

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

О.В. Остапчук, Є.І. Бардик, Ю.П. Матєєнко

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ВСТУП ДО СПЕЦІАЛЬНОСТІ: ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електричні станції»

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Вступ до спеціальності: електричні станції [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні станції» /уклад.: О. В. Остапчук, Є.І. Бардик, Ю.П. Матєєнко – Електронні текстові дані (1 файл: 1,05 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 104 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24 червня 2022 р.) за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 20 червня 2022 р.)

Електронне мережне навчальне видання

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ВСТУП ДО СПЕЦІАЛЬНОСТІ: ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

Укладачі *Остапчук Олександр Володимирович*, докт. техн. наук, доц., професор кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА
Бардик Євген Іванович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА
Матєєнко Юрій Петрович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА

Відповідальний редактор *Будько В. І.*, докт. техн. наук, доцент, завідувач кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА

Рецензент *Кацадзе Т.Л.*, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних мереж та систем

Наведено основні аспекти підготовки майбутніх фахівців відповідно до освітньої програми «Електричні станції» за спеціальністю: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Розглянуто особливості енергетичної галузі в Україні та світі, наведені основні характеристики існуючих енергоресурсів, їх кількісні запаси та перспективи застосування. Охарактеризовано роботу систем генерації електричної енергії різного принципу дії, визначено напрямки їх подальшого розвитку. Виконана оцінка впливу діяльності людини на навколишнє середовище та визначені наслідки цієї діяльності.

Зміст

Вступ	5
Короткі історичні відомості про становлення та розвиток освітньої програми «Електричні станції»	6
Розділ №1 Роль електроенергії в розвитку людства	9
1.1. Загальні положення	9
1.2. Характеристики електричної енергії	11
1.3 Значення енергетики для життя людей	12
1.4 Значення енергетики в технічному прогресі	15
Розділ №2 Енергетичні ресурси Землі	18
2.1. Шляхи розвитку енергетики	18
2.2. Види енергетичних ресурсів та їх запаси	19
2.3. Використання енергетичних ресурсів	25
2.4. Атомна енергетика	28
2.5. Термоядерна енергія	30
2.6. Енергетичні ресурси України	31
2.7 Відновлювані джерела енергії, перспективи в Україні	33
2.8 Сучасний стан енергетики і задачі енергозбереження в Україні	35
Розділ №3 Традиційні способи одержання електричної енергії	39
3.1. Типи електростанцій	39
3.2. Теплові електростанції	43
3.2.1. Теплові конденсаційні електростанції	43
3.2.2. Теплоелектроцентралі	50
3.3. Гідравлічні електричні станції	51
3.3.1. Загальні характеристики ГЕС	21
3.3.2. Акумулюючі електричні станції.	52
3.4. Атомні електричні станції	56
3.7. Перспективи атомних електростанцій	59
Розділ №4. Альтернативні способи одержання електричної енергії	64
4.1. Необхідність у розвитку способів перетворення енергії в електричну	64

4.2. Сонячні електростанції	66
4.3. Вітряні електричні станції	70
4.4. Геотермальні електростанції	72
4.5. Термоелектричні генератори	74
4.6. Радіоізотопні джерела енергії	75
4.7. Термoeмісійні генератори	76
4.8. Електрохімічні генератори	77
4.9. Енергія з відходів	80
ТЕМА №5. Елементи електроенергетики	80
5.1. Поняття про електричну систему	80
5.2. Принцип роботи і конструктивне виконання основних елементів електроенергетичної системи	83
5.3. Передача електроенергії на відстань	86
5.4. Переваги об'єднання енергетичних систем	89
5.5. Завдання перспективного розвитку електроенергетики	92
ТЕМА №6. Вплив техніки та енергетики на біосферу	93
6.1. Співвідношення природних явищ у природі з процесами в штучних установках	93
6.2. Енергетика та навколишнє середовище. Охорона природи	95
6.3. Розвиток енергетичної техніки, її вплив на людське суспільство та навколишнє середовище	98
Література	103

Вступ.

Головна мета навчальної дисципліни «Вступ до спеціальності» для студентів, що проходять підготовку за освітньо-професійною програмою «Електричні станції», полягає в тому, щоб познайомити читача зі світом енергетики, в якому відображається ступінь її впливу на розвиток цивілізації та технічний прогрес.

Розглядаються взаємозв'язок між процесом освоєнням енергетичних ресурсів, підвищення ефективності їх використання та розвитку способів перетворення електричної енергії. Наведено технологічні схеми виробництва електричної та теплової енергії на електростанціях різних типів. Акцентовано увагу на особливостях будови сучасних теплових, атомних та гідроелектростанцій електростанцій. Багато уваги приділено способам одержання електричної енергії за рахунок поновлюваних джерел енергії як в Україні так і в цілому у світі.

В процесі написання навчального посібника, не ставилося завдання глибокого аналізу виробничих процесів та принципів роботи бо вони викладаються у спеціалізованих дисциплінах. Основною метою було створення загальних вражень про енергетичні системи, їх окремих елементів, основних процесів та про роль енергетики в житті сучасного суспільства. Крім цього ставилося за мету ознайомити студентів першого курсу з історією підготовки фахівців за освітньою програмою «Електричні станції».

Короткі історичні відомості про становлення та розвиток освітньої програми «Електричні станції»

Вперше курс лекцій з електричної частини електричних станцій під назвою «Електровні теплові або гідравлічні» були прочитано у 1920 році. Кафедра електричних станцій була створена у 1922 році, викладачами якої були сумісники з виробництва. У 1928 році було запроваджено підготовку за спеціалізацією «Електричні станції». Першим керівником кафедри у 1930 році, був призначений Б.Й. Доманський, якого замінив у 1930 році проф. Й.І. Гребень. В 30 ті роки ХХ століття розпочався інтенсивний розвиток учбової та лабораторної бази кафедри, було організовано 3 лабораторії: релейного захисту, управління центральними електричними станціями, комутаційної апаратури. Встановлено зв'язки з Московським, Ленінградським та Харківським відділеннями Теплоелектропроекту, Укренергобудом, Головенерго та іншими організаціями. До 1938 року за спеціальністю ЦЕС було підготовлено більше 500 студентів. У 1941-1945 рр. кафедру було евакуйовано до м. Ташкент. Після повернення з евакуації у 1945 році продовжується розвиток лабораторної бази, створюються лабораторії з вивчення електрообладнання електричних станцій та підстанцій, струмів короткого замикання та стійкості електричних систем. Започатковується наукова робота з аналітичного та експериментального дослідження компенсаційних перетворювачів. В 50-ті роки під керівництвом доц. Будницького А.Б., розроблена модель постійного струму для розрахунків струму короткого замикання в енергосистемах. З'являються нові навчальні видання: «Струми короткого замикання» (1956 р.), «Аппаратура распределительных устройств электростанций и подстанций» (1958 р.), який був доповнений та перевиданий у 1961 та 1967 роках під назвою «Электрооборудование тепловых электрических станций».

У зв'язку з початком використання засобів ЕОМ в електроенергетиці на кафедрі створюється науковий напрям, що пов'язаний з моделюванням перехідних процесів електричних станцій та систем. В 1972 р. на кафедрі

працювало 10 викладачів, серед яких один професор, два доценти, чотири старших викладачі, три асистенти. Підготовлено біля 1500 спеціалістів.

У 1974 році завідувачем кафедри став доцент В.Д. Лепорський, під керівництвом якого започатковано новий науковий напрямок, щодо розробки методів і засобів автоматизованого та автоматичного управління великими електроенергетичними об'єктами та системами. Розвитком цього напрямку в 1974-1997 рр. було розв'язання низки наукових завдань та проблем, а саме оцінка та прогнозування параметрів режимів систем електроспоживання; ідентифікація перехідних процесів в електроенергетичних системах; управління електроенергетичною системою при підтримці якості атмосфери міст; координація та оптимізація електроенергетичної системи в умовах невизначеності; побудова розподілених систем прийняття рішень на базі мікро-ЕОМ; конструювання ієрархічних систем управління в електроенергетиці; пряме радіоцифрове управління електроенергетичними об'єктами. За результатами досліджень В.Д. Лепорський захистив докторську, а сім його учнів – кандидатські дисертації, надруковано близько 200 наукових праць, шість методичних посібників тощо. Була розроблена автоматизована система управління електроспоживанням, що була впроваджена на комбінатах «Білорускалій» та «Уралазбест», НВО «Сатурн» тощо.

Під керівництвом професора Костирєва М.В. було сформовано науковий напрямок, що присвячений моделюванню динамічних процесів в енергосистемах з врахуванням особливостей роботи атомних електростанцій. Результати роботи було впроваджено у 17 енергетичних організаціях.

У 1970 році під керівництвом Слизького Е.П. проводилися дослідження у галузі стійкості вузлів навантаження з потужними синхронними двигунами, які використовуються на електроприводних компресорних станціях магістральних газопроводів. Результати досліджень використовувалися у низці наукових колективів Москви, Донецька, Києва. За отримані наукові та практичні результати доцент Слизький Е.П., був нагороджений знаком «Изобретатель СССР» та срібною медаллю ВДНГ СРСР у 1980 році.

В плідній співпраці з вченими Інституту проблем матеріалознавства НАН України, доцент Кириленко В.М. розробив наукову базу створення нового класу багатофункціональних електротехнічних безкисневих матеріалів на основі нітриду кремнію, за результатами якої колектив вчених у 1989 році отримав Державну премію України в галузі матеріалознавства.

Низка співробітників кафедри брали активну участь у вирішенні питань щодо раціонального використання відновлюваних джерел енергії під керівництвом чл.-кор. НАН України Г.І. Денисенка.

У 1978 році на кафедрі працювало 12 викладачів (чотири доценти, два старших викладачі, п'ять асистентів), 2 особи науково-допоміжного складу та шість – працівників НДЧ.

У 1980 році підготовка студентів починає відбуватися у навчальному корпусі №20, лабораторна база розширюється до 535 м². Модернізовано лабораторії струмів короткого замикання, стійкості енергосистем, апаратури розподільних пристроїв.

Викладачі приймають активну участь у підготовці майбутніх фахівців за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» читаючи нормативні дисципліни «Електрична частина станцій та підстанцій», «Перехідні процеси в електричних системах».

Розвивається міжнародна співпраця з багатьма навчальними закладами та науковими організаціями за кордоном, серед яких – Вища технічна школа (м. Лейпциг, Німеччина), Політехнічний університет (м. Хошимін, В'єтнам), Політехнічний інститут (м. Харбін, Китай), Політехнічний інститут (м. Чунцін, Китай), Варшавська політехніка (Польща), Інститут фундаментальних проблем техніки Польської Академії наук.

У 2018 році відбувається реформування кафедри шляхом її об'єднання з кафедрою відновлюваних джерел енергії, на якій продовжується підготовка фахівців за освітньою програмою «Електричні станції».

Тема №1 Роль електроенергії в розвитку людства.

1.1 Загальні положення.

«Енергія» в перекладі з грецької означає «діяльність», що безумовно так, бо будь-яка діяльність пов'язана як з витратою, так і з виділенням енергії.

У фізиці поняття «енергія» визначає деяку загальну міру різних форм руху матерії (механічної, теплової, хімічної, ядерної, гравітаційної та ін.), і всі ці форми руху мають унікальну властивість перетворюватись одна на одну. В найбільш загальному значенні поняття «енергія» — це здатність виконувати роботу.

Згідно з законом збереження енергії вона не може ні створюватися, ні зникати. Енергія може тільки перетворюватися. У виробничій діяльності, і в природі процес перетворення енергії протікає безперервно. Галузь промисловості, завдяки якій ми отримуємо енергію для свого життя та своєї діяльності, отримала назву енергетики.

Під енергетикою, як правило, розуміють базову галузь промисловості, яка визначає прогрес суспільного виробництва. Її роль видно хоча б з того, що існує пряма залежність між енергоозброєнням праці, рівнем електрифікації та автоматизації процесів, з одного боку, та продуктивністю праці з іншого. В усіх промислово розвинутих країнах темпи розвитку енергетики, в тому числі електроенергетики, випереджають темпи розвитку інших галузей промисловості. Але було б неправильним звести поняття енергетики до поняття тільки галузі промисловості. В більш широкому значенні слова та з точки зору сучасного системного підходу під енергетикою слід розуміти сукупність природних і штучних (створених людиною) систем, призначених для вироблення, перетворення, розподілу та використання в народному господарстві енергії усіх видів.

Якщо мова йде про електроенергію, то вся ця сукупність таких же підсистем відтворює ту галузь енергетики, яка називається електроенергетикою.

Енергетика й електроенергетика є великими системами, складаються з окремих підсистем і пов'язані між собою так, що їхній роздільний розгляд неможливий без урахування їхніх взаємних впливів і зворотних зв'язків, енер-

гетика вміщує в себе природну підсистему-біосферу, що визначає первинні джерела енергії та енергоресурси. Електроенергетика як підсистема визначає функціонування інших підсистем, а саме:

- виробництво електроенергії;
- перетворення електроенергії;
- передача електроенергії;
- перетворення та розподіл електроенергії;
- споживання електроенергії.

Серед основних споживачів електроенергії розрізняють такі чотири групи: промисловість, сільське господарство, електрифікований транспорт, побутові прилади та пристрої. Споживання електроенергії у промисловості суттєво впливає на розвиток країни, а споживання електроенергії в побуті звільняє людину від зайвої роботи вдома та дає їй можливість розвивати свою культуру, займатися мистецтвом, наукою.

Розвиток країни та зростання її населення вимагає подальшого збільшення вироблення електроенергії, а це, в свою чергу, впливає на споживання енергоресурсів, збільшуючи його. Одночасно зростання вироблення та передачі електроенергії суттєво впливає на стан біосфери, погіршує стан довкілля.

Електричну енергію по праву можна назвати основою сучасної цивілізації. Головним джерелом енергії є Сонце, що обігріває своїми променями Землю відіграє основну роль у її тепловому балансі. Енергія, що безпосередньо отримується від природи (енергія палива, води, тепла Землі, ядерна), називається первинною. Енергія, котру отримує людина після перетворення первинної енергії на спеціальних установках (електричних станціях), називається вторинною. До неї належить електрична енергія, енергія пару, енергія гарячої води та ін.

Розвиток і функціонування енергетики значною мірою залежить від соціальних (політичних та економічних) і демографічних факторів (наявність робочої сили та її кількість, розміщення населення по регіонах тощо).

Підсистема енергетики, що займається виробленням, розподілом і перетворенням тепла на інші види енергії (механічну, електричну), називається теплоенергетикою. Галузі (підсистеми) енергетики, котрі займаються використанням енергії вітру, водних ресурсів та ядерної енергії, називаються відповідно вітро-, гідро- та ядерною енергетикою. Як було вже зазначено, електроенергетика є підсистемою (галуззю) енергетики, що забезпечує вироблення перетворення, передачу, розподіл і споживання електричної енергії. Електроенергетика є однією з найпотужніших галузей енергетики і відіграє в житті суспільства дуже важливу роль.

