

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-енергетичний факультет  
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**Джерела живлення електротехнічних установок в АПК**

конспект лекцій

для здобувачів початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми  
здобуття вищої освіти

**Миколаїв**

**2023**

УДК 621.311.6:631.15

Д40

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 27.02.2023, протокол № 7

Укладачі:

Бацуровська Ілона – професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, доктор педагогічних наук, Миколаївського національного аграрного університету;

Чурило Руслан – асистент, кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

Грубань Василь – канд. техн. наук доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу;

Ставинський Анрій - професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, доктор педагогічних наук, Миколаївського національного аграрного університету;

© Миколаївський національний аграрний університет, 2023

## Зміст

Вступ.....	4
Лекція №1: Електроустановка. джерела живлення та їх типи .....	5
Лекція №2 Генератор. Типи генераторів.....	11
Лекція №3. Специфіка та принцип роботи генератора.....	19
Лекція №4. Види генераторів залежно від типу альтернатора .....	23
Лекція №5. Трансформатор. Принцип дії та будова.....	27
Лекція 6. Перетворювач напруги. Різниця між перетворювачем напруги та трансформатором .....	33
Лекція 8. Сонячні батареї. СЕС .....	44
Лекція 9. Вітрогенератори, їх будова, типи та характеристики .....	50
Лекція 10. Гідроелектростанції .....	56
Лекція 11. Атомна електростанція .....	62
Список рекомендованої літератури.....	67

## Вступ

Перша проблема, з якою при конструюванні будь-яких пристроїв стикаються фахівці з електроенергетики – це проблема електроживлення. Їм необхідно враховувати ряд факторів, що визначаються умовами експлуатації, властивостями навантаження, вимогами до безпеки і т.д.

Без електричного струму неможливо уявити сучасне життя. Напруга просто необхідна у побуті, у звичайному житті, а також у промисловості. Найголовніше – чітко підтримувати стабільну роботу електричних систем, адже саме від них залежить комфорт життя чи злагоджена робота виробництва.

Представлений курс лекцій складається з 11 складових частин. Тематика лекцій охоплює такі теми, як: «Електроустановка. джерела живлення та їх типи», «Генератор. Типи генераторів», «Специфіка та принцип роботи генератора» «Види генераторів залежно від типу альтернатора»» Трансформатор. Принцип дії та будова», «Перетворювач напруги. Різниця між перетворювачем напруги та трансформатором», «Сонячні батареї. СЕС», «Вітрогенератори, їх будова, типи та характеристики», «Гідроелектростанції», «Атомна електростанція».

## Лекція №1: Електроустановка. джерела живлення та їх типи

### План лекції:

1. Електротехнічна установка
  2. Малі джерела живлення
  3. Великі джерела живлення
1. Електротехнічна установка

Електротехнічна установка комплекс взаємопов'язаних машин, ліній, апаратів, допоміжного обладнання (рахуючи будівлі та приміщення, в яких вони встановлені), призначені для виробництва, трансформації, передачі, розподілення електричної енергії і перетворення її в інший вид енергії.

Основними нормативними документами для улаштування електроустановок є «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ), а при експлуатації - «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕЕС).

Без електричного струму неможливо уявити сучасне життя. Напруга просто необхідна у побуті, у звичайному житті, а також у промисловості. Найголовніше – чітко підтримувати стабільну роботу електричних систем, адже саме від них залежить комфорт життя чи злагоджена робота виробництва.

В установці схематично зображеної на рис.1.1 основним є джерело електричного струму - генератор. Він перетворює підведену щодо нього механічну енергію в електромагнітну. У генераторі механічна енергія, що повідомляється йому валом двигуна, перетворюється на електричну енергію, спрямовану по проводах. Роботу генератора ми розглянемо потім, а поки що обмежимося вказівкою на те, що генератор може бути джерелом електричного струму і механічний двигун витрачає на його обертання тим більшу потужність, чим більшу потужність віддає генератор.

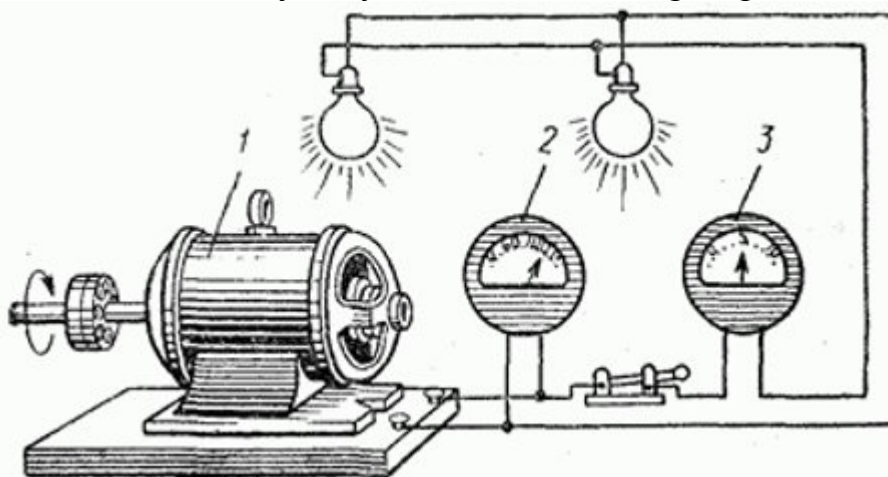


Рис-1 1 Генератор забезпечує енергією лампи розжарювання:  
1 - генератор; 2 - вольтметр ; 3 - амперметр

Найпростіший генератор має два затискачі; до них приєднуються два металеві (наприклад, мідні або алюмінієві) дроти, що з'єднують генератор із споживачем.

На малюнку споживач представлений у вигляді відомих електричних ламп розжарювання.

Уважно придивившись до малюнка, бачимо, що ланцюг електричного струму є замкнутим. Тут є кілька замкнутих ланцюгів із металевих Провідників. Йдучи вздовж дроту, потрапляємо до одного із затискачів лампи розжарювання, проходимо через її металеву нитку, потім повертаємося по зворотному дроту через амперметр і рубильник до лівого генераторного затискача.

Замкненість електричного кола є необхідною умовою для протікання електричного струму.

Якщо розімкнути рубильник, то ланцюг струму виявиться перерваним, струм у ланцюзі протікати не буде і лампи згаснуть.

Це ж вийде, якщо лампа «перегорить», розплавиться її металева нитка. І в цьому випадку електричний ланцюг виявиться незамкненим.

Лампочка розжарювання – найпоширеніший побутовий споживач.

У промисловості та на транспорті споживачем електричної енергії служать різноманітні електричні двигуни, електричні печі та інші технологічні установки.

Джерело живлення - елемент електричного кола, в якому зосереджена електрорушійна сила.

Джерела живлення характеризуються значенням електрорушійної сили і внутрішнього опору.

До джерел живлення належать гальванічні елементи, електрохімічні батареї, акумулятори, термопари, сонячні батареї, електричні генератори тощо.

В залежності від виду електрорушійної сили джерела живлення поділяють на джерела живлення постійного струму і джерела живлення змінного струму.

Розрізняють первинні джерела живлення, які безпосередньо перетворюють інші види енергії в електричну і вторинні джерела живлення, які виконують роль проміжних перетворювачів електричної енергії, такі як блоки живлення електронних приладів, трансформатори тощо.

Джерела живлення – це пристрої зі входною стороною та ізольованою вихідною стороною (Рис.1.2)

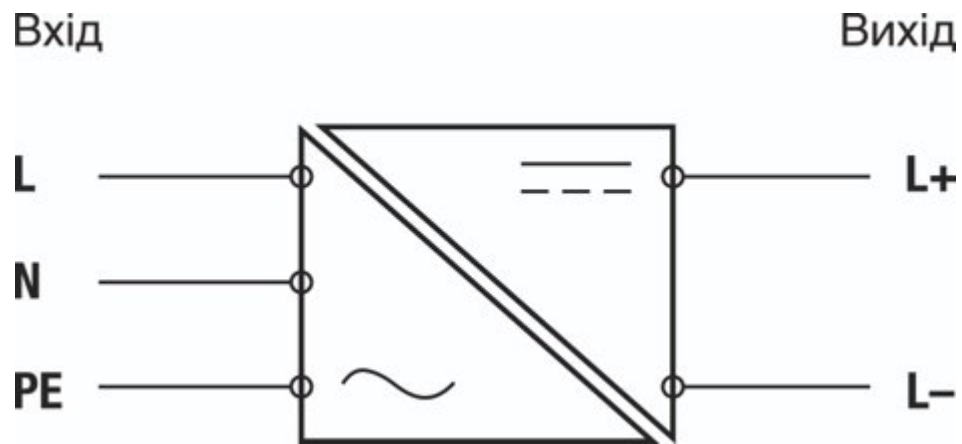


Рис-1 2. Джерело живлення

Незалежно від технології, що застосовується, джерела живлення – це пристрої зі входною стороною та ізолюваною вихідною стороною.

Основні критерії під час вибору джерела живлення такі:

**Для входної сторони:**

- Вхідна напруга
- Первинне заземлення
- Споживання струму
- Затискаючий струм
- Вхідний запобіжник
- Частота
- Живлення постійного струму
- Буферизація відключення електроенергії
- Корекція фактора потужності (PFC = power factor correction)

**Для вихідної сторони виходу:**

- Вихідна напруга
- Вторинне заземлення
- Струм короткого замикання
- Залишкова пульсація
- Вихідні характеристики

В технологічному плані, однак, існує два основних різних конструктива:

- Нерегульований;
- Регульований.

Регульовані варіанти своєю чергою діляться на джерела живлення з лінійним регулюванням та імпульсні джерела живлення.(Рис. 1.3)



Рис-1 3 Конструктиви джерел живлення

## 2 Малі джерела живлення

**Великі джерела живлення** — електрична машина постійного струму (генератор), що перетворює механічну енергію на електричну. Дія генератора постійного струму ґрунтується на явищі електромагнітної індукції: збудженні змінної електрорушійної сили в обмотці ротора (якоря), при його обертанні в основному магнітному полі, створюваному обмоткою збудження на полюсах. Обмотка ротора з'єднана з колектором (механічним перетворювачем змінної ЕРС на постійну напругу), по пластинах якого ковзають контактні щітки, підключаючи обмотку до зовнішнього електричного кола. Розрізняють генератори постійного струму з незалежним збудженням (від стороннього джерела струму) і з залежним збудженням (самозбудженням), зумовленим залишковим магнетизмом у станині й полюсах. Потужність генераторів постійного струму — від кількох ват до десятків тисяч кіловат, напруга — від одиниць до сотень і тисяч вольт. ККД їх при повному навантаженні — від 0,7 (малопотужні генератори) до 0,96 — генератори великої потужності. Генератори постійного струму застосовують для живлення постійного струму електродвигунів, у зварювальних пристроях, електричних установках літаків, тепловозів, автомобілів, у пристроях автоматики (мікрогенератори постійного струму), для електролізу тощо.

**Трансформатор** — статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції однієї або кількох систем (напруг) змінного струму в одну або декілька інших систем (напруг) змінного струму без зміни частоти системи (напруги) змінного струму.

Трансформатори широко застосовуються в лініях електропередач, в розподільних та побутових пристроях. При високій напрузі й малій силі струму передача електроенергії відбувається з меншими втратами. Тому, зазвичай лінії електропередач є високовольтними. Водночас побутові й промислові машини вимагають великої сили струму й малої напруги, тому перед споживанням електроенергія перетворюється в низьковольтну.



Трансформатори знайшли застосування також у різних випрямних, підсилювальних, сигналізаційних та інших пристроях.

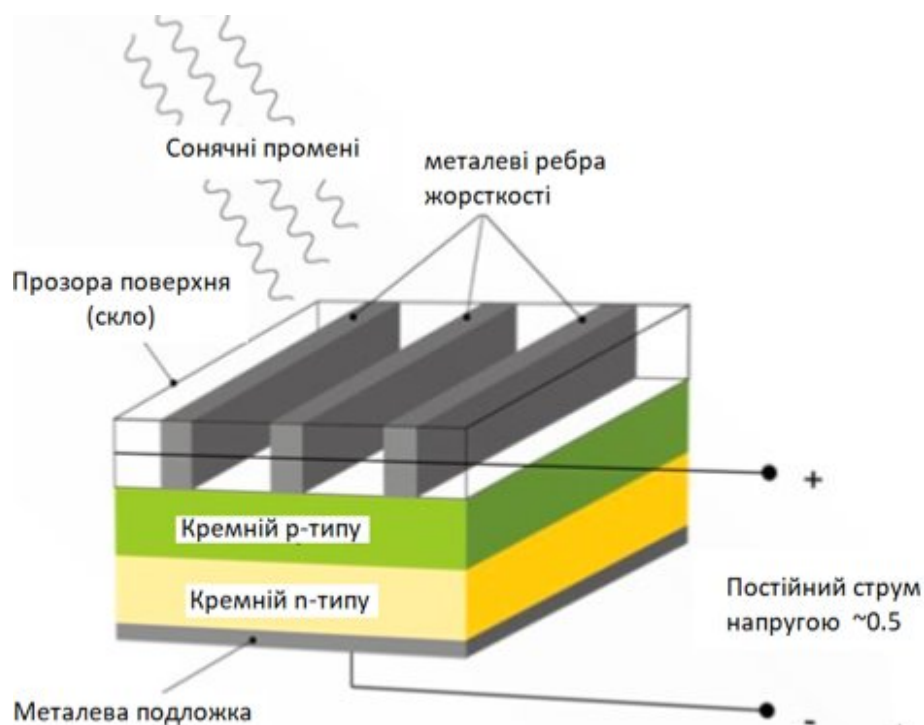
**Понижуючий перетворювач напруги** – це перетворювач, який слугує для перетворення високої напруги в більш низьку стабілізовану напругу. Містить ключовий транзистор, діод, фільтр і навантаження, перетворювач передає енергію невеликими порціями від джерела живлення в навантаження. Незважаючи на збільшені, в порівнянні з лінійними стабілізаторами, габарити і порівняно великий рівень пульсацій, ці перетворювачі мають істотну перевагу - високий ККД. Тому вони знаходять широке застосування в електронній апаратурі.

Напруга  $U_n(t)$  на виході регулюючого елемента є імпульсною. Для отримання на навантаженні постійної напруги, яка дорівнює середньому значенню вихідної напруги  $U_n$ , між регулюючим елементом і навантаженням включають згладжуючий фільтр. Найчастіше в імпульсних регуляторах використовують індуктивний фільтр.

**Електричний акумулятор** - хімічне джерело струму (насправді джерело напруги) - джерело ЕРС багаторазового дії, основна специфіка якого полягає в оборотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове циклічне використання (через заряд-розряд) для накопичення енергії та автономного електроживлення різних електротехнічних пристроїв і обладнання, а також для забезпечення резервних джерел енергії в медицині, виробництві та в інших сферах.

### 3. Великі джерела живлення

**Сонячні батареї** - панелі, що перетворюють сонячне світло в електроенергію. (Рис.1.4)



#### *Рис-1 4 Побудова сонячної панелі*

У професійних колах панелі, що перетворюють сонячне світло в електроенергію, називають фотоелектричними перетворювачами, які в розмовній мові або при написанні зрозумілих для широких мас статей прийнято називати сонячними батареями. Принцип роботи цих пристроїв, перші робочі екземпляри яких з'явилися досить давно, насправді досить простий для розуміння людиною, що має тільки знання зі шкільної лави.

На зображенні вище можна бачити, що верхній шар р-n переходу, який володіє надлишком електронів, з'єднаний з металевими пластинами, які виконують роль позитивного електрода, пропускають світло і додають елементу додаткову жорсткість. Нижній шар в конструкції сонячної батареї має недолік електронів і до нього приклеєна суцільна металева пластина, яка виконує функцію негативного електрода.

Вітряк - це млин, що використовує силу вітру як джерело енергії.

Коли циліндрична структура, як труба, стоїть на шляху рідини або вітру, відбувається явище, зване вихорами Кармана. Рідина або повітря утворюють циклічність, закручену в спіральному русі, що робить коливання з боків. Він має аеродинамічне пояснення і розшифроване фізиком Теодором фон Карманом в 1911 році.

Вітряк - це млин, що використовує силу вітру як джерело енергії. У деяких місцевостях вітряки використовують для помпування води, вимолочування або подрібнення зерна, розпилу деревини.

Принцип роботи гідроелектростанцій заснований на перетворенні потенційної енергії падаючої води в кінетичну енергію обертання турбіни, пов'язаної з генератором, що перетворює кінетичну енергію в електричну. Перші гідроелектростанції ставилися до проточного типу, при якому вода ріки не подпружувалась, а просто пропускала через турбіну. Для них потрібен великий перепад рівнів річки, наприклад як на Ніагарському водоспаді, де і була побудована перша гідроелектростанція подібного типу. На сучасних гідроелектростанціях зводяться величезні греблі для збільшення обсягу води, рівномірно пропускається через турбіни. Гребля не тільки створює вмістилище для накопичення води, але і підвищує її рівень. При цьому збільшується потенційна енергія води, що призводить до зростання кінетичної енергії обертання турбіни і в кінцевому результаті - до збільшення вироблюваної електроенергії. Вода з водосховища по напірному трубопроводу направляється на горизонтально обертові лопості турбіни, з'єднаної з генератором. Зазвичай на гідроелектростанціях використовується багато турбогенераторних агрегатів. ККД гідроелектростанцій становить 60-70%, т. Е. 60-70% енергії падаючої води перетворюється в електричну енергію.

Атомна електростанція (АЕС) — ядерна установка для виробництва енергії в заданих режимах та умовах застосування, що розташовується в межах визначеної проектом території, на якій для здійснення цієї мети

використовується ядерний реактор (реактори) та комплекс необхідних систем, пристроїв, обладнання та споруд з необхідними працівниками.

### **Принцип роботи.**

У ядерному реакторі внутрішньоядерна енергія перетворюється в теплову, яка відводиться теплоносієм по трубопроводах першого контуру в парогенератор, де через поверхню нагріву тепло передається робочому тілу. Охолоджений теплоносій за допомогою головного циркуляційного насоса (ГЦН) знову направляється в реактор, і контур замикається. Робочим тілом служить звичайна вода, що генерується в пар. Пар по трубопроводу робочого контуру направляється в турбогенератор, в якому послідовно теплова енергія перетворюється в механічну, а механічна - в електричну.

Відпрацьований пар конденсується в конденсаторі і прокачується конденсатними насосами через регенеративну систему низького тиску. Далі за допомогою живильних насосів вода, пройшовши через регенеративну систему високого тиску, знову надходить в парогенератор.

Така принципова схема так званих двоконтурних АЕС, найбільш поширених в даний час. Залежно від типу ядерного реактора можливі одноконтурні, двоконтурні і трьохконтурні ядерні енергетичні установки.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## **Лекція №2 Генератор. Типи генераторів**

### **План лекції:**

- 1. Електричний генератор**
- 2. Типи генераторів**
- 3. Двигун Стельзера**

#### **1. Електричний генератор**

**Електричний генератор** — пристрій, призначений для перетворення енергії механічного руху на енергію електричного струму, здебільшого з використанням принципу електромагнітної індукції. Електричний генератор є електричною машиною з дією, протилежною дії електродвигуна. Завдання джерела механічної енергії для генератора, можуть виконувати: парова машина чи парова турбіна, потік води, що обертає колесо, вітер, двигун внутрішнього згоряння або навіть сила людини.

До відкриття зв'язку між магнетизмом та електрикою, було винайдено електростатичні генератори. Вони працювали на електростатичних

принципах, з використанням рухомих електрично заряджених стрічок, пластин і дисків, що несли заряд до високовольтного електроду. Заряд створювався з застосуванням будь-якого з двох способів: електростатичної індукції або трибоелектричного ефекту. Такі генератори виробляють дуже високу напругу і низький струм. Через їх неефективність та складності ізолювання машин (дуже високі напруги), а також, низьку номінальну потужність, електростатичні генератори ніколи не використовувалися для вироблення доцільно значущих обсягів електроенергії. Їх єдиними практичними застосуваннями, були перші рентгенівські трубки, а згодом деякі пошвидшувачі атомних частинок.

До відкриття зв'язку між магнетизмом та електрикою, було винайдено електростатичні генератори. Вони працювали на електростатичних принципах, з використанням рухомих електрично заряджених стрічок, пластин і дисків, що несли заряд до високовольтного електроду. Заряд створювався з застосуванням будь-якого з двох способів: електростатичної індукції або трибоелектричного ефекту. Такі генератори виробляють дуже високу напругу і низький струм. Через їх неефективність та складності ізолювання машин (дуже високі напруги), а також, низьку номінальну потужність, електростатичні генератори ніколи не використовувалися для вироблення доцільно значущих обсягів електроенергії. Їх єдиними практичними застосуваннями, були перші рентгенівські трубки, а згодом деякі пошвидшувачі атомних частинок.

Принцип роботи електромагнітних генераторів, було виявлено у 1831—1832 роках, Майклом Фарадеєм. Принцип, який пізніше назвали законом Фарадея, полягає у тому, що в електричному провіднику, який оточує мінливий магнітний потік, виникає електрорушійна сила.

