

**Міністерство освіти і науки України**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**

**СТЬОПН Ю.О., ГУЛЕВСЬКИЙ В.Б., ПЄРОВА Н.П.**

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ**  
**ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

**Мелітополь**

УДК [621.311;378.11](072)

Е72

*Гриф надано методичною комісією енергетичного факультету  
Таврійського державного агротехнологічного університету  
(протокол № 5 від 23 січня 2019 р.)*

**Рецензенти:**

**Квітка С. О.**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри «Електротехніка і електромеханіка ім. професора В. В. Овчарова», Таврійський державний агротехнологічний університет

**Лобода О. І.**, к.т.н., ст. викладач кафедри «Електроенергетика і автоматизація», Таврійський державний агротехнологічний університет

Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії: Методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / Ю. О. Стьопін, В. Б. Гулевський, Н. П. Перова – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 40 с.

**ISBN 978-966-2470-02-4**

У методичних вказівках розглянуто питання використання поновлювальних джерел енергії. Всі лабораторні роботи містять теоретичні відомості, принципові електричні схеми дослідження роботи пристроїв поновлювальних джерел енергії, контрольні питання для самоаналізу.

Методичні вказівки призначені для студентів вищих навчальних закладів при підготовці здобувачів вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

© Стьопін Ю. О.

© Гулевський В.Б.

© Перова Н.П.

© «Таврійський державний  
агротехнологічний університет», 2019 р.

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
Основні правила охорони праці при виконанні лабораторних робіт.....	5
Лабораторна робота №1. Дослідження роботи плоского сонячного колектора.....	6
Лабораторна робота №2. Дослідження роботи біогазової установки.....	10
Лабораторна робота №3. Дослідження роботи вітроенергетичної установки.....	16
Лабораторна робота №4. Дослідження роботи фотоелектричної установки.....	21
Лабораторна робота №5. Дослідження роботи вітроаеродинамічної установки.....	26
Лабораторна робота №6. Дослідження роботи мікроГЕС.....	30
Лабораторна робота №7. Дослідження електричних і світлотехнічних параметрів джерел оптичного випромінювання.....	34

## ПЕРЕДМОВА

Раціональне використання відновлювальних джерел енергії: вітру, сонячного випромінювання, геотермальної енергії та біомаси є одним з істотних компонентів сталого розвитку, що приносить значимі екологічно-енергетичні ефекти. Зростання участі відновлювальних джерел енергії в паливно-енергетичному балансі світу сприяє поліпшенню ефективності використання і економії запасів енергетичної сировини, поліпшенню стану навколишнього середовища через зменшення забруднень атмосфери і води, а також зменшення кількості відходів виробництва і життєдіяльності людства. У зв'язку з цим підтримка розвитку альтернативної енергетики стає з кожним днем все більш актуальним завданням для майже всіх країн світу.

Метою вивчення дисципліни «Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії» являється формування у студентів знань в області перспектив розвитку світового і вітчизняного досвіду освоєння джерел енергії, альтернативних по відношенню до традиційних, вживаних в тепловій і атомній енергетиці, що мається. Обмежені запаси рідкого і газового палива в найближчі десятиліття виснажуватимуться, паливна складова собівартості електричної і теплової енергії зростатиме. Собівартість енергії, що отримується на поновлювальних нетрадиційних енергоджерелах, навпаки, знижується з накопиченням досвіду і вдосконаленням нових установок і вже нині наближається до собівартості енергії традиційних ТЕС і АЕС.

Завдання дисципліни – вивчення основних поновлювальних енергоресурсів, основних принципів їх використання, конструкцій і режимів роботи відповідних енергоустановок, світового і вітчизняного досвіду їх експлуатації, перспектив розвитку енергетики на нетрадиційних поновлювальних енергоджерелах.

Навчальна дисципліна «Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії» є профільною навчальною дисципліною спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” у вищих аграрних закладах освіти III – IV рівнів акредитації при підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр”.

Лабораторні роботи є одним з основних видів навчальних занять студентів при вивченні курсу «Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії». Роботи проводяться у спеціалізованій лабораторії кафедри ЕТ ТП в ауд. 2.117.

Мета методичних вказівок – на практиці ознайомитися з різними видами поновлювальних джерел енергії, їх основними характеристиками.

На першому занятті кожен студент повинен ознайомитися з особливостями обладнання та апаратури, правилом та порядком виконання робіт, підготовки звітів до них, з правилами техніки безпеки та надання першої допомоги потерпілому від електричного струму, прийняти їх до обов'язкового виконання та розписатися про те у спеціальному журналі.

## Основні правила охорони праці при виконанні лабораторних робіт

В лабораторії “ЕВПДЕ” виконуються роботи з використанням електричних машин, різноманітної апаратури управління та захисту, які під’єднуються до мережі 220 В змінного струму.

Нехтування правилами безпеки при виконанні лабораторних робіт, неуважність або необережність може привести до пошкодження апаратури або приладів і може стати причиною нещасних випадків.

Для безпечної роботи в лабораторії кожен студент повинен знати і дотримуватися наступних основних правил безпеки:

1. Збирати схеми і тим більше вмикати в мережу дозволяється тільки після ознайомлення з усім обладнанням, апаратурою та вимірювальними приладами, їх принципом дії, призначенням у схемі і номінальними даними.
2. Електричні схеми можна збирати тільки при виключеному вимикачі з боку живлення.
3. Зібрану електричну схему перед вмиканням обов’язково повинен перевірити викладач або лаборант.
4. При кожному включенні схеми необхідно попередити про це своїх товаришів.
5. Вносити зміни у схему (робити перемикання) дозволяється тільки при вимкненому автоматі.
6. В процесі виконання роботи не доторкатися до оголених кінців проводів, металевих затискачів, затискачів вимірювальних приладів, апаратів або іншого обладнання, яке знаходиться під напругою.
7. Не знімати захисних огорож з апаратів, приладів, обладнання.
8. Слідкувати за щільністю розбірних контактів з’єднань.
9. Суворо дотримуватись вказівок викладача про особливості виконання кожної роботи.
10. При виявленні несправностей у схемі необхідно терміново зупинити роботу і повідомити про це викладача.
11. При нещасному випадку необхідно миттєво вимкнути установку від мережі, негайно надати першу допомогу потерпілому. У випадку необхідності визвати швидку допомогу за телефоном 103.
12. У випадку пожежі вжити заходів щодо її ліквідації. Вуглекислотний вогнегасник знаходиться у лабораторії. При необхідності визвати пожежну команду за телефоном 101.
13. До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які прослухали інструктаж з техніки безпеки, засвоїли правила, що подані вище й розписались у спеціальному журналі.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

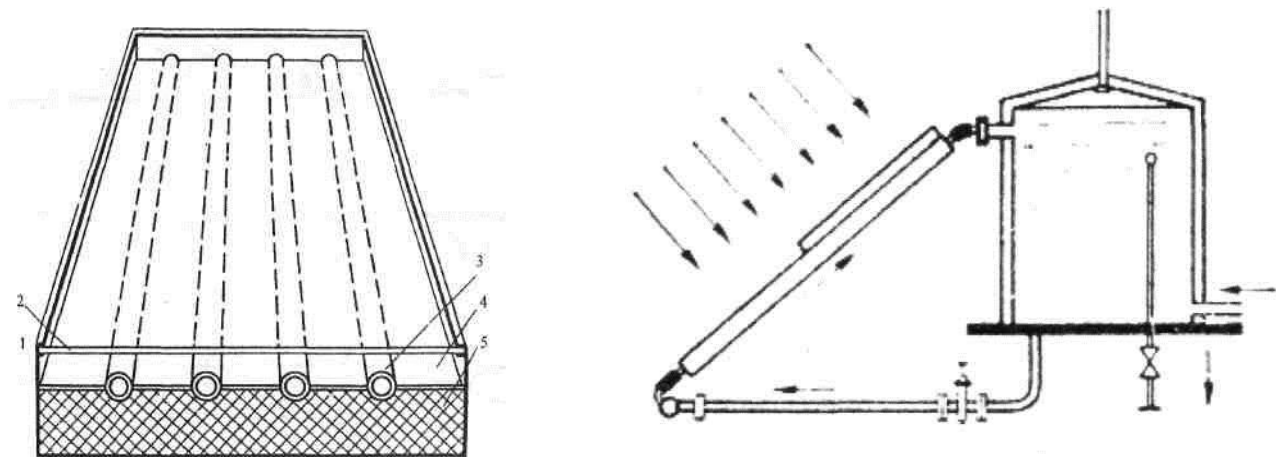
**Мета роботи:** вивчити будову плоского сонячного колектора та визначити його основні параметри.

### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Використання енергії сонця” [1, 2, 3, 4, 5, 6].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 3, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 1.

### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Виконати електричні з'єднання для проведення досліду згідно схеми, яка приведена на робочому місці.
4. Зняти і побудувати залежність температури теплоносія від часу дії сонячного випромінювання  $t = f(T)$ .



1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія; 4 – поглинальна панель; 5 – теплова ізоляція

Рисунок 1 – Схема дослідження роботи плоского сонячного колектора

## Загальні теоретичні відомості

Сонячна радіація – енергетичний потік електромагнітного випромінювання Сонця в оптичному діапазоні хвиль. Основними складовими сумарного потоку сонячної енергії, які досягають поверхні Землі є пряма і розсіяна радіація.

