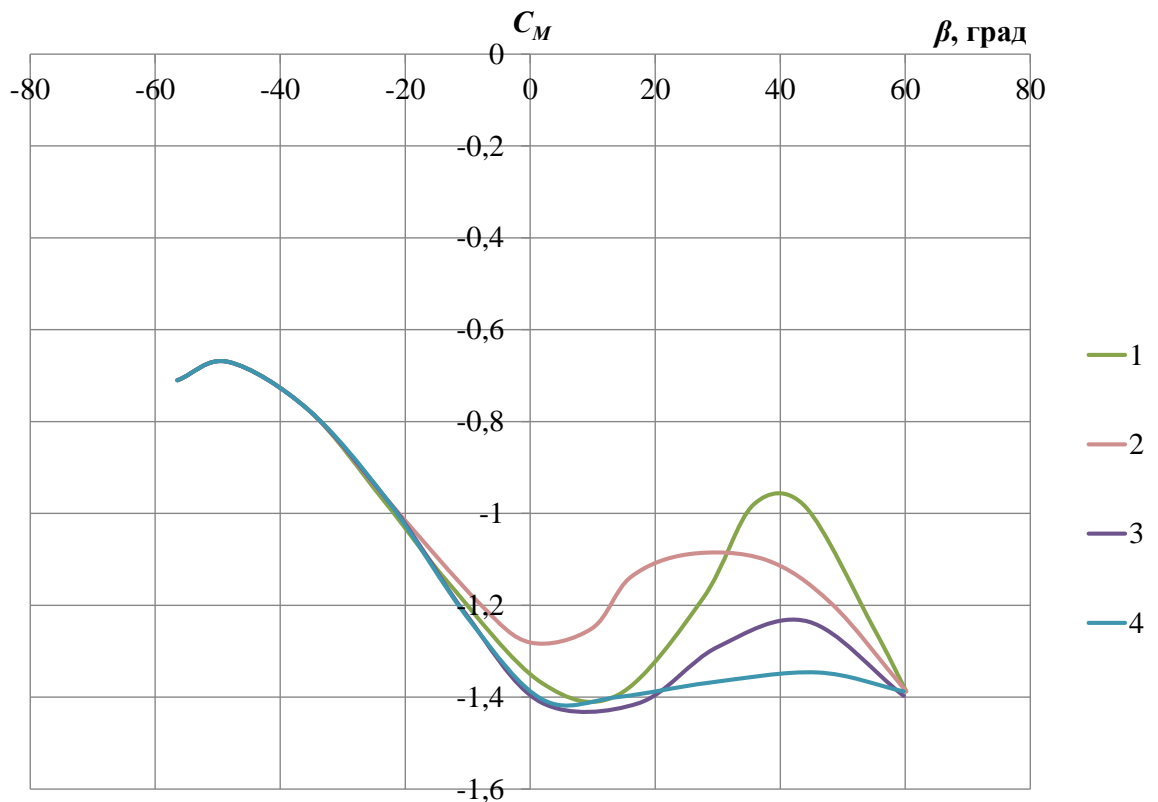


Рисунок 3.5 – Залежність аеродинамічного коефіцієнта C_{F4} від відносини h_o/l_n при різних кутах β



1- $h_1/l=0,75$

2- $h_1/l=0,5$

3- $h_1/l=1$

4- $h_1/l=1,25$

Рисунок 3.6 – Залежність аеродинамічного коефіцієнта C_M від кута β

при різних відносинах h_1/l

Розглядаючи найбільш несприятливий по обертальному моменту варіант навантаження, при β близькому до $\pm 90^\circ$ можна прийняти $C_{F1} = 0$, $C_{F4} = 0$, $C_{F3} = -1,4$, $C_{F2} = -1,4$. Звідси отримуємо максимально можливі (за модулем) коефіцієнти при β близьких до $\pm 90^\circ$:

$$C_{M1} = -1,4;$$

$$C_{M2} = -1,4.$$

На графіку рис.3.5 максимальним по модулю значенням також є $C_M = -1,4$.

Остаточно, для визначення максимального обертального моменту, що діє на фотоприймач в результаті дії вітру, приймаємо

$$C_{M0} = 1,4.$$

Знак «-» опущений, тому що при розрахунку необхідної потужності двигуна стеження не має фізичного сенсу.