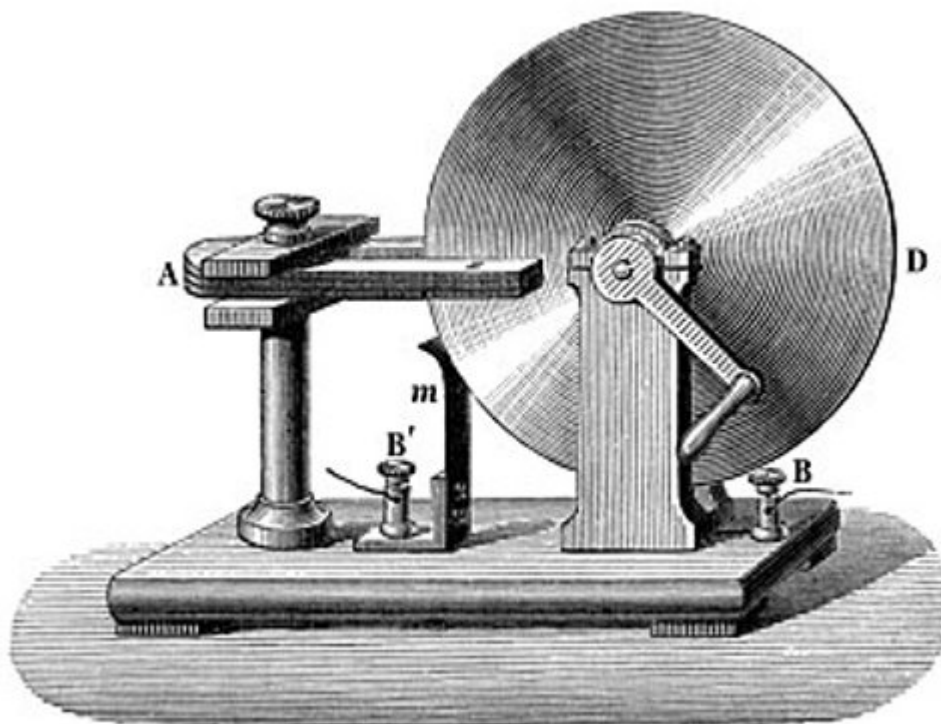
Він також побудував перший електромагнітний генератор, званий фарадеївським диском; типу гомополярного генератора, з використанням мідного диска, що обертається між полюсами підковоподібного магніту. Це давало невелику напругу постійного струму.

Ця будова була неефективною через протидію самонавідних струмів у ділянках диска, які не перебували під впливом магнітного поля. У той час як струм індукувався безпосередньо під магнітом, зворотний струм протікав в областях, які були поза впливом магнітного поля. Ця протитечія, обмежувала вихідну потужність на знімних дротах та викликала нагрів мідного диска. У пізніших гомополярних генераторах, цю проблему було вирішено, використанням декількох магнітів, розташованих навколо периметра диска, щоби підтримувати стійкий вплив поля в одному напрямку потоку.

Іншою вадою було те, що вихідна напруга була дуже низькою через одиничний струм крізь магнітний потік. Дослідники виявили, що використання декількох витків дроту у котушці, може привести до більш високих і більш корисних напруг. Оскільки вихідна напруга пропорційна кількості витків, генератори можуть бути легко спроектовані для отримання

будь-якої бажаної напруги шляхом зміни кількості витків. Дротяні обмотки стали основною особливістю всіх наступних будов генератора.

Диск Фарадея (Рис 2.1) був першим електричним генератором. Магніт у формі підкови (A) створював магнітне поле крізь диск (D). Коли диск обертався, це викликало радіальний електричний струм, ззовні від центру до краю. Поточний струм, проходить крізь пружинний контактний ковпачок *m* по зовнішньому колу і назад у центр диска крізь вісь.



*Рис. 2 1 Диск фарадея*

## **2. Типи генераторів**

Генератори поділяються на генератори змінного струму й генератори постійного струму.

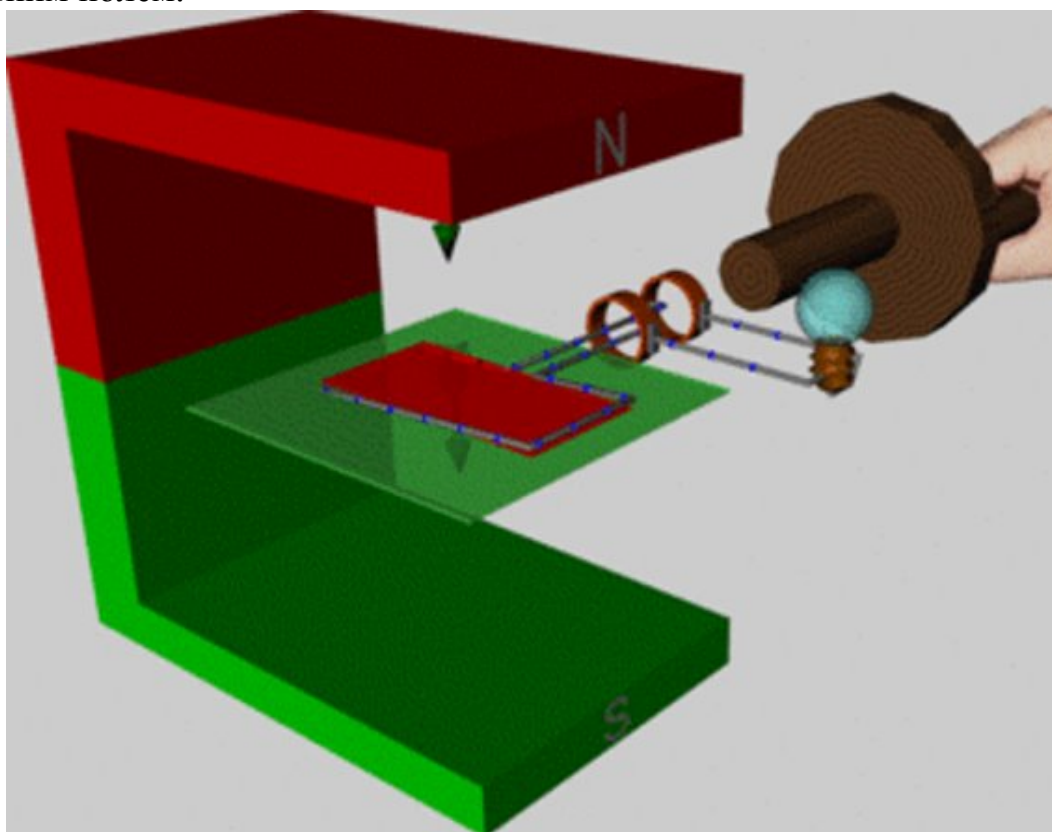
Більшість генераторів використовує механічну енергію обертання. На відміну від них магнітогідродинамічні генератори використовують пряме розділення зарядів в потоці гарячого газу крізь магнітне поле, а тому не мають у своїй будові обертючих частин.

Електричний генератор складається з двох основних частин: рухомої — ротора й нерухомої — статора (Рис 2.2). Одна з цих анімація, що показує принцип роботи синхронного генератора змінного струму. Кільця на валу передають змінну напругу у зовнішнє коло. частин, індуктор, використовується для створення магнітного поля, на іншій (якорі) намотані обмотки, з яких знімається електричний струм. Для створення магнітного поля використовуються постійні магніти, або електромагніти. Згенерований великий струм зручніше знімати з нерухомої обмотки, тому в генераторах змінного струму магніти змонтовані здебільшого на роторах.

Для усіх електричних генераторів, які використовують електричну індукцію, принцип перетворення механічної пульсова напруга постійного

струму (колектор на кривошипній осі) потужності на електроенергію, однакові. Механічна потужність подається на генератор у вигляді обертання механічного валу. Перетворення засновано на силі Лоренца, яка діє на рухомі електричні заряди у магнітному полі. Якщо провідник рухається поперек (перпендикулярно) до магнітного поля, сила Лоренца діє на заряди у провіднику у напрямку цього провідника і, таким чином, приводить їх у рух. Цей зсув заряду, викликає різницю потенціалів і генерує електричну напругу між кінцями провідника. У суміжній анімації має значення лише зміщення провідника (або двох відповідних секцій котушки) перпендикулярного магнітному полю. Це показується червоною областю. Чим більше змінюється площа за час зміни, тим вище напруга. Для збільшення напруги використовуються кілька провідників, з'єднаних послідовно у вигляді котушки.

Цей спосіб роботи, слід відрізнити від принципу електростатичних генераторів, в яких зсув електричних зарядів відбувається електричним, а не магнітним полем.

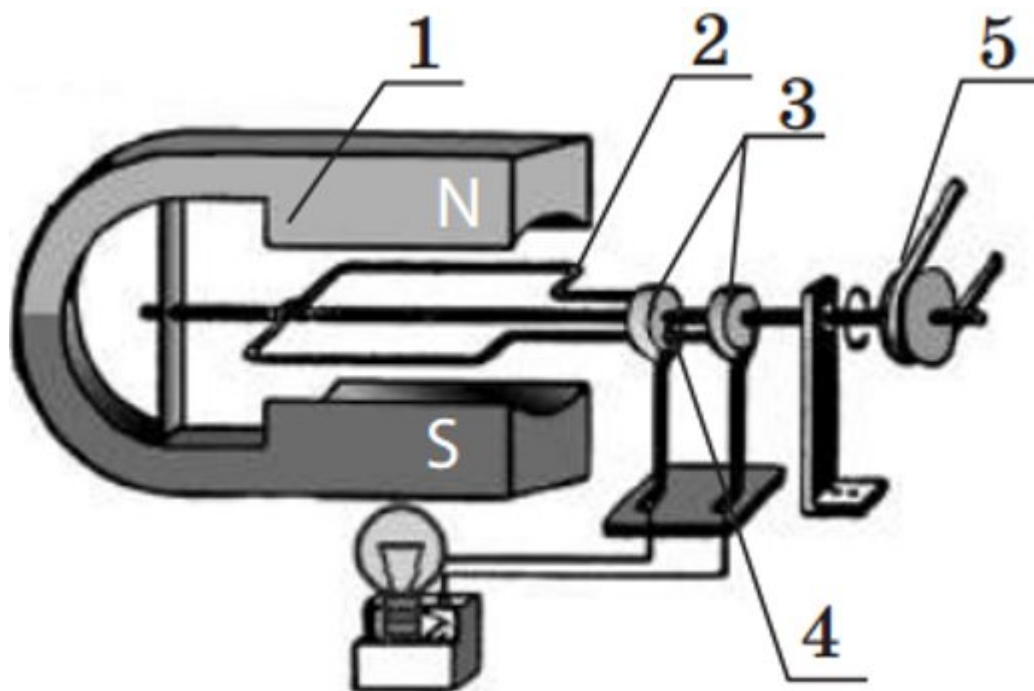


*Рис. 2.2 Будова та спосіб дії генератора*

Джерело електричної енергії, що створює ЕРС, яка періодично змінюється, називають генератором змінного струму.

Найпростіший індукційний генератор змінного струму (рис. 2.3) являє собою металеве осердя, в пази якого вкладено обмотку (дротяна рамка 2). Кінці обмотки з'єднані з кільцями 3, до кожного з яких притиснута щітка 4 для відведення напруги до споживача. Осердя з обмоткою обертається в магнітному полі нерухомого постійного магніту 1 або електромагніту.

Обертovu частину генератора називають ротором, нерухому частину – статором.



*Рис. 2.3 Найпростіший індукційний генератор змінного струму*

Для одержання ЕРС індукції не має значення, що слугуватиме ротором – рамка, яка обертається в магнітному полі нерухомого електромагніту, чи електромагніт, який обертається всередині нерухомої рамки. І в тому, і в іншому випадках магнітний потік, що пронизує рамку, змінюється.

В сучасних потужних генераторах (рис. 2.4) ротором є електромагніт 1, що являє собою великий циліндр, у пази якого вкладено обмотку 2. До обмотки ротора через колектор подається напруга від джерела постійного струму. Обмотки статора 4, в яких створюється ЕРС індукції, вкладають у пази нерухомого порожнистого важкого металевого циліндра 3, виготовленого, як і осердя сталі.

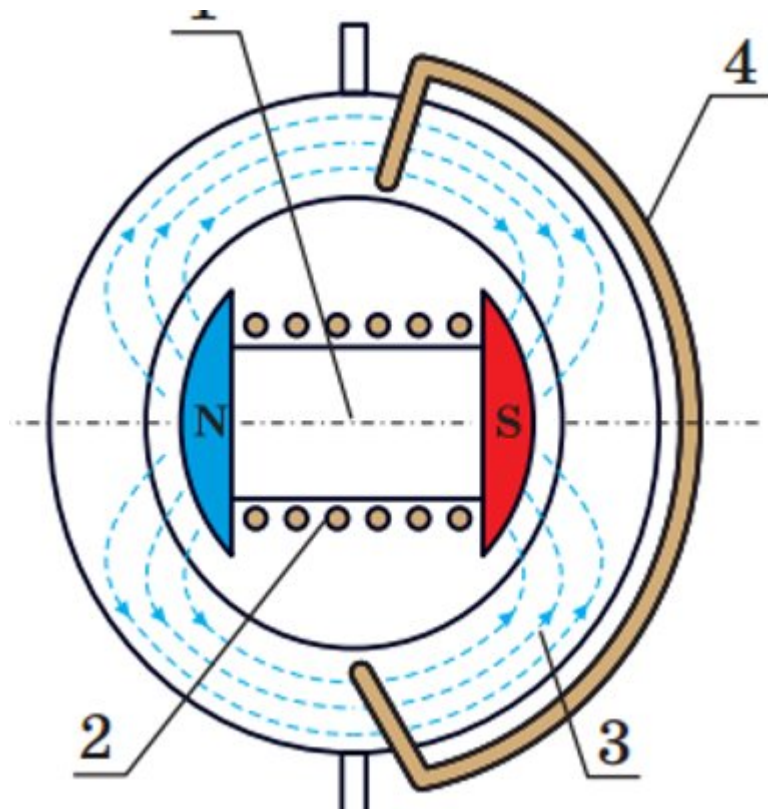


Рис. 2 4 Схема двополюсного генератора

**Гомополярний генератор** являє собою електричний генератор постійного струму, що містить електропровідний диск або циліндр, який обертається у площині, перпендикулярній до однорідного статичного магнітного поля. Різниця потенціалів створюється між центром диска та ободом (або кінцями циліндра), електричною полярністю залежно від спрямованості обертання та орієнтації поля.

Він також відомий як однополярний генератор, ациклічний генератор, дискове динамо або диск Фарадея. Напруга зазвичай невелика, порядку декількох вольт у разі невеликих демонстраційних моделей, але великі дослідницькі генератори можуть виробляти сотні вольт, а деякі системи мають кілька генераторів послідовно, задля створення ще більшої напруги. Вони незвичайні у тому, що можуть виробляти величезний електричний струм, більше ніж на мільйон ампер, тому що гомополярний генератор може мати дуже низький внутрішній опір.

**Магнітогідродинамічний** генератор витягує електричну енергію безпосередньо, з рухомих гарячих газів крізь магнітне поле, без використання обертових електромагнітних складових. Від самого початку, МГД-генератори були розроблені, тому що плазма на виході МГД-генератора є полум'ям, здатним нагрівати котли парової електростанції. Першим практичним проектом був AVCO Mk. 25, розроблений 1965 року. Уряд США профінансував істотний розвиток МГД, кульмінацією якого, 1987 року, став демонстраційний агрегат потужністю 25 МВт. У колишньому Радянському Союзі з 1972 року до кінця 1980-х років, МГД-установка потужністю 25 МВт, знаходилася у постійній комерційній експлуатації в Московській



енергосистемі, та була найбільш потужною, на той час, у світі. Станом на 2007 рік, МГД-генератори, що працюють у якості оборотного циклу, стали менш ефективними, за газові турбіни комбінованого циклу.

### **Індукційний генератор**

Індукційні двигуни змінного струму, можуть використовуватися як генератори, шляхом перетворення механічної енергії на електричний струм. В індукційних генераторах ротор механічно обертається швидше, за синхронну швидкість, що дає негативне ковзання. Звичайний асинхронний двигун змінного струму, може використовуватися як генератор без будь-яких внутрішніх удосконалень. Індукційні генератори корисні для таких застосувань, як міні-електростанції, вітряні турбіни або для зменшення потоків газу високого тиску до більш низького тиску, оскільки вони можуть відновлювати енергію за допомогою відносно простих елементів керування. Вони не вимагають схеми збудження, тому що обертове магнітне поле, забезпечується індукцією з кола статора. Вони також, не вимагають регулятора швидкості, оскільки за своєю суттю, працюють на частоті приєднаної мережі.

Для роботи, індукційний генератор повинен бути збуджений підвідною напругою; це, як правило, здійснюється приєднанням до електромережі, або іноді вони самозбуджуються за допомогою фазових конденсаторів.

### **Лінійний генератор.**

Лінійний генератор (також званий індукційним або шейкерним генератором) в його простій формі, може бути втілений за допомогою двигуна Стельзера. У цьому разі, на обох боках вільного ходу є котушка, в яку занурено кінець поршня, на котрому розташовано магніт. Частота виробленої змінної напруги, залежить від частоти вільного ходу поршня та змінюється залежно від навантаження.

### **3.Двигун Стельзера**

Окремим прикладом застосування цього способу, є ліхтарі Schüttel. Струшування, призводить до того, що сильний неодимовий магніт, переміщається крізь котушку. Виробленої напруги, досить для зарядки двошарового конденсатора (від 1 до 2 Фарад та від 3 до 4 вольт), який згодом може живити одну або кілька світлодіодних ламп протягом тривалого періоду часу. Іншим прикладом застосування лінійних генераторів, є накопичувачі, оснащені ним (наприклад, у розмірі AA або AAA), які можуть використовуватися повсюдно для подібнихощадних пристроїв.

Майже усі сучасні генератори меншої потужності, є трифазними асинхронними машинами, у той час як великі генератори (приблизно від 0,1 МВт), та й генератори в автомобілях і на велосипедах, це синхронні електромашини. Лише синхронні генератори, здатні забезпечити не лише активну, але й реактивну потужність, потрібну для електростанцій.

Назва синхронний генератор означає, що частота напруги, котра ним виробляється, відповідає швидкості обертання ротора. Ротор, який також називається полюсним колесом, має електричні обмотки, котрі забезпечують

магнітне поле. Ротор живиться за допомогою постачання електрики з зовнішнього джерела постійного струму. Це може бути генератор постійного струму, встановлений на валу основного генератора (самонамагнічення) або окремих випрямляч (DC) на основі напівпровідникової технології. Ротор створює обертове магнітне поле, і це викликає напругу в обмотках статора. Обмотки у статорі встановлюються в канавки з внутрішнього боку і приєднуються до зовнішньої електричної мережі. Обмотки статора, також називаються якірними секціями. Залежність між числом пар полюсів на полюсному колесі, геометричним розташуванням якірних секцій і швидкістю обертання ротора, визначають частоту напруги та фазовий зсув.

Для прикладу, щодо частоти 50 герц: вважається, що парова турбіна найефективніше працює за 3000 обертів на хвилину, число полюсів генератора, дорівнює двом (північний та південний); для дизельного двигуна, який застосовується на дизельних електростанціях, найкращий режим роботи — 750 обертів на хвилину, тоді генератор повинен мати 8 полюсів (4 пари); важкі та тихохідні гідравлічні турбіни на великих гідроелектростанціях, працюють зі швидкістю 150 обертів на хвилину, тож генератор може мати 40 (20 пар) полюсів.

Статор великого турбогенератора AEG-Turbinenfabrik, Берлін, 1955. Зверніть увагу, що обмотки посідають всю протяжність статора — це називається розподіленою обмоткою. Такий різновид намотування генератора, є одним з декількох способів, спрямованих на те, щоби напруга на виході генератора, була якнайбільше синусоїдальною.

В сучасних енергосистемах, паралельно приєднано сотні або тисячі генераторів. Таким чином, як напруга, так і частота окремих генераторів, в основному визначаються іншими машинами в енергосистемі. Для розподільної мережі дуже важливо, що синхронні машини, географічно розділені сотнями кілометрів, працюють з однаковою частотою. Проте всі основні генератори, повинні мати регулятор швидкості та напруги, щоби частота і напруга енергосистеми, були досить постійними. Хоча один генератор являє собою лише дуже невелику частину продуктивності системи, всі пристрої, повинні підтримувати постійну частоту та швидкість обертання. Виняток, становлять невеликі генератори на переносних електростанціях, які можуть бути спрощеними і дешевшими без цих регуляторів.

Великі енергосистеми, виграють від того, що можуть мати високу надійність, проте загальна запасна потужність, не повинна бути невідповідно великою. Резервна потужність, означає складові системи — (генератори або лінії електропередач), які не працюють (часто звані «холодним» запасом) або використовуються не на повну потужність (обіговий «гарячий» запас). Це вигідно під час досягнення перевантаження, але, натомість, сприяє поганому використанню інвестованого капіталу. Різні джерела енергії можуть застосовуватися на великій географічній території, наприклад, практично вся Північна Америка приєднана до єдиної енергосистеми. Електростанції часто дуже складні та дорогі, тому заощадження за рахунок їх об'єднання,

привабливе для використання в розгалуженій взаємозалежній системі, де джерелами енергії, є величезні електростанції.

QR-код на презентацію до даної лекції:



### **Лекція №3. Специфіка та принцип роботи генератора**

#### **План лекції:**

- 1. Генератори**
- 2. Будова дизельного генератора.**
- 3. Переваги дизельних генераторів**

#### **1. Генератори**

**Генератори** – це зручні у користуванні прилади, які являються провідниками електричного струму за умов від'єднання від електромережі та запобігають зупинці перманентної дії або порушенню промислових операцій. Генератори доступні як в електричних, так і фізичних конфігураціях задля широкомасштабного використання.

Електричний генератор це пристрій, який конвертує механічну енергію, отриману від зовнішнього джерела, у вихідну електричну енергію.