Пряма радіація – складова потоку сонячної енергії, яка безпосередньо досягає поверхні Землі із видимого сонячного диска.

Розсіяна радіація – складова потоку сонячної енергії, яка поглинається атмосферою і лише тоді в розсіяному вигляді досягає поверхні Землі.

Сонячний колектор – основний елемент системи сонячного теплопостачання, що включає геліоприймальний абсорбер, по якому циркулює теплоносій.

Абсорбер – елемент сонячного колектора з селективним покриттям високої чутливості до радіаційного теплообміну та низьким рівнем інфрачервоного випромінювання.

Селективне покриття – спеціальне покриття світло сприймального пристрою в сонячних колекторах, яке сприяє максимальному сприйняттю інфрачервоного компонента сонячного випромінювання і накопиченню теплової енергії.

Сонячне теплозабезпечення активне – технологія сонячного теплопостачання, основою якої є використання спеціального (активного) геліотехнічного обладнання – сонячних колекторів, по яких циркулює теплоносій.

Сонячне теплозабезпечення пасивне – технологія сонячного теплопостачання, в якій не використовується спеціальне геліотехнічне обладнання, а приймачами і акумуляторами енергії виступають елементи будівель та приміщень.

Сонячне випромінювання – це електромагнітне випромінювання в діапазоні хвиль довжиною 0,28 – 3,0 мкм. Сонячний спектр випромінювання складається з:

- ультрафіолетових хвиль довжиною 0,28 мкм, невидимих для наших очей, які становлять приблизно 2% сонячного спектра;
- світлових хвиль в діапазоні 0,38 – 0,78 мкм, що становлять приблизно 49% спектра;
- інфрачервоних хвиль довжиною 0,78 – 3,0 мкм, які складають велику частину тих, що залишилися на 49% сонячного спектра [1, с.12].

Типовий сонячний колектор накопичує сонячну енергію в сонячних модулях, встановлених на даху будівель у вигляді трубок і металевих пластин, забарвлених у чорний колір для максимального поглинання сонячної радіації. Вони поміщені в скляний або пластмасовий корпус і нахилені на південь, щоб уловлювати максимум сонячного світла. Таким чином, колектор є мініатюрною теплицею, що накопичує тепло під скляною панеллю. Оскільки сонячна радіація розподілена по поверхні, колектор повинен мати велику площу.

Низькотемпературні колектори виробляють низькопотенційне тепло, нижче за 50°C. Використовуються вони для підігрівання води в басейнах і в інших випадках, коли потрібно не дуже гаряча вода.

Середньотемпературні колектори виробляють високо- і середньо потенційне тепло (вище за 50°C, приблизно 60 – 80 °C). Зазвичай це засклені плоскі колектори, в яких теплопередача здійснюється за допомогою рідини, або колектори – концентратори, в яких тепло концентрується. Останнім є колектор вакуумований трубчастий, який часто використовується для нагрівання води у житловому секторі.

Високотемпературні колектори комплектуються параболічними тарілками і використовуються в основному електрогенерувальними підприємствами для виробництва електроенергії в електромережу.

Плоскі колектори – найпоширеніший вид сонячних колекторів, які використовуються в побутових водонагрівальних і опалювальних системах. Колектор складається з теплоізованого металевого ящика із скляною або пластмасовою кришкою, в якій знаходиться забарвлена в чорний колір пластина абсорбера (поглинача). Засклення може бути прозорим або матовим. У плоских колекторах зазвичай використовується матове скло з низьким вмістом заліза (воно пропускає значну частину сонячного світла, що надходить на колектор). Сонячне світло потрапляє на теплосприймальну пластину (абсорбер), а завдяки заскленню знижуються втрати тепла. Дно і бічні стінки колектора покривають теплоізолюючим матеріалом, який ще більше скорочує теплові втрати.

Сонячне світло проходить через скло і потрапляє на поглинальну пластину, яка нагрівається, перетворюючи сонячну радіацію на теплову енергію. Це тепло передається теплоносію – повітрю або рідині, які циркулюють по трубках. Оскільки більшість чорних поверхонь все ж таки відбивають до 10% радіації, деякі пластини-поглиначі оброблюють спеціальним селективним покриттям, яке краще сприймає сонячне світло і слугує довше, ніж звичайна чорна фарба.

Поглиналильні пластини зазвичай виготовлені з металу, який добре проводить тепло (найчастіше мідь або алюміній). Мідь дорожча, але краще проводить тепло і менше схильна до корозії, ніж алюміній. Пластина-поглинач повинна мати високу теплопровідність, щоб з мінімальними тепловтратами передавати теплоносію (воді) накопичену енергію. Плоскі колектори діляться на рідинні та повітряні. Обидва види колекторів бувають заскленими або назаскленими (відкритими).

### **Порядок виконання роботи**

Після виконання електричних з'єднань дослідної установки (рисунок 1) і отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати криву нагріву теплоносія  $t = f(T)$ . Для цього необхідно за допомогою датчика температури та мультиметра кожні 5 хвилин фіксувати температуру нагріву рідини.
2. Дані досліду занести в таблицю 1.



Таблиця 1 – Дані експериментальних досліджень

T	хв								
t	°C								

### Зміст звіту

1. Тема, мета, схема для проведення досліду.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиця з результатами вимірів.
4. Побудована залежність  $t = f(T)$ .
5. Висновки.

### Контрольні питання

1. Дайте визначення прямої та розсіяної радіації.
2. Дайте визначення сонячного колектора.
3. Дайте визначення абсорбера.
4. Які складові має спектр сонячного випромінювання?
5. Яку конструкцію має сонячний колектор?
6. Як поділяються сонячні колектори відповідно до температури, яку вони виробляють?
7. Як матеріали використовують при виробництві пластин колекторів?
8. Які матеріали використовуються в якості теплоносія в сонячних колекторах?

### Список літератури

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Кравчук В. І. Технології та обладнання для використання поновлювальних джерел в сільськогосподарському виробництві / В. І. Кравчук, В. О. Дубровіна. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Погорілого. – 2010. – 184 с.
4. Степанова В. Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В. Э. Степанова. – М: Агропромиздат, 1988. – 82 с.
5. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – 656 с.
6. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua/>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

**Мета роботи:** Засвоєння студентами будови та методики розрахунку основних параметрів біогазових установок (БГУ).

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Використання біомаси” [1, 2, 3, 4, 5].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 4, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 2.

#### Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою біогазової установки на прикладі лабораторного макета БГУ.
2. Визначити вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу.
3. Визначити об'єм рідкої гнойової маси.
4. Визначити розрахунковий об'єм біогазової установки (метантенку) при разовій і безперервній заправці реактора.
5. Визначити добову продуктивність БГУ.
6. Розрахувати теплоту згоряння біогазу.
7. Визначити еквівалент електроенергії до отриманого біогазу.
8. Визначити еквівалент бензину до отриманого біогазу.

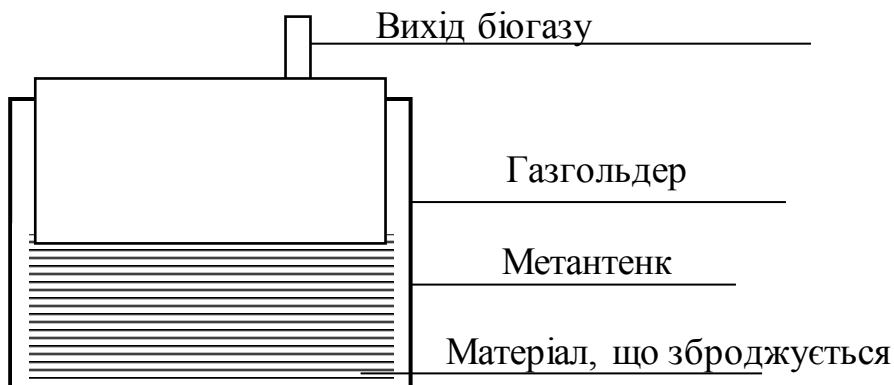


Рисунок 2 – Схема біогазової установки

#### Загальні теоретичні відомості

Біогаз – це суміш газів, яка містить метан ( $\text{CH}_4$ ), вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ) та певні інші компоненти. Найбільш розповсюджений спосіб отримання біогазу – анаеробне (без доступу кисню) зброджування органічної маси. На першому етапі анаеробного зброджування органічних речовин шляхом біохімічного розщеплення високомолекулярні з'єднання (вуглеводи, жири, білкові речовини) розкладаються на низькомолекулярні. На другому

етапі відбувається подальше розкладання із створенням органічних кислот та солей, спиртів, вуглекислого газу та водню, а потім сірководню та аміаку. На третьому етапі органічні речовини перетворюються у вуглекислий газ та метан (метанове зброджування). В подальшому із  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2$  створюється додаткова кількість метану та води.

Мінімальна температура, при якій відбувається процес зброджування субстрату, складає 5 – 8 °С. Розвиток мезофільної бактеріальної флори у біогазовій установці найбільш активно протікає при температурі 30 – 35 °С, розвиток термофільної бактеріальної флори – при температурі 50 – 60 °С. Активність мікробної реакції в значній мірі залежить від співвідношення вуглецю та азоту. Найбільш активно ця реакція спостерігається при показнику C/N як 10/16 [1, с. 32].

Основні вузли БГУ – це метантенк та газгольдер. У метантенку відбувається процес метанового зброджування субстрату. У газгольдері проходить акумуляція біогазу.