Коефіцієнт запасу по силі вітру рекомендується приймати $Y_F = 1,4$. Відповідно до цього коефіцієнт запасу по обертальному моменту прийmemo $Y_M = Y_F = 1,4$.

Таким чином, при розрахунку потужності двигуна стеження обертальний момент вітрового навантаження, що діє на плоский прямокутний фотоприймач можна визначити за формулою:

$$M_{\text{вiмр}} = \frac{1}{8} Y_M C_{M0} S l k W_0. \quad (3.14)$$

З урахуванням знайденого значення C_{M0} і прийнятого значення Y_M , $M_{\text{вiмр}}$ можна визначити спрощено:

$$M_{\text{вiмр}} = \frac{1}{4} S l k W_0. \quad (3.15)$$

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		46

3.4 Визначення моменту тертя в опорах фотоприймача

Момент тертя в опорах залежить від результуючої сили, що діє радіально на вісь обертання, яка в свою чергу залежить від маси фотоприймача і балансуєчого вантажу, сили вітру, а також від кута між вектором сили вітрового тиску і сили тяжіння γ . Беручи $\gamma = 0$ (в цьому випадку досягається максимальна результуюча сила), момент тертя в опорах запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned}M_{\text{вiмр}} &= \frac{1}{4} S k W_0 = 2846 H \cdot m, \\F_{\text{вiмр}} &= 2 S k W_0 = 7950 H, \\P_{\text{дв}} &= 1,2 \frac{2846 + 27 + 378 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 31,2 Bm\end{aligned}\quad (3.16)$$

де m – сумарна маса фотоприймача і балансуєчого вантажу, кг;
 f – еквівалентний коефіцієнт тертя в підшипниках;
 d – діаметр підшипників, м.

Визначимо максимальне значення середньої складової сили тиску вітру на плоский фотоприймач:

$$F_{\text{вiмр}} = Y_F C_e - C_i S k W_0, \quad (3.17)$$

де C_e – аеродинамічний коефіцієнт для зовнішньої (верхньої) поверхні фотоприймача;

C_i – аеродинамічний коефіцієнт для внутрішньої (нижньої) поверхні фотоприймача.

Для розрахунку $F_{\text{вiмр}}$ виберемо максимальні за модулем аеродинамічні коефіцієнти, характерні для плоских суцільних конструкцій:

$$C_e = 0,8;$$

$$C_i = -0,6.$$

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		47

З урахуванням прийнятих значень аеродинамічних коефіцієнтів і рекомендованого коефіцієнта запасу, F_{vimp} визначимо наближено за формулою:

$$F_{vimp} = 2SkW_0 \quad (3.18)$$

Аналіз показує, що для практичних розрахунків у виразі (3.1) можна знехтувати моментом тертя і моментом дисбалансу, так як розрахункове значення вітрового моменту, як правило, перевищує не менше ніж на порядок інші складові моменту опору на вихідному валу.

3.5 Спосіб зниження потужності двигуна

Основне навантаження на електропривід складають сили тертя в кінематичному ланцюзі і вітрове навантаження. Тиск вітрового потоку сильно змінюється в часі, робить флуктуації з різною частотою і амплітудою. Очевидно, що переміщення (крок) доцільно здійснювати, коли навантаження мінімальне. З цією метою пропонується контролювати дію вітру на установку за допомогою датчика на виході кінематичного кола. Відзначимо, що розрахунок потужності двигуна, запропонований в цьому розділі проводиться для найбільш несприятливих вітрових навантажень. Однак ймовірність збігу несприятливих факторів на обмеженому інтервалі часу на практиці може виявитися дуже невисока. Контроль вітрового навантаження дає можливість значно знизити потужність двигуна на етапі проектування. Якщо припустити, що вітрове навантаження все ж виявиться близьким до значень, отриманих за виразами (3.15) і (3.18), то двигун відключиться, і включиться знову тільки після того, як вітрове навантаження знизиться до певної межі.