1.2. Характеристики електричної енергії

Якості електричної енергії дійсно унікальні. Електроенергія легко перетворюється в будь-якій кількості на інші форми енергії, які широко застосовуються людством:

- виробництво електроенергії можна легко концентрувати на електростанціях будь-яких потужностей;
- при розподілі електроенергію можна дробити на будь-які «порції» від мегаватт (наприклад, при виробництві алюмінію) до мікроватт у комп'ютерах й засобах аудіовізуальної техніки;
- електроенергію легко, порівняно з іншими видами енергії, можна передавати на значну відстань;
- електроенергія має високу екологічну чистоту, тобто в процесі її застосування немає ніяких викидів в атмосферу.

У сучасних умовах електроенергія найбільшою мірою відповідає умовам соціально-економічного прогресу. Зараз немає жодної галузі господарства, де можна було б обходитися без електроенергії. Вона визначає розвиток усіх галузей промисловості, транспорту та сільського господарства; забезпечує високі темпи продуктивності праці, покращує умови праці, побуту; має великий вплив на розміщення виробничих сил і найчастіше визначає рівень економічного розвитку та національного доходу суспільства.

Кількість виробленої та використаної електроенергії вимірюється в кіловаттгодинах (скорочено кВт-год). За рівнем вироблення електроенергії судять про рівень життя людей у даній країні. Чим вище ступень вироблення електроенергії, тим більше розвинуті промисловість, сільське господарство, будівництво, культура та побут. Це легко довести на простому прикладі, показавши, що можна зробити, якщо витратити лише 1 кВт-год енергії. Остання, як про це свідчить статистика, дозволяє видобути 40 кг нафти, спекти 30 кг хліба, поголити 100 чоловіків і т. п.

Одним із показників рівня розвитку промисловості, транспорту, сільського господарства та рівня життя людей будь-якої країни є споживання електроенергії на душу населення на рік. Цей показник різний для різних країн. Наприклад, для Норвегії він складає 26000 кВт-год/чол. р., для США – 12700 кВт-год/чол. р., для України – 4000 кВт-год/чол. р., для Індії – 420 кВт-год/чол. р., для Заїру – 106 кВт-год/чол. р.

Розвиток суспільства тісно пов'язаний з підвищенням продуктивності праці та покращанням матеріальних умов життя людей. Необхідною умовою науково-технічного та соціального прогресу є збільшення кількості енергії*, яка використовується, та освоєння нових, більш ефективних її видів.

1.3. Значення енергетики для життя людей

У своєму житті людина повинна витратити відповідну кількість енергії. Енергія забезпечує її життєдіяльність, задовольняє потреби в харчуванні, житлі, одязі, комфорті. Колись первісній людині для цього було достатньо сили своїх м'язів (приблизно 0, 1 кінської сили) та щоденної витрати енергії не більш як 2-3 ккал (8300-12500 Дж). Сучасна людина використовує енергії в 20 разів більше. Очікується, що в найближчому майбутньому витрата енергії зросте ще більше і в 100 разів перевищуватиме рівень потреб первісної людини.

Вчені, простеживши розвиток енергетики й рівень інформації, що визначає ступінь розвитку цивілізації людства (знання, закладені в книгах тощо): прийшли до висновку, що ріст енергетики повторює рівень цивілізації людства.

За весь період розвитку суспільства було спожито приблизно 100 млрд. т. умовного палива, причому, що досить показово, половина цієї енергії витрачена за останні чверть століття. Далі, мабуть, ступінь росту споживання енергії буде відбуватися ще більш швидкими темпами. Але споживання неоднаково по всій планеті; співвідношення між споживанням енергії в слаборозвинених і розвинених країнах дорівнює 1:6.

Запас усіх видів палива (за винятком термоядерного) визначається величиною 6-12 тис. млрд. т. Зараз щорічно всіма країнами витрачається приблизно 6-8 млрд. т. Отже, палива може вистачити приблизно на 1000 років (при даному рівні) або на 100-200 років з урахуванням розвитку споживання.

На сьогодні потужність електричних станцій на планеті становить понад 2 млрд. кВт; потужність всіх енергетичних установок (ракет, літаків – 6-8 млрд. кВт); потужність приливів – 1,5 млрд. кВт, потужність землетрусів – 40 млрд. кВт. Тобто потужність електроустановок сумірна з геофізичними процесами Землі. Тому енергетика стала фактором, що впливає на вигляд всієї планети.

Електроенергетика - галузь промисловості, що займається виробництвом електроенергії на електростанціях і передачею її споживачам, є також однією з базових галузей важкої промисловості.

Енергетика є основою розвитку виробничих сил у будь-якій державі, вона забезпечує безперебійну роботу промисловості, сільського господарства, транспорту, комунальних господарств. Стабільний розвиток економіки неможливий без її постійного розвитку.

Для підвищення продуктивності праці першорядне значення має механізація та автоматизація виробничих процесів, заміна людської праці (особливо важкої або монотонної) машинним. Але переважна більшість технічних засобів механізації та автоматизації (обладнання, прилади, ЕОМ) має електричну основу. Особливо широке застосування електрична енергія отримала приводу у дію електричних моторів. Потужність електричних машин (залежно від їх призначення) різна: від часток вата (мікро-двигуни, що застосовуються в багатьох галузях техніки та в побутових виробках) до великих вели-

чин, що перевищують мільйон кіловат (генератори електростанцій). Людству електроенергія потрібна, причому потреби в ній збільшуються з кожним роком. Разом про те запаси традиційних природних ресурсів (нафти, вугілля, газу та інших) обмежені. Обмежені також і запаси ядерного палива – урану і торію, з якого можна отримувати в реакторах-розмножувачах плутоній. Тому важливо сьогодні знайти вигідні джерела електроенергії, причому вигідні як з погляду дешевизни палива, а й з погляду простоти конструкцій, експлуатації, дешевизни матеріалів, необхідні будівництва станції, довговічності станцій.

Енергетична промисловість є частиною паливно-енергетичної промисловості і нерозривно пов'язана з іншою складовою цього гігантського господарського комплексу – паливною промисловістю. Електроенергетика поряд з іншими галузями господарювання розглядається як частина єдиної економічної системи. Нині без електричної енергії наше життя немислиме. Електроенергетика вторглася у всі сфери діяльності людини: промисловість та сільське господарство, науку та космос. Уявити без електроенергії наш побут також неможливо. Таке широке поширення пояснюється її специфічними властивостями:

- можливості перетворюватися практично на всі інші види енергії (теплову, механічну, звукову, світлову та інші);
- можливості щодо легко передаватися на значні відстані у великих кількостях; великим швидкостям протікання електромагнітних процесів;
- здатність до дроблення енергії та утворення її параметрів (зміна напруги, частоти).

Основним споживачем електроенергії залишається промисловість, хоча її питома вага у загальному корисному споживанні електроенергії у всьому світі значно знижується. Електрична енергія в промисловості застосовується для приведення в дію різних механізмів і безпосередньо в технологічних процесах. В даний час коефіцієнт електрифікації силового приводу в промисловості становить 80%. При цьому близько 1/3 електроенергії витрачається

безпосередньо на технологічні потреби. У сільському господарстві електроенергія застосовується для обігріву теплих осіб та приміщень для худоби, освітлення, автоматизації ручної праці на фермах. Велику роль електроенергія грає у транспортному комплексі. Велика кількість електроенергії споживає електрифікований залізничний транспорт, що дозволяє підвищувати пропускну здатність доріг за рахунок збільшення швидкості руху поїздів, знижувати собівартість перевезень, підвищувати економію палива. Електроенергія в побуті є основною частиною забезпечення комфортного життя людей. Багато побутових приладів (холодильники, телевізори, пральні машини, праски та інші) були створені завдяки розвитку електротехнічної промисловості. Електроенергетика – найважливіша частина життєдіяльності людини. Рівень її розвитку відображає рівень розвитку продуктивних сил суспільства та можливості науково-технічного прогресу.

1.2 Значення енергетики в технічному прогресі.

Потужності, що людина останнім часом навчилася удержувати штучним шляхом, порівнюються з потужностями геофізичних і геологічних процесів, що відбуваються в атмосфері, і навіть космічному просторі. Таким чином, поняття енергетики не можна обмежити рамками штучних систем – систем створюваних людиною; необхідно враховувати взаємодію штучних систем із природними системами. Протягом року Сонце випромінює в космос величезну кількість енергії, з якої на Землю, що має поверхню $5 \cdot 10^8 \text{ км}^2$, приходить приблизно $7,5 \cdot 10^{17} \text{ кВт} \cdot \text{год}$, що відповідає потужності 85600 млрд. кВт.

Протягом 2003 р. на Землі була використана енергія усіх видів первинних енергоресурсів, рівна приблизно $(80-85) \cdot 10^{12} \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Середня потужність споживання первинних енергоресурсів склали 9-10 млрд. кВт. Виробництво електроенергії у світі за рік дорівнює 8360 ТВт-ч; а потужність всіх електростанцій складає 2 млрд. кВт. На 1 км^2 поверхні Землі приходить середня потужність випромінювання Сонця, що дорівнює $17 \cdot 10^4 \text{ кВт}$, і середня

потужність використання первинних енергоресурсів, рівна приблизно 19 кВт. Ці потужності значно, майже в 10^4 разів, розрізняються між собою. Сонце відіграє основну роль у тепловому балансі Землі. Його потужність випромінювання, що приходить на Землю, у багато разів більше потужності явищ природи і потужностей, одержуваних людиною. Потужність Сонця порівняння тільки з потужністю, що розвивається виконанням роботи, що визначають вплив, технічних споруджень на ландшафт. При цьому виявляється що в ряді випадків саме через цей вплив приходиться змінювати технічні рішення.

Потужність обертання Землі навколо своєї осі ($3 \cdot 10$ млрд кВт), що у даний час Людина не навчилася використовувати. Однак сумарна потужність всіх електростанцій світу (2 млрд. кВт) вже порівнянна з потужністю багатьох явищ природи. Так, середня потужність повітряних потоків на планеті складає $(25-35) \cdot 10^9$ кВт. Такого ж порядку середня потужність ураганів $(30-40) \cdot 10^9$ кВт. Сумарна потужність припливів дорівнює $(2-5) \cdot 10^9$ кВт. Проводячи зіставлення потужностей, варто враховувати, що крім стаціонарних електростанцій мається велике число пересувних енергетичних установок. Наприклад, потужність - усіх діючих пасажирських літаків на планеті складає не менш $0,15 \cdot 10^9$ кВт. Більш розумне використання отриманої енергії, що уже виходить зі сфери чисто технічної і повинне розглядатися в соціальному аспекті.

Зниження втрат при передачі, одержанні і розподілі електричної енергії залежить значною мірою від кількості витраченого металу, в основному алюмінію. Допускаючи велику густину струму в перетині проводу (1,0-1,2 А/мм²). знижують витрати алюмінію, але збільшують втрати електроенергії. Тенденція світової кон'юнктури у відношенні цін на алюміній така, що цей метал стає дешевше тому в енергетиці країн заходу виявляється тенденція до різкого зниження густини струму (0,35 А/мм). Отже, вартість алюмінію безпосередньо впливає на вибір перетину проводів ліній електропередач, тобто на визначення технічних характеристик електричної системи. Зниження втрат

енергії шляхом утеплення промислових і житлових будинків, вироблення правильних тарифів на електроенергію, які б стимулювали споживання енергії в «провалах» графіка навантаження і приводили б до зменшення цього споживання під час максимумів, визначається рішенням соціально-економічних задач.

Питання швидко наростаючого використання енергетичних ресурсів планети повинні розглядатися не тільки в технічному аспекті, але й в аспекті впливу енергетичних установок і процесів видобутку палива на навколишнє середовище, тобто в аспекті екологічному. При цьому виникає загальне техніко-екологічне питання: при настільки високих темпах розвитку енергетики чи не наступить повне вичерпання, всіх запасів палива і чи не відбудеться це раніш, ніж людство одержить у своє розпорядження нові величезні ресурси термоядерної енергії. Запаси палива на планеті оцінюючи по-різному, а дуже великими розбіжностями в залежності від виду запасів: готові до використання оцінюють в 25 трлн. МВт*год, розвідані складають 50 трлн МВт*год, а прогнозовані - 100 трлн. МВт*год. Іншими словами співвідношення запасів у залежності від виду можна записати як 1:2:4. Крім того, на приведені цифри істотно впливає спосіб підрахунку запасів палива, а саме: чи враховувалося паливо, що знаходиться на морському дні, чи враховувалися бітумінозні піски, яка глибина видобутку палива передбачалася і т.д. У всякому разі можна стверджувати, що ще не на одну сотню років людству вистачить викопного палива, одержуваного з надр планети. Наприклад передбачається, що вугілля вистачить на 600-700 років. Це, звичайно, не означає, що економія палива не є найважливішою задачею. Енергетична система України показує важливість енергоресурсів, що витрачаються.

Витрата палива відноситься не тільки до технічного і біосферичного аспектам, але і значною мірою до соціально-політичного аспекту. Так, 30% населення земної кулі споживає більш 90% усієї вироблюваної на планеті енергії, на частку ж 70%) населення, переважно в країнах, що розвиваються, приходить менш 10% всієї енергії. Тим часом, рівень промисловості, стан по-

буту і розвиток культури найтіснішим образом зв'язані з кількістю використаної енергії.

ТЕМА №2 Енергетичні ресурси Землі

2.1. Шляхи розвитку енергетики

Людство в своїй діяльності використовує різні види енергії, в тому числі механічну, теплову, електричну й електромагнітну, хімічну та ядерну. Із всіх видів енергії електрична енергія є найбільш розповсюдженою і має цілу низку переваг перед іншими видами. На початку ХХІ століття в середньому на людину доводиться 3-4 кВт первинної енергії. В результаті загальне споживання буде дорівнювати 21 ТВт.год при низькому рівні споживання й 30 ТВт*год при— високому. Отже, приріст енергоспоживання до 2020 року складе від 10 до 19 ТВт*год.

За рахунок яких джерел можна забезпечити такий приріст? В кінці ХХ століття потреби в енергії задовольнялися в такий спосіб:

нафта - 4,1 ТВт;
газ - 1,7 ТВт;
вугілля - 2,5 ТВт;
гідроенергія - 0,2 ТВт;
ядерна енергія- 0,3 ТВт;
інші види енергії - 1,5 ТВт.

За свідченням світової Комісії з енергетики (СЕК) розвіданих запасів енергоносіїв для забезпечення потреб в енергії вистачить на такий час:

- нафти на 25-30 років
- природного газу -50-60 років
- вугілля-500-600 років
- урану для АЕС (на теплових нейтронах)- 20-30 років
- плутонію для АЕС на швидких нейтронах-1000-3000 років

Енергетику треба розвивати розумно. Реально зараз розглядаються такі можливості:

1. Поновлювані джерела енергії
2. Атомна енергія
3. Використання вугілля
4. Енергозбереження
5. Удосконалення системи керування

2.2 Види енергетичних ресурсів та їх запаси

Вироблення електроенергії тісно пов'язане з переробкою та використанням природних джерел енергії, що отримали назву енергетичних ресурсів. До непоновлюваних енергоресурсів належать такі, для яких тепер немає джерел поповнення. Вони створювалися під впливом змінних умов розвитку Землі протягом багатьох мільйонів років. Ці ресурси суттєво зменшуються в зв'язку з їхнім інтенсивним використанням.