В залежності від технологічної схеми розрізняють БГУ безперервної дії, періодичні та акумулятивні. Існують різні конструкції БГУ: без підводу тепла та перемішування субстрату, без підводу тепла але з перемішуванням субстрату, з підводом тепла та перемішуванням субстрату.

Для перемішування субстрату у БГУ використовують механічні, гідравлічні та газові пристрої. Швидкість перемішування повинна бути не більше за 0,5 м/с.

Вихід гною в перерахунку на суху речовину визначають за формулою

$$m_{c.гн} = n \cdot m_{o.1}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість тварин;

$m_{o.1}$  – вихід сухого гною на 1 тварину за добу (для свиней  $m_{o.1} = 0,5$  кг/добу, для корів 2 кг/добу).

Об'єм рідкої гнійної маси визначають за формулою

$$V_{гн} = \frac{m_{c.гн}}{\rho_{c.гн}}, \quad (2.2)$$

де  $\rho_{c.гн}$  – густина сухого гною, розподіленого в гнійній масі, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунковий об'єм БГУ (метантенку) при разовій заправці реактора визначають за формулою

$$V_2' = t_2 \cdot V_{гн}, \quad (2.3)$$

де  $t_2$  – час перебування порції гнійної маси в генераторі (від 8 до 20 діб).

Розрахунковий об'єм біогазогенератора при безперервній технології виробництва біогазу дорівнює

$$V_2' = V_{2н}. \quad (2.4)$$

Добову продуктивність БГУ визначають за рівнянням

$$V_{БГУ} = C_1 \cdot m_{с.2н}, \quad (2.5)$$

де  $C_1$  – вихід біогазу з 1 кг сухої маси (від 0,2 до 0,4 м<sup>3</sup>/кг в залежності від виду тварин: для свиней більше, для корів менше);

$m_{с.2н}$  – кількість сухого гною в реакторі, кг.

Розрахункову теплоту згоряння біогазу визначають за формулою

$$E = H_m \cdot f_m \cdot V_б, \quad (2.6)$$

де  $H_m$  – питома теплота згоряння метану (28 МДж/м<sup>3</sup>) [1, с. 40];

$f_m$  – частка метану в біогазі,  $f_m = 0,6 \dots 0,8$ .

Еквівалент бензину визначають за формулою

$$V_б = \frac{E}{E_o \cdot \rho_б}, \quad (2.7)$$

де  $E_o$  – теплотворність бензину (45 МДж/кг) [1, с.72];

$\rho_б$  – густина бензину, 0,7 кг/л.

Робота, що затрачується на стиснення газу, визначають як

$$A = PV, \quad (2.8)$$

де  $P$  і  $V$  відповідно тиск (Мпа) і об'єм газу(м<sup>3</sup>), що стискується.

Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодний час до оптимальної температури (30–35 °С) визначається за рівнянням

$$Q = m_{2н} C_2 (t_o - t_1), \quad (2.9)$$

де  $m_{2н}$  – маса гнійної маси в реакторі, кг;

$C_2$  – питома теплоємність гнійної маси води (приймаємо  $C_2 = 4,2$  кДж/кг·°С) [1, с. 42];

$t_o$  і  $t_1$  – відповідно оптимальна і фактична температура гною, що потрапляє у біогазову установку.

$$m_{гн} = V_{гн} \cdot \rho_{гн}, \quad (2.10)$$

де  $V_{гн}$  – об'єм гнійної маси в реакторі, м<sup>3</sup>;

$\rho_{гн}$  – густина гнійної маси (можна прийняти  $\rho_{гн} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>).

Необхідна потужність нагрівача для повільного розігрівання реактора

$$P = \frac{Q}{t}, \quad (2.11)$$

де  $t$  – тривалість розігріву, год (приймають декілька годин, залежно від маси гною, щоб не зірвати процес бродіння).

### Завдання до практичної роботи

Фермер, що має  $n$  голів худоби (корів або свиней) має намір використати їх гній для отримання біогазу як паливо для обігріву свого будинку і частково як паливо для ДВЗ своєї електростанції чи автомобіля.

Визначте продуктивність БГУ.

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку БГУ

№ варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кількість корів	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
№ варіанта	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Кількість свиней	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85	90

### Приклад розрахунку

Вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу визначаємо формулою

$$m_{с.гн} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ кг/добу.}$$

Об'єм рідкої гнійної маси розраховуємо за рівнянням (2.2). Приймаємо  $\rho_{с.гн} = 50$  кг/м<sup>3</sup> – густина сухої речовини, розподіленої в масі.

$$V_{гн} = \frac{50}{50} = 1 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий об'єм біоустановки при разовій заправці реактора (час перебування порції гнійної маси в генераторі приймаємо 14 діб) за виразом (2.4) становить

$$V_z = 14 \cdot 1 = 14 \text{ м}^3.$$

Добова продуктивність БГУ визначається за формулою (2.5)

$$V_{БГУ} = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ м}^3.$$

Розрахункова теплота згоряння біогазу за рівнянням (2.6) становить

$$E = 28 \cdot 0,8 \cdot 20 = 448 \text{ МДж.}$$

Еквівалент електричної енергії становить

$$\frac{448}{3,6} = 124 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Еквівалент безперервно ввімкненій потужності становить

$$P = \frac{124}{24} = 5 \text{ кВт протягом доби.}$$

Еквівалент бензину визначиться за виразом (2.7)

$$V_{\text{б}} = \frac{448}{45 \cdot 0,7} = \frac{448}{31,5} = 14 \text{ л бензину.}$$

Робота, що витрачається на стиснення газу до 20 атм (2 МПа) в балоні об'ємом 50 л (0,05 м<sup>3</sup>)

$$A = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ МДж.}$$

Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодний час до оптимальної температури (30–35 °С) визначається рівнянням (2.9)

$$Q = 1 \cdot 10^3 \cdot 4,19 \cdot (35 - 20) \cdot 10^{-3} = 65 \text{ МДж,}$$

Еквівалент електричної енергії становить

$$\frac{65}{3,6} = 17,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Необхідна потужність нагрівача для розігрівання реактора протягом 6 годин за формулою (2.11) становить

$$P = \frac{17,5}{6} = 3 \text{ кВт.}$$

### Зміст звіту

1. Тема, мета роботи.
2. Схема лабораторного макета БГУ на робочому місці.
3. Результати розрахунків.
4. Висновки.

### Контрольні питання

1. З якого матеріалу отримують біогаз?
2. З яких основних частин складається БГУ?
3. Що таке газгольдер та його призначення?
4. Що таке метантенк та його призначення?
5. Які основні складові частини біогазу Ви знаєте?
6. Які хімічні процеси протікають в БГУ?
7. Які умови треба підтримувати для нормального протікання процесу зброджування?
8. Як розрахувати об'єм рідкої гнійної маси, що виділяють тварини за добу?
9. Як визначити добову продуктивність БГУ?
10. Як знайти розрахункову теплоту згоряння біогазу?
11. Як визначити необхідну потужність нагрівача?

### Список літератури

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Энергозбереження в агропромисловому комплексі/ М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Степанова В. Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В. Э. Степанова. – М: Агропромиздат, 1988. – 82 с.
4. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – 665 с.
5. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua/>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

**Мета роботи:** Вивчити будову вітроенергетичної установки та визначити її основні параметри.

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Використання енергії вітру” [1, 2, 3, 4, 5].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 2, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 3.

#### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Виконати електричні з'єднання для проведення досліду згідно схеми, яка приведена на робочому місці.
4. Зняти і побудувати залежність потужності вітроустановки від швидкості повітря  $P_e = f(v)$ .

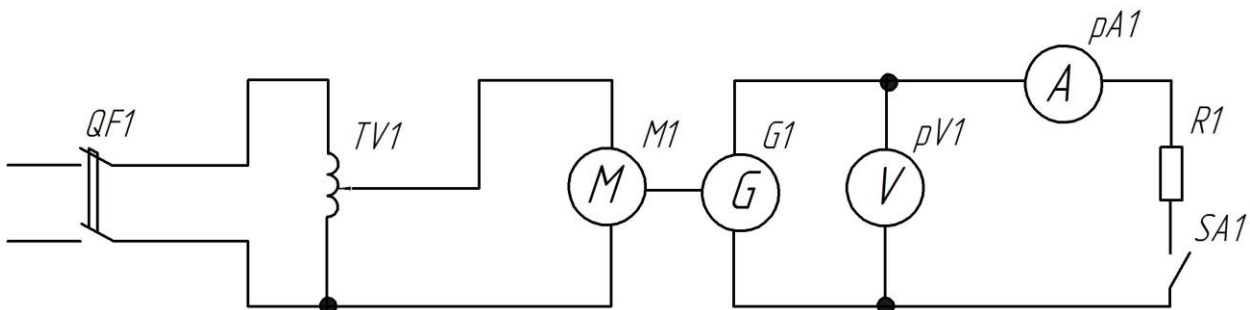


Рисунок 3 – Схема дослідження вітроенергетичної установки

#### Загальні теоретичні відомості

З точки зору можливості використання вітру в енергетичних цілях для його характеристики аналізують дві величини: швидкість і повторюваність. Оскільки швидкість вітру найменша поблизу землі і зростає зі збільшенням висоти, вітрогенератори розміщують на висоті від кількох десятків до близько 100 м. Оптимальна середня швидкість вітру для енергетичного використання становить 4 – 25 м/с [1, с. 412]. При швидкості вітру нижче мінімального порогу аеродинамічна сила вітру не створює необхідного обертового моменту турбіни, в той час як при перевищенні максимальної швидкості вітру



створюється обертовий момент, що може спричинити механічне пошкодження вітрової енергетичної установки (ВЕУ).