Аналіз динаміки системи показує, що флуктуації вітру, навіть при відсутності постійної складової тиску вітрового потоку, можуть привести до

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		48

досить великих втрат потужності в електродвигуні. Таким чином, виникає задача контролю деякого середнього ефективного значення вітрового навантаження з урахуванням особливостей динаміки системи. Для цієї мети на виході з датчика передбачається використовувати блок перетворення сигналу, до складу якого входить ланка, яка усереднює модуль інформаційного сигналу з датчика на інтервалі часу T_I . Час T_I може становити від декількох секунд до декількох хвилин. Функціональна схема пропонованого електроприводу представлена на рис.3.7. При зниженні сигналу U_{np} на виході з блоку перетворення до деякого значення U_o видається команда дозволу на вчинення кроку, а при підвищенні його до деякого рівня U_{o1} подається команда на вимушене відключення двигуна. Очевидно, що величина зниження потужності, так само як і порогові значення U_o і U_{o1} повинні вибиратися для конкретної місцевості, з урахуванням метеорологічних досліджень і розрахунків. На рис.3.8 показаний приклад коливань вихідного сигналу з блоку перетворень U_{np} ; в результаті порівняння величини U_{np} з рівнями U_o і U_{o1} формується команда дозволу або заборони на вчинення кроку.

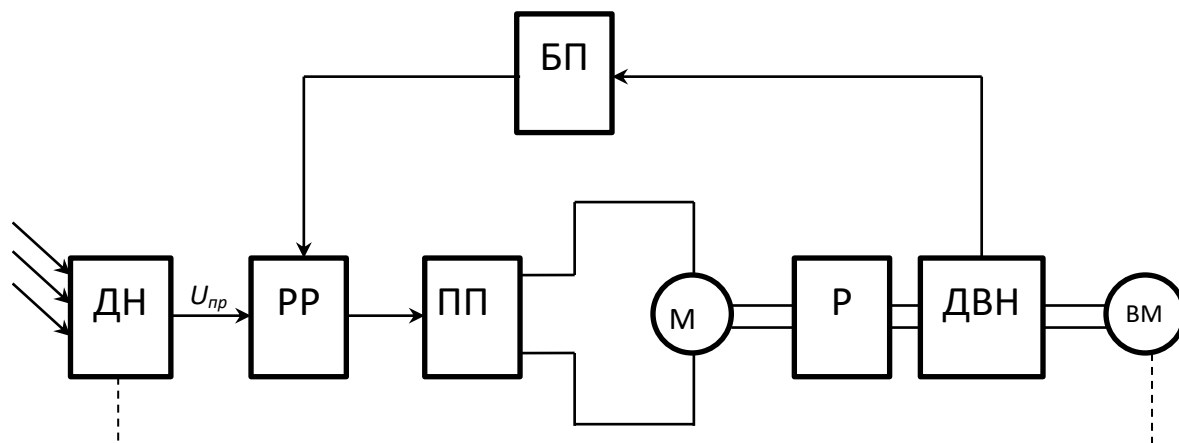


Рисунок 3.7 – Функціональна схема електроприводу з використанням системи контролю вітрового навантаження

БП – блок перетворення;

ДН – датчик неузгодженості;

РР – релейний регулятор напруги;

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		49

ПП – пристрій перетворення;
 Р – редуктор;
 ДВН - датчик вітрового навантаження;
 ВМ – виконавчий механізм

Флуктуації вітру в цілому мають стохастичну природу. Але з іншого боку, вітрової потік – дуже динамічна система, і особливості рельєфу в ряді випадків можуть чинити істотний вплив на амплітудно-частотну характеристику флуктуацій. Питанням динаміки вітрового потоку присвячено багато досліджень, результати яких відображені, зокрема, в [9]. Іноді для певної місцевості характерні певні частоти флуктуацій, що пов'язано з наявністю рельєфних височин в безпосередній близькості. І в цьому випадку, при оптимізації запропонованого способу автоматичного управління можна домогтися істотного ефекту енергозбереження.