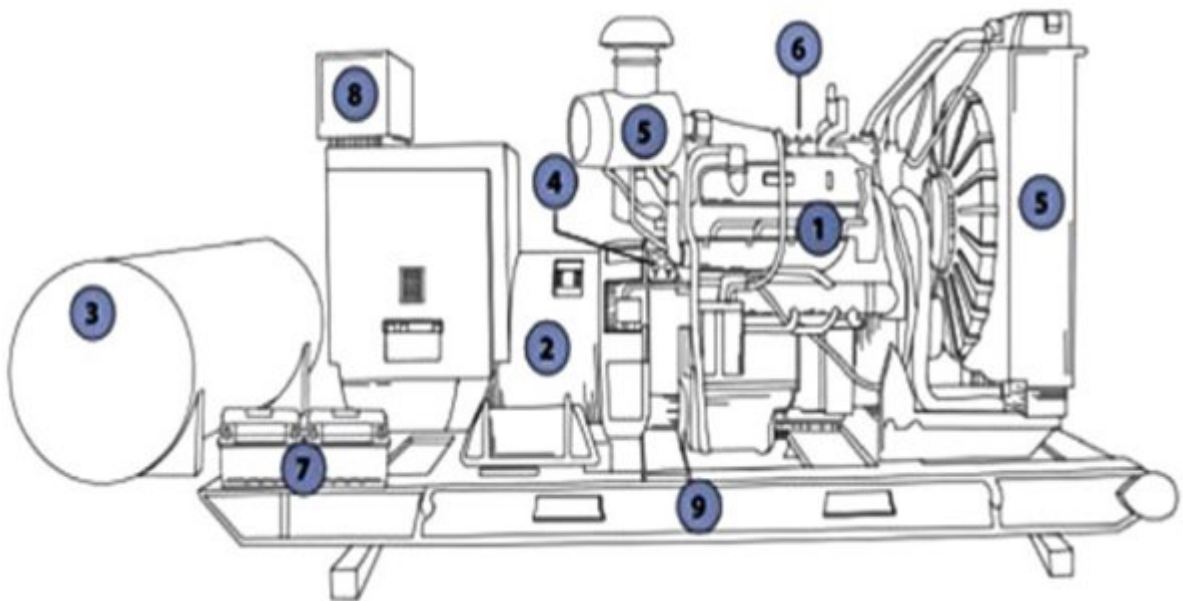
Важливо знати, що генератор насправді не «створює» електричну енергію. Замість цього прилад використовує механічну енергію, яка подається до нього, щоб спрямувати рух електричних зарядів, що перебувають у дроті, через зовнішній електричний ланцюг. Цей потік електричних зарядів складає вихідний електричний струм, що подається генератором. Принцип роботи такого механізму зрозумілий, якщо врахувати те, що генератор є аналогом водяного насоса, який сприяє потоку води, однак не «створює» воду, яка тече через нього.

Новітні генератори виконують свою роботу за принципом електромагнітної індукції, вперше дослідженої Майклом Фарадеєм. Винахідник зробив відкриття, відповідно до якого заряджений електричний потік може бути викликаний перенесенням безпосереднього провідника електроенергії, такого як дріт з електричним зарядом, до магнітного поля. Це переміщення генерує різну напругу між двома кінцями дроту або провідника електроенергії, що спричиняє електричні заряди, які надалі будуть створювати електричний струм.

## 2. Будова дизельного генератора.

Розглянемо основні складники генератора на прикладі дизельного (рис. 3.1):

1. Двигун
2. Генератор змінного струму
3. Паливна система
4. Регулятор напруги
5. Система охолодження
6. Змащувальна система
7. Зарядний пристрій
8. Панель керування
9. Головна конструкція каркаса



*Рис. 3. 1. Дизельний генератор*

1. **Двигун** є джерелом механічної енергії, що постачається до генератора. Розмір двигуна прямо пропорційний максимальній вихідній енергії, яку може забезпечити генератор. До того ж, паливо, що використовується в двигунах, залежить від габаритів самого пристрою. Двигуни малої ємності працюють на дизельному паливі, в той час як більші двигуни – на природному газу, бензині, а також на пропані у зрідженій або газоподібній формі.

Крім того, всередині циліндру двигуна є спеціальний чоховий рукав, що являється своєрідною обшивкою, яка в свою чергу запобігає зношенню внутрішньої конструкції.

Науковці створили ще один вид двигуна, такий, як двигун з верхнім розташуванням клапанів. Така конструкція відрізняється від інших двигунів, оскільки впускні та випускні клапани розташовані в передній частині циліндра двигуна. Такі двигуни зручні у використанні завдяки компактному дизайну, легкому принципу роботи, масивності каркасу, низьких рівнях

шуму та забруднення навколишнього середовища під час роботи. Однак, вартість двигунів такої якості значно вища за інші.

**2. Генератор** змінного струму є частиною генератора, який перетворює механічну вхідну енергію двигуна на електричну вихідну. У ньому містяться непорушні та рухомі деталі, які в подальшій роботі спричиняють рух між магнітним та електричним полями, які створюють електричну енергію, а його металевий корпус забезпечує довговічність пристрою.

Прикладом нерухомої деталі є статор. У ньому міститься набір провідників електроенергії, намотаних на котушки. Ротор – це рухомий компонент, який обертається всередині магнітного поля за допомогою індукції, магнітів, джерела постійного струму.

**3. Паливна система.** Паливний бак зазвичай має достатню ємність та потужність, аби забезпечити генератору роботу протягом 6 – 8 годин. Труби паливного бака та двигуна з'єднані між собою. По них паливо постачається з бака до двигуна (лінія подачі), а потім з двигуна в резервуар (лінія віддачі). Вентиляційна труба запобігає накопиченню тиску або вакууму під час наповнення та осушення установки. Переливна труба як посередник між паливним баком та дренажною трубою не дозволяє переповнювати бак під час заправки та попереджає потрапляння рідини на генератор. Електричний паливний насос постачає паливо з резервуару до денного баку. Фільтр очищує паливо від води та домішок задля уникнення корозії та забруднення. Розпилювач палива розпорошує потрібну кількість палива у камеру згоряння двигуна.

**4. Регулятор напруги** регулює вихідну напругу генератора та перетворює її змінний струм в постійний. Потім регулятор напруги скеровує цей постійний струм на набір вторинних обмоток в статорі, які, в свою чергу, генерують потік змінного струму. У даних обмотках містяться випрямлячі струму, які відповідають за конвертування струму в постійний. Цей потік постійного струму подається до ротора (установки) для створення змінного струму відповідно.

Цей цикл продовжується до тих пір, поки генератор не почне виробляти вихідну напругу, яка дорівнює її повній робочій здатності. За умов більшої ємності генератора, регулятор напруги продукує менший потік змінного струму. Коли генератор працює на повну, цей регулятор спричиняє достатній потік постійного струму для підтримки генератора при повному ході роботи.

**5. Система охолодження.** За умови безперервної роботи генератора (обов'язково у добре провітрюваному приміщенні), його елементи певною мірою нагріваються. Для цього і необхідна система охолодження та вентиляції, щоб вилучити тепло, яке утворилося у ході роботи. Для охолодження зазвичай застосовують прісну воду або водень, які вилучають тепло з генератора та транспортують його через теплообмінник до вторинної обмотки, у якій міститься вода з мінералами в якості охолоджувача.

Вихлопна система. Вихлопні гази, що випускаються генератором, подібні до тих, що виникають у дизельних чи газових двигунах та містять отруйні токсичні речовини. Тому, необхідно забезпечити дизельний генератор якісною вихлопною системою для утилізації небезпечних газів. Вихлопні труби, як правило, виготовляються з чавуну, кованого заліза або сталі для більшої безпеки. Адже отруєння чадним газом залишається однією з найпоширеніших причин смерті на підприємствах.

**6. Змащувальна система.** Оскільки всередині генератора наявні рухомі деталі, він потребує регулярного змащення спеціальними мастилами задля довговічності та плавного ковзання по внутрішній конструкції генератора.

**7. Зарядний пристрій.** Запуск генератора відбувається за допомогою батарейок, а його зарядження – за допомогою автоматичного акумулятора. Якщо напруга при зарядженні дуже висока, то це скорочує термін служби акумулятора. Зарядні пристрої виготовляються з нержавіючої сталі, для запобігання корозії.

**8. Панель керування** містить інтерфейс з різними положеннями, датчики параметрів двигуна (тиск масла, температура теплоносія, напруга акумулятора, швидкість обертання двигуна та тривалість роботи), датчики генератора (лічильники для вимірювання вихідного струму та напруги, робочої частоти), а також автоматичний запуск та вимикання. Інші елементи керування включають в себе перемикач фазового селектора, частотний вимикач та перемикач керування двигуном (ручний режим, автоматичний режим).

**9. Каркас.** Всі дизельні генератори мають заземлений міцний корпус для забезпечення кріплення всіх частин одна з одною.

### **3. Переваги дизельних генераторів**

Дизельні генератори забезпечують безперервний рівномірний потік напруги на інших пристроях, що дозволяє регулювати коливання.

Вони призначені для стабільного використання та мають меншу кількість рухомих частин на відміну від інших типів генераторів. А отже, вони не так часто потребують технічного обслуговування та ремонту.

Дизельні генератори більш заощадливі за бензинові. Це забезпечує довшу тривалість робочого циклу при однаковій потужності.

Дизельне паливо дешевше, ніж бензин, тому, що дизельні генератори дешевші у користуванні. Частково це пов'язано з тим, що дизельні двигуни не мають свічок запалювання або карбюраторів. Основною постійною вимогою до обслуговування дизельного двигуна є регулярна заміна мастила.

Також однією з переваг таких видів генератора є його довговічність. На відміну від бензинового генератора, дизельний працює на 3 роки довше. Крім того, дизельне паливо менш легкозаймисте в порівнянні з бензином.

Уникнення потенційних збитків

Однією з найпоширеніших причин пошкодження дизельних генераторів є їх недостатня завантаженість. Тобто, дизельні генератори

працюють більш ефективно саме на великій потужності. Під час виконання задач при низькій потужності вони можуть виділяти вуглекислий газ. У результаті, сажа і залишки від невикористаного пального можуть накопичуватися і забивати поршневі кільця генератора.

Чим довше це триває, тим більш негативно це впливає на роботу системи дизельного генератора. З метою уникнення цього, необхідно використовувати генератор приблизно на 70% від максимального навантаження. Хоча ці генератори становлять високу вартість, однак вони є надійним джерелом електроенергії, що покращить роботу на підприємстві.

Використання дизельних генераторів у промисловості:

для енергозабезпечення населених пунктів, заводів, аеродромів та аеропортів;

для забезпечення електропостачанням водного, залізничного видів транспорту та с/г техніки;

застосовується в якості допоміжного джерела енергії для кар'єрних самоскидів.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## **Лекція №4. Види генераторів залежно від типу альтернатора**

### **План лекції:**

- 1. Синхорний генератор**
- 2. Асинхронний генератор**
- 3. Одно та трьох фазні генератори**

#### **1. Синхорний генератор**

До складу електрогенераторів входять два основних агрегату – силова установка, яка приводить в дію генератор і альтернатор. У даній лекції будуть розглянуті види генераторів залежно від типу альтернатора.

Базова основа для установок, які генерують електрику за допомогою електромагнітів, була розроблена англійським експериментатором і фізиком Майклом Фарадеєм в 1831 році, який потім побудував диск Фарадея, який є одним з перших генераторів. Після цього електрогенератори постійно вдосконалювалися протягом півтора століть. Були створені асинхронні і синхронні альтернатори, одно-і трифазні, без інверторного управління і з ним. У чому відмінність цих типів?

У синхронному альтернаторе електроенергія виробляється з збігом частоти обертання статора і ротора. Електрорушійна сила або ЕРС створюється, коли поле, сформоване магнітними полюсами ротора, перетинає обмотку стартера. У такому генераторі ротор є постійним магнітом, або електромагнітом, який має число полюсів кратне двом. Двополюсний ротор, який має частоту обертання 3000 об/хв, встановлюється в резервних генераторах, а в основних генераторах, які виробляють електроенергію цілодобово, ротор обертається з частотою 1500 об/хв.

Після запуску синхронного генератора, ротор формує досить слабке магнітне поле, але поступово кількість його оборотів зростає і ЕРС підвищується. На виході стабільність напруги контролюється за допомогою блоку автоматичного регулювання (AVR), який змінює магнітне поле під час надходження напруги на ротор з обмотки збудження. При роботі синхронних генераторів можливе виникнення «реакції якоря», тобто при активації індуктивного навантаження генератор розмагнічується і при цьому падає напруга. А в тому випадку, коли подається ємнісна навантаження, навпаки, генератор підмагнічується і напруга зростає.

Перевагою синхронних генераторів полягає у стабільному напрузі на виході, але їх недоліком є схильність до перевантажень, які можливі тоді, коли навантаження зростають і перевищують допустимий рівень, тобто струм в роторній обмотки надмірно збільшується блоком AVR.

Синхронний генератор здатний короткочасно справити на видачу такий струм, який може перевищити номінальне значення в кілька разів. Так як деяким електроприладів, до яких відносяться електродвигуни, компресори, насоси і деякі інші, потрібно підвищений стартовий струм, і вони надають підвищене навантаження на мережу, то кращим джерелом, як основного, так і резервного живлення для них будуть як раз такі альтернатори.

Обертання ротора у таких генераторах трохи випереджає за оборотами магнітне поле, яке створюється статором. У таких електрогенераторів в комплекті йдуть ротори з двома видами обмотки – короткозамкненої і фазною. У асинхронного генератора принцип роботи такий же, як і у його синхронного аналога – статор створює магнітне поле на допоміжній обмотки, яке потім передається ротору і формує на обмотці статора ЕРС. Але різниця полягає в тому, що частота, з якою обертається магнітне поле, незмінна, тобто неприпустима її регулювання. Саме тому і частота електричного струму, який виробляється альтернатором, і напруга, мають прямий зв'язок з числом обертів ротора, які в свою чергу залежать від стабільної роботи приводного двигуна електрогенератора.

## **2. Асинхронний генератор.**

Асинхронні альтернатори мають високий захист від дій ззовні і досить малочутливі до коротких замикань, завдяки чому вони відмінно підходять для зварювальних апаратів. Дані генератори також добре підходять для запитуваних приладів, що мають омичне (активне) навантаження, які



перетворюють практично всю електроенергію, що поставляється нею, роботу – комп'ютери, освітлювальні лампи, кухонні конфорки, нагрівачі і т. п.

Висока реактивна (стартова) навантаження, що виникає при включенні, наприклад, насосного обладнання, триває близько секунди, але при цьому електрогенератор повинен витримати її. А справа ось в чому – припустимо, що вам необхідно зрушити з місця важку візок, яка встановлена на горизонтальній поверхні. Для того, щоб зрушити візок, необхідно докласти набагато більше зусиль, що потрібно для того, щоб підтримувати її рух. Саме така ж ситуація виникає при запуску компресора холодильника або спліт-системи, електродвигунів і будь-яких насосів, тому впоратися з нею під силу тільки синхронного електрогенератори.

Реактивні навантаження в центральній електромережі компенсуються за допомогою дроселів або конденсаторів, а також за допомогою спеціально підвищеного перерізу електричних кабелів і трансформаторів.

У асинхронного альтернатора є істотний недолік – від не здатний витримувати підвищені навантаження. Але, не дивлячись на це, він простіше по конструкції і дешевше, ніж синхронний аналог. Крім цього, асинхронні електрогенератори мають закриту конструкцію, яка здатна забезпечити їм гарний захист від вологи та зовнішніх забруднень.

### **3.Одно та трьох фазні генератори**

Деякі люди переконані, що однофазний генератор електроенергії гірше, ніж трифазний. Логіку тих, хто не розбирається в електриці, легко зрозуміти – одна фаза менше, ніж три, тому й гірше. Насправді вибирати між трьох – і однофазних енергопостачанням необхідно виходячи з потреб кінцевих споживачів.

Електрогенератор, який має три фази, потрібен не для того, щоб жити три групи однофазних споживачів, а для того, щоб жити трифазні пристрої.

Буває так, що розводка трифазного введення в будинку виконується на однофазні групи, але це вигідно робити не мешканцям, а електрикам, так як для цього потрібна дуже дорога захист енергосистеми, а її монтаж коштує дуже дорого. Майже вся сучасна побутова техніка є однофазною, а трифазними були старі моделі електродвигунів і електричних плит.

У трифазних електродвигунів є один суттєвий недолік – при потужності альтернатора, приміром, 10 кВт, потужність кожної фази буде 3,3 кВт. Серед фаз максимально можливе зміщення потужностний навантаження не може перевищувати 25% від номіналу, який дорівнює 1/3 загальної потужності генератора. Виходячи з цього, однофазний генератор, що має потужність 4,5 кВт, буде потужнішим, ніж трифазний генератор 10 кВт.

Інвертори альтернатор має електронний блок управління, який здатний забезпечити вироблення електрики відмінної якості, з відсутністю при цьому будь-яких перепадів напруги. Інверторні генератори відмінно підходять для живлення таких споживачів, які потребують тільки в номінальному напрузі.

Встановлюється інвертора система управління на синхронний альтернатор і діє три ступені: виробляє напругу з частотою 20 Гц; потім із нього формує постійний струм 12 В; далі постійний струм перетворюється на змінний номінальний, що має частоту 50 Гц.

Для найдешевших моделей характерний прямокутний імпульс. Такі моделі можуть жити лише будівельні електроінструменти. Такий тип інверторів вже майже не продається, так як він має малу популярність і дуже обмежені можливості.

Генератори середньої цінової зони можуть забезпечити трапецієподібний імпульс. Це дозволяє їм жити досить складні побутові електроприлади, такі як холодильник. Але для найбільш чутливої техніки таку якість напруги часто виявляється недостатнім.

При синусоїдальній імпульсі створюються найкращі умови для роботи будь-яких приладів – від найпростіших до самих складних. Синусоїдальна напруга має стабільні характеристики і точно відповідає всім параметрам електрики, яке поставляється центральними електромережами. Вартість подібних інверторів набагато вище, ніж у двох інших типів.

#### **Переваги генераторів-інверторів:**

- набагато меншу вагу і розміри, якщо порівнювати з простими генераторами такої ж потужності;
  - менша гучність під час роботи, яка досягається за рахунок того, що змінюється швидкість обертання ротора;
  - дуже мала витрата палива, який досягається за допомогою електронного управління процесом вироблення електроенергії. Генератором виробляється така кількість енергії, яка потрібна в даний момент всім споживачам, а його продуктивність зменшується або зростає при відповідному зменшенні або збільшенні кількості споживачів;
  - так як в їх основі лежить синхронний альтернатор, інвертори можуть короткочасно забезпечувати високим пусковим струмом енергоємне обладнання. До того ж, у деяких моделях генераторів-інверторів є функція «режим перевантаження», при якому інвертор може виробляти потужності на 50% більше, ніж номінальна. Але цей режим може діяти приблизно 20-30 хвилин;
  - хороша напрацювання на відмову – близько 3 тисяч годин.
- Недоліки:
- максимальний час безперервної роботи становить 8 годин;
  - мають більш високу вартість у порівнянні з не інверторними аналогами такої ж потужності;
  - досить чутливий до температурних перепадів електронний блок управління, а його ремонт достатньо доріг;
  - максимальна потужність у генераторів подібного типу – 7,2 кВт, а моделей, що мають велику потужність, немає.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## Лекція №5. Трансформатор. Принцип дії та будова

### План лекції:

1. Призначення трансформаторів
2. Принцип роботи
3. Трансформаторні сталі.

#### 1. Призначення трансформаторів

Однією з важливих переваг електричної енергії є зручне і просте передавання її від генератора до споживача.

Проте воно пов'язане із значними втратами в проводах внаслідок їх нагрівання.

Потужність струму, яка йде на нагрівання проводів, формулою:

$$P = I^2 R$$

де  $I^2$  — сила струму в лінії,  $R$  — опір проводів лінії.

Ця формула вказує на два можливі шляхи зменшення теплових втрат у проводах лінії передач:

- 1) зменшення опору проводів;
- 2) використання струму меншої сили.

#### Приклад

Нехай, наприклад, необхідно передати електроенергію потужністю 105 кВт по лінії, опір якої  $R = 50$  Ом (такий опір має двопровідна лінія передачі з мідного дроту діаметром 1 см за довжки приблизно 150 км), з втратами на нагрівання проводів лінії 1 % ( $P_{вт} = 103$  кВт).

У цьому випадку потужність має передаватися струмом силою:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \approx 1400 \text{ A}$$

Отже, напруга в лінії має бути :

$$U = \frac{P}{I} \approx 70000 \text{ V}$$

Цей приклад показує, що для передачі великої потужності за допомогою порівняно слабких струмів напруга має бути дуже високою. Однак конструювати генератори (а також різні споживачі електричної енергії), розраховані на високі напруги, дуже складно, оскільки необхідно

забезпечити добру ізоляцію обмоток, не кажучи вже про те, що широке споживання електричної енергії за такої високої напруги взагалі неприпустиме через небезпеку враження людини струмом. Тому електричні генератори будують на напругу 6—25 тисяч вольт, а потім цю напругу підвищують за допомогою трансформаторів. У місцях споживання електроенергії струм високої напруги перетворюють в струми низької напруги (110 В, 220 В, 380 В і т. д.).

У найпростішому випадку трансформатор складається з двох котушок (обмоток) , надітих на замкнуте осердя. Одна з обмоток – первинна – з'єднана з джерелом змінної напруги. Друга обмотка – вторинна – до якої приєднують навантаження, тобто прилади й пристрої, які споживають електроенергію (Рис.5.1.).

Осердя набирається з тонких ізольованих листів трансформаторної сталі для боротьби із струмами Фуко.