Повторюваність – це сума годин за рік, протягом яких вітер дме з визначеною швидкістю. Від цього показника залежить доцільність побудови вітрових електростанцій. При повторюваності приблизно 2000 год/рік та більше спорудження ВЕУ вважають рентабельним.

Україна має досить високий кліматичний потенціал вітрової енергії, який забезпечує продуктивну роботу не лише автономних вузлів живлення, але й потужних вітроелектростанцій. Вважається, що досяжна встановлена потужність вітроелектричних станцій (ВЕС) в складі централізованої енергосистеми України може складати до 16 000 МВт, а досягне виробництво електричної енергії може становити 25 – 30 ТВт·год/рік. Цю величину часто приймають як потенціал вітроенергетики. Необхідна площа під спорудження ВЕС становить 2500 – 3000 км<sup>2</sup>, що досить реально з урахуванням мілководної частини Азовського та Чорного морів. За іншими оцінками в Україні можна використати 7000 км<sup>2</sup> земель для будівництва ВЕС сумарною потужністю 35 000 МВт, що дозволить забезпечити біля 2,5 % від загального річного електроспоживання в Україні [1, с. 414].

Україна має потужні ресурси вітрової енергії: річний технічний вітроенергетичний потенціал дорівнює 30 млрд. кВт·год. В умовах країни за допомогою вітроустановок можна використовувати 15 – 19% річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса. Очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м<sup>2</sup> перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800 – 1000 кВт·год /м<sup>2</sup> на рік [1, с. 414]. Загальна площа, на якій отримання електричної енергії від вітроустановок доцільне, складає 20% всієї площі України. Найсприятливіші регіони для промислового виробництва електроенергії характеризуються середньорічною швидкістю вітру 5 – 5,5 м/с на висоті 10 м над землею поверхнею. Така швидкість вітру спостерігається в Одеської, Херсонської, Запорізької, Миколаївської, Луганської областях, у Криму, в районі Карпат. Найбільша швидкість вітру спостерігається на відкритих високогірних станціях в Карпатах і у Криму, на косах і мисах Чорного та Азовського морів.

ВЕУ мають наявні переваги перед енергогенерувальними установками, що працюють на використанні викопних видів палива: це екологічність (в атмосферу не викидаються шкідливі речовини, комфортність (шум від роботи ВЕУ незначний) та відсутність забезпечення паливом, мастилом та ін.

Потенційні покупці ВЕУ – це споживачі електроенергії, у котрих:

- відсутнє централізоване енергозабезпечення;
- є централізоване забезпечення, але часто трапляються віялові відключення і (або) параметри енергомережі – низької якості;
- є централізоване забезпечення, задовільної якості, однак є бажання знизити витрати на електроенергію.

Для умов України ВЕУ можна розділити на три основні групи:

- вітроустановки для виробництва механічної енергії;
- вітроустановки, які працюють на електромережу;

– автономні енергосистеми.

Основні параметри ВЕУ це: потужність установки, діаметр вітроколеса та мінімальна швидкість, при якій ВЕУ починає працювати. Більшість існуючих установок починають працювати при швидкості вітру більше за 5,5 м/с, але сучасні зразки мають цей показник 3,5 та навіть 2,5.

Найбільш розповсюджені вітрогенератори із горизонтальною віссю. У швидкохідних вітрогенераторах із горизонтальною віссю використовують дво і трилопатеві вітроколеса. Дволопатеві найбільш економічні, але з метою зниження динамічних навантажень більшість ВЕУ мають 3 лопаті. Тихохідні, багатолопатеві колеса (до 20), які розвивають великий крутний момент при невеликому вітрі, використовують для перекачки води та інших цілей, які не потребують високої частоти обертання колеса.

Вітроагрегати з вертикальною віссю обертання внаслідок своєї геометрії, при будь-яких напрямках вітру перебувають у робочому стані. До недоліків цих установок слід віднести високі коливальні процеси і пульсації, які приводять до руйнування матеріалів і пульсацій вихідних параметрів генератора.

Для забезпечення динамічної стійкості і синхронності роботи ВЕУ з енергосистемою, необхідно використовувати режим фіксованої частоти обертання при коливанні швидкості вітру. Для цього використовують явно полюсні генератори, муфти ковзання. Найбільш ефективним способом є регулювання кута установки лопатей за швидкістю обертання вала на виході редуктора.

Площа вітроколеса визначається за формулою

$$A = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр вітроколеса, м.

Механічна потужність вітроколеса визначається за формулою

$$P_m = \frac{\pi D^2 \rho v^3}{8}, \quad (3.2)$$

де  $\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – швидкість повітря, м/с.

Електрична потужність ВЕУ визначається за формулою

$$P_e = P_m \cdot C_p, \quad (3.3)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт використання потужності.

Максимальне теоретичне значення  $C_p$  складає 0,6, але практично більшість ВЕУ мають 0,3 – 0,4 [1, с. 417].

### Порядок виконання роботи

Після виконання електричних з'єднань дослідної установки (Рисунок 3) і отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати характеристику вітроенергетичної установки  $P_e = f(v)$ . Для цього необхідно при допомозі регулятора напруги TV1 змінювати швидкість обертання приводного вентилятора. По анемометру  $pV1$  задати лінійну швидкість потоку повітря з 2 до 5 м/с. При цьому записати напругу вітрогенератора по вольтметру  $pV1$ , струм по амперметру  $pA1$ .
2. Дані досліду занести в таблицю 3.

Таблиця 3 – Характеристика вітроенергетичної установки

Результати досліду			Результати розрахунку		
Лінійна швидкість повітря $v$ , м/с.	Напруга $U$ , В	Струм $I$ , А	Механічна потужність $P_m$ , Вт	Електрична потужність $P_e$ , Вт	Коефіцієнт використання потужності $C_p$

3. По результатам вимірів визначити:  
Механічну потужність установки

$$P_m = \frac{\pi D^2 \rho v^3}{8}, \quad (3.4)$$

де  $D$  – діаметр вітроколеса (0,26 м);  
 $\rho$  – щільність повітря (1,2 кг/м<sup>3</sup>).

Електричну потужність установки

$$P_e = UI. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт використання потужності

$$C_p = \frac{P_e}{P_m}. \quad (3.6)$$

### **Зміст звіту**

1. Тема, мета, принципова електрична схема для проведення досліду.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиця з результатами вимірів та розрахунків.
4. Побудовані залежності  $P_e = f(v)$  та  $C_p = f(v)$ .
5. Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Як потужність ВЕУ залежить від швидкості вітру?
2. Як потужність ВЕУ залежить від діаметру ВК?
3. Назвіть основні параметри ВЕУ.
4. Скільки лопатей мають найбільш економічні ВЕУ?
5. Що роблять з метою зниження динамічних навантажень у ВЕУ?
6. Від чого залежить ефективність роботи ВК?
7. Яке максимальне значення має коефіцієнт потужності для ВЕУ?
8. Як визначити площу вітроколеса?

### **Список літератури**

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Степанова В. Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В. Э. Степанова. – М: Агропромиздат, 1988. – 82 с.
4. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – 665 с.
5. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ УСТАНОВКИ

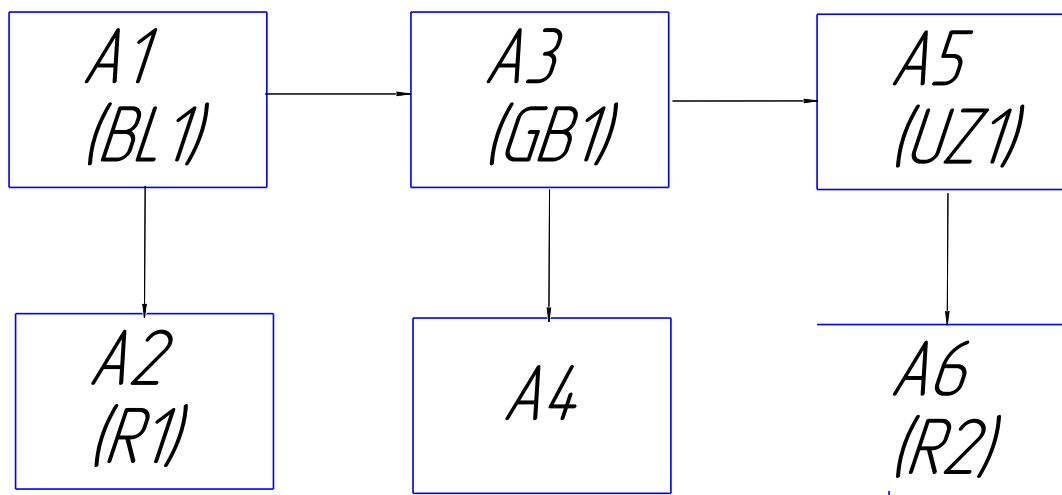
**Мета роботи:** Вивчити будову фотоелектричної установки та визначити її основні параметри.

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Використання енергії сонця” [1, 2, 3, 4, 5].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 3, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 4.

#### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Зняти і побудувати залежність потужності фотоелектричної установки від кута нахилу її поверхні над горизонтом  $P = f(\varphi)$ .



- A6 – навантаження R2
- A5 – інвертор (-12В/220В)
- A4 – вольтметр рV2
- A3 – акумуляторна батарея  $U_n=12В$
- A2 – навантаження R1
- A1 – фотоелектричний елемент

Рисунок 4 – Схема дослідження фотоелектричної установки

## Загальні теоретичні відомості

Сонячне випромінювання в Україні складає 3500 - 5200 МДж/м<sup>2</sup> за рік. Сезонний період для активного використання сонячної енергії у північних регіонах продовжується з квітня по вересень, а у південних з березня по жовтень. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1050 кВт·год/м<sup>2</sup> до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> при загальному збільшенні від 52 до 43° північних широт, в яких розташована Україна [2, с. 460].

Кількість годин сонячного сяння для 4-х зон України коливається у межах 1740 – 2400 [2, с. 460]. Найбільший показник має узбережжя Чорного і Азовського морів.

Відомо, що використання сонячної енергії доцільне при сумарній радіації за добу, більшій 15 МДж/м<sup>2</sup> = 4 кВт·год/м<sup>2</sup>, або 120 кВт·год/м<sup>2</sup> у місяць [2, с. 461]. Максимальні значення добової сумарної радіації характерне для Південного берега Криму і Півдня Причорноморської низини.

Виробничі запаси України становлять понад 10% світових обсягів монокристалічного кремнію для фотоелектричних перетворювачів. За попередні роки виготовлено біля 100 МВт фотоелектричних перетворювачів (ФЕПів) і встановлено 2 МВт автономних сонячних станцій з к.к.д. на сучасному світовому рівні 14 – 16% [2, с. 461]. Україна має також технології й досвід промислового отримання полікремнію – сировини для монокристалічного кремнію, попит на якій у світі на сьогодні необмежений.

Зацікавленість ФЕС у світі швидко зростає з огляду на те, що сонячна енергія на таких установках без побічних продуктів, забруднень, шуму перетворюється безпосередньо на електроенергію. Це дуже екологічні системи, що не викликають негативних змін у зовнішньому середовищі.

Близько 50% світового ринку фотоелементів монтується у пристроях, які не з'єднані з електричною мережею. Наприклад: аварійні телефони, телекомунікаційні станції, водяні насоси та ін. Єдиною альтернативою енергопостачання для таких пристроїв є дорогі системи з дизельними генераторами. Близько 20% встановленої потужності знайшли своє застосування у пристроях загального вжитку, таких як годинники, калькулятори тощо. Нинішнє раптове зростання виробництва ФЕС пов'язане з початком більш активного їх застосуваннями для живлення електроенергією будинків (близько 30%). Фотоелектричні системи мають величезний потенціал для живлення об'єктів, не з'єднаних з електричною мережею.

Оптоелектроніка зараз є провідною галуззю електроніки і електронних технологій, що охоплює взаємний вплив енергії електромагнітного поля та випромінювання у видимій сфері, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, а також використання цього впливу в оптоелектронних елементах. Оптоелектроніка займається, перш за все, перетворенням електричних сигналів на оптичні сигнали і навпаки - генеруванням, перетворенням і накопиченням енергії та інформації, що передається світловим випромінюванням.

### *Будова та принцип роботи фотоелементів.*

Напівпровідники – це матеріали, що у відповідних умовах мають здатність проводити елек тричний струм. Струм у напівпровідниках виникає за рахунок виникнення у їх кристалічних решітках вільних зарядів під впливом електричного поля або теплових коливань кристалічної решітки, наприклад, за рахунок сонячного випромінювання.

Чутливість – основний параметр фотоелектронного приладу. Розрізняють інтегральну (світлову) і спектральну чутливість.

К.к.д. фотоелемента – здатність до перетворення енергії випромінювання на електроенергію, вона збільшується разом зі зростанням інтенсивності освітлення до близько 5000 Лк і тримається на одному рівні.

Фотоелементи можна з'єднувати послідовно та паралельно або послідовно – паралельно, залежно від сили фотоелементів та вимог до сили струму при навантаженні. Об'єднавши фотоелементи, можна отримати фотомодуль потужністю від кількох до 120 Вт. Фотомодулі можуть використовуватись протягом всього року.

Найбільше розповсюдження отримали кремнієві сонячні батареї, так як спектральна характеристика поглинання кремнію добре узгоджується із спектральною характеристикою сонячного випромінювання. Основною частиною сонячної батареї є кремнієвий фотодіод, який створює напругу холостого ходу 0,5 – 0,6 В, струм короткого замикання із щільністю 20 – 25 мА/см<sup>2</sup> [2, с. 464]. Фотодіоди для сонячних батарей випускають 4–х, або 6–ти граної форми, що дає змогу з'єднувати їх у батареї послідовно та паралельно.

### *Приклади застосування фотоелементів.*

Головними областями застосування фотоелементів є:

- системи живлення для комунальних і житлових об'єктів;
- живлення електронних пристроїв у телекомунікації і транспорті тощо;
- живлення вимірювальних приладів геліоелектростанції;
- військові і космічні цілі.

Фотоперетворювачі мають наступні переваги:

- енергія сонячного світла переробляється безпосередньо в електроенергію;
- к.к.д. фотоелектричних модулів не залежить від величини установки;
- невелика потужність залишається у похмурі дні при використанні розсіяного світла;
- обслуговування і консервація вимагають мінімальних витрат;
- "чиста" екологічна енергія.

### **Програма виконання роботи**

Після отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати характеристику фотоелектричної установки  $P = f(\varphi)$ . За допомогою люксметра визначити рівень освітленості, що діє на поверхню ФЕУ. Змінювати кут нахилу поверхні фотоелектричної установки від 0 до 90 °. При цьому записати напругу по вольтметру рV1, струм по амперметру рA1.
2. Дані досліду занести в таблицю 4.

Таблиця 4 – Характеристика фотоелектричної установки

Результати досліду			Результати розрахунку
Кут нахилу поверхні ФЕУ $\varphi, ^\circ$	Напруга $U, В$	Струм $I, А$	Потужність $P, Вт$
$E = L_k$			

3. Провести відключення акумулятора від фотоелектричної установки та зафіксувати показання вольтметра

$$U_a = \quad В. \quad (4.1)$$

4. Підключити до акумулятора світлодіодну лампу.

5. Підключити до акумулятора інвертор з навантаженням (лампа розжарювання).

6. По результатам вимірів визначити потужність ФЕУ.

$$P = UI. \quad (4.2)$$

### Зміст звіту

1. Тема, мета, структурна електрична схема для проведення досліду.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиця з результатами вимірів та розрахунків.
4. Побудована залежність  $P = f(\varphi)$ .
5. Висновки.

### Контрольні питання

1. Що собою являє фотоелектрична установка?
2. Як обирають кут нахилу ФЕУ?
3. Назвіть основні параметри ФЕУ.
4. Що таке інсоляція?
5. Від чого залежить величина коефіцієнту відбиття сонячної радіації?
6. Яку функцію виконує акумуляторна батарея?
7. Яку функцію виконує інвертор?
8. Які переваги та недоліки мають фотоелектричні установки?
9. Які елементи використовують при виробництві фотоелектричних установок?



### Список літератури

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Степанова В. Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В. Э. Степанова. – М: Агропромиздат, 1988. – 82 с.
4. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – 656 с.
5. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua/>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІТРОАЕРОДИНАМІЧНОЇ УСТАНОВКИ

**Мета роботи:** Вивчити будову вітроаеродинамічної установки та визначити її основні параметри.

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Теплові акумулятори” [1, 2, 3].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 6, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 5.

#### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Виконати електричні з'єднання для проведення досліду згідно схеми, яка приведена на робочому місці.
4. Зняти і побудувати криву нагріву теплоносія  $t = f(T)$ .

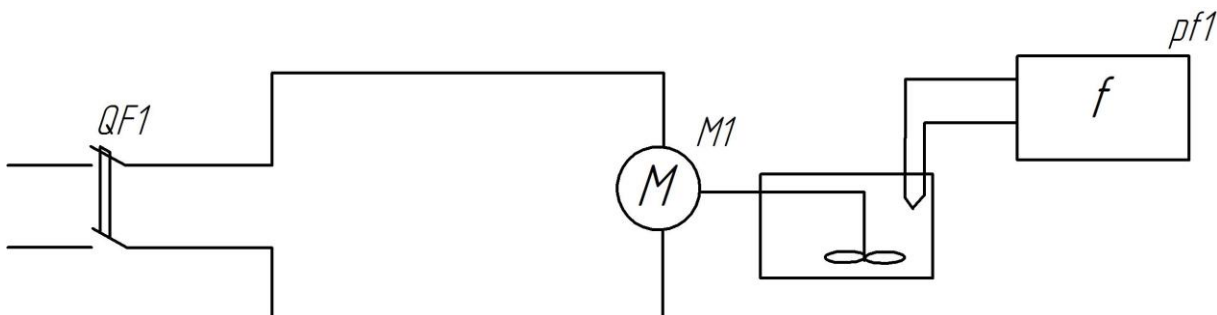


Рисунок 5 – Схема дослідження вітроаеродинамічної установки

#### Загальні теоретичні відомості

Будь яка система постачання енергії складається із джерела первинної енергії, підсистеми перетворення енергії і споживачів перетвореної енергії. У системі можуть виникати невідповідності – як у часі, так і у просторі – між подачею енергії і споживанням. Подолання цих невідповідностей є основною задачею акумуляування енергії.