Відновлювані енергоресурси постійно відтворюються: до них відносять енергію вітру, енергію потоків води, що рухаються, променисту енергію Сонця та енергію теплих джерел, котрі виходять із-під землі або знаходяться під її поверхнею. Фізична природа первинних енергоресурсів дуже різна. Вугілля, сланець і торф визначаються в кілограмах і тонах, а нафта та газ — у кубічних метрах. Разом з тим для прогнозування вироблення електроенергії необхідні такі методи оцінювання їхніх запасів, які б давали можливість підсумовувати їхній енергетичний потенціал. Для оцінки запасів та витрати органічних енергоресурсів (вугілля, нафта, газ, сланці) введено поняття умовного палива, за яке прийнято таке паливо, Що має теплоту спалювання 7000 ккал/кг, або 29300 кДж/кг.

Будь-який вид органічного палива може бути приведений до умовного шляхом простого перерахунку. Умовне паливо оцінюється в тонах і скорочено записується як «т умов. палива». Геологи встановили, що загальний запас органічного палива на землі складає 10^{13} т умов, палива, а такого, що можна видобути — $5 \cdot 10^{12}$ т умов, палива. Зараз на землі щорічно споживається $10 \cdot 10^9$ т умов, палива.

Таким чином, при сьгоднішніх темпах споживання органічного палива людям його повинно вистачити на 500 років. Нижче наведені світові запаси непоновлюваних енергоресурсів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Світові запаси непоновлюваних енергоресурсів

Вид енергоносія	Енергоносії	Запаси
Органічне паливо	Вугілля кам'яне	15 трлн т
	Вугілля буре	2.5 трлн т
	Нафта	110 млрд т
	Газ	900 трлн т
	Горючі сланці	450 млрд т
	Бітумінозні	800 млрд т
Ядерне паливо	Уран	70 млн т
	Торій	450 тис. т
	Дейтерій	10^{11} кВт-год

Різні види палива мають істотно різні енергоємності, величини які приведені в табл.2.3.

Таблиця 2.3 Енергоємності різних видів палива

Види палива	Умовне паливо	Вугілля	Дрова	Нафта	Газ (пропан)	Водень
Питома енергоємність 10^6 Дж/кг	29,3	33,5	10,5	41,9	46,1	12,06

Вугілля. Світові геологічні запаси вугілля виражені в умовному паливі, оцінюють в 12000 млрд. т. з яких 6000 млрд. т. відносяться до відомих .

Найбільшими відомими запасами володіють Росія і США. Значні відомі запаси містяться у Німеччині, Англії, Китаї та ряді інших країн. Сучасна техніка і технологія дозволяють економічно виправдано добувати лише 50 % від усіх відомих запасів вугілля.

Кам'яне вугілля складається з залишків флори, що існувала на Землі в геологічні епохи задовго до нашого часу. У кам'яновугільний період життя поверхня планети була рясно покрита рослинами. Багато хто із сучасних рослин, такі, наприклад, як папороть, в ту епоху мали набагато більші розміри.

Кам'яне вугілля утворилося після відмирання рослин і покриття їх осадовими породами. Рослина в період життя запасують хімічну енергію, перетворюючи за рахунок енергії сонячних променів вуглекислоту і воду в розчинні вуглеводи, відкладаючи їх у виді клітковини в стовбурах та гілках. Білкові речовини в рослинах виходять за рахунок синтезу неорганічних азотовмістних речовин, і органічних речовин, вироблених за рахунок енергії Сонця. За словами акад. П.П. Лазарєва «...хімічна енергія, запасена в деревних породах, є перетворена енергія Сонця».

Якщо дерево спалити в присутності кисню з утворенням вуглекислоти, води і первісних азотистих з'єднань, то отримана при цьому теплота буде відповідати енергії, доставленої рослині Сонцем. Світові запаси вугілля досить великі, щоб забезпечити людство енергією на тривалий період. Однак серйозною перешкодою на шляху його широкого використання можуть стати екологічні проблеми.

1. По-перше, зі збільшенням споживання вугілля зростають викиди в атмосферу CO_2 . Це приводить до зростання середньої температури й вологовмісту і впливає на тепловий баланс.

Так, при збільшенні споживання органічного палива у два рази практично у два рази зростають викиди CO_2 .

2. Наступний екологічний аспект обумовлений тим, що при спалюванні вугілля в атмосферу протягом року викидається близько 150 млн.т оксидів сірки й близько 50 млн.т окислів азоту. Запобігти цим явищам можна але доведеться збільшити капітальні витрати на спорудження електростанцій на 25-40%, а вартість електроенергії на 15-20%.

3. Вугільні електростанції викидають дрібнодисперсні частки, і хоча електрофільтри мають ККД 98-99%, все ж таки частина їх попадає в атмосферу й шкідливо на неї впливає. Вони знижують прозорість атмосфери, а, отже, впливають на тепловий баланс Землі й можуть містити різні канцерогенні речовини, важкі метали з радіоактивними властивостями. Таким чином, значне збільшення масштабів споживання вугілля може призвести до істот-

них екологічних порушень і не повинне реалізовуватися без детального вивчення таких наслідків.

При масовому використанні вугілля виникне проблема «вуглекислої катастрофи». При спалюванні всіх запасів вугілля у світі зміст двоокису вуглецю в атмосфері зросте в 8 разів. Середня температура атмосфери збільшиться на 1-3°C, а в районі полюсів на 8°C, що викличе непередбачену зміну клімату на планеті.

Нафта. Оцінка світових запасів нафти в даний час становить особливий інтерес. Це викликано швидким ростом її споживання і тим, що в багатьох країнах (Японії, Швеції й ін.) нафта при виробництві електроенергії витиснула вугілля останнім часом цей процес призупинився. На транспорті за рахунок нафти в даний час задовольняється понад 90% світового споживання енергії.

Світові геологічні запаси нафти оцінюються в 200 млрд. т, з яких 53 млрд. т. складають відомі запаси. Більш половини всіх відомих запасів нафти розташовано в країнах Середнього і Близького Сходу. У країнах Західної Європи, де маються високорозвинені продуктивні сили, зосереджені відносно невеликі запаси нафти.

Оцінки відомих запасів нафти по своїй природі динамічні. Їхня величина змінюється в міру проведення розвідок нових родовищ. Геологічні розвідки, здійснювані в широких масштабах, приводять, як правило, до збільшення відомих запасів нафти. Усі наявні в літературі оцінки запасів є умовними і характеризують тільки порядок величин. Швидкий ріст споживання нафти визначається в основному чотирма причинами:

- 1) розвитком транспорту усіх видів і в першу чергу автомобільне й авіаційного, для яких рідке паливо поки незамінне;
- 2) поліпшенням показників видобутку, транспортування і використання (у порівнянні з твердим паливом);
- 3) прагненням у найкоротший термін і з мінімальними витратами перейти до використання природних енергетичних ресурсів;

4) прагненням у промислово розвитих країнах одержати можливо великі прибутки за рахунок експлуатації нафтових родовищ країн, що розвиваються.

Невідповідність між розташуванням нафтових ресурсів і місцями їхнього споживання або центрами продуктивних сил привело до бурхливого прогресу в розвитку засобів транспортування нафти, зокрема до створення трубопроводів великого діаметра (більше їм) і танкерів великої вантажопідйомності.

Нафта була відома ще древнім грекам і римлянам, що називали її питоліумом. У 6 ст. до н.е. пальні гази, що виділяються з нафтових джерел, дали привід до обожнюванню вічного вогню, на честь якого споруджували храми. Приблизно в той же час рідку нафту, розливу на берегах Каспійського моря, використовували для висвітлення і лікування шкірних хвороб. У стародавності нафту, що випливає з тріщин у землі і нафтових шпар, збирали в спеціальні ями, з яких вона згодом забиралась для господарських нестатків.

В міру збільшення потреби в нафті, приблизно з 16 ст., стали виривати спеціальні глибокі колодязі, відкіля черпали нафту. Родовища нафти являють собою пористі шари піщанику або вапняку, просочені рідиною. Спорудження колодязів у ті часи було справою небезпечним. Колодязь необхідно було рити до просоченого нафтою шару, у міру наближення до якого нафтові гази просочувалися в колодязь і унеможливлювали подих.

За допомогою колодязів нафта добували до 19 ст. Перша у світі нафтова свердловина пробурена в 1848 р. Ф. А. Семеновим в урочищі Бібі-Ейбат на березі Каспійського моря. Нафта являє собою буру рідину, що містить у розчині газоподібні і легко летучі вуглеводні. Вона має своєрідний смоляний запах. При перегоні нафти одержують ряд продуктів, що мають важливе технічне значення: бензин, газ і мастила, а також вазелін, застосовуваний у медицині і парфумерії. Щоб пояснити походження нафти, учені користувалися результатами дослідів, при яких вироблялося нагрівання до високих температур рослин і залишків тварин без доступу повітря. У результаті такого нагрі-

вання, названого сухою перегонкою, утворювалися вуглеводні, подібні з вуглеводними, що містяться у нафті.

Передбачалося, що в стародавні часи існуюча і померла флора і фауна були покриті осадовими породами на дні морів і океанів, що утворилися при опусканні земної поверхні. Можна допустити, що опускання земної поверхні відбувалося до великих глибин, де органічні залишки під дією теплоти Землі перетворювалися в нафту. Такий погляд складає основу біолого - геологічної теорії утворення нафти, підтвердженої численними дослідженнями.

Природний газ. Світові геологічні запаси газу оцінюються в 140-170 трлн.м. Нафта і газ потрібні не стільки як енергетична сировина, скільки як сировина для хімічної промисловості. В даний час відомо більш 5000 синтетичних корисних продуктів, одержуваних з нафти і газу, і число їх щорічно збільшується. Однак поки тільки 3-5% від добутих запасів переробляється як хімічна сировина. Нафтові і газові родовища відкриваються на глибині й оцінюються тільки буравленням шпар. Витрати на буравлення складають більш 70% від витрат, що витрачаються на проведення геологорозвідувальних робіт.

Гідроенергетичні ресурси. Гідроенергія на Землі оцінюється величиною 3290 ТВч*год у рік. Близько 25% цієї енергії по технічних і економічних умовах може використовуватися для практичних нестатків. Ця величина приблизно в 2 рази перевищує сучасний рівень щорічного вироблення електроенергії всіма електростанціями світу. У більшості розвитих країн частка гідроелектростанцій у виробленні електроенергії знижується, ще обумовлено освоєнням інших найбільш економічних енергоресурсів і використанням гідроелектростанцій переважно в пікових режимах.

На відміну від невідновлюваної хімічної енергії, запасеної в органічному паливі, кінетична енергія води, що рухається в ріках, відновлювана – на гідроелектростанціях вона перетворюється в електричну енергію.

2.3 Використання енергетичних ресурсів.

Енергія розуміється як кількісна оцінка різних форм руху матерії, що можуть перетворюватися одна в іншу.

По видах енергія розділяється на хімічну, механічну, електричну, ядерну, тощо. З різноманіття енергоресурсів, що зустрічаються в природі, виділяють основні, органічні палива такі, як вугілля, нафта, газ, а також енергію рік, морів і океанів, сонця, вітру, теплову енергію земних надр (геотермальну) тощо.

Енергоресурси розділяють на поновлювані та неоновлювальні. До першого відносять енергоресурси безупинно відновлювані природою (вода, вітер тощо), а до других – енергоресурси, раніше накопичені в природі, але в нових геологічних умовах практично не утворюються (наприклад кам'яне вугілля).

Енергія палива, що витягається безпосередньо в природі (води, вітри, теплова енергія Землі, ядерна), називається *первинною*. Енергія, одержувана людиною після перетворення первинної енергії на спеціальних установках-станціях, називається *вторинною* (енергія електрична, пари, гарячої води тощо).

У своїй назві станції містять указівки на те, який вид первинної енергії на них перетворюється. Наприклад Теплова електрична станція (скорочено ТЕС) перетворює теплову енергію (первинну) в електричну енергію (вторинну), гідроелектростакція (ГЕС) - енергію води в електричну, атомна електрична станція (АЕС) – атомну енергію в електричну, крім того, первинну енергію води – на станціях, що акумулюють, (ГАЕС) тощо. Одержання енергії необхідного виду і постачання нею споживачів відбувається в процесі енергетичного виробництва, у якому можна виділити п'ять стадій:

1.Одержання і концентрація енергетичних ресурсів: видобуток і збагачення палива, концентрація напору, за допомогою гідротехнічних споруджень тощо.

2.Передача енергетичних ресурсів до установок, що перетворюють енергію – вона здійснюється перевезенням сушею чи водою або перекачуванням трубопроводами води, газу та ін.

3. Перетворення первинної енергії у вторинну, що має найбільш зручну для розподілу і споживання (звичайно в електричну енергію і теплову).

4.Передача і розподіл перетвореної енергії.

5.Споживання енергії, здійснюване як у тій формі, у якій вона доставлена споживачеві, так і в перетвореній.

Якщо загальну енергію застосовуваних первинних енергоресурсів прийняти за 100 %, то корисна використана енергія складе тільки 35-40 %, інша частина губиться, причому велика частина – у виді теплоти.

Втрати енергії визначаються існуючими в даний час технічними характеристиками енергетичних машин.

Різні види енергоресурсів нерівномірно розподілені районами Землі, країнами, а також усередині країни. Місця їх найбільшого зосередження звичайно не збігаються з місцями споживання, що найбільше помітно для нафти.

Концентрація споживання енергоресурсів у найбільш розвитих країнах приведе до такого положення (рис. 2.1) коли 30 % населення у світі споживає 90 % усієї вироблюваної енергії, а 70% населення - тільки 10% енергії.



Рис Концентрація споживання енергоресурсів у найбільш розвитих країнах

При цьому 3/4 встановленої потужності електростанцій і світового виробництва електроенергії приходить усього на 10 найбільш промислово розвитих країн. Спостерігається тенденція збільшення нерівномірності споживання енергетичних ресурсів. Так понад половину населення земної кулі, що проживає в країнах, що розвиваються, споживають менш 100 кВт*ч електроенергії, що приходить на одну людину при середньосвітовому показнику, близькому до 1500 кВт*ч. Розбіжності місць зосередження і споживання, енергоресурсів викликають необхідність їхнього транспортування. Енергія може передаватися в різній формі. Наприклад, можна перевозити нафту та вугілля від родовищ до великих про-

мислових центрів і міст та потім спалювати їх на електростанціях перетворюючи на електричну енергію та теплову. Можливий і інший варіант, коли електростанція споруджується поблизу родовищ палива, а електрична енергія передається по проводах до віддалених промислових підприємств та міст. Доцільність передачі на відстань тих або інших носіїв енергії визначається їхньою енергоємністю під якою розуміється кількість енергії, що приходить на одиницю маси фізичного тіла. Серед застосовуваних енергоносіїв найбільшою енергоємністю володіють радіоактивні ізотопи урану і торію, 2,22 ГВт*ч/кг ($8 \cdot 10^{12}$ Дж/кг). Унаслідок величезної енергоємності атомного палива практично не існує проблеми транспорту його на відстань, тому що для роботи могутніх електричних установок потрібної порівняно мала кількість. Енергоємність застосовуваного палива в середньому по усіх видах складає 0,834 кВт*ч/кг ($3 \cdot 10^6$ Дж/кг). Органічне паливо внаслідок його специфічних властивостей і історично сформованих умов поки залишається основним джерелом використовуваної людством енергії. Світові запаси органічного палива (табл. 2.2). Запаси палива, що має різну енергоємність, зручно виражати в умовному паливі.