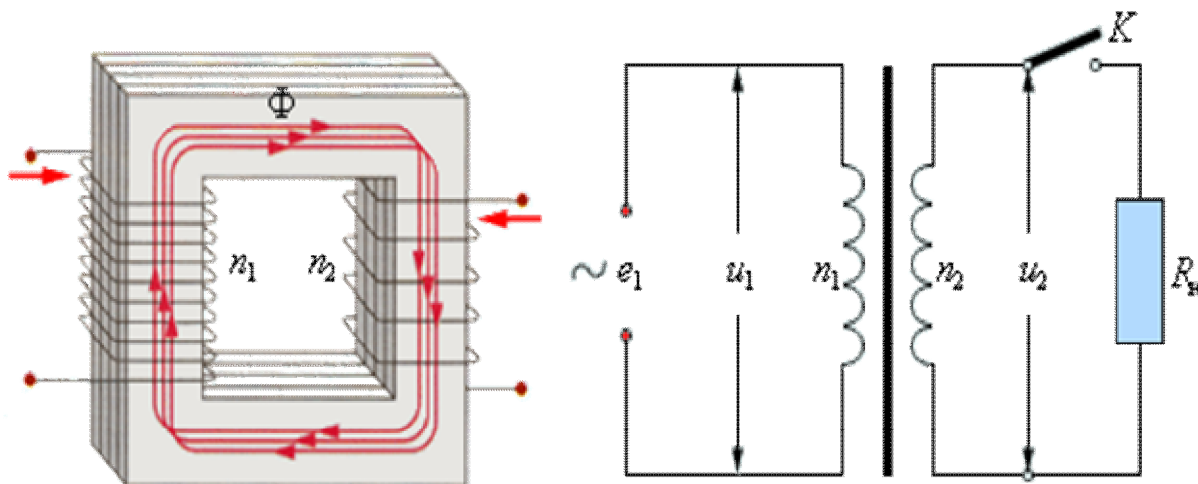


Рис. 5. 1 Будова трансформатора

## 2. Принцип роботи

Прискрій трансформатора ґрунтується на законі Фарадея, згідно з яким змінне магнітне поле може викликати змінну напругу на кінцях витка з провідника. У найпростішому трансформаторі це явище провокується шляхом обгортання декількох витків дроту навколо сердечника з магнітного матеріалу.

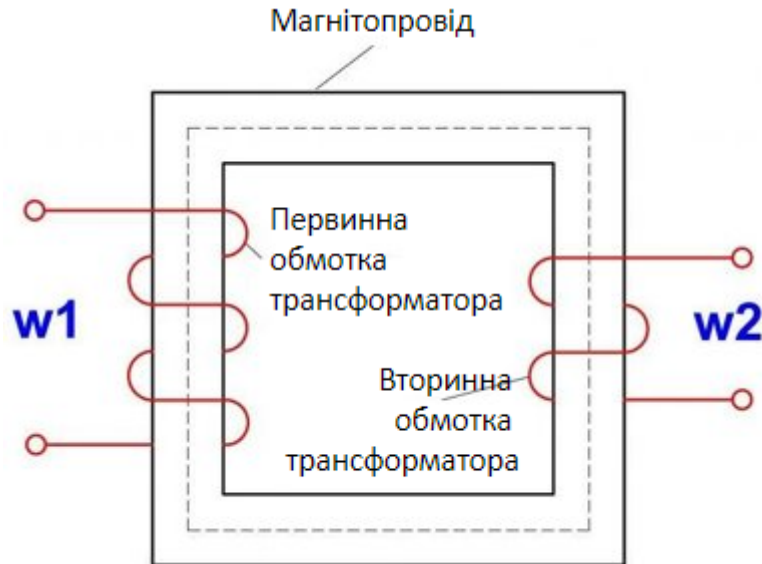


Рис. 5. 2 Види обмоток трансформатора

Як правило, існує два типи обмоток:

- первинна (приєднується до генератора, мережі або іншого джерела);
- вторинна (приєднується до навантаження).

По суті, будь-які дві (або більше) котушки індуктивності, розташовані досить близько одне до одного, будуть працювати як трансформатор. І чим більше вони пов'язані магнітним способом, тим ефективніше їх робота.

При змінах магнітного поля, викликаних проходженням змінного електричного струму через первинну обмотку, напруга індукується у вторинних обмотках в повній відповідності з доданим до них магнітним полем. (Рис. 5.2.)

Цей принцип також використовується в генераторах змінного струму, електродвигунах і динаміках акустичних систем.

Основне завдання трансформаторів – збільшувати або зменшувати напругу з відповідним збільшенням або зменшенням струму. Кожен з них, незалежно від його призначення і ролі в електричних схемах, має такими загальними ознаками:

- в основі використовують закон електромагнітної індукції;
- частота вхідного і вихідного струму однакова;
- первинні і вторинні обмотки позбавлені електричного з'єднання – передача потужності здійснюється тільки через магнітний потік.

Розміри трансформаторів бувають від мініатюрних для передачі менше однієї тисячної вольт-ампера до величезних агрегатів вагою понад 100 тонн, що оперують потужностями в кілька мільйонів вольт-ампер. І використовуються для різних цілей.

Відповідно, оснащені неоднаковими варіантами схем обмоток, типами сердечників і матеріалами виготовлення конструктивних частин. Крім того, будова трансформатора може передбачати інтеграцію в них допоміжних систем, таких як примусове рідинне або повітряне охолодження.(Рис 5.3.)

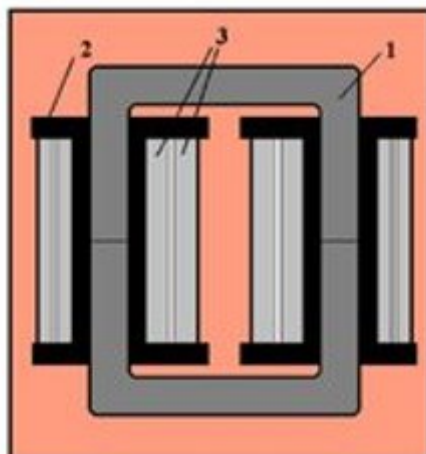


Рис. 5. 3 Конструкція однофазного трансформатора: 1.Магнітопровід, 2.Ізоляційний каркас, 3.Обмотка.

Здатність речовини нести магнітне поле називається проникністю. Ця величина для сердечників коливається в широкому діапазоні, в залежності від застосовуваних матеріалів і способу їх обробки. Проникність повітря дорівнює одиниці. Більшість традиційних сердечників має набагато більше значення. Характеристики деяких матеріалів, які використовуються в якості магнітного контуру:

Повітря. Забезпечує найгірше утримання потоку, але ідеально підходить для високих частот.

### **3.Трансформаторні сталі.**

Проникність 500 і вище.

**Порошкові композити.** Проводять магнітні частинки зі сполучною агентом з подальшим випалюванням. Отриманий керамічний матеріал володіє видатними якостями на частотах понад 1 МГц. Проникність від 40 і вище.

**Ферити.** Магнітна кераміка, як правило, з використанням екзотичних магнітних матеріалів. Надзвичайно висока проникність (від 500 до 9000 і вище) і відмінні характеристики на частотах від 50 кГц до 1 МГц.

Теоретично, порошкові композити та ферити класифікуються як м'які. Ця характеристика не має нічого спільного з їх фізичними властивостями, а вказує на їх придатність до залишкової намагніченості. Жорсткі магнітні

матеріали використовуються для постійних магнітів і здатні зберігати більшу частину спочатку наведеного в них магнітного поля.

Магнітні кола трансформаторів піддаються впливу змінного поля, яке в масивних провідниках здатне індукувати так звані вихрові струми – звичайні індукційні струми, замкнули свій рух всередині товщі провідника.

Це явище призводить до втрат при передачі енергії і перегріву трансформатора. Ефективний спосіб боротьби з вихровими струмами – застосування шихтованих (набраних з ізольованих пластин) сердечників. В цьому випадку для гарного результату важливо передбачити в конструкції трансформатора вірні напрямки магнітних потоків (Рис. 5.4).

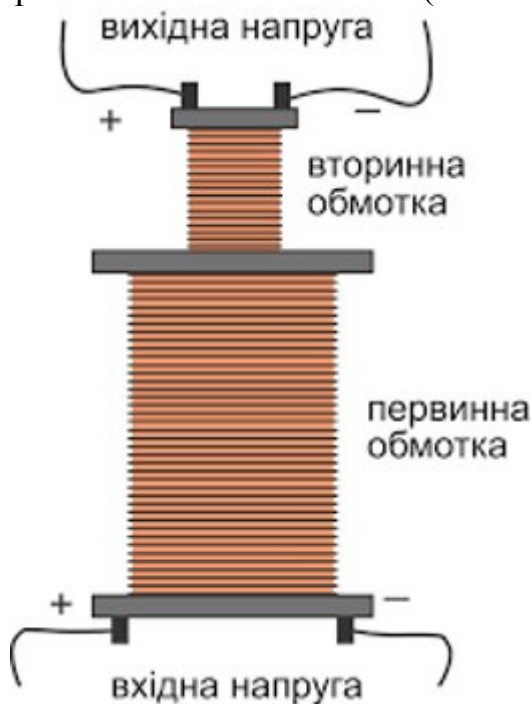


Рис. 5. 4 Магнітне осердя

В якості основного провідника струму в обмотках трансформатора використовують два типи проводів – алюмінієві і мідні. Перші значно легше і, як правило, дешевше. Алюмінієві дроти для того, щоб пропускати таке ж кількості струму, як і мідні, повинні бути більшої площі поперечного перерізу. Тому використовуються в стаціонарних силових трансформаторах. Для малопотужних низьковольтних електричних мереж і схем виправдане застосування мідних проводів, як володіють більшою міцністю і компактністю в обмотках.

З метою запобігання замикання дотичних витків їх попередньо ізолюють. Як правило, для трансформаторів з повітряним охолодженням застосовують готовий провід з нанесеною на нього емаллю або в шовковій оплітці.

У великих силових і розподільних трансформаторах провідники ізолюють один від одного за допомогою просоченого маслом паперу або тканини. У такій конструкції сердечник разом з обмотками працює

зануреним в герметичний резервуар з трансформаторним маслом. Останнє виконує функції ізолятора і холодоагенту.

Для боротьби з вихровими струмами в обмотках нерідко використовують багатожильні провідники. У випадках з трансформаторами дуже великої потужності з тієї ж причини застосовують стрічки і смуги з міді або алюмінію.

Первинні і вторинні обмотки можуть мати винесені з'єднання в проміжних точках навивки. Їх призначення – забезпечити вибір в співвідношеннях подається і знімається напруги.

Ці пристрої надзвичайно різноманітні і можуть використовуватися самими екзотичними способами: в комп'ютерних мережевих картах і модемах, підсилювачах потужності і мікрохвильових печах, автомобілях і суднових системах запалювання, рухливих котушках Фонокоректори і котушках Тесла, розподільних вузлах електроенергії – це лише невеликий перелік безлічі видів трансформаторів.

Коефіцієнт трансформації – величина, що дорівнює відношенню напруг у первинній і вторинній обмотках трансформатора під час холостого ходу (без навантаження)

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k \quad , k = \frac{U_1}{U_2}$$

Якщо  $k < 0$ , трансформатор називається підвищувальним. Підвищувальний трансформатор збільшує напругу. У ньому кількість витків  $n_2$  у вторинній обмотці має бути більшою за кількість витків у первинній обмотці, тобто  $n_1 < n_2$ .

Якщо  $k > 0$ , трансформатор називається понижувальним. Понижувальний трансформатор зменшує напругу.

У ньому  $n_1 > n_2$ .

Якщо до вторинної обмотки трансформатора приєднати споживач електроенергії, то сила струму у вторинній обмотці вже не буде дорівнювати нулю. Струм, що з'явився, створює в осерді свій змінний магнітний потік, який за правилом Ленца має зменшити зміни магнітного потоку в осерді. Це приводить до автоматичного збільшення сили струму у вторинній обмотці.

Збільшення сили струму в колі первинної обмотки відбувається згідно із законом збереження енергії. Потужність у первинному колі за навантаження трансформатора, близького до номінального, приблизно дорівнює потужності у вторинному колі.

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Це означає, що, підвищуючи за допомогою трансформатора напругу в кілька разів, ми в стільки ж разів зменшуємо силу струму ( та навпаки ).

Отже, трансформатор перетворює змінний електричний струм таким чином, що добуток сили струму на напругу приблизно однаковий і первинній і вторинній обмотках.

ККД трансформатора визначається за такою формулою



$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}$$

У сучасних потужних трансформаторах сумарні втрати енергії не перевищують 2 – 3%, їх ККД досягає 97 – 98%.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## **Лекція 6. Перетворювач напруги. Різниця між перетворювачем напруги та трансформатором**

**План лекції:**

- 1. Перетворювач напруги**
  - 2. Види перетворювачів напруги**
  - 3. Порівняння перетворювача напруги і трансформатора**
- 1. Перетворювач напруги**

**Перетворювач напруги** - це прилад, який призначений для перетворення постійного електричного струму акумулятора в змінний струм з певними параметрами (50 Гц, 220 В). Такі пристрої часто мають функцію температурного захисту, здатність витримувати дворазові перевантаження і електронну відсічення від акумуляторної батареї в разі падіння на неї напруги.

Перетворювач напруги часто застосовують для забезпечення безперебійної роботи побутової техніки (комп'ютера, телевізора, холодильника, газового котла і т.п.) в разі аварійного або планового відключення централізованої подачі електроенергії. Особливо популярні ці прилади в зимовий час, коли подібні аварії трапляються досить часто через сильний вітер, зледеніння проводів, сильних снігопадів і т.д. Також зимовий час характерно відключенням електроенергії через надмірну кількість включених обігрівальних приладів, через які відбувається падіння напруги в живильних мережах і, як наслідок, спрацьовування автоматичного захисту на трансформаторних підстанціях.

Перетворювач напруги має вельми широку сферу застосування. Ці прилади використовують для забезпечення електропостачання яхт і маломірних суден, автомобілів і будинків на колесах, і навіть в наметах на вулиці під час проведення мітингів або відпочинку на природі. Перетворювач

напруги просто необхідний для забезпечення автономного газового опалення. Сучасні газові котли часто забезпечені схемами електронного контролю та управління, відповідно, вони не будуть працювати при відключенні централізованого електрики. Крім того, в котлах встановлюють циркуляційні насоси, які також вимагають для своєї роботи електрики. І щоб опалення не відключалося при припиненні подачі напруги в мережі, разом з котлом встановлюється перетворювач напруги.

У літню пору ці прилади також не залишаються без роботи, коли потрібно забезпечити безперебійну роботу холодильних установок та іншого обладнання як в домашніх умовах, так і в сфері дрібного бізнесу.

Велику популярність має автомобільний перетворювач, особливо при поїздках на далеку відстань або при виїзді на природу. Ці пристрої допоможуть жити будь-яку техніку. Такий прилад, як перетворювач напруги автомобільний, має малі габарити і незначні вага, завдяки тому що в ньому відсутня акумуляторна батарея, він підключається до бортової мережі автомобіля.

Принцип дії перетворювачів напруги: ці прилади підключаються до мережі 220 В (крім автомобільних), при необхідності вони заряджають підключений до них акумулятор; якщо напруга в мережі пропадає або опускається нижче 185 В, пристрій перемикається на режим батареї. Необхідну для перетворення напруга прилад бере з акумулятора. Відповідно, чим вище ємність батареї, тим довше зможе забезпечувати безперебійну роботу приладів перетворювач.

Схеми таких пристроїв відносяться до схем середньої складності, і якщо ви володієте навичками практичної електроніки - можете спробувати зібрати перетворювач напруги своїми руками.

На практиці напруга подається з багатьох джерел різниці, часто від електромережі. Ці джерела напруги, змінного чи постійного струму, мають конкретне або стандартне значення напруги (наприклад, 230 В в мережі змінного струму і 12 В постійного струму в автомобільному акумуляторі). Однак електричні та електронні пристрої насправді не працюють у цих конкретних напругах; вони змушені працювати на цій напрузі методом перетворення напруги в джерелі живлення. Перетворювачі напруги та трансформатори - це два типи методів, які виконують це перетворення напруги. Ключова різниця між перетворювачем напруги та трансформатором полягає в тому, що

**Трансформатор здатний перетворювати тільки змінні напруги тоді як перетворювачі напруги призначені для перетворення між обома типами напруг.**

Що таке перетворювач напруги?

Перетворення напруги можна здійснити в багатьох формах, таких як змінного струму в постійний струм, постійного струму в змінного струму, змінного струму в змінного струму і постійного струму в постійний струм. Однак перетворювачі постійного струму в змінного струму зазвичай

називають інверторами. Тим не менше, всі ці перетворювачі та перетворювачі не є однокомпонентними блоками, як трансформатори, а є електронними схемами. Вони використовуються як різні блоки живлення.

## **2. Види перетворювачів напруги**

Перетворювачі змінного струму в постійний струм

Це найпоширеніший тип перетворювачів напруги. Вони використовуються в блоках живлення багатьох приладів для перетворення напруги мережі змінного струму в напругу постійного струму для електронних схем.

Перетворювач постійного струму в перемінний струм або інвертор.

Вони в основному використовуються для резервного вироблення електроенергії з акумуляторних батарей та сонячних фотоелектричних систем. Напруга постійного струму на ПВ-панелях або батареях перетворюється на напругу змінного струму для живлення мережі електроживлення будинку або комерційного будинку.

Перетворювач змінного струму в змінного струму

Цей тип перетворювача напруги використовується як адаптери ходу; їх також використовують у блоках живлення приладів, виготовлених для різних країн. Оскільки деякі країни, такі як США та Японія, використовують 100-120В в національній мережі, а деякі, як Великобританія, Австралія, використовують 220-240В, виробники електронних приладів, як телевізори, пральні машини тощо, використовують цей тип перетворювачів напруги для зміни напруги підключається до відповідної напруги змінного струму перед перетворенням в постійний струм в системі. Мандрівникам, які їдуть з однієї країни в іншу, можливо, знадобляться адаптери подорожей для різних країн, щоб їх ноутбуки та мобільні зарядні пристрої адаптувались до напруги мережі округу.

DC в постійний перетворювач

Цей тип перетворювачів напруги використовується в адаптерах живлення автомобіля для роботи мобільних зарядних пристроїв та інших електронних систем на акумуляторі автомобіля. Оскільки акумулятор зазвичай виробляє 12 В постійного струму, пристроям, можливо, доведеться змінювати напругу від 5 В до 24 В постійного струму залежно від потреби.

Топологія, що використовується в цих перетворювачах та інверторах, може бути різною між собою. Там вони можуть використовувати і трансформатори для перетворення високої напруги на нижчу. Наприклад, в лінійному джерелі живлення постійного струму на вході використовується трансформатор для опускання мережі змінного струму до потрібного рівня. Але є й додатки без трансформаторів. У топології без трансформаторів напруга постійного струму (або від входу, або перетворюється з змінного струму) включається і вимикається для отримання високочастотного імпульсного -DC сигналу. Коефіцієнт часу вимкнення визначає рівень напруги на виході постійного струму. Це може розглядатися як поступова трансформація. Крім того, для перетворення цієї пульсуючої напруги

постійного струму в бажану більш високу або нижчу напругу використовуються перетворювачі доларів, перетворювачі підсилювачів та прискорені перетворювачі. Цей тип перетворювачів - це виключно електронні схеми, що складаються з транзисторів, індукторів та конденсаторів.

### 3. Порівняння перетворювача напруги і трансформатора

*Таблиця 1*

Чим відрізняється перетворювач напруги від трансформатора?

Перетворювач напруги проти трансформатора	
Існують різні типи перетворювачів напруги, які виконують перетворення між напругами постійного та змінного струму	Трансформатори використовують лише для перетворення змінних напруг, вони не можуть працювати в постійному струмі

*Таблиця 2*

Перетворювач напруги проти трансформатора

Компоненти	
Перетворювачі напруги – це електронні схеми, іноді оснащенні також трансформаторами	Трансформатори складаються з мідних котушок, клем і феритових сердечників, це автономний пристрій
Принцип роботи	
Більшість перетворювачів напруги працюють на електронних принципах та напівпровідниковій комутації	Основний принцип роботи трансформатора - електромагнетизм

*Таблиця 3*

Перетворювач напруги проти трансформатора

Ефективність	
Перетворювачі напруги мають порівняно більшу ефективність завдяки низькій генерації тепла під час перемикання напівпровідників	Трансформатори менш ефективні, оскільки стикаються з кількома втратами електроенергії, включаючи високу тепловіддачу через мідь
Програми	
Перетворювачі напруги в основному використовуються в портативних пристроях, таких як адаптери живлення, перехідники та інші, оскільки вони легші та менші.	Трансформатори використовуються в багатьох сферах застосування, навіть у перетворювачах напруги. Однак, якщо потрібно перетворити більш високі напруги, потрібно використовувати великі трансформатори.

Трансформатори та перетворювачі напруги - це два типи перетворювачів живлення. Хоча трансформатор - це окремий окремий пристрій, перетворювачі напруги - це електронні схеми, що складаються з напівпровідників, індукторів, конденсаторів, а іноді навіть трансформаторів.

Перетворювачі напруги можуть використовуватися з входом постійного або змінного струму для їх перетворення або в змінне, або в постійний струм. Але трансформатори можуть мати тільки вхід змінного струму. У цьому головна відмінність перетворювача напруги від трансформатора.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## Лекція 7. Електричний акумулятор

### План лекції:

1. Акумулятор
2. Види акумулятора

#### 1. Акумулятор

**Акумулятор** – це джерело струму в якому електроди не витрачаються. Найпростіший акумулятор складається з двох свинцевих пластин, які розміщені в розчині сірчаної кислоти.

Акумулятор електричний (від лат. *accumulare* — «нагромаджувати») — хімічне джерело електричного струму багаторазової дії, основна специфіка його роботи полягає в зворотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове використання (через заряд-розряд) для накопичення електричної енергії та автономного електроживлення різноманітних електротехнічних пристроїв та систем.

В усіх гальванічних елементах при роботі змінюється склад електродів та розчину, вони поступово витрачаються і через деякий час їх потрібно замінити новими.

**Акумулятор** – це джерело струму в якому електроди не витрачаються. Найпростіший акумулятор складається з двох свинцевих пластин, які розміщені в розчині сірчаної кислоти.

Строго кажучи, акумулятором називається один елемент акумуляторної батареї, але зазвичай «акумулятором» називають акумуляторну батарею (скільки б в ній не було елементів).

Щоб акумулятор став джерелом струму його потрібно заряджати. Для зарядки через акумулятор пропускають струм від будь-якого джерела. Коли акумулятор зарядиться його можна використовувати як самостійне джерело струму.

Полюси акумуляторів позначені знаками + та – . При зарядці позитивний полюс з'єднують з позитивним полюсом джерела струму, негативний – з негативним полюсом.(рис 7.1)

Електрохімічні процеси які відбуваються в акумуляторах, залежить від матеріалів. Важливий електричний параметр – це напруга, яка може змінюватись в межах від 1 до 3.4 Вольта.