Якщо така невідповідність викликається змінами у споживанні енергії, то це задача зняття пікового навантаження, яка може бути розв'язана частково і за допомогою акумуляування енергії. При їх застосуванні можуть бути зменшені витрати на паливо, так як для зарядки акумулятора може бути використаний надлишок енергії від установок базового навантаження з низькою вартістю енергії.

Якщо невідповідність між подачею і потребами в енергії обумовлена видом джерела первинної енергії, то задача акумулюючої установки полягає у вирівнюванні виробітку енергії шляхом зрізання піків і заповнення провалів графіка навантаження.

Інші задачі акумулювання енергії:

- забезпечення резерву енергії на випадок раптового припинення роботи установок;
- регулювання або буферне акумулювання при різких змінах навантаження;
- акумулювання енергії поблизу місця її споживання.

Сонячна енергія є найбільш давньою формою енергії з тих, які використовує людство. Ця енергія дуже розсіяна і переривчаста. Дерево є наслідком сонячної енергії, його можна складувати і використовувати у потрібний час. Воно є безцінним акумулятором сонячної енергії.

У сільському господарстві значна частина енергії використовується у формі низькопотенціальної теплоти.

Природне краще використовувати деградовані форми енергії – відходи виробництва або енергію поновлювальних джерел.

Акумулювання енергії має особливе значення при використанні поновлювальних джерел. Можна використовувати різні способи акумулювання: біологічне, хімічне, теплове, електричне, механічне, у формі потенціальної або кінетичної енергії.

Теплова енергія може бути отримана, використовуючи рослини, прямим способом спалювання або шляхом біологічних та хімічних перетворень. Рослинна маса є матеріалом громіздким, з невеликою теплотою спалювання, містить відходи, має достатньо високу вологість. Тому більш ефективними являються інші методи використання рослинної маси, які засновані на цілому ряді перетворень: газифікації, ферментації, піролізу, гідрогенізації.

При ферментації можна використовувати деревину, листя, стебла та інші відходи рослинництва і отримувати 0,33 м<sup>3</sup> метану з 1 кг сухої речовини [2, с. 283]. Вона застосовується переважно для зеленої живої частини рослин для отримання газу.

Піроліз навпаки може бути використаний для переробки деревини з метою отримання: газу, метанолу, важких масел, гудрону, деревинного вугілля.

Гідрогенізація полягає в обробці органічних речовин під високим тиском у присутності води температурою 300 °С при використанні каталізаторів. Так отримують масла, які є хорошим паливом.

Енергія може утримуватися у зв'язках багатьох хімічних елементів і виділятися у процесі екзотермічних реакціях, з яких найбільш відоме горіння.

Одним із видів хімічного акумулювання є отримання водню, використовуючи відновлювальні джерела енергії. Водень може бути отриманий шляхом електролізу води за допомогою джерела струму. У вигляді газу він може бути накопиченим.

Теплове акумулювання ефективно при використанні “відходів” теплоти, сонячної радіації, енергії вітру. Акумулятори теплоти являють собою ємність, теплоізольовану від навколишнього середовища. В ємності розміщують

теплоакumuляційний матеріал, який може бути твердим (щебінь, граніт, пісок та ін.), або рідким (вода).

Електроенергія може акумулюватися у вигляді електроенергії в електрохімічних акумуляторах і у формі теплоти в теплових акумуляторах.

Одним з найдавніших форм механічного акумулювання є гідроенергетичні системи. Працюючи у двох режимах гідроакumuлюючі станції (ГАЕС) використовують два резервуари – верхній та нижній. Коли енергомережа має надлишок потужності, вода закачується у верхній басейн з нижнього. При збільшенні потреби в енергії воду пропускають крізь турбіни в нижній басейн, забезпечуючи генерування електроенергії.

До механічних акумуляторів енергії відносять і маховики. Кінетична енергія, тіла, що обертається

$$E = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (5.1)$$

де  $I$  – момент інерції тіла,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ .

$$I = ma^2, \quad (5.2)$$

де  $m$  і  $a$  – відповідно маса (кг) та радіус (м) маховика;  
 $\omega$  – кутова швидкість обертання,  $1/\text{сек}$ .

### Порядок виконання роботи

Після виконання електричних з'єднань дослідної установки (Рисунок 5) і отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати криву нагріву теплоносія  $t = f(T)$ . Для цього необхідно за допомогою датчика температури та мультиметра кожні 3-5 хвилин фіксувати температуру нагріву рідини.
2. Дані дослідів занести в таблицю 5.

Таблиця 5 – Дані експериментальних досліджень.

T	хв								
t	°C								

### Зміст звіту

1. Тема, мета, принципова електрична схема для проведення дослідів.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиця з результатами дослідів.
4. Побудована залежність  $t = f(T)$ .
5. Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Які основні вузли вітротеплової установки?
2. Які переваги мають вітротеплові установки перед електротепловими?
3. Яким чином енергія вітру ВТУ перетворюється у теплову?
4. Чи впливає щільність теплоносія на ефективність його нагріву?
5. Як впливає термоізоляційний шар на кінцеву температуру нагріву?
6. Назвіть область застосування вітротеплових установок?
7. Яким чином можна акумулювати тепло у ВТУ?

### **Список літератури**

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua><http://nip.tsatu.edu.ua/>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МІКРОГЕС

**Мета роботи:** вивчити будову мікроГЕС та визначити її основні параметри.

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Використання енергії води” [1, 2, 3].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 5, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 6.

#### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Виконати електричні з'єднання для проведення досліду згідно схеми, яка приведена на робочому місці.
4. Зняти і побудувати залежність потужності енергоблока від продуктивності водозабірною пристрою  $P = f(Q)$ .

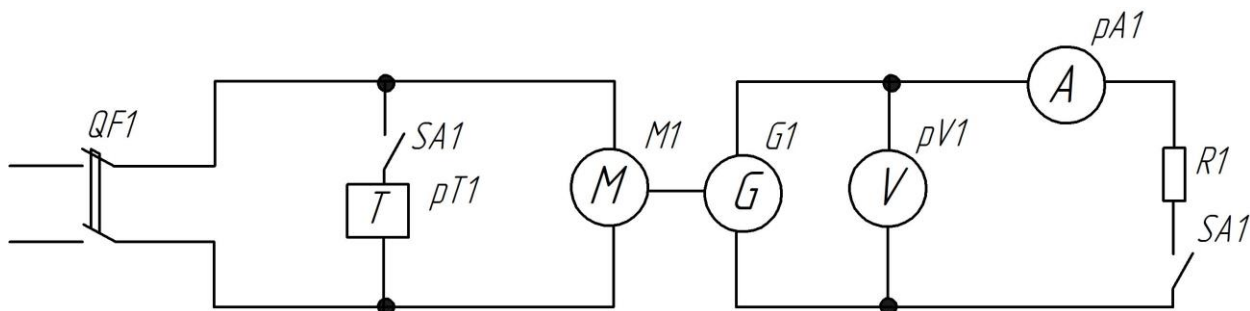


Рисунок 6 – Принципова електрична схема дослідження мГЕС

#### Загальні теоретичні відомості

Загальний річний гідроенергетичний потенціал малих річок України складає 12 млрд. кВт·год/рік, що майже в чотири рази перевищує потенціал великих річок [2, с. 510]. За умов використання цих ресурсів для отримання електроенергії за допомогою мГЕС можна отримати значні обсяги «чистої» електроенергії та досягти значної економії традиційних паливно-енергетичних ресурсів.

Основним робочим органом гідроенергетичної установки, що безпосередньо перетворює енергію води у кінетичну енергію обертання, є гідротурбіна. Вони бувають двох типів:

- активні, робоче колесо яких обертається в повітрі завдяки потоку води, що натискає на його лопаті;
- реактивні, робоче колесо яких цілком занурено у воду й обертається, в основному, за рахунок різниці тисків перед і за колесом.

В активні гідротурбіні водяний потік перед турбіною за допомогою водовода і сопла формується у струмінь, що направляєтся на ковші, розташовані по ободу колеса, приводячи його в обертання.

В реактивній гідротурбіні потік води діє на всі лопаті турбіни одночасно і практично постійно. Найбільш компактною її конструкцією є пропелерна з переважно осьовим напрямком потоку в робочому колесі.

Типова мала гідроелектростанція має у своєму складі водоймище, водовод, регулятор витрати води, гідротурбіну, електрогенератор та систему контролю і керування параметрами генератора.

Потужність водяного потоку визначається по формулі

$$P = Q \rho g H, \quad (6.1)$$

де  $Q$  – витрати води, м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – щільність води, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – висота падіння рідини (напір), м.

Переваги малої гідроенергетики (мГЕС потужністю до 5 МВт):

- гідротехнічні споруди дозволяють регулювати рівень води для запобігання паводків ;
- мінімальний вплив на навколишнє природне середовище: мініГЕС екологічно безпечні та не створюють значних змін у ландшафті;
- простота та надійність виробництва електроенергії, тривалий термін експлуатації;
- вимагає нечисленного персоналу (може також бути керована дистанційно);
- енергозабезпечення віддалених споживачів.