Таблиця 2.2 Світові запаси органічного палива

Види палива	Млрд. т. ум. палива	Млн. ТВт*год
Кам'яне вугілля	3000	24,4
Торф	100	0,812
Нафта (вільна)	90	0,73
Нафта (в бітумних пісках та сланцях)	200	1,62
Природний газ	90	0,73

Паливо по своїй природі відноситься до не відновлюваних джерел енергії, тому що воно запасено в далекі доісторичні епохи і практично не відтворюється.

Оцінки запасів органічного палива коливаються в широких межах у залежності від умов, що враховується, його залягання і можливостей видобутку. Прогнозні, або геологічні, запаси палива, одержувані на основі теоретичного пророкування, істотно більше. При цьому, якщо геологічне запаси палива прийняти за одиницю, то достовірні запаси виявляються в 2 рази менше, а

запаси, які можна витягти з обліком сучасних технічних можливостей – у 4 рази менше. Споживання енергоресурсів швидко росте, що викликається безперервним збільшенням світового промислового виробництва. Передбачається, що до 2010 р. споживання енергоресурсів складе 200-300 тис. ТВт*рік (що відповідає умовному паливу масою 20-30 Млрд. т).

Після 2010 року „залишок запасів енергоресурсів, без обліку можливостей ядерної і термоядерної енергетики, вистачить ще на 100-250 років.

Загальне світове виробництво енергоресурсів, приведених до умовного палива, у 2000 р. склало ~20 млрд. т. У його структурі ведуче значення мали нафта і газ, частка яких складе 2/3 усього виробництва енергоресурсів, 1/3 приходилася на ядерне пальне; частину, що залишилися, складають тверді види палива.

2.4 Атомна енергетика

На нинішньому етапі розвитку людства реальної альтернативи ядерній енергетиці немає - як по масштабах, так і за ціною електроенергії. Саме ядерна енергетика може в значній мірі задовольнити зростаючий попит населення Землі. Разом з тим важлива роль у розвитку ядерної енергетики, підвищенні рівня безпеки експлуатації енергоблоків АЕС належить суспільству, що поступово позбувається від чорнобильського синдрому.

Перша електроенергетична ядерна установка, підключена до електромереж, з'явилася 27 липня 1954 року в м. Обнінську (колишній СРСР) і вважається першою АЕС.

Наступний період розвитку заклав фундамент для будівництва й експлуатації ядерних й енергетичних установок різного призначення й для створення ядерного паливного циклу. Так, в 1970 році кількість енергоблоків АЕС перевищило сотню - їх налічувалося вже 116, а в 1980-му - 135. Наступне десятиліття дало найбільшу кількість нових реакторів - в 1990 році їх було 328 одиниць; в 2001-му в світі діяло вже 438 атомних реакторів, а 31 реактор перебував у стадії будівництва або модернізації.

Після великих аварій на АЕС ставлення світового співтовариства - через масові протести населення й екологічних рухів проти ядерної енергетики - різко змінилося на негативне. Так, в 1980 році у Швеції через протести екологічних організацій власті були змушені законсервувати черговий об'єкт АЕС, а в Італії після проведення загальнонаціонального референдуму - повністю відмовитися від ядерної енергетики. Швеція й Німеччина не без впливу «зелених» прийняли рішення вилучити з експлуатації існуючі АЕС після вичерпання їхнього ресурсу. Як наслідок, стрімкий розвиток ядерної енергетики було припинено, а її роль і можливості значно зменшилися.

Сьогодні АЕС працюють в 37 країнах світу, де проживає дві третини людства. Перспективні плани розвитку в більшості цих країн передбачають будівництво ще багатьох десятків реакторів.

Запаси ядерної енергії залежать від методу її одержання. Сучасні атомні електростанції з тепловими реакторами використовують енергію ізотопу урану -235, запаси якого відносно невеликі.

У випадку застосування реакторів - розмножувачів, що дозволяють використовувати й енергію ізотопу урану -238, можливості ядерної енергетики значно розширюються.

Недоліки:

1. Будівництво навіть звичайних АЕС в 2-3 рази дорожче в порівнянні із сучасними тепловими електростанціями на вугіллі. Вартість електростанцій з реакторами - розмножувачами зростає, причому значно.

2. Крім того, треба враховувати й можливість розкрадання плутонію з метою атомного шантажу. За прогнозами, до 2020 року для використання в реакторах - розмножувачах з теплових реакторів повинно виводитися від 2,5 до 4 млн. кг плутонію. Навіть при надійності контролю 99,999% може «зникнути» плутоній у кількості, достатній для створення 10 бомб.

3. Шлаки від розпаду урану дуже радіоактивні і їхнє надійне поховання пов'язане з великими технічними труднощами, які ще не подолані. Можливо, найкраще відправляти їх на ракетах у космічний простір, але поки це вважається недостатньо

надійним. Широке використання атомної електроенергії призведе також до поширення плутонію - одного з компонентів ядерної реакції. Це зробить більше складним контроль над поширенням атомної зброї. За прогнозами Американського інституту нафти (American Petroleum Institute), 95% доступних джерел нафти у світі будуть вичерпані в найближчі 56 років, 5%, що залишилися зникнуть через 88 років. Таким чином, людству даний максимум 30-50 років, щоб знайти заміну традиційної нафти.

2.5 Термоядерна енергія

Принцип, що закладений у основі роботи термоядерного реактору досить простий і ґрунтується на поєднанні двох ізотопів водню, дейтерію й тритію, причому так, щоб запалилася реакція, що самопідтримується, і качати із цієї реакції енергію, для якої не потрібний «раритетний» уран. Така енергія, по-перше, у принципі не може призвести до Чорнобиля, тобто безпечна (у можливих аварійних ситуаціях радіоактивний фонд поблизу термоядерної електростанції не перевищить природних показників); по-друге, практично невичерпна, тому що водень - найпоширеніша речовина у Всесвіті; а на додаток до всього, ще й економічна - на одиницю ваги термоядерного палива виходить приблизно в 10 мільйонів разів більше енергії, ніж при згорянні органічного палива, і приблизно в сто раз більше, між при розщепленні ядер урану. Добувати дейтерій значно простіше й дешевше, ніж робити уранове паливо. Для наочності скажемо: ми буквально купаємося в океані енергії (в обсязі 1 км.куб. морської води міститься стільки дейтерію, що якщо його перетворити в гелій - енергетичний вихід зрівняється з енергією, отриманою від згорання всіх відомих світових запасів нафти).

Які ж переваги має термоядерний синтез у порівнянні з ядерними реакціями розподілу, які дозволяють сподіватися на широкомасштабний розвиток термоядерної енергетики? Основне та принципове полягає у відсутності довгоживучих радіоактивних відходів, які характерні для ядерних реакторів розподілу. І хоча в процесі роботи термоядерного реактора перша стінка активується нейтронами, вибір відповідних конструкційних матеріалів, які низько активуються відкриває принципову

можливість створення термоядерного реактора, у якому наведена активність першої стінки буде знижуватися до повністю безпечного рівня за 30 років після зупинки реактора. Це означає, що ресурс, що виробив, реактор потрібно буде законсервувати всього на 30 років, після чого матеріали можуть бути перероблені й використані в новому реакторі синтезу. Ця ситуація принципово відрізняється від реактора розподілу, які створюють радіоактивні відходи, що вимагають переробки й зберігання протягом десятків тисяч років.

2.6 Енергетичні ресурси України

Економічна безпека будь-якої держави базується на максимальній автономії її діяльності із забезпечення стабільного функціонування національного господарства. Основоположною умовою цього стає забезпечення економіки різними видами ресурсів у достатньому обсягу. Одними з найважливіших і найнеобхідніших для надійної роботи підприємств є енергетичні ресурси. Усі показники, пов'язані з їх використанням, тією чи іншою мірою впливають на собівартість продукції, рентабельність виробництва і цілком залежать від стану енергетичного комплексу. Таким чином, паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) - це базовий сектор економіки, де виробляється важливий ресурс, який забезпечує включення до процесу виробництва всієї решти ресурсів держави: виробничого апарату, сировини, матеріалів, кадрового потенціалу, високих технологій тощо.

Основу ПЕК утворюють галузі, які здійснюють видобування і попередню підготовку первинного енергомісного ресурсу і перетворюють його на вторинний, а також підрозділи, що являють собою складну багатоцільову сукупність виробничих структур, покликаних забезпечувати як поточну роботу комплексу, так і його техніко-економічну перспективу.

Важливість забезпечення стабільної та ефективної роботи ПЕК України є очевидною. В національній економіці виробничі структури комплексу займають особливе місце:

- по-перше, вони покликані гарантовано забезпечувати виробництво у необхідній кількості енергоресурсами з відповідними якісними характеристиками і параметрами, а також раціональною структурою за видами енергії;
- по-друге, формувати довгочасну науково обґрунтовану технічну політику ефективного використання наявних паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням реальних фінансово-економічних можливостей галузі та держави;
- по-третє, 1/3 основних фондів промисловості зосереджено саме у галузях ПЕК.

Сучасне електроенергетичне господарство України за потужністю не поступається, а за багатьма показниками перевищує електроенергетичні господарства розвинених країн Європи. Ця галузь належить до найстаріших у країні. Так, найдавніша згадка про водяний млин та використання енергії річок в Україні припадає до 1292 р. А перший випадок застосування електрики на території нашої країни пов'язують із 1878 р., коли інженер О.П.Бородін обладнав токарний цех київських залізничних майстерень чотирма електричними ліхтарями.

У 1888 р. було встановлене перше електричне освітлення в саду Шато-де-Флер (тепер стадіон "Динамо") в Києві, а 1890 р. почала працювати перша центральна електрична станція загального користування, яка освітлювала міський театр і Хрещатик. На початку століття в Україні функціонували дрібні електростанції з середньою потужністю 3 тис. кВт, які виробляли щорічно 0,5 млрд. кВт/год електроенергії. Електростанції були не тільки малопотужними, але й розміщувалися по території країни дуже нерівномірно, переважно у Донбасі, Придніпров'ї та у великих містах, причому функціонували вони ізольовано. У сільському господарстві та на транспорті електроенергію практично не використовували.

Згідно з планом електрифікації колишнього Радянського Союзу, прийнятому у 1920 р., в Україні перша державна районна електростанція — Ште-

рівська ДРЕС — побудована у 1926 р., а в 1932 р. було завершено будівництво Дніпрогесу. У наступні роки кількість і потужність електростанцій зростала і вже в 1940 р. діяли 173 електростанції загальною потужністю 3,23 млн. кВт. Довжина ліній електропередачі напругою 35 кВ і більше перевищувала 4 тис. км. Сформувалися великі енергосистеми ("Дніпроенерго", "Київенерго", "Донбасенерго", "Харківенерго" та ін.). У роки війни електроенергетичне господарство республіки було зруйноване, ЛЕП знищені. Та в повоєнні роки почалася стрімка відбудова електроенергетики. Уже в 1950 р. потужність електростанцій досягла 3,4 млн. кВт, а виробництво електроенергії — 14,7 млрд. кВт/год. Розгорнулося будівництво нових електростанцій, нарощувалися потужності на старих. Електроенергетика України перетворилася в потужну галузь, яка об'єднує теплові електростанції, гідроелектростанції, атомні електростанції, тепло- і електромережне господарство. У 2001 р. потужність усіх електростанцій України становила 54,4 млн. кВт, а виробництво електроенергії 278,7 млрд. кВт год. Кількість працюючих на підприємствах електроенергетики перевищила 120 тис. чол.

Перша у світі вітряно-електрична станція споруджена в Криму у 1931 р. її потужність становила 110 кВт. Перша сонячна електростанція була збудована також у Криму. В незначній кількості використовується геотермальна енергія для обігрівання будинків і в бальнеології (Саксько-Євпаторійські курорти) для обігріву теплично-парникових господарств (Присивашся). Перспективними районами для створення ГеоТЕС є Закарпаття і Крим.

2.7 Відновлювані джерела енергії, перспективи в Україні

При розгляді відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), необхідно враховувати фізичні закони: всі енергетичні процеси зводяться до трансформації одного виду енергії в інший. Найбільш вживані з них - електрична, теплова, хімічна, механічна, а тепер і ядерна. Але в кожному випадку трансформація відбувається в деякому об'ємі, до якого надходить один вид енергії, а виходить

із нього інший, перетворений. При цьому обов'язково треба мати на увазі, що щільність енергії, яка надходить обмежена фізичними властивостями того середовища, через яку вона протікає. Оціночні розрахунки показують (з урахуванням економіки, наявності ресурсів тощо), що приріст енергії за рахунок ВДЕ можна одержати в наступних масштабах: (Терра = 1×10^{12} Вт): за рахунок енергії вітру: 0,2-0,3 ТВт; гідроенергія: 0,2-0,3 ТВт; біомаса (ліс, відходи): 1,3-1,5 МВт; геотермальна енергія: 0,1 ТВт; сонячна енергія: 0,1 ТВт.

1. За оцінками вчених, ресурси енергії вітру технічно доступні для освоєння на континентальній частині нашої території в кілька разів перевищують нинішні обсяги генерування електроенергії в Україні. Великі перспективи розвитку вітроенергетики варто зв'язувати з надзвичайно сприятливими передумовами для спорудження офшорних ВЕС – на акваторіях, де параметри вітру для застосування вітротехніки значно краще, ніж на суші. Перспективним напрямком розвитку вітроенергетики в Україні може бути її інтеграція з гідроенергетикою, наприклад, у формі загального використання інфраструктури ГЕС або створення вітро-гідроаккумулюючих електростанцій, які зможуть постачати в мережу електроенергією за графіком.

2. В Україні поступово розвертаються роботи з розвитку малої гідроенергетики. Потенціал малої гідроенергетики в Україні оцінюється по-різному. Є думка, що він у три-чотири рази перевищує потенціал каскаду ГЕС на Дніпрі, тобто мала гідроенергетика може забезпечити генерування близько 30-40 млрд. кВт.г/рік. З урахуванням можливості гідроенергетики підтримувати графік навантаження енергосистеми, а також кращих економічних показників, цей напрямок удосконалювання паливноенергетичного комплексу України є надзвичайно актуальним й перспективним.