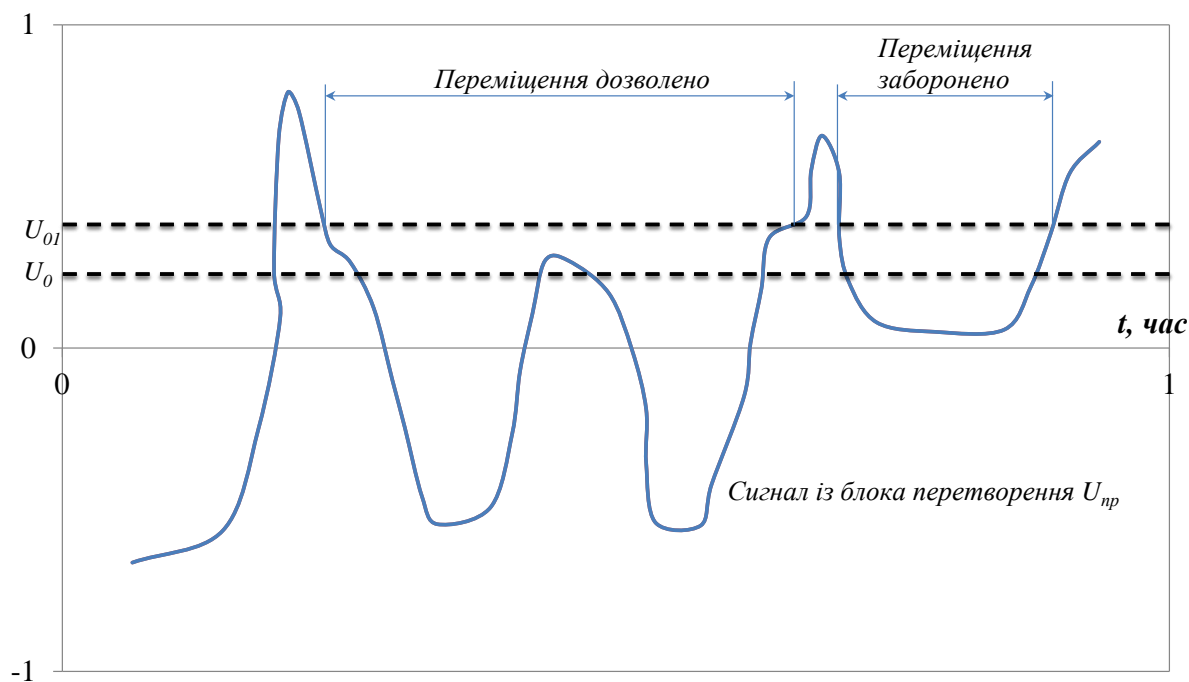


Рисунок 3.8 – Формування команд заборони і дозволу переміщення в залежності від величини вітрового навантаження

Для цього пропонується порогові рівні U_0 і U_{01} поставити в залежність від кута неузгодженості між оптичною віссю фотоприймача і напрямком на

Сонце, і ця залежність може бути як дискретною, так і задана безперервною функцією. Значення U_o і U_{o1} повинні коректуватися конкретно, в процесі експлуатації.

На рис. 3.9 показана функціональна схема вузла, що здійснює порівняння сигналу $U_{пр}$ з граничними рівнями, і формує команду дозволу або заборони на переміщення. Залежність граничних рівнів від величини кута неузгодженості реалізує функціональний перетворювач ФП.

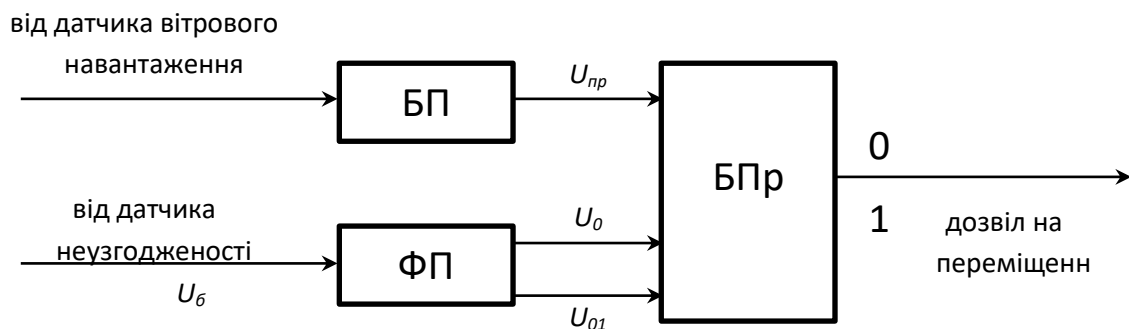


Рисунок 3.9 – Вузол порівняння і блокування

БП – блок перетворення; ФП – функціональний перетворювач;