*Гідротурбіни* – це гідравлічні двигуни, які перетворюють енергію води, що рухається, в механічну обертову енергію. Оскільки гідроенергетичні установки перетворюють енергію води переважно в електричну енергію, то турбіна є приводом для електричного генератора (гідрогенератора). Ротори гідротурбіни і гідрогенератора, як правило, насаджені на єдиний вал, який має спільну систему опор частин, які обертаються. Таке об'єднання створює складну машину, яка називається гідроагрегатом.

Залежно від способу дії потоку води на робочі органи робочих коліс гідротурбіни діляться на реактивні і активні.

*Реактивні турбіни.* В цих турбінах використовується енергія тиску і швидкісна енергія. Робота їх основана на використанні реактивної сили струмини води, яка протікає через міжлопатевиий простір турбіни. Вони застосовуються переважно на невеликих ГЕС, так як здатні працювати при малих напорах. Кожен вид турбіни – це гідравлічний пристрій, до якого входять проточна частина, що включає підвідні органи (турбінну камеру, колони статора, лопаті напрямного апарату), робочі органи (лопатева система робочого колеса) і відвідні органи (відсмоктувальна труба). Робоче колесо цих турбін повністю розташовується у воді і енергія її потоку передається одночасно усім

лопатям робочого колеса. Вони можуть використовуватись і в зворотному режимі, тобто як насоси. По типу робочого колеса реактивні турбіни діляться на радіально – вісьові, поворотно – лопатеві і пропелерні турбіни.

*Радіально – вісьові турбіни (РВ).* В них вода при вході в робоче колесо рухається в радіальному напрямку, а виходить з робочого колеса у вісьовому напрямку.

*Поворотно – лопатеві турбіни (ПЛ).* В них вода рухається вздовж вісі. Турбіни ПЛ складаються з втулки, на якій закріплюються лопаті, і напрямного апарата.

Лопаті турбін ПЛ повертаються відносно своєї вісі перпендикулярної валу турбіни, для забезпечення високих к.к.д. при змінах напору та витрати води.

Кількість лопатей в робочому колесі 4...6 шт. Робоче колесо опущене нижче напрямного апарата. Вода в напрямному апараті рухається радіально, а пройшовши через нього, змінює напрямок на рух вздовж вісі робочого колеса.

*Пропелерні (вісьові) турбіни (ПР).* Це турбіни які конструктивно схожі з турбінами ПЛ, але в них лопаті на втулці встановлюються жорстко.

*Активні турбіни.* В них використовується тільки швидкісна (кінетична) енергія потоку води. Принцип роботи активних турбін полягає в безпосередній дії струмини води на її лопаті (ковші).

*Мікрогідроелектростанції.* Це сучасні комплектні гідрогенератори розраховані на забезпечення потужності від 3 до 100 кВт при напорах води 3 – 12 м і витратах 0,2 – 1,3 м<sup>3</sup>/с і призначені для невеликих сільських господарств.

### Порядок виконання роботи

Після виконання електричних з'єднань дослідної установки (Рисунок 6) і отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати залежність потужності енергоблока від продуктивності водозабірною пристрою  $P = f(Q)$ . Для цього необхідно за допомогою лічильника води визначити її витрати, а за допомогою електросекундоміра визначити час проведення досліду (електросекундомір вмикається тумблером SA1). При цьому записати напругу енергоблока по вольтметру pV1, струм по амперметру pA1.

2. Дані досліду занести в таблицю 6.

Таблиця 6 – Характеристики мікроГЕС

Дослід				Розрахунок	
Витрати води V, л	Час T, с	Напруга, U, В	Струм I, А	Продуктивність Q, л/с	Потужність P, Вт



3. По результатам дослідів визначити:  
Потужність енергоблока

$$P = UI. \quad (6.2)$$

Продуктивність водозабірною пристрою

$$Q = \frac{V}{T}. \quad (6.3)$$

### Зміст звіту

1. Тема, мета, принципова електрична схема для проведення дослідів.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиця з результатами дослідів та розрахунків.
4. Побудована залежність  $P = f(Q)$ .
5. Висновки.

### Контрольні питання

1. Яку функцію виконує турбіна?
2. Яку функцію виконує генератор?
3. Яку функцію виконує система автоматичного керування?
4. Назвіть основні технічні параметри мікроГЕС?
5. Які переваги мають мікроГЕС перед іншими джерелами енергії?
6. Назвіть область застосування мікроГЕС?

### Список літератури

1. Кирюшатов А. И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – 94 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua/>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

**Мета роботи:** дослідження світлотехнічних характеристик газорозрядних ламп низького тиску та світлодіодних ламп.

#### Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал по темі “Енергозбереження” [1, 2, 3, 4].
2. Відповісти на тестові завдання (тема 7, навчально-інформаційний портал ТДАТУ).
3. Відповісти на контрольні запитання до лабораторної роботи 7.

#### Програма роботи

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця.
2. Записати паспортні дані приладів і апаратів.
3. Виконати електричні з'єднання для проведення досліду згідно схем, які приведені на робочому місці.
4. Зняти і побудувати залежності: світлового потоку, світлової віддачі, світлового к.к.д. від напруги живлення для газорозрядних та світлодіодних ламп.
5. Зняти і побудувати залежності світлового потоку від споживаної потужності для газорозрядних та світлодіодних ламп.
6. Порівняти споживані потужності ламп при однаковому світловому потоці.

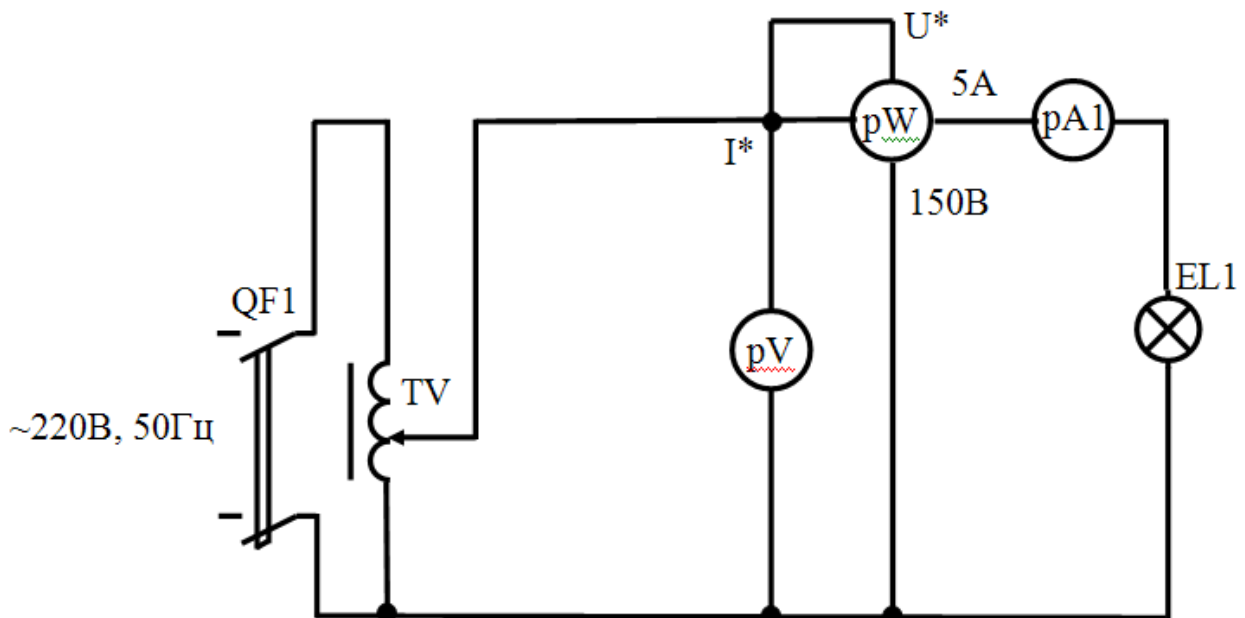


Рисунок 7.1 – Схема дослідження електричних і світлотехнічних характеристик світлодіодних ламп

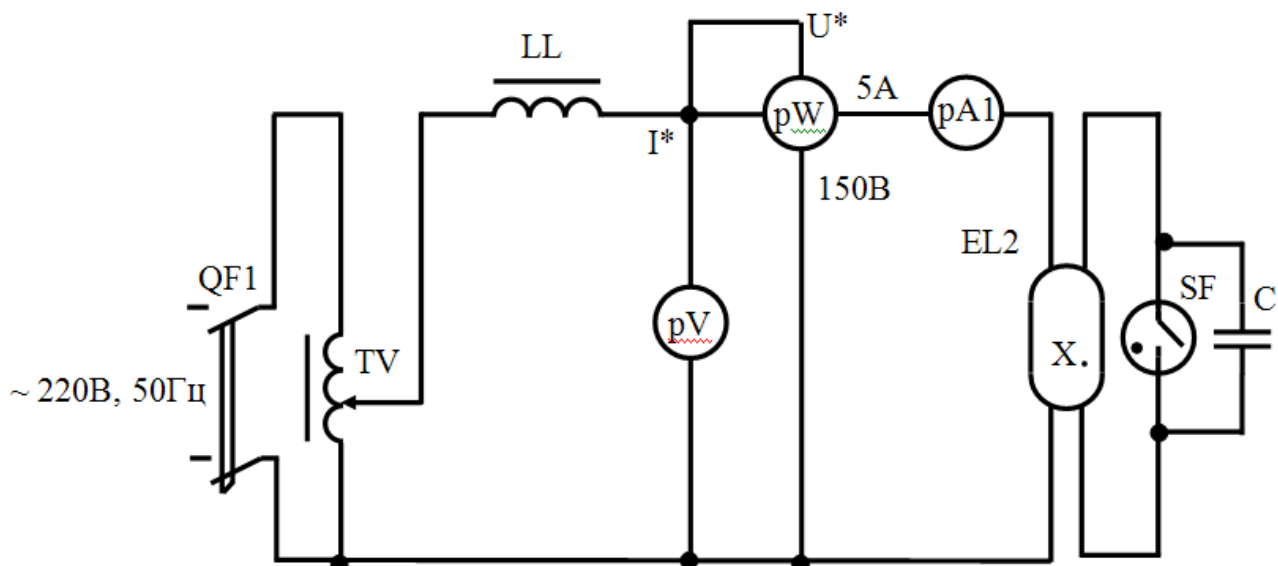


Рисунок 7.2 – Схема дослідження електричних і світлотехнічних характеристик газоразрядних ламп низького тиску