3. Україна має ресурси для створення об'єктів геотермальної енергетики. Зокрема, значні геотермальні енергоресурси є в Криму, Закарпатській, Чернігівській, Сумській, Полтавській, Харківській, Львівській, Херсонській, Івано-Франківській областях.

4. На сьогодні сонячна енергетика України забезпечує близько 5 % від усієї потужності. Перспективи розвитку пов'язані зі збільшенням кількості сонячних електростанцій в місцях зі значним споживанням енергії.

2.8 Сучасний стан енергетики і задачі енергозбереження в Україні

Близько 68% потужностей зосереджено на теплових електростанціях. Найбільша кількість теплових електростанцій (ТЕС і ТЕЦ) — у Донбасі: Луганська, Миронівська (білу Бахмута), Слов'янська, Курахівська, Зуївська та ін.

У Придніпров'ї найпотужнішими ТЕЦ є Криворізька-1; Криворізька-2 (біля Апостолового), Придніпровська (м. Дніпро), Запорізька.

Дві великі ТЕС є у Харківській обл.: Зміївська і Готвальдська. На території Західного регіону також є ряд ТЕС, які працюють на вугіллі Львівсько-Волинського вугільного басейну, місцевому мазуті і газі. Найбільші з них — у Добротворі (Львівська обл.), Бурштині та Калуші (Івано-Франківська -обл.). Великі ТЕС є і в ряді інших областей України: Ладижинська у Вінницькій обл., Трипільська — у Київській обл. тощо.

Крім електроенергії, підприємства електроенергетики України виробляють значну кількість пари і гарячої води. Серед цих підприємств найбільшу кількість тепла і пари виробляють великі котельні потужністю понад 20 гкал/год. Значну частку тепла і електроенергії виробляють ТЕЦ, які обігрівають великі та ряд малих міст. Найбільшими ТЕЦ є три у Києві (Дарницька ТЕЦ, ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6), Одеська, Роздольська, Лисичанська, Черкаська, Чернігівська, Жидачівська (Львівської обл.), Кременчуцька, Львівська тощо. Потужність ТЕЦ-5 складає 700 МВт, ТЕЦ-6 – 500 МВт, Харківська ТЕЦ-5 – 470 МВт, а також велика кількість більш дрібних ТЕЦ. Переважна більшість ТЕЦ і ТЕС, працюють на вугіллі Донецького, Львівсько-Волинського і Дніпровського басейнів, на природному газі та мазуті.

У даний час гідроелектростанції виробляють менше 10% усієї електроенергії в Україні. Найбільшими є електростанції Дніпровського каскаду:

ДніпроГЕС, Кременчуцька, Каховська, Середньодніпровська, Канівська і Київська. Гідроелектростанції є також на Південному Бузі, Росі та інших ріках. У Закарпатській обл. функціонує Теребле-Рікська ГЕС, яка використовує енергію двох гірських рік з різними рівнями. Всього на малих ріках діє 55 гідроелектростанцій.

Атомна енергетика України представлена такими діючими потужними атомними електростанціями: Запорізька, Рівненська, Южно-Українська, Хмельницька. У зонах радіоактивного забруднення від діючих АЕС може опинитись більше 45% території і половина населення України. Ось чому далі розвивати атомну енергетику в нашій країні проблематично, тим паче, що відчувається гострий дефіцит атомного пального, яке Україна одержує тепер із Росії.

Серйозні витрати в роботі ПЕК залежать від загального морального старіння виробничого апарату, а також значного фізичного спрацювання устаткування на ТЕС. Із загальної встановленої потужності українських ТЕС (28700 МВт) 24% – фізично повністю спрацьовані, 66% – експлуатуються понад розрахунковий ресурс часу роботи і лише 10% – ще не вичерпали розрахункового періоду експлуатації. Це призводить до порушення ритмічного і нормативного забезпечення споживачів електроенергією, недопустимого рівня негативного впливу на навколишнє середовище (застаріла технологія перетворення енергій), високої вартості енергоносіїв, а також до значної енергомісткості ВВП, відсутності механізму, який би стимулював економію електроенергії.

Одна з найгостріших проблем української економіки — висока енергомісткість виробництва. За цим показником Україна є одним з світових "лідерів". З урахуванням явно недостатнього власного виробництва енергоносіїв і залежності від зовнішніх поставок, що впливає з цього, підвищення енергетичної ефективності стає на найближчий період ключовим завданням. Істотні резерви економії первинних енергоносіїв зосереджені в енергетичній галузі — на стадії виробництва електричної і теплової енергії. Комбіноване вироб-

лення електроенергії і тепла є перспективною, перевіреною на практиці технологією, яка дозволяє вирішити це завдання.

При роздільному виробленні енергії для опалення житла, гарячого водопостачання і задоволення потреб промисловості у парі і гарячій воді застосовуються парові та водогрійні котли. Електроенергія виробляється, в основному, на великих теплових і атомних електростанціях, при цьому корисно використовується тільки частина енергії палива — від 30 до 60% у найсучасніших зразках установок. У результаті значна кількість теплової енергії викидається у навколишнє середовище.

При комбінованому виробленні ця низькопотенціальна енергія використовується для постачання споживачам тепла. Таким чином, з тієї самої кількості первинного палива виробляється більший обсяг корисної продукції— електроенергії і тепла. Ефективність використання палива на теплоелектроцентралях (ТЕЦ) у сучасних установках сягає 95%. Заміна роздільного енергопостачання на комбіноване у зв'язку з будівництвом ТЕЦ у Зебрюгге (Бельгія) привела до економії 28% палива.

При розгляді перспектив розвитку енергетики не можна не зупинитися на екологічних проблемах і, у першу чергу, на проблемі викидів парникових газів. Застосування комбінованого вироблення є одним з небагатьох методів зниження обсягів викидів основного парникового газу CO_2 кількість якого є пропорційним кількості вуглецю, що міститься у спалюваному паливі. Зниження споживання палива внаслідок збільшення частки комбінованого вироблення приводить до зменшення екологічної шкоди. Завдяки цим перевагам комбіноване вироблення визнане одним з пріоритетних напрямів розвитку енергетики України, а також активно підтримується країнами Європейського Союзу.

На українських ТЕЦ встановлені теплофікаційні турбіни Т-250/300-240 і Т-100/120-130, які є одними з найпотужніших у своєму класі. Подальше збільшення одиничної потужності ТЕЦ обмежується наявністю споживачів теплової енергії. Віддаленим споживачам виявляється не вигідним постачати те-

пло через значні втрати при транспортуванні. Таким чином, при спорудженні ТЕЦ важко повною мірою використовувати ефект масштабу виробництва. Незважаючи на значний прогрес у розвитку ТЕЦ в Україні, централізоване тепlopостачання великої кількості споживачів усе ще здійснюється не від ТЕЦ, а від котельних. Цим і пояснюється низька порівняно з іншими країнами частка ТЕЦ (23%) у покритті теплових навантажень.

Оптимізація тепло- і електропостачання промислових підприємств, у тому числі із застосуванням технології комбінованого вироблення, обіцяє дати значні результати, які виражатимуться в економії енергоресурсів і зниженні затрат промисловості. За винятком вже названих відносно нових ТЕЦ Києва та Харкова, більшість українських ТЕЦ відпрацювали багато десятків років. За цей час істотно змінилися не тільки технології виробництва, а й попит на теплову енергію в регіонах їх розміщення. Основне устаткування фізично і морально застаріло, потрібні його глибока модернізація або повна заміна. Усі ТЕЦ України, включаючи найновіші, оснащені традиційними паровими котлами факельного типу, що працюють, як правило, на газі та мазуті, і паровими турбінами з теплофікаційними і промисловими відборами. Так, наприклад, на Одеській ТЕЦ-1, яка є єдиним безальтернативним джерелом тепlopостачання значної частини міста, не тільки не можуть покрити попит на теплову енергію, але й постійно існує небезпека відключення тепла споживачам внаслідок значного спрацювання устаткування.

За останнє десятиріччя сталася істотна зміна масштабів і співвідношень цін. У першу чергу це виразилося у значному подорожчанні палива, ціни на яке у даний момент в Україні навіть перевищують світовий рівень. Істотний шлях пройшли технології генерації, динамічно розвивалися технології виробництва газових турбін, створене вискоелективне енергогенеруюче устаткування малої та середньої потужності, в результаті чого експлуатація ТЕЦ при теплових потребах міста менш як 300 МВт, яка вважалася неефективною у 80-х роках, нині є нормальною практикою.

Для збереження досягнутих показників у комбінованому виробництві електричної і теплової енергії і, тим більше, для нарощування виробництва потрібні будівництво нових об'єктів і глибока модернізація існуючих із застосуванням передових технологій. Новим фактором, який визначає розвиток комбінованого вироблення, є використання в енергетиці ринкових механізмів роботи. Слідом за Англією та Уельсом ринкові механізми вводяться в енергетичні галузі більшості європейських країн (згідно з директивою ЄС). Робота в умовах вільного ринку енергетичних ресурсів спричиняє появу таких, поки ще не властивих для енергетики України, факторів. Ціни на електроенергію піддані впливу істотних коливань протягом доби. Так, за даними, які щодня публікуються у Financial Times, ціна на електроенергію в системі Уельсу і Англії в періоди максимального попиту може перевищувати ціну нічного періоду, коли споживання різко падає у три і більше разів. За цих умов найбільш конкурентоспроможними виявляються станції, оснащені парогазовими установками. Їх устаткування може бути швидко запущене або зупинене (залежно від вимог ринку) і здатне ефективно працювати у широкому діапазоні навантажень.

Водночас можливості зміни режиму роботи ТЕЦ істотно обмежені, їх електричне навантаження залежить від теплового навантаження, тобто для того, щоб підвищити відпуск електроенергії, від станції, як правило, необхідно відключити споживачів тепла, що є недопустимим.

В Україні впровадження комбінованого вироблення енергії і тепла сприятиме зниженню споживання первинних енергоносіїв і мінімізації шкідливого впливу промисловості на навколишнє середовище.

ТЕМА №3 Традиційні способи одержання електричної енергії

3.1. Типи електростанцій.

Електрична енергія виробляється на електричних станціях, що містять у собі комплекс обладнання та пристроїв для перетворення енергоносія на електричну енергію. Деякі електростанції можуть одночасно виробляти і те-

плову енергію, котра використовується для теплопостачання промислових підприємств, адміністративних і житлових будинків.

Всі електростанції за видом використовуваного джерела енергії поділяються на:

- теплові електростанції (ТЕС);
- атомні електростанції (АЕС);
- гідравлічні електростанції (ГЕС);
- електростанції нетрадиційної енергетики.

Для кожного типу електростанцій існує своя технологічна схема перетворення первинної енергії на електричну, а в окремих випадках і для отримання теплової енергії. Ця схема визначає послідовність процесів перетворення енергії, основне та допоміжне обладнання, що бере в цьому участь. Кожний вид обладнання має свої номінальні параметри, котрі визначають можливість його довгочасної та надійної роботи. Джерелом електричної енергії для живлення різних струмоприймачів у виробництві й побуті є електричні генератори, встановлені на електростанціях.

Основний вид електростанцій в Україні — великі районні електростанції, які постачають електричну енергію населеним пунктам і підприємствам, віддаленим на сотні кілометрів.

Теплові електростанції на сьогодні є найпоширенішим видом електростанцій. Джерелом первинної енергії для них є органічне паливо (вугілля, нафта, газ, сланець). За видом енергії, що виробляється, теплові електростанції (ТЕС) поділяються: на конденсаційні (КЕС), які виробляють тільки електричну енергію, та теплоелектроцентралі (ТЕЦ), які виробляють електричну та теплову енергію. В цьому випадку джерелом тепла, що відпускається, є відпрацьована пара або ж відпрацьовані газові продукти згоряння. Теплові конденсаційні електричні станції перетворюють енергію органічного палива спочатку на теплоту, механічну енергію, а потім електричну енергію. Механічну енергію впорядкованого обертання вала одержують за допомогою теп-

лових двигунів, що перетворюють енергію неврегульованого руху молекул пари або газу.

Атомні електростанції дозволяють отримати енергію за рахунок поділу ядер урану, перетворюється на теплову енергію пари або газу, а потім на електричну енергію. Поділ ядер урану відбувається під час бомбардування їх нейтронами, внаслідок чого з'являються ядра, які є, зазвичай, відмінними за масою, нейтрони та інші продукти поділу, які розлітаються в різні боки з і величезними швидкостями і мають, отже, велику кінетичну енергію. Одержана під час поділу ядер енергія майже повністю перетворюється на теплоту. Установа, в якій відбувається керована ланцюгова реакція поділу, називається ядерним реактором.

Звичайні ТЕС принципово відрізняються від АЕС тільки тим, що робоче тіло в них одержує теплоту в парогенераторах під час спалення органічного палива (на АЕС — у ядерних реакторах). Для підігрівання води і перетворення її на пару в ТЕС використовується теплота, що одержується під час спалення вугілля, а в АЕС — теплота, що одержується за допомогою керованої ядерної реакції поділу.

Основний елемент АЕС – ядерний реактор – складається з активної зони, відбивача, системи охолодження, системи керування, регулювання і контролю, корпусу та біологічного захисту. У робочі канали активної зони вміщують ядерне паливо у вигляді уранових або плутонієвих стержнів, покритих герметичною металевою оболонкою. У цих стержнях і відбувається ядерна реакція, що супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії. Тому стержні з ядерним паливом називаються тепловиділяючими елементами, або скорочено твелями. Кількість твелів в активній зоні доходить до кількох тисяч.

В активну зону вміщують уповільнювач нейтронів, через цю ж зону проходить теплоносій, під яким розуміють речовину, яка служить для відведення теплоти. Як теплоносій використовується звичайна вода, важка вода, водяна пара, рідкі метали, деякі інертні гази (гелій тощо). Теплоносій за до-

помогою примусової циркуляції омиває поверхні твелів, нагрівається і відносить теплоту для подальшого її перетворення на електричну енергію. Активна зона реактора оточена відбивачем, який повертає в неї нейтрони, що вилітають.

Потужність енергетичного реактора визначається можливостями швидкого відведення теплоти з активної зони. Оскільки відведення теплоти відбувається за рахунок конвективного теплообміну, то для підвищення його інтенсивності потрібно збільшувати швидкість руху теплоносія. Наприклад, швидкість руху води в активній зоні становить 3-7 м/с, а швидкість газів — 30-80 м/с.

Управління реактором проводиться за допомогою спеціальних стержнів, що поглинають нейтрони. Стержні вводяться в активну зону і змінюють потік нейтронів, а отже, і інтенсивність ядерної реакції.

Гідравлічні електричні станції використовують рух потоку води, що протікає через певну перепону — греблю. Потужність електростанції визначається витратою води, висотою між рівнем води у верхньому за течією басейні (верхньому б'єфі) і рівнем води в нижньому за течією басейні (нижньому б'єфі) в місці спорудження дамби. Різниця рівнів верхнього і нижнього басейнів називається напором. У двигунах ГЕС можна використати тільки частину потужності потоку води в створі через неминучі втрати потужності в гідротехнічних спорудах, турбінах і генераторах, що враховуються коефіцієнтом корисної дії. Напір збільшують на рівнинних річках за допомогою дамби, а в гірських місцевостях будують спеціальні обвідні канали, що називаються дериваційними.