БПр – блок порівняння

Цікаво розглянути можливість отримання з блоку перетворень додатковий сигнал з часом усереднення T_2 , що значно перевищує T_1 і відповідає допустимому часу очікування установки. При подачі команди на вчинення кроку буде враховуватися не тільки ефективний рівень навантаження на невеликому інтервалі часу T_1 , а й відхилення його від ефективного рівня навантаження на значно більшому інтервалі часу T_2 .

Застосування датчика вітрового навантаження, крім усього іншого, дозволяє розробити надійний захист кінематичного кола від руйнування внаслідок неприпустимо високих вітрових навантажень. Для реалізації такого захисту необхідно на вихідному валу встановити муфту, яка при високому сигналі з датчика стопорить вал, не допускаючи передачі обертального вітрового моменту в кінематичне коло. При цьому сигнал про

спрацювання муфти повинен передаватися в систему керування електроприводом, формуючи заборону на переміщення, в ряді випадків, дублюючий аналогічний сигнал з блоку перетворення. Однак якщо сигнал з блоку перетворення несе інформацію про усереднене вітрове навантаження, то на муфту повинна надходити інформація про миттєве значення вітрового обертального моменту i , в свою чергу, система управління повинна миттєво реагувати на спрацьовування муфти.

Таким чином, застосування тензометричного датчика дає можливість знизити встановлену потужність електроприводу, реалізувати захист кінематичного кола від неприпустимих вітрових навантажень і підвищити енергетичну ефективність. Запропоновану систему управління найбільш доцільно використовувати в енергетичних геліоустановках, експлуатація яких ведеться в місцевостях з явно вираженими характерними частотами флуктуацій вітру.

3.6 Висновки до розділу

1. В результаті аналізу чинного ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» вирішена задача визначення аналітичної залежності вітрового моменту M_{vimp} і та вітрової сили F_{vimp} , що діють на фотоприймач, від небагатьох, найбільш істотних факторів, які піддаються нескладній кількісній оцінці. Вплив інших факторів розглянуто в своїх найбільш несприятливих варіантах. Запропоновані залежності мають вигляд:

$$M_{vimp} = \frac{1}{4} SkW_0,$$

$$F_{vimp} = 2SkW_0.$$

2. Запропоновано спосіб зниження потужності в електроприводі, що дозволяє знизити як витрати енергії на електропривід, так і капітальні витрати.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація служби охорони праці на підприємстві

Згідно з Законом України „Про охорону праці” [10] служба охорони праці створюється роботодавцем або уповноваженим ним органом на підприємствах, в установках, організаціях незалежно від форм власності та видів їх діяльності для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям в процесі праці.

Служба охорони праці створюється на підприємствах, у виробничих і науково-виробничих об'єднаннях, корпоративних, колективних та інших організаціях виробничої сфери з числом працюючих 50 і більше осіб.

В інших випадках функції цієї служби можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які пройшли перевірку знань з охорони праці.

В установах, організаціях невиробничої сфери та в навчальних закладах власниками також створюються служби охорони праці.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства.

Служба охорони праці вирішує завдання:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Гураль Д.О.						
<i>Перевірів</i>		Коваль В.П.					53	
<i>Консульт.</i>		Гурик О.Я.				<i>зр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Вакуленко О.О.						
<i>Зав. каф.</i>		Тарасенко М.Г.						

- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;
- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Служба охорони праці входить до структури підприємства, установи, організації, як одна з основних виробничо-технічних служб.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки в разі ліквідації підприємства.

Служба охорони праці в залежності від чисельності працюючих може функціонувати як самостійний структурний підрозділ або у вигляді групи спеціалістів чи одного спеціаліста, у тому числі за сумісництвом.