Ємність також основний з параметрів, ємність це запас енергії якою може житись підключений електроприлад з певної силою струму протягом певного часу, вимірюється в Ампер-годинах. При підвищенні температури ємність зростає, при пониженні падає.

Ще один головний параметр це кількість циклів заряду-розряду, що напруму пов'язано з терміном служби акумулятора.

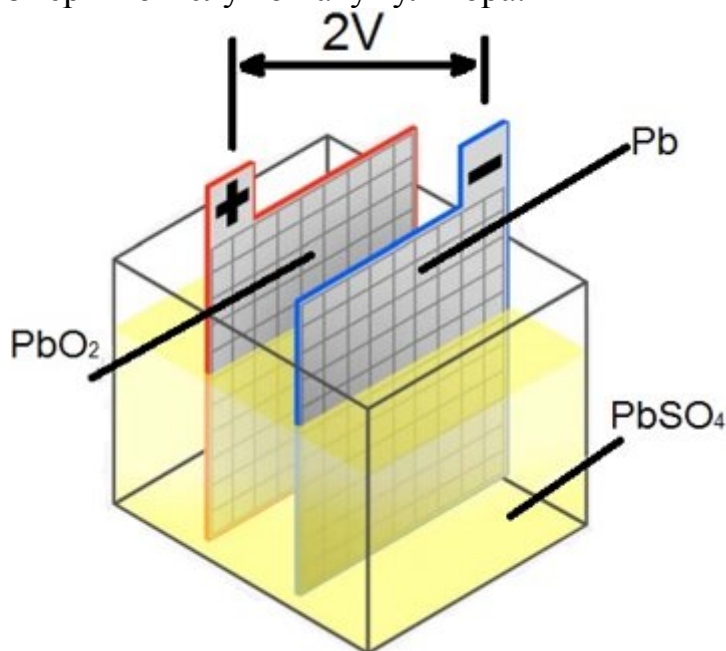


Рис. 7. 1. Будова електричного акумулятора

## 2. Види акумулятора

Серед акумуляторів розрізняють три основні види:

- свинцево-кислотні
- нікель-кадмієві (нікель-залізні, метал-гідридні)
- літієві

Як це видно з їх назви виготовлені вони з цих активних елементів

### 1) Свинцево-кислотні акумулятори

Прості та доступні акумулятори тому що при їх виготовленні використовують не дорогі матеріали в якості електродів свинець і розчин сірчаної кислоти. Зазвичай вони використовуються в автомобілях. Загалом у пасажирських і комерційних автомобілях використовуються батареї напругою 12 вольт постійного струму, в той час як у вантажівках та автобусах, як правило, — 24 вольти. (Рис. 7.2.)

Свинцево-кислотну батарею було винайдено в 1859 році французьким фізиком Гастоном Планте.

Свинцево-кислотний акумулятор є найстарішими типом акумулятора.

В основі свинцево-кислотного акумулятора

Діоксид свинцю в якості активного матеріалу позитивного електрода.

Свинець пористої структури з великою площею поверхні в якості негативного електрода.

Розчин сірчистої кислоти

Принцип роботи заснований на електрохімічній реакції свинцю та діоксиду свинцю в водяному розчині сірчаної кислоти. При підключенні до електроду зовнішнього навантаження, починається електрохімічна реакція взаємодії оксиду свинця і сірчаної кислоти.

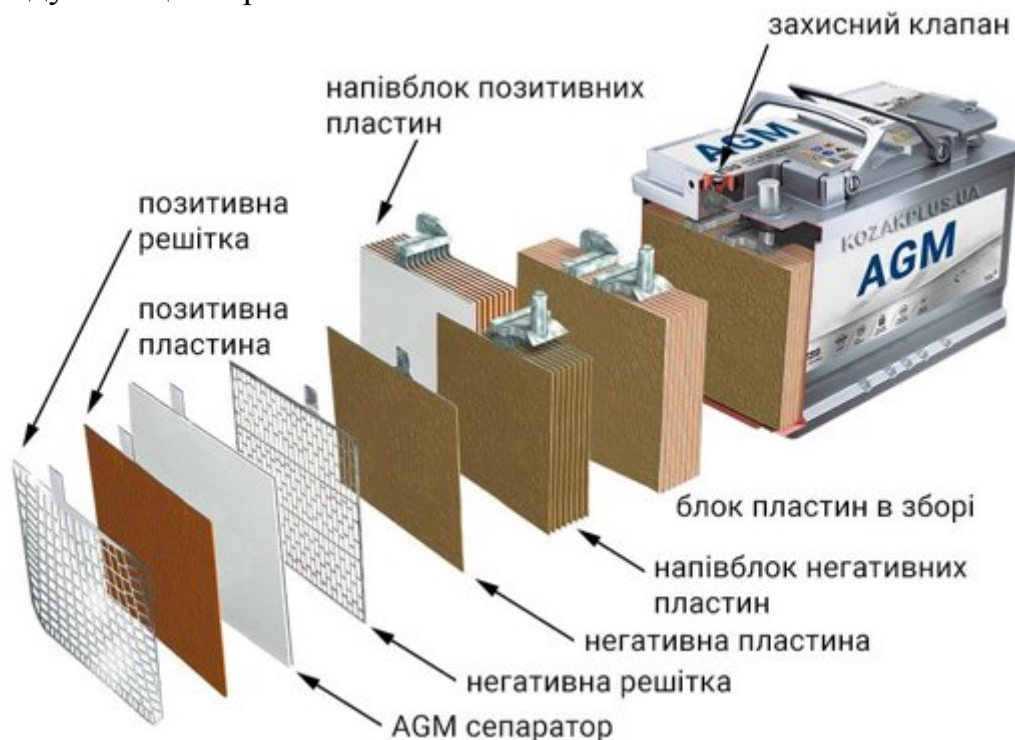
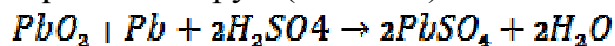


Рис. 7. 2. Будова AGM батареї

#### Розряд акумулятора

Іони переміщуються від одного електрода до іншого, утворюючи електричний струм. У ході цього процесу сірчана кислота приєднується до активної маси пластини у вигляді сульфату свинцю. У відповідь на це концентрація води в електроліті підвищується, отже, його щільність знижується. Коли розчин складатиметься лише з води, реакція зупиниться, а акумулятор перестане виробляти струм.(Рис. 7.3.)



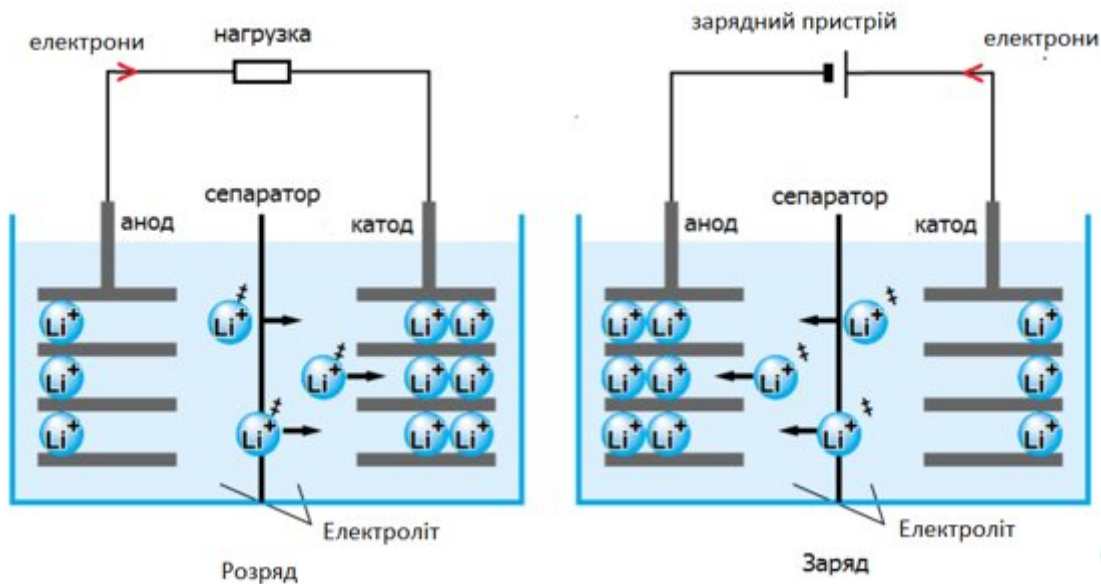


Рис. 7. 3. Моделювання акумулятора

### Заряд акумулятора

Щоб акумулятор знову отримав заряд, на електроди необхідно подати напругу. Так іони почнуть рух у зворотному напрямку, через що кристалічні грати сульфату свинцю почнуть руйнуватися, а концентрація сірчаної кислоти збільшуватися.

## 2) Нікель-кадмієві акумулятори

Анодом є металічний кадмій Cd (у вигляді порошку), електролітом — гідроксид калію КОН з додаванням гідроксиду літію LiOH (для утворення нікелатів літію і збільшення ємності на 21-25 %), катод — гідрат оксиду нікелю NiOOH з графітовим порошком (близько 5-8 %)

У складі присутній кадмій — важкий метал підвищеної токсичності.

### Нікель-залізні акумулятори

Анодом є металічний кадмій Cd (у вигляді порошку), електролітом — гідроксид калію КОН з додаванням гідроксиду літію LiOH (для утворення нікелатів літію і збільшення ємності на 21-25 %), катод — гідрат оксиду нікелю NiOOH з графітовим порошком (близько 5-8 %).

У складі присутній кадмій — важкий метал підвищеної токсичності.

### Нікель-металогідридні акумулятори

Акумулятор, який має воднево-металогідридний анод і нікелевий катод, отримав аббревіатуру «Ni-MH» (від назви струмопровідних, що накопичують речовин). Працюють подібні АКБ на лужному електроліті і забезпечують відмінний цикл «заряд-розряд» — до 2 000 тисяч для однієї повноцінної батареї.



Позитивний електрод — анод, здійснює окисну реакцію з абсорбцією водню; Негативний електрод — катод, реалізує відновну реакцію з диабсорбцією водню.

### 3) Літійові акумулятори

При подачі на електроди напруги іони літію мігрують з літійового катода в вугільний анод, окислюючи його, а при підключенні навантаження — в зворотному напрямку. При розряді відновлення негативного електрода відбувається в повному обсязі, продукти окислення накопичуються, і акумулятор поступово втрачає ємність.

Літій-іонні батареї складаються в основному з чотирьох основних компонентів: катода, анода, електроліту і сепаратора.

Кожен компонент літій-іонного акумулятора важливий, оскільки він не може працювати, якщо один з компонентів відсутній.

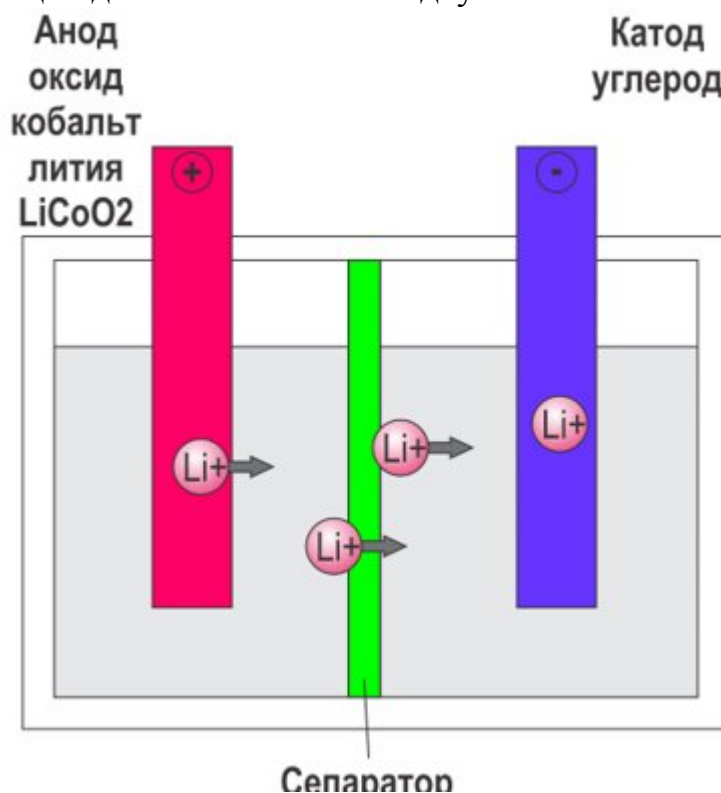


Рис. 7. 4 Принцип роботи літій-іонного акумулятора

Катод визначає ємність і напругу літій-іонної батареї. Літій-іонний акумулятор виробляє електрику за рахунок хімічних реакцій літію. Оскільки літій нестабільний в формі елемента, для катода використовують комбінацію літію та кисню, оксид літію.

В катоді літій-іонної батареї, оксид літію використовується в якості активного матеріалу. Катод відіграє важливу роль у визначенні характеристик батареї, оскільки ємність і напруга батареї визначаються типом активного матеріалу, використовуваного для катода. Чим більше літію, тим більше ємність; і чим більше різниця потенціалів між катодом і анодом, тим вище напруга.

Анод посилає електрони по дроту. Коли акумулятор заряджається, іони зберігаються на аноді, а не на катоді. У цей момент, коли провід з'єднає катод з анодом (стан розряду), іони літію природним чином повертаються до катода через електроліт, і електрони (e-), відокремлені від іонів літію, рухаються по дроту, генеруючи електрику.

Для анода використовується графіт, який має стабільну структуру. Завдяки оптимальним якостям графіту, таким як структурна стабільність, низька електрохімічна реактивність, умови для зберігання великої кількості іонів літію і ціна, матеріал вважається придатним для використання в якості анода.

Електроліт допускає рух тільки іонів. Електроліт – це компонент, який грає важливу роль. Він служить середовищем, яка дозволяє переміщати тільки іони літію між катодом і анодом. В якості електроліту в основному використовуються матеріали з високою іонною провідністю, так що іони літію легко переміщуються вперед і назад. Електроліт складається з солей, розчинників і добавок. Солі – це прохід для іонів літію, розчинники – це органічні рідини, які використовуються для розчинення солей, і добавки що додаються в невеликих кількостях для певних цілей. Швидкість руху іонів літію залежить від типу електроліту.

Сепаратор, абсолютний бар'єр між катодом і анодом. У той час як катод і анод визначають основні характеристики батареї, електроліт і сепаратор визначають безпеку батареї. Сепаратор діє як фізичний бар'єр, що розділяє катод і анод. Він запобігає прямий потік електронів і дозволяє акуратно пропускати тільки іони через внутрішній мікроскопічний отвір. Отже, він повинен відповідати всім фізичним і електрохімічним умовам. Сьогоднішні промислові сепаратори представляють собою синтетичні смоли, такі як поліетилен (PE) і поліпропілен (PP).

Саме чудове в акумуляторах це те, що вони перезаряджаються тому ви можете використовувати їх багато разів. Однак у якийсь момент їхній життєвий цикл добігає кінця.

До 90% матеріалів батареї можуть бути перероблені, залежно від методу. Використовуючи акумулятори, ви вже допомагаєте значно скоротити кількість відходів. У 2015 році було перероблено 41% усіх акумуляторів у порівнянні з 25% у 2010 році, що є позитивною тенденцією.

Акумулятори спочатку збираються та сортуються. Після цього батареї проходять низку процесів для поділу сировини.

Залежно від типу батареї, вона буде проходити один або кілька з наступних процесів:

- Механічне розділення використовує грубу силу для подрібнення батарей, що спрощує розділення різних матеріалів.
- Хімічний поділ використовує лужний (i/або кислотний) розчин для видалення різних матеріалів із батарей.

Чим більше батарей переробляється, тим менше ресурсів витрачається марно і тим менше матеріалів потрапляє до навколишнього середовища.

Поширені типи акумуляторів, що переробляються:

- літій-іонний (L-Ion) акумулятор
- нікель-кадмієві (Ni-Cd) батареї
- нікель-металогідридні (Ni-MH) батареї
- свинцево-кислотна батарея

**Літій-іонний (L-Ion) акумулятор.** Ці акумулятори часто використовують у персональних електронних пристроях, таких як смартфони. Їх також використовують портативні комп'ютери, планшети та бездротові електроінструменти. Фахівці з акумуляторів та захисники навколишнього середовища наводять довгий список причин для переробки літій-іонних акумуляторів. Вилучені матеріали можна використовувати для виготовлення нових батарей, що знижує витрати виробництва. В даний час на ці матеріали припадає понад половину вартості батареї. Ціни на два поширені катодні метали, кобальт і нікель, це найдорожчі компоненти. (Рис. 7.4)

**Нікель-кадмієві (Ni-Cd) батареї.** Ці акумулятори, використовуються в електроінструментах і пристроях зв'язку. Вони призначені для пристроїв, які вимагають високого споживання струму, але не використовуються постійно.

**Нікель-металогідридні (Ni-MH) батареї.** Ці батареї, бувають AA, AAA, 9-вольтові і D-елементи. Вони використовуються у цифрових камерах та інших пристроях, які швидко розряджаються.

**Свинцево-кислотна батарея:** ці батареї, що перезаряджаються, часто використовуються в таких великих пристроях, як автомобілі та газонокосарки. Вони також живлять медичні прилади та телекомунікації.

Будівництво та експлуатація заводів також вимагають великих витрат та потребують складного обладнання для обробки шкідливих речовин. І незважаючи на високі витрати, ці заводи не відновлюють усі цінні акумуляторні матеріали. До цих пір більша частина зусиль щодо покращення утилізації літій-іонних акумуляторів була зосереджена у відносно невеликій кількості академічних дослідницьких груп, які зазвичай працюють незалежно. Але все починає змінюватись. Під впливом величезної кількості витрачених літій-іонних акумуляторів, які незабаром з'являться в застарілих електромобілях і всюдисущій портативній електроніці, компанії-початківці комерціалізують нову технологію переробки акумуляторів. І все більше вчених почали вивчати проблему. Крім того, деякі експерти з акумуляторних батарей, виробництва та переробки почали формувати великі багатогранні спільні зусилля для вирішення проблеми, що насувається.

Акумулятори можуть негативно впливати на навколишнє середовище не тільки наприкінці терміну служби, але й задовго до їх виробництва. Наприклад, видобуток деяких акумуляторних металів вимагає переробки металеві сульфідної руди, яка виділяє SO<sub>2</sub>, що може призвести до кислотних дощів.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## Лекція 8. Сонячні батареї. СЕС

### План лекції:

1. Сонячні панелі;
2. Принцип роботи;
3. Сонячні електростанції.

#### 1. Сонячні панелі.

Як відомо, основу сонячної панелі формує кристалічний фотоелемент – активна частина, яка при потраплянні на неї сонячного проміння, перетворює її на електричний струм. Даний фотоелемент поділяється на монокристал та полікристал.

Принципова їхня різниця полягає в технології їх виготовлення. Справа в тому, що у випадку створення монокристалічного за основу береться один великий розплав напівпровідника кремнію і бору, що занурюється в початковий кристал, який є затравкою. Після досягнення температури кристалізації, його по-трохи дістають і опісля обробляють для приведення до необхідної форми. Даний метод створення монокристалу називається методом Чхоральського. Щодо полікристалу, то його формування відбувається дещо іншим способом: кремнієво – боровий розплав охолоджують до отримання певної ємності. Даний розплав складається з кількох кристалів, котрі є однорідні за складом, проте різні за розмірами – через що в результаті панель і отримує певний зернистий візерунок.

Обробка даного кристалу надалі відбувається за аналогічним до монокристалічного, методом.

Окрім фотоелемента, в склад сонячної панелі входять струмознімні доріжки, котрі переносять згенерований струм з фотомодуля до розподільчої коробки. Дана коробка у більшості якісних панелей є обладнана захисними діодами Шоттки, що захищають її від затінення та перегрівання. Фотоелемент, для ізоляції струму, ламінують спеціальним EVA – шаром, який герметизує елементи панелі, захищає їх від корозії та впливу навколишнього середовища. Гартоване скло додає конструкції міцності та виконує захисну функцію у випадку дощу, граду та будь-яких інших ударів по фотомодулю. Закріплює це все алюмінієва рама, призначена для кріплення

кількох панелей у одну загальну конструкцію, котру можна монтувати на землю або дах будинку.(Рис. 8.1)

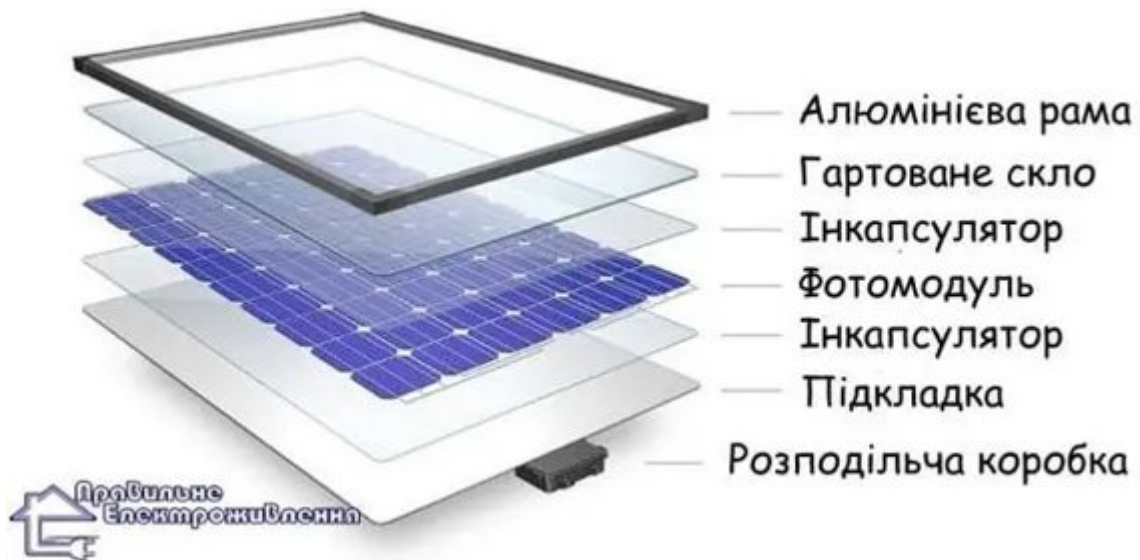


Рис. 8. 1. Будова сонячної панелі

## 2.Принцип роботи.

Принцип роботи сонячної панелі будується фотогальванічному ефекті, котрий показує, що сонячний промінь можна перетворити на електроенергію, накопичувати та використовувати завдяки роботі напівпровідників.(Рис. 8.2)

Якщо коротко охарактеризувати даний процес, то він відбувається так: сонячний промінь потрапляє на поверхню рп – шару провідника та вибиває з нього електрони. Після цього дані електрони з певним зарядом переміщуються по колу, що дозволяє живити електроспоживача, підключеного до даного кола.