У гідравлічних турбінах перетворюється енергія води на механічну енергію обертання вала турбіни. Коли споруджують ГЕС звичайно вирішують комплекс завдань, в який, окрім вироблення електричної енергії, входить регулювання стоку води і поліпшення суднохідності річки, створення зрошуваних масивів, розвиток енергоємних виробництв, які використовують місцеву сировину, тощо.

До електростанцій нетрадиційної енергетики відносяться: сонячні електростанції, вітрові електростанції, електростанції на біопаливі тощо. Частка використання означених джерел енергії постійно зростає, як в Україні так і у світі.

3.2 Теплові електростанції

Перші ТЕС з'явилися наприкінці XIX століття (1882 - у Нью-Йорку, 1883 - у Петербурзі, 1884 - у Берліні) і отримали переважне поширення. У середині 70-х років XX століття ТЕС – основний вид електричних станцій. Частка вироблюваної ними електроенергії складала: у СРСР та США – 80% (1975), у світі близько 76% (1973). Зараз близько 50% всієї електроенергії світу виробляється на теплових електростанціях. Історично великі ТЕЦ застосовуються для забезпечення тепловою енергією великих міст. Така система є досить непрактичною, через те що, на відміну від електрокабеля, надійність теплотрас дуже низька на значних відстанях, крім цього ефективність централізованого теплопостачання також сильно знижується при передаванні на відстань (ККД досягає 60 - 70%). Підраховано, що при протяжності теплотрас більше 20 км (типова ситуація для більшості міст) установка електричного бойлера в окремому будинку стає більш економічно вигідною. На розміщення теплових електростанцій надає основний вплив паливний та споживчий фактори. Найбільш потужні ТЕС розташовані у місцях видобутку палива. Теплові електростанції, що використовують місцеві види органічних палив (торф, сланці, низькокалорійні та багатозольні вугілля, мазут, газ), орієнтуються на споживача і одночасно знаходяться у джерел паливних ресурсів.

3.2.1 Теплові конденсаційні електростанції (КЕС). КЕС перетворюють енергію органічного палива в механічну енергію, а далі в електричну. Механічну енергію обертання вала отримують за допомогою теплових двигунів. Що перетворюють енергію неупорядкованого руху – руху молекул пари чи газу.

Всі теплові двигуни поділяються:

- за видом використовуваного робочого тіла – пара чи газ;
- за способом перетворення теплової енергії в механічну – поршньові чи роторні.

В поршньовому способі для перетворення використовується енергія робочого тіла, отримана при його нагріванні. У роторному способі використовується кінетична енергія робочого тіла. Що рухається з великою швидкістю. У якості теплових двигунів на електричних станціях використовуються також газові турбіни. Для підвищення ефективності роботи теплових двигунів намагаються максимально збільшити температуру робочого тіла та його тиск до величини, що задовольняє умовам механічної міцності конструкційних матеріалів.

У сучасних парових установках, що складають основу енергетики, використовується пара при температурі 600 °С та тискові 30 МПа. Для охолодження робочого тіла зазвичай застосовується холодна вода. Яка знижує температуру до 30-40 °С. При цьому тиск пари різко падає. Основні процеси теплового циклу парових установок відбуваються у наступних елементах: в парогенераторі – підвід тепла, в турбінах – розширення пари, в конденсаторах – охолодження. За допомогою насосів високого тиску відбувається стискування при якому конденсат надходить до парогенератора.

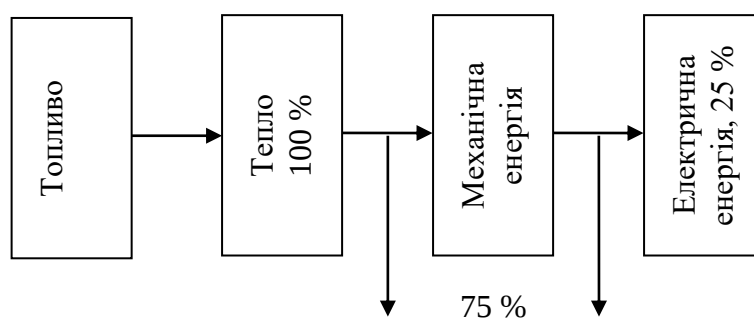


Рис 3.1 Схема перетворення енергії на конденсаційних електростанціях

Устаткування КЕС. Вугілля на територію електростанції доставляють залізничним транспортом і накопичують на вугільному складі. Звідти вугілля транспортером направляється в бункер, відкілья тарілчастим або конвеєрним

живильником подається в млин або дробарку. З млина вугільний пил повітрям з повітродувки подається в топку. Теплота, одержана при спалюванні вугілля, використовується для перетворення води в пару в трубах. Вода по змішувачу накачується насосом у барабан казана. Пара нагріта потоком гарячих газів, що ідуть у трубу, при високій температурі і високому тиску надходить спочатку в першу ступінь турбіни, а потім у другу ступінь. У турбіні енергія пари перетворюється в механічну енергію обертання ротора генератора, що виробляє електричну енергію. Відпрацьований у турбіні пар надходить у конденсатор, перетворюється у воду, що насосом подається в казан, і потім цикл перетворення води повторюється. Охолодження пари в конденсаторі здійснюється за допомогою води, що забирається з водойми (ставка або ріки).. Продукти згоряння вугілля проходять через очисні спорудження, де виділяються зола. Тверді частинки незгорілого вугілля та інші домішки, а гази, що залишились, через трубу викидають в атмосферу. Електрична енергія, одержана від статора генератора, віддається в електричну систему.

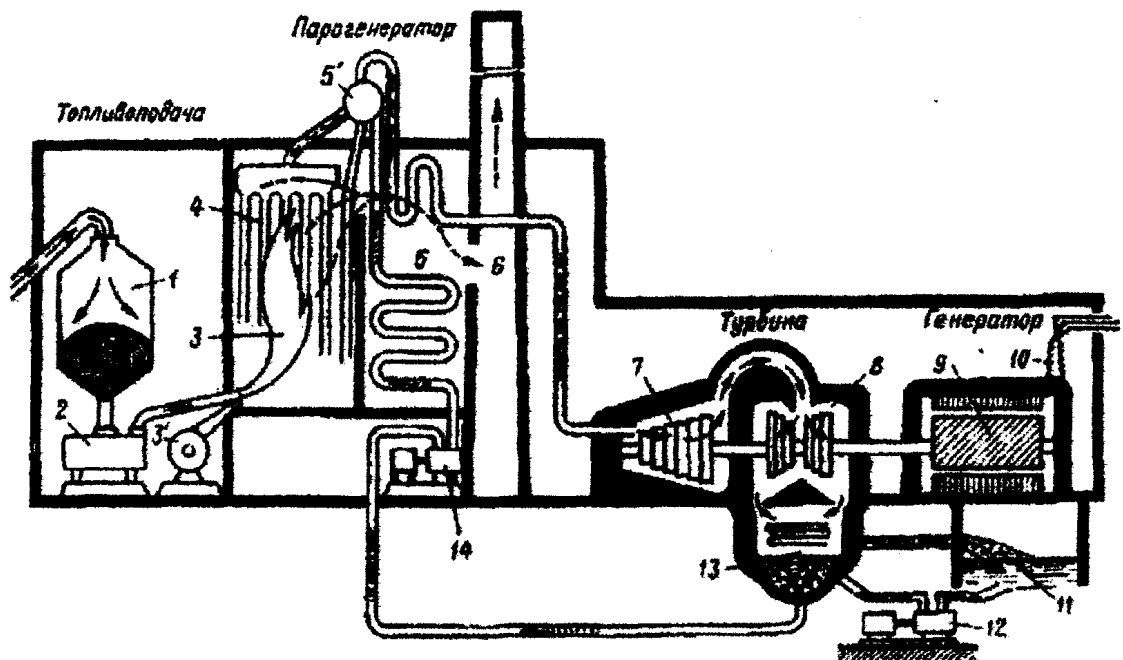


Рис 3.2 Схема теплової конденсаційної станції

Розглянемо додатково роботу одного з основних елементів станції парогенератора, у якому одержують пара для живлення станції. Сучасний паро-

генератор являє собою складне технічне спорудження великих розмірів, висота якого порівняна з висотою п'ятиповерхового будинку. У топці парогенератора спалюється перетворені у дрібний пил вугілля, газ або розпилена нафта при температурі 1500-2000 °С. Для найбільш повного спалювання палива за допомогою вентилятора у великих кількостях подається підігріте повітря, що з'являється в процесі згорання палива. Теплота нагріває воду, перетворює її в пару і збільшує його температуру і тиск до розрахункових значень. Використані гарячі гази димососами витягуються з парогенератора і подаються в очисні пристрої, а потім направляються в димар. Вода, подавана в парогенератор, попередньо очищається від домішок, зміст яких допускається в меншій кількості, чим у питній воді. Очищення води здійснюється в спеціальних пристроях -живильниках.

Конструктивно парогенератори розділяють на барабанні і прямоточні. У барабанному парогенераторі (рис. 3.3.) мається сталевий барабан 3, у нижній частині якого знаходиться вода, а у верхній частині –пар. По циркуляційній трубі 2 вода надходить у трубки екрана 1, що покривають стінки топки 7. Трубки екрана виконують сталевими, невеликого діаметра (приблизно 40мм зовні і 32 усередині), для того щоб вони змогли витримати великий тиск пари. У великому парогенераторі щогодини випаровуються сотні тон води і тому трубки мають загальну довжину до 50км. Щоб підвищити ефективність роботи парогенератора, вода перед подачею в барабан нагрівається в економайзері 5, а повітря перед подачею в топку підігрівається гарячими газами в повітропідігрівнику 6. Вихідний з барабана пар додатково нагрівається в пароперегрівнику 4.

У барабанному парогенераторі відбувається природна циркуляція води і пароводяної суміші за рахунок їхніх різних щільностей. Зі збільшенням температури і тиску пари зменшується різниця в щільностях води і пара, що погіршує їхню циркуляцію.

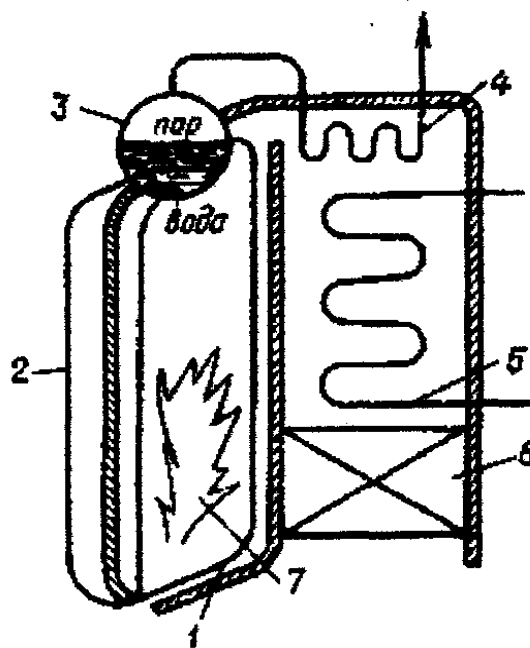


Рис. 3.3 Схема роботи барабанного парогенератора

В прямоточному парогенераторі барабана немає. Циркуляція води і пари створюється насосами (рис.3.4.). Вода через водопідігрівач 3 надходить у труби 1, розташовані в топці, перетворюється в пару, що потім подається в пароперегрівник 2 і далі в турбіну. У повітропідігрівнику 4 відбувається перегрів повітря перед подачею його в топку.

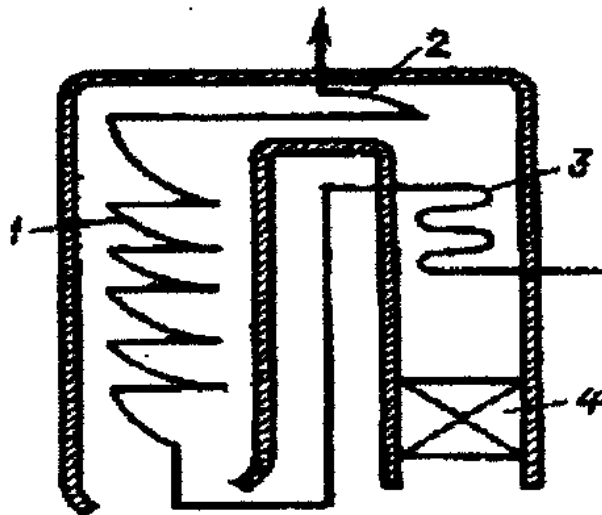


Рис. 3.4 Схема роботи прямоточного парогенератора

Прямоточні парогенератори вимагають якісного регулювання подачі води. Крім того, до живильної води, використовуваної в парогенераторах

цього типу, пред'являють дуже високі вимоги у відношенні її хімічної чистоти. Прямоточні казани отримали широке поширення, тому що вони дешевше барабанних.

Турбіни. Отримана у парогенераторах перегріта пара при температурі $\sim 600^{\circ}\text{C}$ та тискові 30 МПа паропроводами передається у сопла. Сопла призначені для перетворення внутрішньої енергії пари в кінетичну енергію упорядкованого руху молекул. Конструктивно звичайно турбіна виконується у виді декількох ступіней, кожен з яких складається з одного вінця соплових лопаток і одного вінця робочих лопаток. Соплові і робочі лопатки закріплені на окружностях однакового радіуса. У реактивної турбіни відбувається розширення пари, що проходить через канали робочих лопаток. У залежності від показників розширення пари в каналах турбіни характеризують ступіннями реактивності. В даний час турбіни виконують багатоступінчастими, причому в одній і тій же турбіні можуть бути як активні, так і реактивні (з різним ступенем реактивності) ступені.

Загальний вид лопаток потужної парової турбіни показаний на рис. 3.5.

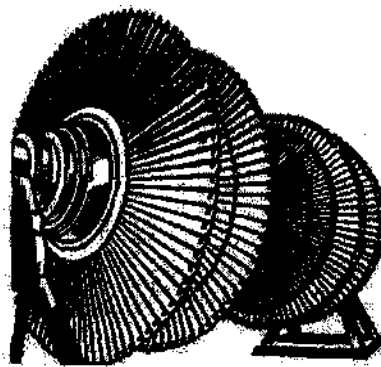


Рис. 3.4 Загальний вид лопаток потужної парової турбіни

Конденсатори. Пара, що виходить з турбіни, направляють для охолодження і конденсації в спеціальний пристрій, називаний *конденсатором*. Конденсатор являє собою циліндричний корпус усередині нього маєсь велике число латунних трубок. По трубках протікає охолоджена вода, що надходить у конденсатор звичайно при температурі $10-15^{\circ}\text{C}$ и вихідна з нього при температурі $20-25^{\circ}\text{C}$. Пара обтікає трубки зверху вниз, конденсується і

знизу відділяється. Тиск у конденсаторі підтримується в межах 3-4 кПа, що досягається охолодженням пари.