Служба охорони праці комплектуються спеціалістами, які мають вищу освіту та стаж роботи за профілем виробництва не менше 3 років. Спеціалісти з середньою спеціальною освітою приймаються в службу охорони праці у виняткових випадках.

Працівники служби охорони праці у своїй діяльності керуються законодавством про працю, міжгалузевими і галузевими нормативними актами з охорони праці і Положенням про службу охорони праці.

Структура служби охорони праці. На підприємствах, в установах, організаціях служби охорони праці комплектується, як правило, спеціалістами такого профілю:

- інженерами відповідної спеціальності;
- фахівцями з питань гігієни праці;
- юристами, котрі спеціалізуються на питаннях законодавства про охорону праці.

При службі охорони праці може створюватись лабораторія, яка здійснює контроль за наявністю шкідливих виробничих факторів на робочих місцях.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		54

На підприємствах виробничої сфери при кількості працюючих до 50 чоловік (невиробничої сфери – до 100 чоловік) функції цієї служби можуть виконувати особи з відповідною професійною підготовкою за сумісництвом. Якщо на підприємстві немає спеціалістів відповідної кваліфікації, то використовуються послуги асоціації спеціалістів з охорони праці.

Чисельність служби охорони праці. На підприємствах (у виробничих або науково-виробничих об'єднаннях) при чисельності працюючих від 51 до 500 чоловік включно (невиробнича сфера – від 101 до 500) таку службу повинен представляти один спеціаліст з охорони праці з інженерно-технічною освітою.

На підприємствах, де використовуються вибухові матеріали або сильнодіючі отруйні речовини, в такій службі повинно бути два спеціаліста.

При наявності на підприємстві інституту заступників керівника підприємства керівник служби охорони праці, незалежно від чисельності працюючих, повинен призначатися на посаду заступника керівника підприємства (заступника генерального директора, директора тощо – в залежності від структури підприємства).

Розрахунок чисельності працівників служби охорони праці в залежності від небезпечності і шкідливості виробництва на підприємствах з числом працюючих більше 500 чоловік здійснюється за формулою:

$$M_1 = 2 + \frac{P_{cp} \cdot K_g}{\Phi}, \quad (4.1)$$

де M_1 – чисельний склад служби охорони праці на підприємстві;

P_{cp} – середньоспискова чисельність працюючих на підприємстві;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці, що дорівнює 1200 годин, який враховує втрати робочого часу на можливі хвороби, відпустку тощо;

K_g – коефіцієнт, що враховує шкідливість та небезпечність виробництва.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		55

$$K_e = 1 + P_e + \frac{P_a}{P_{cp}}, \quad (4.2)$$

де P_e – чисельність працюючих з шкідливими речовинами незалежно від рівня їх концентрації;

P_a – чисельність працюючих на роботах підвищеної небезпеки, що підлягають щорічній атестації з охорони праці.

K_e максимально може дорівнювати трьом в разі, коли всі робітники працюють з шкідливими речовинами і всі вони підлягають щорічній атестації з питань охорони праці, тобто $P_e + P_a = 2 \cdot P_{cp}$.

4.2 Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж

Запобігання вибухів та пожеж – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення вибухів та пожеж.

Організаційні і технічні заходи щодо запобігання пожежі реалізуються ще на стадії проектування окремих об'єктів підприємств. При цьому заздалегідь вивчаються особливості технологічних процесів і об'єктів, можливі причини і джерела виникнення вибухів та пожеж. Запобігання пожежі великою мірою сприяє правильне планування, розміщення основних об'єктів з урахуванням рельєфу місцевості, дотримання протипожежних розривів між будівлями відповідно до вимог генерального плану.

Попередження вибухів та пожеж на підприємствах досягається [11,12]:

- запобіганням утворенню горючого середовища;
- запобіганням виникненню в горючому середовищі або появи в ньому джерел запалювання.