### Загальні теоретичні відомості

Оптичне випромінювання поділяється на видиме, ультрафіолетове та інфрачервоне. Видиме випромінювання визиває безпосереднє зорове відчуття. Воно застосовується для створення необхідного рівня освітленості, прискорення реакції фотосинтезу рослин, регулювання біоритмів у тварин та птахів.

Лампи розжарювання являються джерелами теплового випромінювання. Вони складаються з скляного балону (колби), в середині якого на молибденових підвісках знаходиться нитка розжарювання із вольфрамового дроту. Температура нагріву спіралі 2500 – 2800°C. Середній термін роботи – 1000 год.

Характеристики ламп розжарювання суттєво залежать від рівня напруги живлення. Наприклад, при збільшенні напруги на 10% потужність лампи збільшується на 12%, світловий потік – на 52%, світловіддача – на 25%, а термін роботи скорочується у 4 рази. Переваги ламп розжарювання – простота конструкції, низька вартість, можливість прямого вмикання в мережу. Недоліки – низький термін роботи, к.к.д. (3 – 5%) та світловіддача (15 – 20 Лм/Вт), несприятливий спектральний склад випромінювання [1, с. 50].

Люмінесцентна лампа представляє собою скляну трубку, внутрішня поверхня якої покрита шаром люмінофору. Трубка заповнена аргоном та невеликою кількістю ртуті. Перетворення електроенергії у видиме випромінювання відбувається у два етапи. Розряд в парах ртуті супроводжується короткохвилювим ультрафіолетовим випромінюванням. Далі воно діє на люмінофор і викликає його засвічення. При подачі напруги спочатку струм через лампу не йде. В стартері з'являється тліючий розряд, який розігріває електроди стартера і вони замикаються між собою. При цьому виникає струм, що проходить через спіралі лампи, вони за 1 – 2 с

розігріваються до 800 – 1000 °С. Коло спіралей виникає термоелектронна емісія. Ртуть в лампі випаровується. Після розмикання контактів стартера у дроселі з'являється імпульс самоіндукції (700 – 1000 В). Імпульс підвищеної напруги прикладається до електродів лампи, забезпечуючи пробій міжелектродного простору та засвічення лампи. Потужність ламп складає від 15 до 80 Вт. Середній термін роботи лампи – 12000 год, світловіддача 25 – 70 Лм/Вт [1, с. 51]. Переваги люмінесцентних ламп – великий термін експлуатації та світловіддача, сприятливий спектральний склад випромінювання. Недоліки – висока вартість, складна схема вмикання, вплив температури навколишнього середовища, наявність стробоскопічного ефекту, необхідність спеціальної утилізації.

Світлодіодні лампи – найсучасніші джерела світла. В основі їх роботи закладений принцип електролюмінесценції. При пропусканні електричного струму через границю, що єднає два напівпровідника різного типу (так званий р–n перехід), виділяється енергія у вигляді електромагнітного випромінювання видимого спектру, тобто світла. Для виникнення ефекту електролюмінесценції необхідно виконання багатьох умов, таких, як оптимально підібрана ширина забороненої зони в області контакту, якість та чистота кристалів для досягнення кількості рекомбінацій дірка – електрон.

Основні переваги світлодіодних ламп:

- середній термін служби – 20000 годин, що у 1,5 – 2 рази більше за газоразрядні та компактні лампи;
- висока світловіддача, що робить їх кращим варіантом для вирішення завдань енергозбереження;
- відсутня затримка включення, як, наприклад у люмінесцентних та компактних ламп;
- не містять ртуті, інших шкідливих речовин, легко утилізуються;
- відсутнє мерехтіння, властиве, наприклад, люмінесцентним лампам;
- світлові характеристики практично не залежать від температури навколишнього середовища.

Потужність ламп варіюється від 0,1 до сотні Ват. Область застосування світлодіодних ламп: індикація о роботі обладнання; лампи для домівок та офісів; лампи для вирощування рослин; лампи для освітлення доріг, парків, підсвічування будинків; лампи для прожекторів; автомобільні лампи.

### **Порядок виконання роботи**

Після виконання електричних з'єднань дослідної установки (Рисунки 7.1 та 7.2) і отримання дозволу на її включення студент повинен:

1. Зняти і побудувати характеристики для світлодіодних ламп: світлового потоку  $F = f(U)$ , світлової віддачі  $\eta_{\text{л}} = f(U)$  та світлового к.к.д.  $\eta = f(U)$ . Для цього необхідно: при допомозі регулятора напруги ТУ змінювати напругу по вольтметру рV від 170 до 240 В з інтервалом 10 В, при цьому записати струм по амперметру рА, потужність по ватметру рР, освітленість Е по люксметру. Результати дослідів та розрахунків вносимо у таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 – Характеристики свіглодіюдної лампи

Результати досліду				Результати розрахунку		
Напруга U, В	Потуж- ність, P, Вт	Струм, A	Освітле- ність, E, Лк	Світловий потік, F <sub>л</sub> , Лм	Світлова віддача, η <sub>л</sub> , Лм/Вт	Світло- вий к.к.д., η, %

2. Зняти і побудувати характеристики для газорозрядних ламп низького тиску: світлового потоку,  $F = f(U)$ , світлової віддачі  $\eta_l = f(U)$  та світлового к.к.д.  $\eta = f(U)$ . Для цього необхідно при допомозі регулятора напруги TV змінювати напругу по вольтметру рV від 170 до 240 В з інтервалом 10 В. При цьому записати потужність по ватметру рP, струм по амперметру рA, освітленість E по люксметру. Результати дослідів та розрахунків вносимо у таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Характеристики газорозрядної лампи низького тиску

Результати досліду				Результати розрахунку		
Напруга U, В	Потуж- ність, P, Вт	Струм, A	Освітле- ність, E, Лк	Світловий потік, F <sub>л</sub> , Лм	Світлова віддача, η <sub>л</sub> , Лм/Вт	Світло- вий к.к.д., η, %

3. По результатам вимірів визначити:

Світловий потік лампи, Лм

$$F_l = 12,72E. \quad (7.1)$$

Світлову віддачу лампи, Лм/Вт

$$\eta_l = \frac{F_l}{P}. \quad (7.2)$$

## Світловий к.к.д лампи

$$\eta = \frac{F_{\text{л}}}{683P} 100 \% . \quad (7.3)$$

Зниження споживаної потужності при використанні світлодіодної лампи у порівнянні із газоразрядною лампою

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100\%, \quad (7.4)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – споживані потужності (при номінальній напрузі) газоразрядної та світлодіодної лампи відповідно, що отримані при однаковому світловому потоці.

### Зміст звіту

1. Тема, мета, принципові електричні схеми для проведення досліду.
2. Паспортні дані електрообладнання на робочому місці.
3. Таблиці з результатами вимірів і розрахунків.
4. Побудовані залежності: світлового потоку  $F = f(U)$ , світловіддачі  $\eta_{\text{л}} = f(U)$  і світлового к.к.д.  $\eta = f(U)$ .
5. Побудовані залежності світлового потоку  $F = f(P)$ .
6. Висновки.

### Контрольні питання

1. Як побудовані газоразрядні лампи?
2. Як побудовані світлодіодні лампи?
3. Які основні світлотехнічні параметри освітлювальних приладів?
4. Пояснити переваги та недоліки газоразрядних та світлодіодних ламп.
5. Як залежить світловий потік газоразрядної та світлодіодної ламп від напруги живлення?

### Список літератури

1. Жилинский Ю. М. Электрическое освещение и облучение / Ю. М. Жилинский, В. Д. Кумин. – М.: Колос, 1982. – 292 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Назаров Г. И. Электропривод и применение электроэнергии в сельском хозяйстве / Г. И. Назаров, Н. П. Олейник, А. П. Фоменков, И. М. Юровский. – М.: Колос, 1972. – 446 с.
4. Навчально-інформаційний портал ТДАТУ.  
<http://nip.tsatu.edu.ua>  
<http://nip.tsatu.edu.ua/>

Надруковано з оригінал-макету замовника  
Підписано до друку 09.04.2019 р.  
Тираж 50 прим.  
Зам. №416  
ІПІ Белець Л.В.  
72319, м. Мелітополь, вул. Байбулатова, 1а