Витрата холодної води складає приблизно 50-100 кг на 1кг пари. На електростанції потужністю 1 ГВт витрачається 40 м³/год охолодної води, що приблизно дорівнює витраті води в Москва-ріці. Якщо воду для охолодження пари забирають з ріки подають у конденсатор, а потім скидають у ріку, то таку систему водопостачання називають *прямоточною*. У випадку, коли води у ріці не вистачає, споруджують ставок. З однієї сторони ставка вода подається в конденсатор, а з іншої сторони ставка скидається нагріта в конденсаторі вода. У замкнутих системах водопостачання для охолодження води, нагрітої в конденсаторі, споруджують градирні, що представляють собою пристрій висотою приблизно 50м. Вода випливає струмками з отворів лотків, розприскується, стікаючи вниз, охолоджується. У низу розташований басейн у якому вода збирається і потім насосами подається в конденсатор.

Тепловий баланс конденсаційної електричної станції. На ТЕС відбувається багаторазові перетворення енергії, що супроводжуються втратами. Економічність процесу перетворення хімічної енергії палива в електричну і втрати на різних стадіях виробництва можна виявити з аналізу теплового балансу електричної станції. Якщо за 100% прийняти хімічну енергію, одержану при спалюванні вугілля в топках казанів, то в середньому тільки 25% цієї енергії перетворюється в електричну (рис. 3.6).

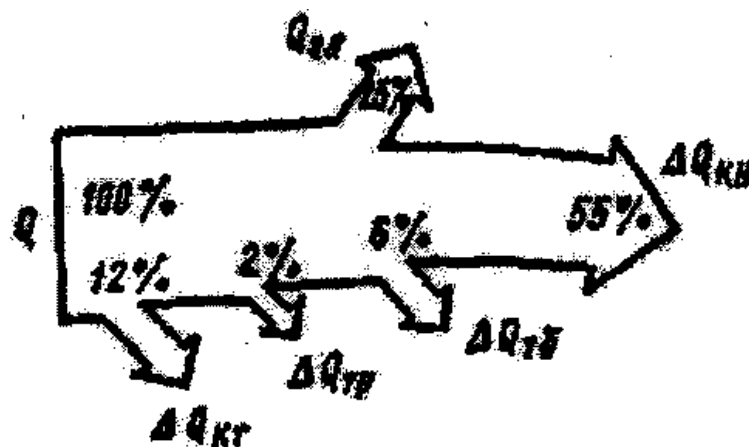


Рис. 3.6 Тепловий баланс конденсаційної електричної станції

Найбільші втрати теплоти відбувається в конденсаторі, з охолодною водою конденсатора втрачається 55% теплоти.

3.2.2 Теплоелектроцентралі. Виробництво електричної енергії на ТЕС супроводжується великими втратами теплоти. У той же час багатьом галузям промисловості, таким, як хімічна, текстильна, харчова, металургійна, і ряд інших теплота необхідна для технологічних цілей; Для опалення житлових будинків потрібно в значній кількості гаряча вода.

Природно використовувати пару, одержану в парогенераторах на теплових станціях як для вироблення електроенергії, так і для теплофікації споживачів. Електростанції, що виконують такі функції, називаються *теплоелектроцентралями*. Відпрацьований у турбінах конденсаційних сланців пара має температуру 25-30°C, тому він не придатний для використання в технологічних процесах на підприємствах. У багатьох виробництвах потрібна пара, що має тиск 0,5-0,9 МПа, а іноді і до 2МПа для надання руху пресів, парових молотів, турбін. Іноді потрібна гаряча вода, нагріта до температури 70-150°C. На рис. 3.7 приведений зразковий тепловий баланс ТЕЦ.

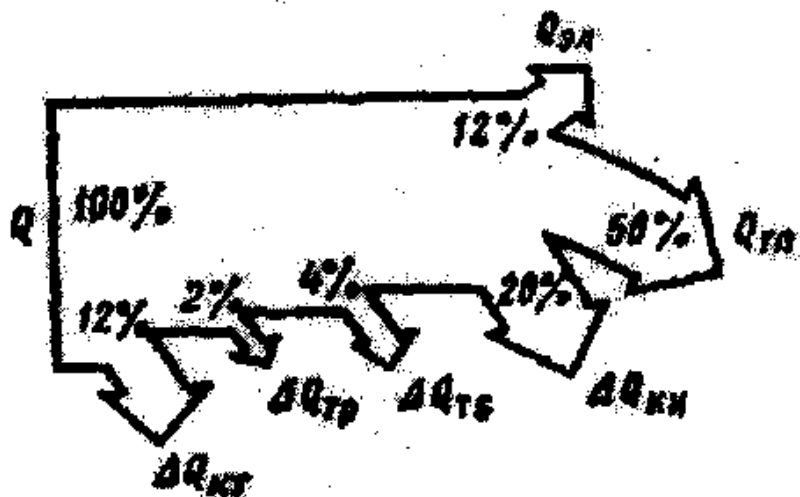


Рис. 3.7 Тепловий баланс теплоелектроцентралі: Q – теплота при спалюванні палива, перетворена в електроенергію $Q_{ел}$ і використана на теплофікацію $Q_{тп}$; $\Delta Q_{кв}$ – втрати теплоти в котельному агрегаті; $\Delta Q_{кн}$ – втрати теплоти в конденсаторі; $\Delta Q_{тп}$ – втрати теплоти в трубопроводах; $\Delta Q_{тб}$ – втрати теплоти в турбогенераторі.

Для одержання пари з необхідним для споживачів параметрами використовують спеціальні турбіни з проміжними доборами пари. У таких турбі-

нах, після того як частина енергії пари витратиться на надавання руху турбіни і параметри його понизяться, виробляється добір деякої частки пари для споживачів. Чистка пари, що залишилася, далі звичайним способом використовується в турбіні і потім надходить у конденсатор. Завдяки більш повному використанню теплової енергії ККД ТЕЦ досягає 60-65%, а ККД КЕС - не більш 40%.. Гаряча вода і пара під тиском, що досягає в окремих випадках 3 МПа, доставляються споживачам по трубопроводах. Сукупність трубопроводів, призначених для передачі теплоти, називається *тепловою мережею*

Економія палива зв'язана з удосконалюванням теплової ізоляції, тому підвищення її якості відноситься до однієї з найважливіших задач теплофікації.

3.3 Гідралічні електричні станції

3.3.1. Загальні характеристики ГЕС. Потужність потоку води, що протікає через деякий перетин, визначається витратою води Q висотою між рівнем води у верхньому за течією басейні і рівнем води в нижньому за течією басейні у місці спорудження греблі. Різниця рівнів верхнього і нижнього басейнів називається *напором*. Потужність потоку в створі (кВт) можна визначити за допомогою витрати (м³/с) і напори (м):

$$P = 9,8IQH$$

У двигунах ГЕС можна використовувати тільки частину потужності потоку води в створі через неминучі втрати потужності в гідротехнічних спорудженнях, турбінах і генераторах, що враховуються коефіцієнтом корисної дії η . Таким чином, приблизно потужність ГЕС

$$P = 9,8IQH\eta$$

Напір H збільшують на рівнинних ріках за допомогою греблі, а в гірських місцевостях будують спеціальні обвідні канали називані дериваційними. У гідралічних турбінах перетворюється енергія води в механічну енергію обертання вала турбіни.

В даний час на рівнинних ріках споруджують станції, яких досягає 100 м, Асуанська ГЕС, побудованій в Єгипті. У Саяно – Шушенської ГЕС на р. Єнісей (Росія) висота греблі складає 240 м і вода по водоводам виходить до 10 турбін, що обертають електричні генератори потужністю по 640 МВт кожний.

Розмірність природних умов, у яких споруджуються ГЕС, визначає розмірність конструктивного виконання турбін. Потужність турбін змінюються від декількох кіловатів до 500 МВт, а частота обертання змінюється від 16 до 1500 об/хв. На електричних станціях турбіна і генератор зв'язані загальним валом. Чистоти їхнього обертання не можуть вибиратися довільно. Вони залежать від числа пар полюсів ротора генератора і частоти змінного струму, що повинна відповідати стандартної. Крім того, необхідно враховувати, що при невеликих частотах обертання турбіни виходить громіздкими і дорогими. Щоб одержати швидкості агрегатів, близькі до оптимальних, при великих напорах використовують турбіни з малими значеннями коефіцієнта швидкості, а при невеликих напорах – з невеликими значеннями цього коефіцієнта.

Останнім часом стали застосовувати горизонтальні агрегати (капсульні), у яких генератор укладений у герметичну капсулу, що обтікається водою. ККД таких агрегатів вище (95-96 %) завдяки кращим гідравлічним умовам обтікання. Такими агрегатами обладнані, наприклад Київська і Канівська ГЕС.

При спорудженні ГЕС звичайно вирішують комплекс народногосподарських задач, у який крім вироблення електричної енергії входить регулювання стоку води і поліпшення виробництв, що використовують місцеву сировину, тощо.

3.3.2. Акумуляуючі електричні станції. Виробництво електроенергії на електричних станціях і її споживання різними приймачами являють собою процеси, взаємозалежні таким чином, що в силу фізичних закономірностей

потужність споживання електроенергії в який-небудь момент часу повинна дорівнювати потужності, що генерується

При ідеальному рівномірному споживанні електроенергії повинна відбуватися рівномірна робота визначеного числа електростанцій. У дійсності робота більшості окремих електроприймачів нерівномірна і сумарне споживання електроенергії також нерівномірно. Можна привести безліч прикладів нерівномірності роботи установок і приладів, що споживають електроенергію. Завод, що працює в одну або двох змін, нерівномірно споживає електричну енергію протягом доби. У нічний час споживана їм потужність близька до нуля. Вулиці і квартири освітлюють тільки у визначені години доби. Робота електропобутових приладів, вентиляторів, електричних печей, нагрівальних приладів, телевізорів, радіоприймачів, електробритов також нерівномірна. У ранкове і вечірнє години комунальне навантаження найбільша.

Графік навантаження деякого району або міста, що представляє собою зміна в часі сумарної потужності всіх споживачів, має провали і максимуми. Це означає, що в одні години доби потрібно велика сумарна потужність генераторів, а в інші години частина генераторів або електростанцій повинна бути відключена або повинна працювати зі змінним навантаженням. Число електростанцій і їхня потужність визначається відносно нетривалим максимумом навантаження споживачів. Це приводить до недовикористання устаткування і здорожчання енергосистем. Так зниження числа годин використання встановленої потужності великих ТЕС з 6000 до 4000 годин у рік приводить до зростання собівартості вироблюваної електроенергії на 30-35%.

Аналіз тенденцій у споживанні електричної енергії показує, що надалі нерівномірність споживання буде збільшуватися в міру росту добробуту населення. Скорочення числа робочих днів у тижні також сприяє підвищенню нерівномірності споживання електроенергії. Таке споживання характерне не тільки для нашої країни. У більшості країн Західної Європи нерівномірність у споживанні електроенергії така, що протягом годин зміна навантаження досягає 30 % від максимальної потужності й у перспективі також очікується

збільшення нерівномірності. Кардинально змінити характер споживання електроенергії дуже важко, тому що він залежить від сталого ритму життя людей і ряду не залежних від людей об'єктивних обставин. Наприклад, не можна змінити того факту, що електричне освітлення потрібно у вечірній часі з настанням темряви. Енергетики по можливості вживають заходів по вирівнюванню графіка сумарного навантаження споживачів. Так уводиться диференційована вартість електроенергії в залежності від того у який період часу вона споживається. Якщо електроенергія споживається в моменти максимумів навантаження, то і вартість її встановлюється вище. Це підвищує зацікавленість споживачів у таких перебудовах роботи, які б сприяли зменшенню електричного навантаження в моменти максимумів споживання в енергосистемі. В цілому можливості вирівнювання споживання електроенергії невеликі. Отже, електроенергетичні системи повинні бути досить маневреними, здатними швидко змінювати потужність електростанцій.

У промислово розвинутих країнах велика частина електроенергії (80 %) виробляється на ТЕС, для яких найбільш бажаний рівномірний графік навантаження. На агрегатах цих станцій не вигідно проводити регулювання потужності. Звичайні парові котли і турбіни на цих станціях допускають зміну навантаження усього на 10 - 15 %.

Періодичні включення і відключення ТЕС не дозволить вирішити задачу регулювання потужності через велику тривалість цих процесів. На запуск теплової станції в кращому випадку потрібен час. Крім того, робота великих ТЕС у різко перемінному режимі небажана, тому що приводить до підвищення витрат палива, підвищеній зносові теплового устаткування і, отже, зниженню його надійності. Варто врахувати також, що ТЕС з високими параметрами пари мають деякі мінімальні технічні можливі робочі потужності, що складають 50 -70 % від номінальної потужності устаткування. Усе це відноситься не тільки до ТЕС, але і до АЕС. Тому в даний час і в найближчому майбутньому дефіцит у маневрених потужностях («пик» навантаження) покривається ГЕС, у яких набір повної потужності з нуля можливо зробити за 1-

2 хв. Однак ступінь використання економічно ефективних гідроенергоресурсів уже перевищила 40 %. Невикористаної частини ресурсів, що залишилися, відноситься до периферійних районів і невеликих водотоків.

Регулювання потужності ГЕС здійснюється в такий спосіб. У періоди часу, коли в системі є провали навантаження, ГЕС працюють з незначною потужністю і вода заповнює водоймище. При цьому запасається енергія. З настання піків включається агрегати станції і виробляється енергія.

Накопичення енергії у водоймищах на рівнинних ріках приводить до затоплення великих територій, що в багатьох випадках украй небажано. Невеликі ріки мало придатні для регулювання потужності в системі, тому що вони не встигають заповнити водою водоймище. Задачу зняття піків вирішують станції, що гідро акумулюють, (ГАЕС), що працюють у такий спосіб: в інтервали часу, коли електричне навантаження в об'єднаних системах мінімальні, ГАЕС переключає воду з нижнього водоймища у верхнє і споживає при цьому – електроенергію із системи. У режимі нетривалих «піків» - максимальних значень навантаження - ГАЕС працює в генераторному режимі і витрачає запасену у верхнім водоймищі воду.

Перспективи застосування ГАЕС багато в чому залежить від ККД, під яким стосовно до цих станцій розуміється відношення енергії, виробленою станцією в генераторному режимі, до енергії, визначеної в насосному режимі.

Перші ГАЕС на початку XX ст. мали ККД не вище 40%, у сучасних ГАЕС ККД складає 70-75%. До переваг ГАЕС крім відносного значення ККД відносяться також і низька вартість будівельних робіт. На відміну від звичайних ГЕС тут немає необхідності перекривати ріки, зводити високі греблі з довгими тунелями і т.п. орієнтовно на 1кВт установлений потужності на великих річкових ГЕС потрібно 10м³ бетону, а на великих ГАЕС - усього лише трохи десятих кубометрів бетону.