Запобігання утворення горючого середовища повинно досягатися:

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		56

- максимально можливим застосуванням негорючих і важко горючих речовин і матеріалів;
- обмеженням маси і об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечним способом їх розміщення;
- ізолюванням горючого середовища;
- підтримуванням концентрації горючих газів, пари, суспензій і окислювача в суміші за межею їх спалаху;
- підтримуванням його температури і тиску, за якими розповсюдження полум'я неможливе;
- максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з вживанням горючих речовин;
- застосуванням для горючих речовин герметичного обладнання і тари;
- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від ушкоджень і аварій, встановленням відключаючих, відсікаючих та інших пристроїв;

Попередження утворення в горючому середовищі джерел запалювання повинно досягатися такими основними заходами [11,12]:

- застосуванням машин, механізмів, обладнання, пристроїв, під час експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- застосуванням електрообладнання, що відповідає класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;
- застосуванням в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;
- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки;
- пристроєм блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		57

- підтримкою тиску в горючому середовищі нижчого за максимально припустимий за горючістю;
- зменшенням визначального розміру горючої суміші середовища нижче максимально припустимого за горючістю.;
- регламентацією виконання, застосування і режиму експлуатації машин, механізмів та іншого обладнання, матеріалів і виробів, що можуть бути джерелом запалювання горючого середовища;
- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки.;
- регламентацією максимально допустимої температури нагрівання поверхонь обладнання і матеріалів, що можуть увійти в контакт з горючим середовищем.
- регламентацією максимально допустимої енергії іскрового розряду в горючому середовищі.
- регламентацією максимально допустимої температури нагрівання горючих речовин, матеріалів і конструкцій;
- застосуванням інструмента, що не іскрить під час роботи з легкозаймистими речовинами.
- ліквідацією умов для хімічного самозагоряння речовин і матеріалів.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		58

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз ряду енергоустановок, які використовують енергію сонця для отримання необхідних людині енергоносіїв. Основну увагу звернуто фотоелектричним перетворювачам.
2. Виконано вибір та розрахунок електродвигуна для електропривода проектованої геліоустановки.
3. Розроблено блок управління геліоустановки та датчик неузгодженості з розширеною пеленгаційною характеристикою.
4. В результаті аналізу чинного ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» вирішена задача визначення аналітичної залежності вітрового моменту $M_{вітр}$ і та вітрової сили $F_{вітр}$, що діють на фотоприймач, від небагатьох, найбільш істотних факторів, які піддаються нескладній кількісній оцінці.
5. Запропоновано спосіб зниження потужності в електроприводі, що дозволяє знизити як витрати енергії на електропривід, так і капітальні витрати.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Гураль Д.О.			Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Коваль В.П.			59		
Консульт.		Коваль В.П.			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жигарев А.А., Шамаев Г.Г. Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы. - М.: Высшая школа, 1982. - 463с.
2. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. - Л.: Наука, 1989.-310с.
3. Стребков Д.С., Беленев А.Г., Муругов В.П. Использование энергии солнца. - М.: «Нива России», 1992. - 48с.
4. Фотопреобразователь на основе кремниевых эпитаксиальных структур n-p -типе// Гелиотехника. 1985.№6. - с 17.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 208с.
6. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. Сокращенный перевод с английского под ред. Проф. М.М. Колтуна. - М: Энергоатомиздат, 1983. -360с.
7. А. с. № 147397, А1. № 51, МКИ 4F24J2/38, 1989. Датчик ориентации гелиоустановки. / Мокейчев Е.Н., Николаев В.П., Семенцов Л.В., Семушкин Ю.И., Соколов Л.В, Тужилин Э.М., Фишков Д.Г. (СССР). - 2 с.: ил.
8. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи / Мінбуд України. – К.: Вид-во "Сталь", 2006. – 60 с.
9. Атмосферная турбулентность и моделирование распределения примесей/ Под ред. Ф.Т.М. Ньистадта и Х. Ван Допа. Пер. с англ, под ред. А.М. Яглома. Л.: Гидрометеиздат, 1985.
10. Закон України “Про охорону праці”. – К.: Парламентське видавництво, 2003. – 26 с.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ					
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розробив</i>	<i>Гураль Д.О.</i>							<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Коваль В.П.</i>								60	
<i>Консульт.</i>	<i>Коваль В.П.</i>							Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Вакуленко О.О.</i>									
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>									

11. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
12. Лабораторний практикум з курсу «Основи охорони праці»/ В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Л.А. Васьковець та ін.; За ред. В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2005. – 348 с.

					КРБ 19-051.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		61