Даний рп – перехід зазвичай використовують у роботі діодів та трансформаторів.

Одною з найбільш поширених проблем, котрі можуть виникнути при роботі сонячної панелі є затінення. При затіненні частини панелі, даний сектор перестає генерувати електроенергію. Інші частини панелі, що працюють, намагаються «компенсувати» її роботу. Як наслідок – відбувається високе перевищення напруги, що супроводжується надмірною температурою, яка може просто спалити панель. Сучасні виробники намагаються активно боротися з даною проблемою, використовуючи діоди Шоттки для захисту панелі від перегріву.

Проте загалом, для надійної роботи і максимальної генерації електроенергії панелями, все – ж рекомендуємо проконсультуватися з фахівцями щодо питань, як правильно встановлювати та використовувати придбані панелі, адже більшість поломок, котрі супроводжують сонячні електростанції, відбуваються саме через неправильне їх встановлення і використання.

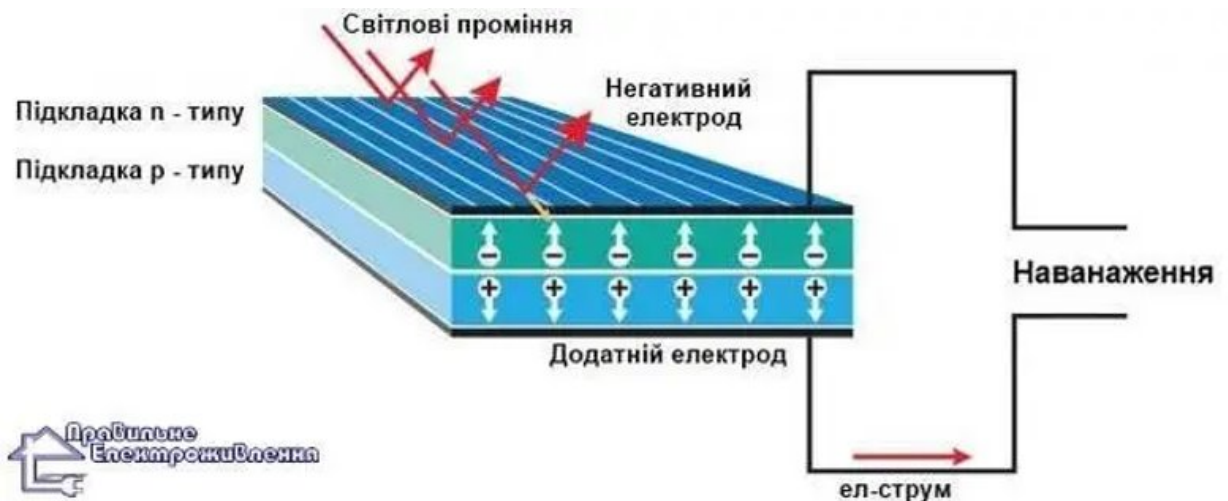


Рис. 8. 2. Принцип роботи сонячної панелі

Переваги сонячних панелей:

1. Сонячна енергія безкоштовна і не може бути витрачена.

Електрони — єдині рухомі частини в фотоелементах і вони завжди повертаються туди, звідки з'явилися. Тому сонячні батареї можуть працювати десятки років.

2. Необхідна кількість електроенергії в потрібний час.

Сонячні батареї зазвичай виробляють найбільшу кількість електроенергії в той час, коли попит досягає піку. Наприклад, в жарку пору, коли кондиціонери включені більшу частину дня і споживають багато енергії, батареї теж працюють інтенсивніше. А в разі, якщо будинок або підприємство виробляє більше електроенергії, ніж споживає, електроенергії подається назад в мережу.

3. Погода і сезон не мають значення.

Сонячні батареї виробляють електроенергію за будь-якої погоди. Єдиний час, коли продуктивність зупиняється — ніч. Ми вже писали про те, в яких регіонах України сонячні батареї будуть найбільш продуктивними.

### 3. Сонячні електростанції.

У 2017 році Міжнародне Енергетичне Агентство надало звіт про те, що сонячна енергія посіла перше місце за швидкістю зростання встановлення і розвитку серед інших альтернативних видів енергії.

Сонячні енерготехнології постійно вдосконалюються, вартість виробництва сонячних батарей стає дешевше кожного року. Це значить, доступніше і привабливіше серед інших альтернативних джерел енергії.

Сонячна електростанція представляє собою комплекс збірних фотомодулів (сонячних панелей), що працюють в системі зі спеціальним інвертором. (Рис. 8.3)

Фотомодулі поглинають сонячне світло і перетворюють його на постійний електричний струм. А інвертор модифікує постійний струм в змінний — такий, який і застосовується для побутових потреб. За рахунок двонаправленого лічильника система враховує кількість виробленої станцією

і спожитої будинком електроенергії. Надлишок направляється в мережу, а його кількість враховується лічильником. Саме за цими даними буде визначатися обсяг проданої за Зеленим тарифом електроенергії.

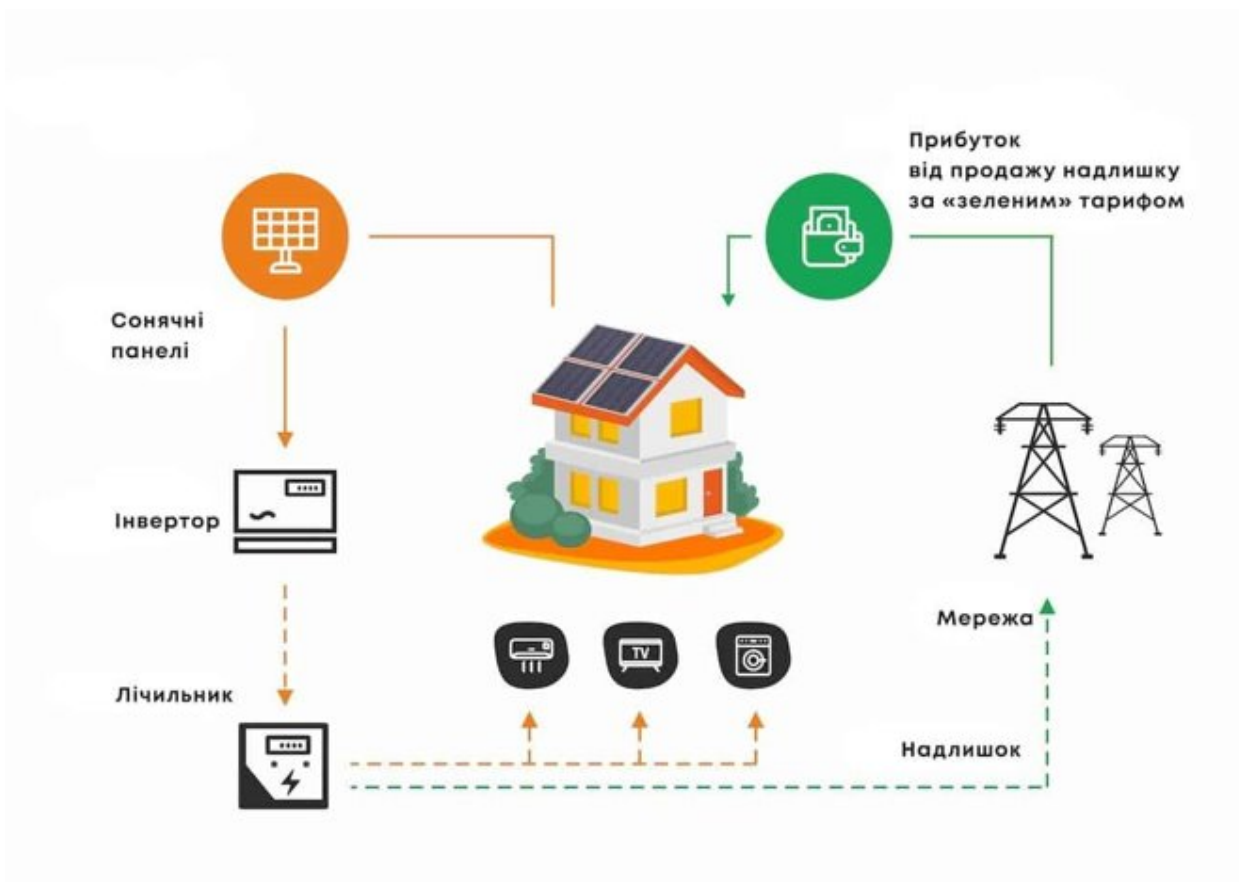


Рис. 8. 3. Будова СЕС

Основний матеріал, з якого виробляють сонячні панелі, – кремній. Від виду кремнію безпосередньо залежить ефективність роботи всієї станції. Це пов'язано з тим, що спочатку кремній містить різні домішки. Для виготовлення сонячних батарей його розплавляють і очищають від домішок. Чим однорідніше склад кремнію, тим вища продуктивність сонячних батарей.

Кремній для сонячних батарей застосовується двох видів:

полікристалічний – бюджетний і містить домішки. З природного матеріалу отримують пари кремнію, які охолоджують, осаджують і перетворюють в пластини для сонячних батарей;

монокристалічний – більш якісний і «чистий». Його вирощують з природно цілісного кристала, який, в свою чергу, отримують з розплавленої маси кремнію. Це моноліт, який розрізається на найтонші пластини для майбутніх батарей. Сам процес складний і дорогий, тому такі панелі дорожчі за полікристалічні.

Крім цього, монокристалічні панелі сильніше нагріваються, гірше ловлять розсіяне світло, але краще поглинають пряме. Їх ККД на квадратний

метр вище, тому такі панелі дозволяють заощадити простір при більш високому рівні продуктивності станції.

Сонячні панелі двох видів легко розрізнити між собою: полікристалічні мають світло-синій колір, а монокристалічні – темно-синій. Номінал потужності однієї панелі залежить від її розмірів. Для прикладу, при розмірах 1,64\*0,992 м. потужність монокристалічної панелі може досягати 320 Вт.

Обидва варіанти панелей широко застосовуються для створення сонячних станцій. У нас на сайті ви знайдете цілий ряд різноманітних пакетів послуг створення сонячних станцій під ключ і з установкою, – від самих бюджетних до преміум-варіантів.

В результаті численних випробувань в різних умовах було доведено, що термін експлуатації станцій перевищує 30 років. Частина СЕС, які працюють з 80-х років в Європі і США, показала зниження ефективності приблизно на 10% після 25-го року роботи. Більшість же з них не піддалася з тих пір абсолютно ніякій деградації. Варто також враховувати, що кожне нове покоління панелей набагато прогресивніше за попереднє, так що їх потенційна стійкість до довготривалої експлуатації тільки зростає. Сонячні батареї, що випускаються сьогодні, працюють ще стабільніше, ефективніше і надійніше аніж ті, що вимірювалися в дослідженнях.

Від чого залежить знос модулів?

Сонячні елементи мають практично необмежений термін експлуатації. Численні тести і виробничі випробування доводять, що їх деградація мінімальна.

При цьому вона різна для монокристалічних і полікристалічних панелей. Перші якщо і знижують трохи ефективність роботи, то це відбувається планомірно з плином часу. В інших продуктивність може незначно просісти вже з першого року експлуатації, але не втрачатиме своїх показників у подальшому.

Знос відчувається в ефективності видобутку модулів. Це відбувається за рахунок поступового руйнування плівки, яка герметизує панелі. Найчастіше це етилен вініл-ацетатна плівка і полівініл-фосфатна плівка.

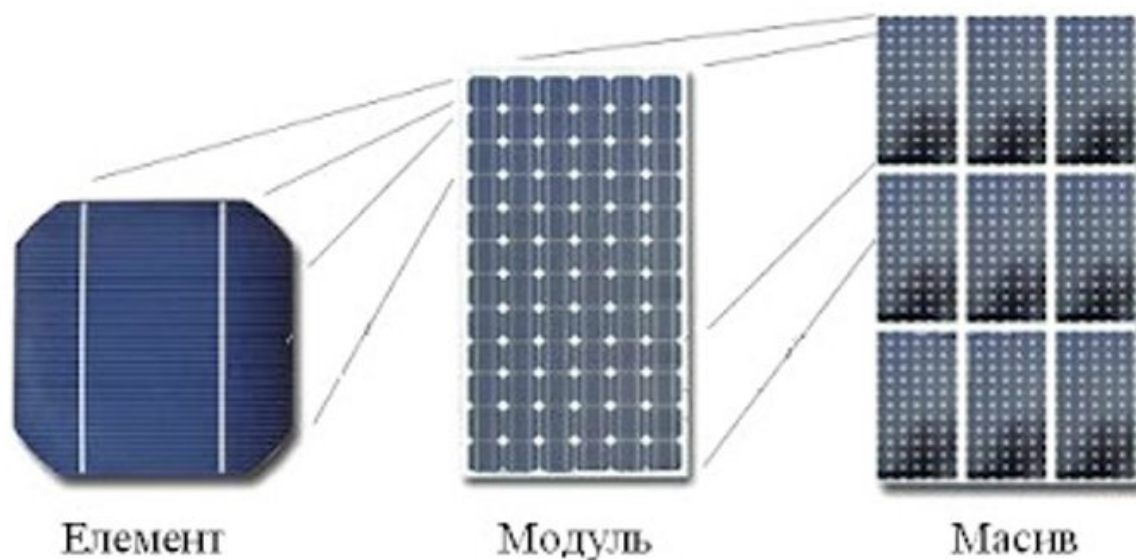
В середньому можна впевнено стверджувати, що полікристалічні панелі мають термін служби від 20 років, монокристалічні – від 30 років.

Сонячна батарея складається із окремих сонячних елементів, які з'єднуються послідовно і паралельно для того, щоб збільшити вихідні параметри (струм, напруга і потужність). При послідовному з'єднанні елементів збільшується вихідна напруга, при паралельному – вихідний струм. Для того, щоб збільшити і струм і напруга комбінують два цих способу з'єднання.(Рис. 8.4)

Крім того, при такому способі з'єднання вихід з ладу одного з сонячних елементів не призводить до виходу з ладу всього ланцюжка, тобто підвищує надійність роботи всієї батареї. Таким чином, сонячна батарея складається з паралельно-послідовно з'єднаних сонячних елементів. Величина максимально можливого струму, що віддається батареєю прямо



пропорційна кількості паралельно включених та послідовно включених сонячних елементів. Так комбінуючи типи з'єднання збирають батарею з необхідними параметрами.



*Рис. 8. 4. З чого складається сонячна панель*

#### Принцип роботи сонячних батарей

Одержана електрична енергія накопичується в акумуляторах, а потім віддається в навантаження. Акумулятори – хімічні джерела струму. Заряд акумулятора відбувається тоді, коли до нього прикладена потенціал, який більший від напруги акумулятора. Число послідовно і паралельно з'єднаних сонячних елементів повинно бути таким, щоб робоча напруга підводиться до акумуляторів з урахуванням падіння напруги та трохи перевищувала напругу акумуляторів, а навантажувальний струм батареї забезпечував необхідну величину зарядного струму. Наприклад, для зарядки свинцевої акумуляторної батареї 12 В необхідно мати сонячну батарею яка складається з 36 елементів.

При слабкому сонячному світлі заряд акумуляторної батареї зменшується і батарея віддає електричну енергію електрообладнанню, тобто акумуляторні батареї постійно працюють у режимі розряду і підзаряду. Це процес контролюється спеціальним контролером. При циклічному заряді потрібна постійна напруга або постійний струм заряду. При гарній освітленості акумуляторна батарея швидко заряджається до 90% своєї номінальної ємності, а потім з меншою швидкістю заряду до повної ємності. Перемикання на меншу швидкість заряду проводиться контролером зарядного пристрою.

Найбільш ефективним є використання спеціальних акумуляторів – гелієвих (у батареї в якості електроліту застосовується сірчана кислота) і свинцеві батарей, які зроблені за AGM-технології. Цим батареям не потрібні спеціальні умови для встановлення і вони не потребують обслуговування.

Паспортний термін служби таких батарей – 10 — 12 років при глибині розряду не більше 20%. Акумуляторні батареї ніколи не повинні розряджатися нижче цього значення, інакше їх термін служби різко скорочується!

Акумулятор під'єднується до сонячної батареї через контролер, який контролює її заряд. При заряді батареї на повну потужність до сонячної батареї підключається резистор, який поглинає надлишкову потужність.

Для того щоб перетворювати постійну напругу від акумуляторної батареї в змінну напругу, яку можна використовувати для живлення більшості електроприладів спільно з сонячною батареєю можна використовувати спеціальні пристрої – інвертори. Без використання інвертора від сонячної батареї можна жити електрообладнання, яке працює на постійній напрузі, в т. ч. різну портативну техніку, енергозберігаючі джерела світла, наприклад, ті ж світлодіодні лампи.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## **Лекція 9. Вітрогенератори, їх будова, типи та характеристики**

### **План лекції:**

- 1. Вітрогенератори;**
- 2. Конструкція вітряка;**
- 3. Типи вітрогенераторів**

#### **1.Вітрогенератори.**

Спочатку він перетворює кінетичну енергію вітру в механічну енергію ротора, а потім в електричну енергію. Потужність вітрогенератора може бути від 5 КВт до 4500 КВт. Сучасні пристрої генерують енергію навіть дуже слабого вітру – від 4 м/с. Вітроелектричні установки можуть входити до складу приватної незалежної електростанції і дозволяють продавати зайву енергію державі за умовами «зеленого тарифу». Такі споруди можуть бути джерелом енергії для локальних і острівних об'єктів, так як вирішують проблеми енергопостачання автономно.

Потоки вітру обертають лопаті вітрогенератора: проходять через турбіну, що приводить її в дію і вона починає обертатися. На валу турбіни виникає енергія, яка буде пропорційна вітровому потоку. Чим сильніший

вітер, тим більша кількість енергії виникає. Далі енергія передається по валу ротора на мультиплікатор (якщо він є), який її створює. Врахуйте, що продуктивнішими є пристрої без мультиплікатора, який прискорює обертання осі, тому що не створюється, а, відповідно, і не витрачається зайва енергія, а швидкості вітру цілком достатньо для оптимальної роботи вітрогенератора.

Генератор перетворює механічну енергію в електричну.

Потужність вітряка вимірюється «омітаємою» площею турбіни. Чим більший розмір лопастей, тим більшу потужність він створює.

Основні конструктивні елементи вітрової установки (Рис.9.1.):

1. Лопаті;
2. Гондола;
3. Башта;
4. Головна рама;



Рис. 9. 1. Основні конструктивні елементи вітрової установки

Потужність вітрогенератора розраховується виходячи з кубічної залежності швидкості вітру.

Якщо розмір турбіни невеликий, то потрібен дуже сильний потік вітру, щоб потужність була високою, і навпаки – велика турбіна може видавати ту ж потужність при слабшому вітрі.

Але для того, щоб робота вітрогенератора була збалансованою і видавала потрібну кількість енергії потрібно на етапі проектування правильно розрахувати всі необхідні параметри вітряної електростанції.

Конструкція вітряної електростанції складається з(Рис. 9.2):

1. вітрогенераторної установки;
2. контролера заряду;
3. акумуляторної батареї;
4. інвертора.

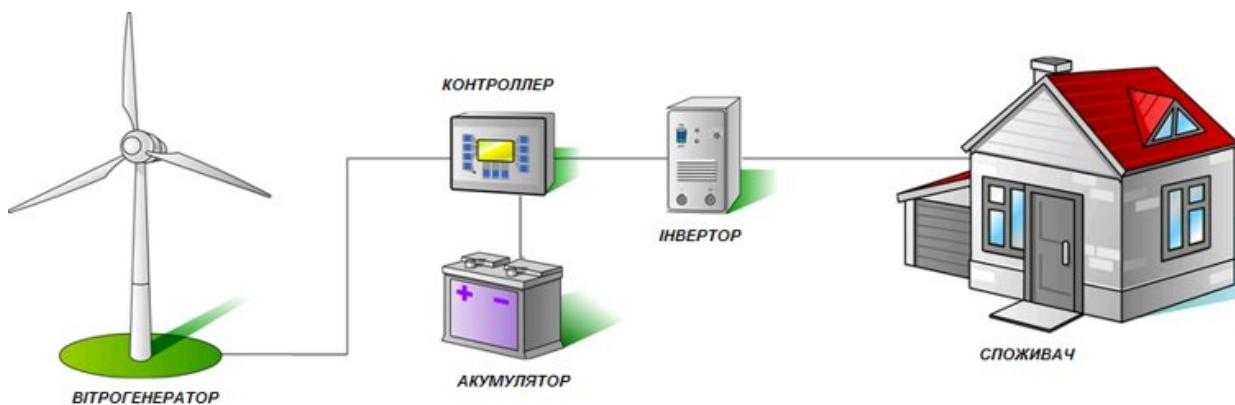


Рис. 9. 2. Конструкція вітрової електростанції

## 2.Конструкція вітряка (Рис.9.3.):

- Щогла (може бути трубчастого типу або «ферма»);
- Турбіна – це ротор, призначений якого перетворювати енергію прямолінійного руху повітряного потоку;
- Система управління турбіною;
- Генератор перетворює енергію вітру в електричну;
- Ланка передачі енергії (мультиплікатор або сам вал);
- Випрямляч (оскільки часто у вітряках використовуються генератори змінного струму для того, щоб правильно зарядити акумулятор або відправити енергію в мережу (побутовий сегмент));
- Система азимутального приводу або хвіст (іноді встановлюються машини, у яких прикріплюється до вітряка «хвіст», він орієнтується за вітром самостійно).

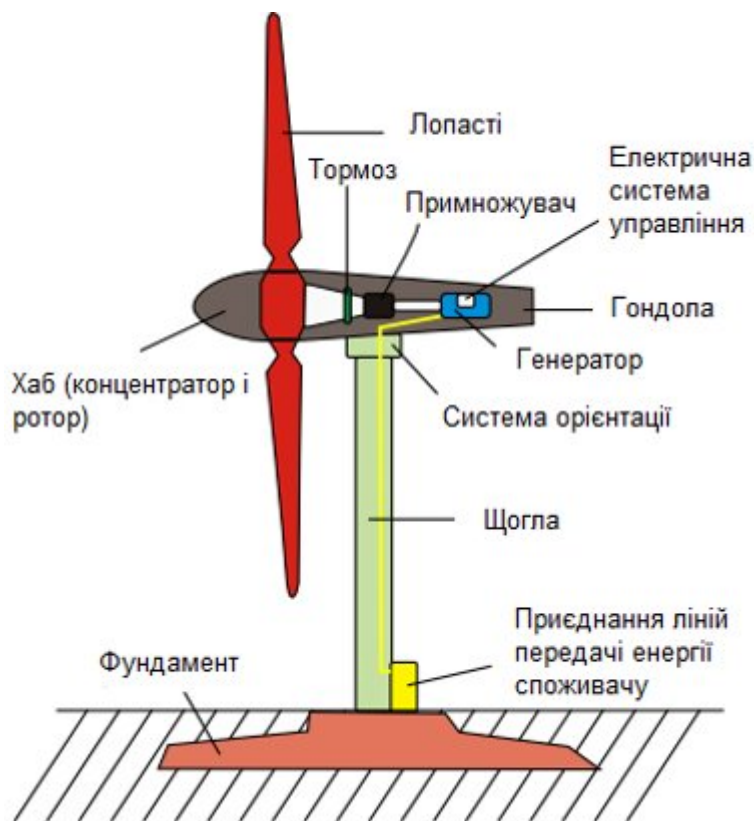


Рис. 9. 3. Конструкція вітряка

### 3. Типи вітрогенераторів (Рис. 9.4)

По потужності і області застосування вітрогенератори бувають:

- промислові (потужність від 500 КВт);
- побутові (потужність 0-10 КВт).

Пристрої з потужністю від 10 до 500 КВт використовуються вкрай рідко.

За конструкцією побутові типи вітряків відрізняються будовою ротора (турбіни):

З горизонтальною віссю. Відрізняються системою управління турбіни (ротора), вона може бути:

- аеромеханічною (на лопатях встановлені спеціальні «закрилишки», які міняють кут напряду вітру: чим більша швидкість вітру, тим більший кут атаки лопатей і навпаки). Змінюючи кут атаки, ми можемо керувати турбіною як на малих, так і на великих швидкостях для ефективної та правильної роботи пристрою.

- з азимутальним приводом (електроніка фіксує швидкість і напрям вітру, повертає або відвертає турбіну від вітру, якщо швидкість вітру перевищує номінальну).

З вертикальною віссю – це малоефективні пристрої, які не рекомендовано використовувати через низку недоліків.

Вони відрізняються типом турбін:

- ротор Савоніуса (Savonius). Їх недоліком є коефіцієнт випередження. Якщо швидкість вітру 10 м/с, то закінцівка турбіни буде обертатися зі

швидкістю 100 м/с, відповідно, коефіцієнт випередження – 10. Фактично вітряк не може самостійно стартувати, його потрібно розкручувати і тільки після цього він починає працювати. Якщо цього не робити, то він почне виробляти енергію тільки при швидкості вітру 10 м/с і більше.

- ротор Дар'є (Darrieus). Застосовуються хіба що як анемоскопи, так як малоефективні.

Зараз широке застосування отримали вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання (крильчасті), завдяки тому, що у них коефіцієнт використання енергії вітрового потоку (КВЕВ) легко досягає 30% і більше, а у вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання КВЕВ становить близько 20%.

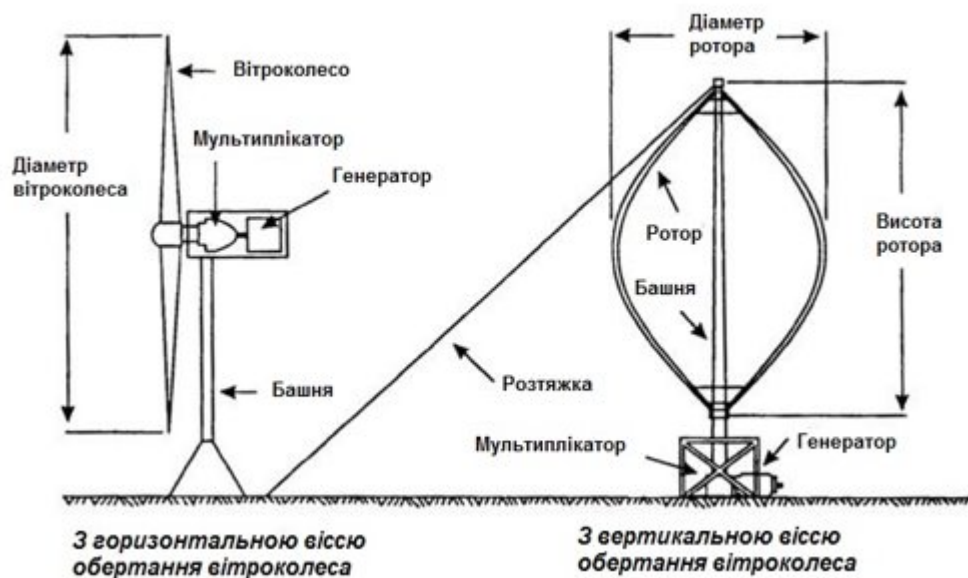


Рис. 9. 4. Типи вітроелектричних установок

З горизонтальною віссю обертання – найбільш поширений тип вітроустановок, в яких провідний вал ротора розташований горизонтально відносно землі. Вітрогенератор такого типу має дві-три лопаті, які встановлені на вершині установки. Кількість лопатей у колесі вітряка варіюють від одної до п'ятдесяти. Вітряки з великою кількістю лопатей зазвичай працюють при низьких швидкостях обертання, на відміну від вітряків з малою кількістю лопатей (дві-три), які повинні обертатися з високою швидкістю, щоб максимально "охопити" вітрові потоки, що проходять через площу ротора. В теорії, ефективність роботи вітрогенератора залежить від кількості лопатей ротора: чим більше, тим ефективніше. Але, як не дивно, вітроколеса з малою кількістю лопатей мають більший ККД, ніж з великою, так як у такому випадку лопаті перешкоджають одна одній.

З вертикальною віссю обертання, в яких провідний вал ротора розташований вертикально. Електростанція з вертикальним вітрогенератором простіша при виготовленні і монтажу, оскільки в цьому випадку не потрібно

орієнтуватися на напрям вітру, тому навантаження на конструкцію набагато менше.

Система побутового енергопостачання з використанням вітрогенератора схожа на систему з сонячними модулями, в одній системі можуть використовуватися як вітрогенератори, так і сонячні модулі.

Від висоти щогли і діаметра ротора залежить кількість виробленої енергії ось так: на кожні 10 метрів підйому вітряка додається 1 м/с швидкості вітру. Чим вища щогла, тим більше ймовірність того, що він буде працювати максимально ефективно. І та ж ситуація з ротором: чим більший діаметр, тим більше вироблення енергії.

Значення сили вітрового потоку для роботи вітряка:

1. Швидкість вітру для початку обертання лопатей, при якому потужності немає взагалі – від 1,5 м/с.

2. Мінімальна швидкість вітру, при якій вже починається генерація потужності – 3 м/с.

3. Номінальна швидкість вітру (для вітрогенераторів українського виробництва) – 7-9 м/с.

4. Максимальна швидкість вітру, при якій вітрогенератор українського виробництва зберігає свою працездатність – 52 м/с (200 км/год), що свідчить про високу якість збірки установки і міцності матеріалів виготовлення.

Вітрогенератори характеризуються широким застосуванням на об'єктах різного призначення: приватні будинки і домогосподарства, підприємства, окремі споруди, які вимагають автономного енергопостачання.

Їх встановлюють на відкритих, бажано підвищених територіях, де є хороший вітровий потенціал: поле, гори (пагорби), острів і навіть мілководдя.

Вітрогенератори можуть встановлюватися як поодинці, так і групами, об'єднуючись у вітропарк для енергопостачання масштабних підприємств.

Найчастіше вітряні електростанції застосовуються для енергопостачання автономних будинків, де відсутнє підключення до міської електромережі.

Малопотужні вітряки використовуються на мисливських угіддях, рибальських станах, на дачних ділянках для бджолярів, на автономних світильники для освітлення доріг.

Враховуйте, що під час роботи вітряна установка може видавати невеликий шум, тому бажано споруджувати її не під самими вікнами житлового будинку. Так як цей звук не голосний, то до нього легко звикнути. І, до речі, домашнім тваринам, у яких слух набагато чутливіший, ніж у людини, він теж не заважає.

В даний час застосування вітрогенераторів як альтернативи центрального енергопостачання нерентабельно через велику вартість обладнання, але, в той же час, можливе використання вітрогенераторів в місцях, де відсутнє централізоване енергопостачання або присутні часті перебої. Період окупності – 25 років.

Також існує технічна можливість виконання генератора, що видає змінний струм, який можна використовувати для прямого живлення споживачів, які не потребують безперебійного живлення, наприклад, насос для осушення якій-небудь території.

В Україні на всій території можливе використання вітрогенераторів з тим чи іншим ступенем ефективності.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## Лекція 10. Гідроелектростанції

### План лекції:

1. Гідроелектростанція;
2. Види гідроелектростанцій;
3. Приплотина ГЕС;
4. Принцип дії ГЕС.

### 1. Гідроелектростанція

**Гідроелектростанція (ГЕС)** - електростанція, яка як джерело енергії використовує енергію водного потоку. Гідроелектростанції зазвичай будують на річках, споруджуючи греблі та водосховища.

Для ефективного виробництва електроенергії на ГЕС необхідні два основних фактори: гарантована забезпеченість водою цілий рік і можливо великі ухили річки, що сприяють гідробудівництву каньйоноподібних видів рельєфу.

Гідроелектричні станції поділяються в залежності від потужності, що виробляється:

1. потужні - виробляють від 25 МВт та вище;
2. середні - до 25 МВт;
3. малі гідроелектростанції - до 5 МВт.

Потужність ГЕС залежить від напору та витрати води, а також від ККД використовуваних турбін та генераторів. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, залежно від сезону, а також ще з ряду причин, як вираз потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність. Наприклад, розрізняють річний, місячний, тижневий чи добовий цикли роботи гідроелектростанції.

### 2. Види гідроелектростанцій.



Гідроелектростанції також поділяються в залежності від максимального використання напору води:

- високонапірні - понад 60 м;
- середньонапірні - від 25 м;
- низьконапірні - від 3 до 25 м.

Залежно від напору води в гідроелектростанціях застосовуються різні види турбін. Для високонапірних - ковшові та радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотлопатеві та радіально-осьові турбіни, на низьконапірних — поворотлопатеві турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи всіх видів турбін схожий - вода, що знаходиться під тиском (напір води) надходить на лопаті турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія, таким чином, передається на гідрогенератор, який виробляє електроенергію. Турбіни відрізняються деякими технічними характеристиками, а також камерами - сталевими або залізобетонними, і розраховані на різний тиск води.

Гідроелектричні станції також поділяються в залежності від принципу використання природних ресурсів, і, відповідно, концентрації води, що утворюється. Тут можна виділити такі ГЕС:

а. **руслові та греблі** ГЕС. Це найпоширеніші види гідроелектричних станцій. Натиск води в них створюється за допомогою установки греблі, що повністю перегороджує річку, або піднімає рівень води в ній на необхідну позначку. Такі гідроелектростанції будують на багатоводних рівнинних річках, і навіть на гірських річках, у місцях, де русло річки вузке, стиснене.

б. **прищілинні** ГЕС. Будуються при більш високих тисках води. І тут річка повністю перегороджується греблею, а саму будівлю ГЕС розташовується за греблею, у нижній її частині. Вода в цьому випадку підводиться до турбін через спеціальні напірні тунелі, а не безпосередньо, як у руслових ГЕС.

с. **дериваційні** гідроелектростанції. Такі електростанції будують у тих місцях, де великий ухил річки. Необхідна концентрація води у ГЕС такого типу створюється за допомогою деривації. Вода відводиться із річкового русла через спеціальні водовідведення. Останні спрямовані, і їх ухил значно менший, ніж середній ухил річки. У результаті вода підводиться безпосередньо до будівлі ГЕС. Дериваційні ГЕС можуть бути різного виду безнапірні або з напірною деривацією. У разі напірної деривації, водовід прокладається з великим поздовжнім ухилом. В іншому випадку на початку деривації на річці створюється більш висока гребля, і створюється водосховище - така схема ще називається змішаною деривацією, оскільки використовуються обидва методи створення необхідної концентрації води.

д. **гідроакумулюючі** електростанції. Такі ГАЕС здатні акумулювати електроенергію, що виробляється, і пускати її в хід у моменти пікових навантажень. Принцип роботи таких електростанцій наступний: у певні періоди (не пікового навантаження), агрегати ГАЕС працюють як насоси від

зовнішніх джерел енергії та закачують воду у спеціально обладнані верхні басейни. Коли виникає потреба, вода з них надходить у напірний трубопровід і приводить у дію турбіни.

До складу гідроелектричних станцій, залежно від їх призначення, також можуть входити додаткові споруди, такі як шлюзи або суднопідйомники, що сприяють навігації водоймою, рибопропускні, водозабірні споруди, що використовуються для іригації, і багато іншого.

Цінність гідроелектричної станції у тому, що з виробництва електричної енергії вони використовують поновлювані природні ресурси. Зважаючи на те, що потреби в додатковому паливі для ГЕС немає, кінцева вартість електроенергії, що отримується, значно нижча, ніж при використанні інших видів електростанцій.

Гідроелектричні станції поділяються також залежно від принципу використання природних ресурсів, можна виділити наступні ГЕС.

Плотинна ГЕС. Плотинна система ГЕС є найбільш поширеною. При такому принципі річка повністю перекривається греблею. Такі гідроелектростанції будують на багатоводних рівнинних річках, а також на гірських річках, у місцях, де русло річки більш вузьке, стислий.

### 3. Приплотина ГЕС.

Розглянемо приплотинну ГЕС.

Приплотинна ГЕС. Зводяться при більш сильних напорах води. При цьому принципі річка також повністю перекривається греблею. У такому разі будинок ГЕС розташовується за греблею, у нижній її частині. Вода підводиться до турбін через напірні тунелі. (Рис. 10.1)

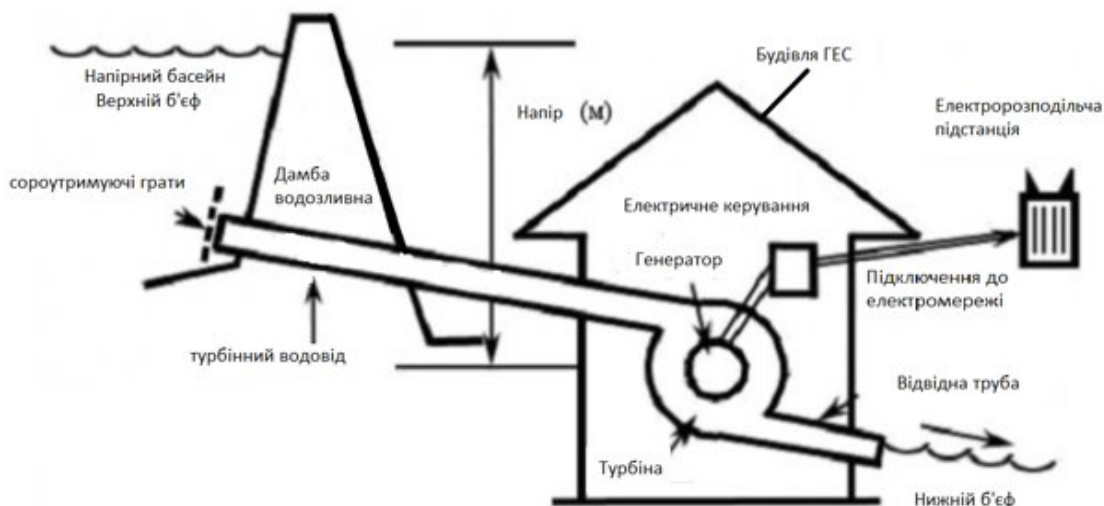


Рис. 10. 1. Приплотинна гес

Дериваційна ГЕС. Гідроелектростанції такого типу зводяться, якщо великий ухил річки. Необхідний напір створюється з допомогою деривації. (Рис. 10.2)

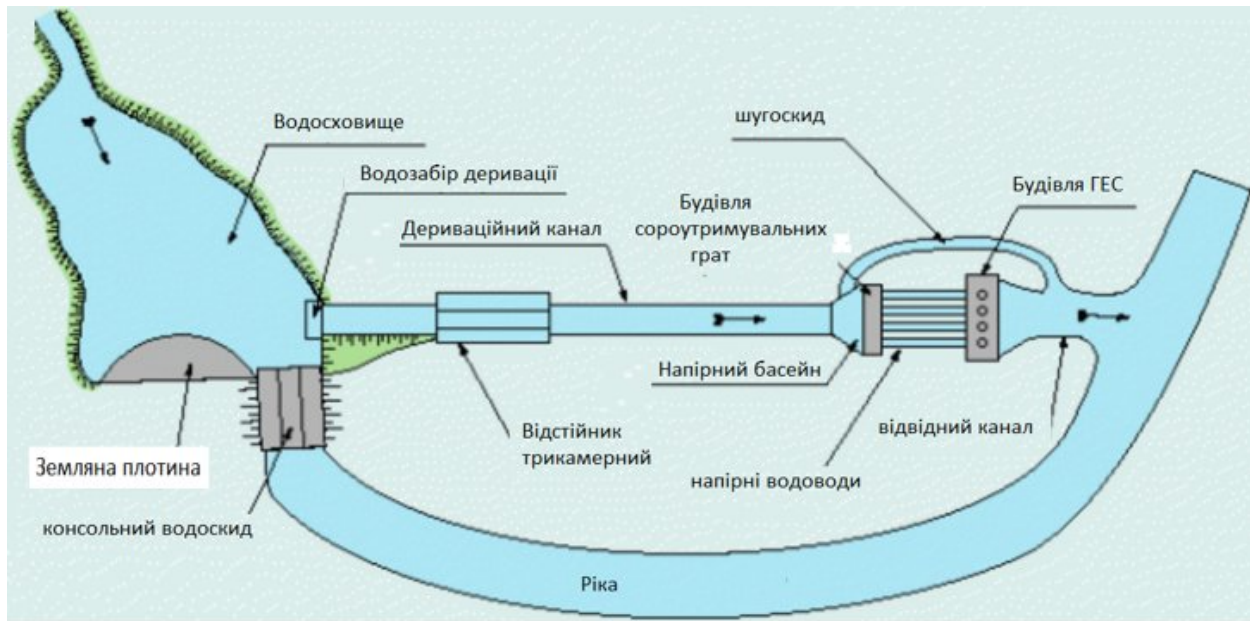


Рис. 10. 2. Дериваційна ГЕС

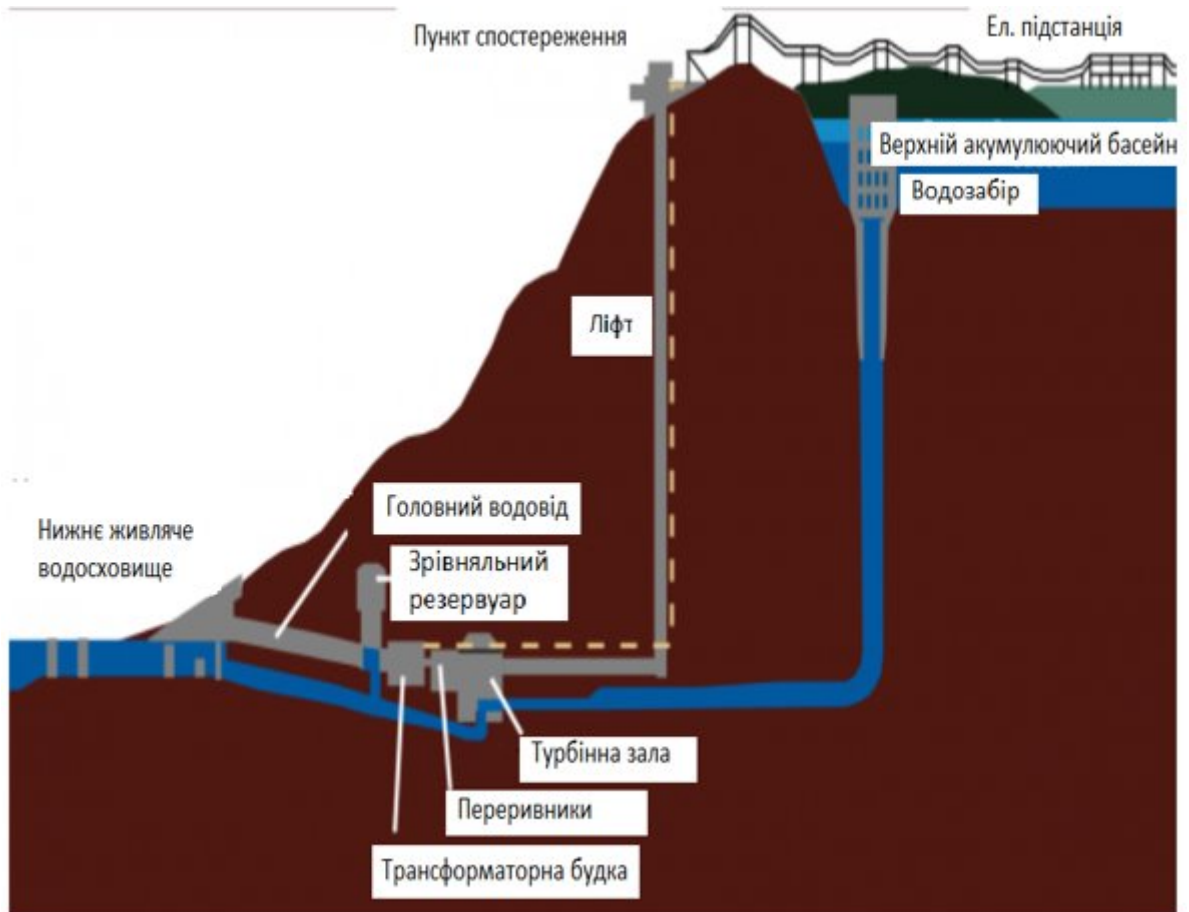


Рис. 10. 3. Гідроакуюча ГЕС

Схема власних міні гідроелектростанцій:

1. Водосховище
2. Затвор
3. Трансформаторна підстанція з розподільчим устроєм

4. Гідрогенератор
5. Гідравлічна турбіна

#### 4. Принцип дії ГЕС.

Принцип дії ГЕС дотатньо простий. Вода під тиском, більшим напором потрапляє, а частіше падає на лопаті гідротурбіни, які, в свою чергу обертають ротор генератора, який вже виробляє електрику. Для досягнення необхідного напору води створюються греблі, і як наслідок, утворюється концентрація річки в певному місці. Також може використовуватися і деривація — відведення води від головного русла річки в бік по каналу. Є випадки використання двох методів створення напору одночасно. (Рис. 10.3)

Принцип роботи гідроакумулюючої електростанції (Рис. 10.4.) відрізняється від звичайної, звичної нас ГЕС. У ГАЕС існують два періоди роботи, такі як турбінний і насосний. Під час насосного режиму ГАЕС споживає електроенергію, яка подається від теплових електростанцій під час мінімального навантаження (приблизно 7-12 годин на добу). У цьому режимі на ГАЕС відбувається перекачування води у верхній акумулюючий басейн з нижнього живлячої водосховища (станція запасає енергію). В турбінному режимі ГАЕС віддає накопичену енергію назад у мережу під час максимального навантаження на неї (2-6 годин на добу). Вода в цей період з верхнього басейну направляється назад у живить водосховище, обертаючи при цьому турбіну генератора.

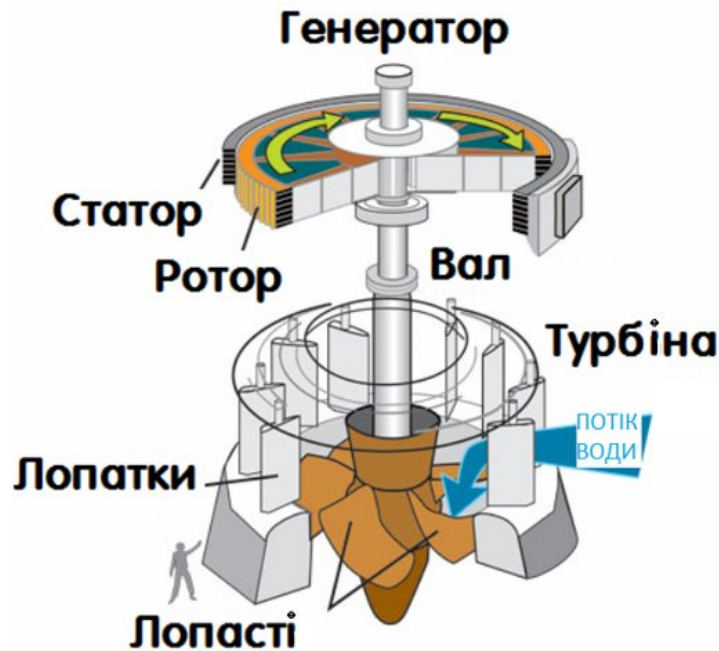


Рис. 10. 4. Принцип роботи гідроелектростанції

Існує кілька груп обладнання ГЕС для реалізації головної її функції — вироблення електроенергії:

- Гідросилове обладнання включає в себе турбіни, гідрогенератори. До складу цієї групи крім перерахованого входять пристрої, пов'язані з подачею води на турбіну і регулюванням її кількості.

- Електричні пристрої включають в себе струмопроводи від генератора, головні силові трансформатори, висновки високої напруги, відкритий розподільний пристрій і ряд інших систем. Трансформатори підвищують напругу до значення, необхідного для передачі енергії на великі відстані (110 — 750 кВ). Висновки високої напруги служать для передачі енергії від силових трансформаторів до відкритого розподільного пристрою (ВРП), який призначений для розподілу вироблюваної ГЕС електроенергії між окремими лініями електропередачі.

- Механічне обладнання включає в себе гідротехнічні затвори, підйомно-транспортні механізми, сороутримуючі ґрати і т. п.

- Допоміжне обладнання складається з системи технічного водопостачання, пневматичної господарства, масляного господарства, протипожежних та санітарно-технічних пристроїв. З переліченого устаткування далі розглянемо більш докладно конструкції турбін.

Режим роботи ГЕС в енергосистемі залежить від витрати води, тиску, об'єму водосховища, потреб енергосистеми, обмежень по верхньому і нижньому б'єфу. Агрегати ГЕС за технічними умовами можуть швидко включатися, набирати навантаження і зупинятися. Причому включення і виключення агрегатів, регулювання навантаження можуть відбуватися автоматично при зміні частоти електричного струму в енергосистемі. Для включення зупиненого агрегату і набору повної навантаження зазвичай потрібно всього 1-2 хв.

Потужність на валу гідротурбіни можна визначити за формулою зазначеної ліворуч, де :

$$N_T = 9,81 Q_T H_T \eta_T$$

$N_T$  — витрата води через гідротурбіну, м<sup>3</sup>/с;

$H_T$  — напір турбіни, м;

$\eta_T$  — коефіцієнт корисної дії (ККД) турбіни.

Для розрахунку потужності гідроелектростанції потрібно значення напору води,

$$H_T = v_{ВВ} - v_{НВ} - \Delta h = H_g - \Delta h$$

$v_{ВВ}$ ,  $v_{НВ}$  — позначки рівня води відповідно у верхньому та нижньому б'єфі, м;

$H_g$  — геометричний напір;

$\Delta h$  — втрати напору в водопідводжуючому тракті, м.

ККД сучасних турбін може досягати значення 0,95.

QR-код на презентацію до даної лекції:



## Лекція 11. Атомна електростанція

### План лекції:

1. Атомна електростанція;
2. АЕС в Україні;
3. Принцип функціонування.

#### 1. Атомна електростанція.

**Атомна електростанція (АЕС)** — електростанція, в якій атомна (ядерна) енергія перетворюється на електричну. Генератором енергії на АЕС є атомний реактор. Тепло, яке виділяється в реакторі внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер деяких важких елементів, потім так само як і на звичайних теплових електростанціях (ТЕС), перетворюється на електроенергію. На відміну від теплоелектростанцій, що працюють на органічному паливі, АЕС працює на ядерному паливі.

**Атомна електростанція (АЕС)** — промислове підприємство, де атомну енергію перетворюють на електричну.

Унаслідок роботи АЕС утворюються радіоактивні відходи та відпрацьоване ядерне паливо. Вони є небезпечними для людини й довкілля, тож для знешкодження вимагають переробки та тривалого зберігання.

20 грудня 1951 ядерний реактор вперше в історії людства виробив придатну для використання кількість електроенергії — в нинішній Національній Лабораторії INEEL Департаменту енергії США. Реактор виробив достатню потужність, щоби запалити простий ланцюжок з чотирьох лампочок 100 Вт. Після другого експерименту, проведеного наступного дня, 16 учених і інженерів, що брали участь в ньому, «увічнили» своє історичне досягнення, написавши крейдою власні імена на бетонній стіні генератора.

Того ж дня дослідний реактор-брідер EBR-1, що розміщувався в маленькій будівлі, котра і сьогодні як і раніше самотньо стоїть на відкритій всім вітрам рівнині в південно-східному Айдахо, підвищив виробок до 100 кіловатів, чого було достатньо для живлення всього його електроустаткування. Перша дослідницька мета EBR-1 полягала в розробленні й перевірці концепції реактора-брідера. 4 червня 1953 року, Комісія з атомної енергії США оголосила, що реактор EBR-1 став першим реактором у світі, який продемонстрував брідінг плутонію й урану.

У 1962 він став першим у світі реактором з плутонієвою активною зоною, який виробив електроенергію. Протягом всього наступного року, він був джерелом цінних даних по брідінгу в реакторі з плутонієвим паливом і допомагав науковцям краще зрозуміти поведінку плутонію в реакторі, що діяв. 30 грудня 1963 року, реактор був офіційно зупинений. 26 серпня 1966 його оголошено національним історичним пам'ятником. (За матеріалами Національної лабораторії Айдахо, США).

1972 року, на розроблюваному з 1958 родовищі урану «Окло» в Габоні, виявлено сліди ланцюгової реакції. Подальші дослідження підтвердили, що тут приблизно 2.0-1.8 мільярдів років тому, діяв єдиний відомий на 2011 природний реактор.

## **2.АЕС в Україні.**

В Україні розташовані 5 АЕС і Чигиринська АЕС на якій немає енергоблоків, а 2 будується:

- Чорнобильська атомна електростанція (ЧАЕС) — у м. Прип'ять (Київська обл.); на ній у квітні 1986 сталась одна з найбільших в історії людства техногенних катастроф (Чорнобильська аварія), внаслідок чого тривали й тривають досі значні трудомісткі й капіталомісткі аварійні роботи, заходи з відновлення стану постраждалих територій (так звана Чорнобильська зона) і населення, яке на них мешкало і проживає. Аварія на ЧАЕС спонукала людство переглянути райдужні перспективи зростання частки «мирного атому» у загальному видобутку електроенергії у світі; на більшості АЕС світу було вжито додаткових заходів і введені в дію додаткові системи захисту і безпеки, а в самій Україні до 22 жовтня 1993 року, діяв мораторій на будівництво нових АЕС[9]. Понад 20 років ЧАЕС лишалась робочою АЕС, а її закриття стало однією з вимог до України з боку ЄС, а також передумовою для вступу України до СОТ. 21 липня 2007 президент України Віктор Ющенко підписав указ про закриття ЧАЕС[10], яка проте, і надалі працює й виконує завдання з перерозподілу електроенергії від інших електростанцій, поводження з радіоактивними відходами, відпрацьованим ядерним паливом тощо.

- Південноукраїнська атомна електростанція — у м. Южноукраїнськ (Миколаївська обл.); 3 атомних енергоблоки.

- Хмельницька атомна електростанція — у м. Нетішин на Хмельниччині; 2 атомних енергоблоки.

- Запорізька атомна електростанція — у м. Енергодар (Запорізька область); найбільша в Україні (і в Європі); 6 атомних енергоблоків.

- Рівненська атомна електростанція — у м. Вараш 4 атомних енергоблоки.

На наявних українських АЕС встановлено 15 енергоблоків спільною потужністю 13 888 МВт, які виробляють приблизно 40~50 % від загального обсягу електроенергії в Україні.

Перша у світі атомна електростанція потужністю 5 МВт, Обнінська АЕС, була запущена 27 червня 1954 в Обнінську, СРСР, розташованому в Калузькій області.

У 1958 введено в експлуатацію 1-у чергу Сибірської АЕС (м. Томськ-7, Томська область) потужністю 100 МВт (повна проєктна потужність 600 МВт). Того ж року розгорнулося будівництво промислової Білоярської АЕС (м. Зарічний, Свердловська область), а 26 квітня 1964 генератор 1-ї черги дав струм споживачам. У вересні 1964 пущений 1-й блок Нововоронезької АЕС потужністю 210 МВт. Другий блок потужністю 350 МВт запущений в грудні 1969. У 1973 почала працювати Ленінградська АЕС.

За межами СРСР перша АЕС промислового призначення потужністю 46 МВт введена в експлуатацію в 1956 в Колдер-Холі (Велика Британія). За рік, почала виробляти електроенергію АЕС потужністю 60 МВт в Шиппінгпорті (США).

Світовими лідерами у виробництві ядерної електроенергії є: США (788,6 млрд кВт·год/рік), Франція (426,8 млрд кВт·год/рік), Японія (273,8 млрд кВт·год/рік) і Німеччина (158,4 млрд кВт·год/рік).

Наприкінці червня 2008 року, заступник голови Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) Юрій Соколов заявив, що до 2030-го, атомні електростанції лишатимуться ключовим джерелом електроенергії, та кількісно збільшаться на 60 %.

Найчастіше на АЕС використовують чотири типи реакторів на теплових нейтронах:

1. водо-водяні зі звичайною водою як сповільнювачем і теплоносієм;
2. графіто-водні з водяним теплоносієм і графітовим сповільнювачем;
3. важководні з водяним теплоносієм і важкою водою як сповільнювачем;
4. графіто-газові з газовим теплоносієм і графітовим сповільнювачем.

Перспективними є реактори на швидких нейтронах: «Фенікс» та «Суперфенікс» (Франція), «Мондзю» (Японія), PFR (Велика Британія), Фермі-1 (США), KNK-I, -II та SNR-300 (Німеччина). Проте лише частина реакторів з наведеного переліку добре зарекомендувала себе на практиці (БН, Фенікси).

Вибір переважно застосовуваного типу реактора здебільшого зумовлено накопиченим досвідом у реакторобудуванні, а також наявністю необхідного промислового устаткування, сировинних запасів тощо. Наприклад, у країнах колишнього СРСР найпоширенішими є графіто-водні та водо-водяні реактори ВВЕР. На АЕС США найбільшого поширення набули водо-водяні реактори PWR. Графіто-газові реактори GGR використовують у Великій Британії. В атомній енергетиці Канади переважають АЕС із важководними реакторами CANDU.

Генератором енергії на АЕС є атомний (ядерний) реактор. Для реактора з водяним охолодженням тепло, що виділяється в активній зоні в результаті ланцюгової реакції розщеплення ядер деяких важких елементів, відбирає вода (теплоносієм) першого контуру, яку пропompовують через реактор



циркуляційною помпою. Нагріта вода надходить у теплообмінник (парогенератор), де передає тепло, отримане в реакторі, воді другого контуру. Вода другого контуру випаровується в парогенераторі, після чого пара, що утворюється, приводить в обертальний рух турбіну турбогенератора. У такий спосіб тепло перетворюється в електроенергію.

### 3. Принцип функціонування.

АЕС працює на ядерному паливі. Під час розщеплення атомних ядер у складі палива вивільняється величезна кількість енергії. Окрім цього, у процесі розщеплення виділяються нейтрони, що можуть розщепити інші ядра палива та викликати ланцюгову ядерну реакцію. Ядерна реакція розщеплення ядра Урану за енерговиділенням перевершує будь-яку хімічну реакцію. Наприклад, під час розпаду молекули тротилу виділяється 10 еВ енергії, а під час розпаду ядра Урану — 200 МеВ, що в  $2 \cdot 10^7$  рази більше. (Рис. 11.1)

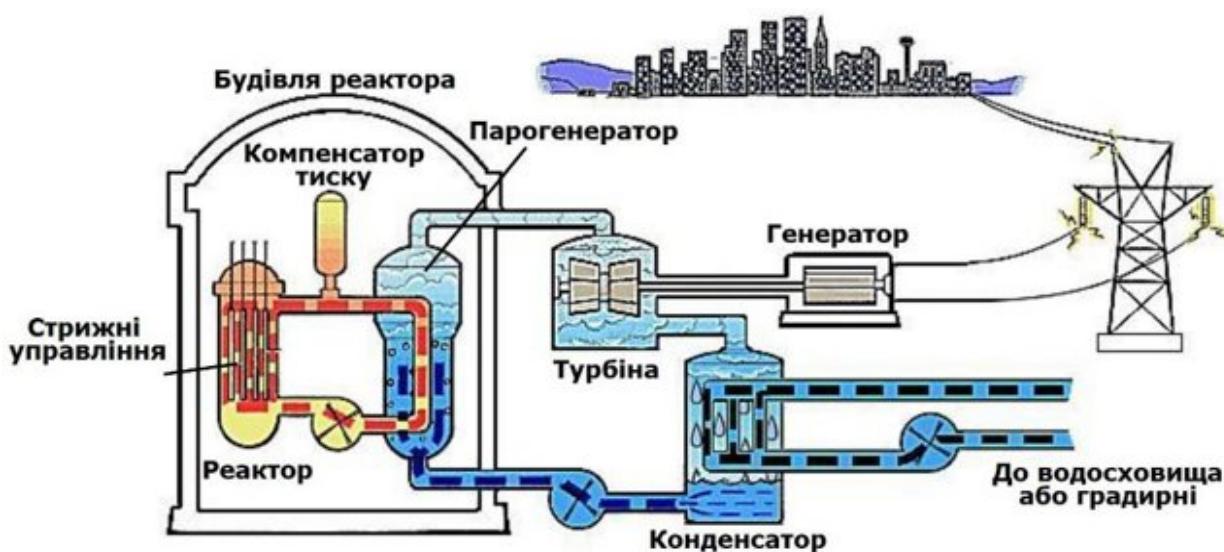


Рис 11. 1. Принцип функціонування

В історії людства, відбулося вже кілька надзвичайних подій та ядерних аварій/катастроф (найвідоміші: Трі-Майл-Айленд—1979, Чорнобиль—1986 і Фукусіма—2011).

Якщо ви живете біля атомної електростанції (у радіусі 10 км), потрібно вжити кілька негайних заходів:

- Звернутися до вашої влади за інформаційними брошурами чи інструкціями. Вони надають дані про сигнали тривоги та перераховують усі заходи, які треба здійснити під час аварії.
- Отримати або купити таблетки йоду в аптеках-партнерах.
- Зібрати в одному місці усі необхідні речі: ксерокопії документів, що засвідчують особу, ліки, аптечку, змінний одяг, їжу та воду в маленьких пляшках.
- Забезпечити себе переносним радіоприймачем та запасними батарейками.

Що робити у разі ядерної аварії:

- Сховатися в будівлі з твердими стінами. Якщо ви перебуваєте в транспортному засобі, якомога швидше дістатися укриття (будинку, місця проживання тощо).

- Зачинити двері та вікна, вимкнути та перекрити зовнішню вентиляцію.

- Приймати йодид калію лише за вказівкою влади та за умови, що для цього немає медичних протипоказань. Якщо на мить аварії у вас вдома не було таблеток, швидке розповсюдження можуть організувати у громадських центрах, визначених головою адміністрації/мером. Переважно, це стосується вагітних жінок та дітей до 18 років.

- Підготуватися до можливої евакуації та, якщо потрібно, дотримуватися інструкцій щодо виїзду з відповідних районів.

- Мати з собою набір швидкої допомоги, в тому числі всі необхідні речі.

- Дотримуватися «належних відомих практик за надзвичайних становищ»:

- Не намагатися одразу піти і забрати своїх дітей. Про них подбає педагогічний колектив та служби з надзвичайних ситуацій у шкільних та позакласних умовах.

- Уникати використання телефону, щоби залишити телефонні мережі доступними для екстрених служб.

- Не торкатися жодних предметів зовні.

- Якщо падає дощ, лишити на вулиці все, що могло намокнути (парасоль, взуття, пальто, куртку тощо).

- QR-код на презентацію до даної лекції:



### Список рекомендованої літератури

1. Chumak D., Izhak O. Nuclear energy in independent ukraine. *Book: ukraine's nuclear history*. 2022. P. 175–257.
2. Дороніна І. І. Перспективи розвитку галузі «відновлювана енергетика» в Україні. *Вісник Національної академії державного управління при Президентові України*. 2020. № 3. С. 111-118.
3. Leray S. Nuclear energy basics. *The european physical journal conferences*. 2022. P. 1–18.
4. Pekur I. V. Solar batteries as an element of design of modern energy efficient buildings. *Optoelektronika ta napівпровідnikova tehnika*. 2021. Vol. 56. P. 39–49. URL: <https://doi.org/10.15407/iopt.2021.56.039> (date of access: 29.01.2023).
5. Vasko P., Pazych S. Енергетична ефективність низьконапірної малої гідроелектростанції з рибоходом. *Vidnovluvana energetika*. 2023. № 3(70). С. 75–82. URL: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.3\(70\).75-82](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.3(70).75-82) (дата звернення: 29.01.2023).
6. Васько П., Пазич С., Бриль А. Енергетична ефективність вітрогідронасосної станції значної потужності. *Vidnovluvana energetika*. 2020. № 1. URL: DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\).61-73](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60).61-73)
7. Вхідне коло джерела живлення інверторного зварювача / V. Tsatsko та ін. *Herald of the Odessa national maritime university*. 2021. № 65. С. 105–119. URL: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-2-105-119> (дата звернення: 29.01.2023).
8. Перспективи розвитку сонячної енергетики в світі та в Україні: використання пристроїв сонячної енергетики для автономного живлення енергією систем розвідки та зв'язку / С. Позігун та ін. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України Серія військові та технічні науки*. 2021. Т. 82, № 1. С. 270–285.
9. Самойлович В. В. Сонячні батареї як складова зовнішнього опорядження будівель. *Містобудування та територіальне планування*. 2017. Вип. № 64. С. 361–366.

Навчальне видання

**Джерела живлення електротехнічних установок в АПК**

Конспект лекцій

Укладачі:

**Бацуровська Ілона Вікторівна**

**Чурило Руслан Євгенійович**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 4.

Тираж 20 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.10.2013 р.