ГАЕС і вітрові електростанції, що відрізняються мінливістю вироблюваної потужності, вдало сполучаються між собою. При цьому важко розраховувати на потужність вітрових станцій у часі "піків" в енергосистемі. Якщо ж

вироблювану на цих станціях електроенергію запасати на ГАЕС у виді води, що перекачується у верхній басейн, то вироблена на вітрових електростанціях за яких-небудь проміжок часу енергія може бути використана відповідно до потреб системи. Переваги ГАЕС дозволяють широко застосовувати них для акумулювання енергії.

3.4 Атомні електричні станції

Перша у світі АЕС була введена в експлуатацію в м. Обнинськ (СРСР) 27 червня 1954р. На АЕС енергія, одержана в результаті розділу ядер урану на осколки, перетворюється в теплову енергію пари або газу, потім в електричну енергію, тобто в енергію руху електронів у провіднику. Розділ ядер урану відбувається при бомбардуванні їх нейтронами, у результаті чого осколки ядер, звичайно неоднакові по масі, нейтрони й інші продукти розділу, що розлітаються в різні сторони з величезними швидкостями і мають, отже, великі кінетичні енергії. Одержувана при розділі ядра енергія майже цілком перетворюється в теплову. Установка, у якій відбувається керована ланцюгова ядерна реакція розподілу, називається *ядерним реактором*.

Звичайні ТЕС принципово відрізняються від АЕС тільки тим що робоче тіло на них одержує теплоту в парогенераторах при спалюванні органічного палива (на АЕС – у ядерних реакторах) тобто. для підігрівання води і перетворення її в пару в ТЕС використовується теплота, одержувана при спалюванні вугілля, а в АЕС – теплота, одержувана за допомогою керованої ядерної реакції розподілу.

Основний елемент станції – ядерний реактор – складається з активної зони, відбивача, систем охолодження, системи керування, регулювання і контролю, корпусу та біологічного захисту.

У робочі канали активної зони поміщають ядерне паливо у виді уранових або плутонієвих стрижнів, вкритих герметичною металевою оболонкою. У цих стрижнях і відбувається ядерна реакція, що супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії. Тому стрижні з ядерним паливом на-

зивають тепловиділяючими елементами або скорочено твелями. Кількість твелів в активній зоні доходить до кількох тисяч.

В активну зону поміщають сповільнювач нейтронів, через неї також проходить теплоносій, під яким розуміють речовина, що служить для відводу теплоти. У якості теплоносія використовується звичайна вода, важка вода, водяна пара, рідкі метали, деякі інертні гази (вуглекислий газ, гелій). Теплоносій за допомогою примусової циркуляції омиває у робочих каналах поверхні твелів, нагрівається і несе теплоту для подальшого використання. Активна зона оточена відбивачем, що поглинає нейтрони, що вилітають.

Потужність енергетичного реактора визначається можливостями швидкого відводу теплоти з активної зони. Основна частина енергії, що виділяється при ядерній реакції у твелях, йде на нагрівання ядерного палива, а невелика частина - на нагрівання сповільнювача. Оскільки відвід теплоти відбувається за рахунок конвективного теплообміну, то для підвищення його інтенсивності варто збільшувати швидкість руху теплоносія. Так, швидкість руху води в активній зоні складає приблизно 3-7 м/с, а швидкість газів - 30-80 м/с

Керування реактором виробляється за допомогою спеціальних стрижнів, що поглинають нейтрони. Стрижні вводяться в активну зону і змінюють потік нейтронів, а отже, і інтенсивність ядерної реакції. Захист повинний обмежувати рівні випромінювань до значень, що не перевищують припустимих доз як при роботі реактора, так і при його зупинці.

Біологічний захист, у першу чергу, призначається для створення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу. Тому усі випромінюючі пристрої (перший контур) містяться у середині захисної оболонки.

Відтворення ядерного пального. Ланцюгову реакцію розподілу ядер можна одержати за допомогою ізоотпу урану ^{235}U У природі зустрічаються два види ізоотпу урану - істотно неоднаковій кількості. Запаси ^{238}U складають 99,3 % від загальних запасів урану, запаси ^{235}U – усього лише 0,7 %.

Ядро ^{235}U надзвичайно хитливо і поділяються при влученні в нього нейтронів будь-яких енергій. Ядро ^{238}U стійко і поділяється тільки при вра-

жаннями швидких нейтронів (що мають велику енергію). Виділення нейтронів при розподілі ^{238}U невелике, і викликати ланцюгову реакцію цього ізотопу урану неможливо.

Урановий цикл розмноження на швидких нейтронах показаний на рис. 3.8.

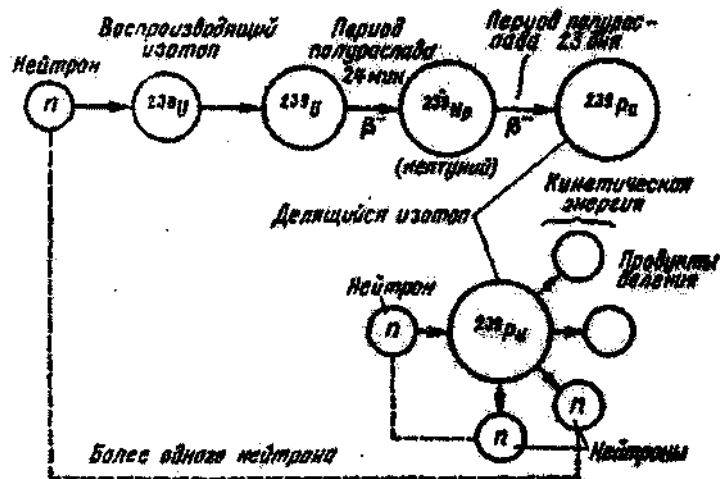


Рис. 3.8 Урановий цикл розмноження на швидких нейтронах

Імовірність захоплення нейтронів ядрами в значній мірі залежить від швидкості нейтронів. За аналогією з визначення імовірності влучення в ^перетин виділеної фігури, що зростає зі збільшенням площі перетину, імовірність захоплення ядром нейтрона характеризується перетином захоплення. Безпосередньо в момент розподілу ядер урану швидкість нейтронів приблизно дорівнює 20000 км/с, при цьому перетин захоплення нейтронів ядрами ^{235}U мало. Тому нейтрони необхідно сповільнити, пропустивши їх через речовину з легких елементів, не поглинаючі нейтрони: воду, важку воду, графіт, берилій.

При швидкості нейтронів - $v=30$ км/с настає резонансне захоплення нейтронів ядрами урану ^{238}U , що утворюють плутоній Pu, подібний по ядерних характеристиках з ураном ^{235}U . Подальше зниження швидкості нейтронів викликає зменшення перетину захоплення ядрами ^{238}U і збільшення його ядрами ^{235}U . Нейтрони, що мають швидкості близько 2 км/с, називаються *тепловими*. Перетин захоплення теплових нейтронів ядрами ^{235}U у 20000 разів

більше, ніж ядер ^{238}U Теплові нейтрони можуть, викликати ланцюгову реакцію (незбагаченого) урану. При поділі одного ядра урану виділяється 200 MeV енергії, причому 1 ев - це енергія, що одержує частка з зарядом, рівним зарядові електрона при проходженні різниці потенціалів у 1 В: $1\text{eV}=1\text{e}\cdot 1\text{V}=1,6\cdot 10^{12}\text{ ерг}=4,45\cdot 10^{26}\text{ кВт}\cdot\text{год}$; 1 еВ - основна одиниця виміру енергії в ядерній і атомній фізиці.

У 1 г. урану міститься $2,6\cdot 10^{21}$ ядер, при поділі яких можна одержати 23,2 МВт*ч енергії. При спалюванні 1 г вугілля виходить усього - 7-8 Вт*ч енергії. При захопленні нейтронів ядрами ^{235}U і ^{232}Th утвориться плутоній ^{239}Pu й уран ^{233}U , здатні створювати ланцюгові реакції розподілу і, отже, розглянуті як ядерне паливо. Таке ядерне паливо одержують у спеціальних реакторах - розмножувачах.

У ядерній фізиці "розмножувачем" називають реактор, що на 1 атом спаленого палива робить понад один атом, що розщеплюється. Ізотопи ^{232}Th і ^{238}U називають відтворюючими. Розподіл одного ядра ^{235}U у середньому супроводжується виділенням 2,5 нейтрони, з яких один нейтрон необхідний для підтримки ланцюгової реакції, а що залишилися 1,5 нейтрона використовуються для поглинення ядрами, що не ділились.

3.5. Перспективи атомних електростанцій

Частка атомної енергетики у виробництві електроенергії в перспективі буде зростати. Думки провідних спеціалістів у різних країнах сильно розходяться у відношенні кількісної оцінки перспектив розвитку атомної енергетики.

Реактори що працюють на повільних нейтронах: водо-водяні, водяні що киплять, газо-графітові, уран-графітові, важко водяні тощо, не дозволяють найбільше ефективно використовувати ядерне паливо. Реактори на швидких нейтронах мають можливість відтворення ядерного пального з коефіцієнтом відтворення, що досягає 1,4 і вище, і часом подвоєння ядерного пального менш як за 10 років. Потрібно 8-10 років, щоб одержати плутоній, необ-

хідний для побудови аналогічного реактора на швидких нейтронах. Одне з важливих питань ядерної енергетики складається у виборі природного або збагаченого урану.

У зв'язку із широким будівництвом АЕС виникають природні запитання безпеки їхньої роботи і можливих шкідливих впливів на людину і у першу чергу, впливів радіоактивних випромінювань. Радіоактивне випромінювання небезпечне для людей, у великих дозах воно може викликати захворювання і навіть смерть.

Дослідженнями встановлено, що наслідки іонізуючого випромінювання потужними дозами протягом короткого часу більш відчутні, чим при «хронічному» опроміненні невеликими дозами протягом тривалого часу. Іонізуюче опромінювання людини робить соматичну (від грецького слова, що означає «тіло») і генетичну дії. Тривале хронічне опромінювання може підвищити статистичну імовірність захворювання раком і іншими хворобами.

Дії іонізуючого випромінювання, так називаного природного радіаційного опромінення, піддається кожен живий організм протягом життя. Джерела, що створюють природне радіаційне опромінення, розділяються на зовнішні і внутрішні. Зовнішні – це джерела, що знаходяться поза людиною, а внутрішні – що знаходяться в ній. Загальна доза радіації, одержана людиною за рік від природного радіаційного опромінення, складає близько 100 мбар. Дослідження біологічного впливу радіоактивного випромінювання показали, що знання абсолютної кількості енергії, що поглинається речовиною, недостатньо для того, щоб пояснити біологічні зміни, що спостерігаються. При цьому велике значення має щільність іонізації, тобто кількість іонів, що виникають при опроміненні в одиниці об'єму речовини. Тому для виміру радіоактивних випромінювань, і поняття дози, еквівалентної з погляду біологічного впливу.

Одержуючи щорічну дозу природного опромінення 100 мбер людина, яка не пов'язана із джерелами випромінювання професійно, одержує до 70

років дозу приблизно 7 бер, однак за останні роки ця доза у всього населення підвищилася за рахунок штучних джерел у середньому на 30-40 %.

Ця обставина пояснюється перша за все збільшенням сумарної експозиційної дози в зв'язку із широким використанням випромінюючих промислових виробів, а також з періодичними обстеженнями за допомогою рентгеноскопії.

Доза природного опромінення в різних місцях планети і різних міст різна. Наприклад, у Лондоні ця доза складає 67 мбер/рік. Ще більше розрізняються додаткові дози за рахунок природних будівельних матеріалів у цегляних будинках – 30 мбер/рік у будинках споруджених із граніту – 150 мбер/рік. У деяких районах Землі поверхневі шари ґрунту містять до 10% фтору. Так, в Індії через це, у штаті Керена рівні опромінення досягають 2000 мбер/рік. Найважливішим джерелом природного внутрішнього опромінення є радіоактивні елементи, що входять до складу м'язів людського тіла. Доза опромінення, обумовлена цим фактором, складає близько 20 мбер/рік. У результаті поглинання в атмосфері космічне випромінювання досягає поверхні землі сильно ослабленим, обумовлена їм доза опромінення складає на рівні моря близько 28 мбер/рік. На великих висотах ефект атмосфери, що екранує, знижується, наприклад у Мексиці (2500 м над рівнем моря) космічне випромінювання приблизно втричі більше, ніж на рівні моря. При багатогодинному польоті на авіалайнері додаткова доза складає приблизно 3 мбер за годину польоту.

Передбачається, що коли потужність АЕС у нашій країні досягає 200 млн. кВт., додаткова доза опромінення населення складає менш 0,01% від опромінення за рахунок природної радіації. Для того щоб АЕС не викликали занадто великих випромінювань, необхідно виконувати вимоги безпеки. Поняття безпеки містить у собі кілька аспектів:

- 1) безпека обслуговуючого персоналу;
- 2) відсутність поширення радіоактивності в атмосферу і воду;
- 3) забезпечення безаварійної роботи реакторів станцій;

4) переробка і збереження радіоактивних відходів.

Для виконання вимог безпеки насамперед необхідно зробити належний вибір місця будівництва АЕС. Так, відповідно до останніх рішень, їх не можна розміщати ближче ніж на 180 - 200 км від великих міст. На визначеній відстані повинна проходити санітарно - захисна зона, забороняється для проживання, район будівництва повинний бути безпечний у сейсмічному відношенні. Головний будинок станції відповідно до вимог безпеки розділяється на зони строгого і вільного режиму повітря і поверхні технологічного устаткування і приладів. Зона строгого режиму, у свою чергу, розділяються на приміщення, де персонал може бути присутнім постійно, і приміщення, куди під час роботи реактора вхід строго заборонений. У зоні вільного режиму радіації немає. Обидві зони ізольовані одна від іншої і потрапити в зону строгого режиму можна тільки через санітарний відсік. Створення таких зон спрямоване на те, щоб уберегти людей від впливу продуктів радіоактивного розпаду й осколків розподілу не тільки при нормальній експлуатації, але й у випадках так званих проектних аварій.

Для затримки радіоактивності випромінюваної при роботі реактора, установлюється кілька захисних бар'єрів:

- кристалічні ґрати палива, який поглинаються радіоактивні продукти розподілу і перетворення важких ядер;
- металева оболонка тепловиділяючих елементів (твелів);
- корпус реактора і система циркуляції теплоносія (першого контуру);
- залізобетонні або металеві захисні оболонки, щі запобігають поширення радіоактивності при порушенні міцності корпусу реактора або контуру з теплоносієм.

Побудовані і споруджувані АЕС з водо-водяними реакторами потужністю 1000 МВт забезпечуються захисними оболонками. Тут передбачається кінцевий бак біологічного захисту і газгольдер з високою трубою, через яку викидається повітря з приміщень. Висота труби розрахована так, що радіоактивні ядра, устигають частково розпастися перш ніж досягнуть поверхні зем-

лі (при нормальній роботі станції в атмосферу попадає лише невелика кількість газоподібних і летучих елементів типу криптону, ксенону, йоду). На АЕС протікає ланцюгова реакція розподілу, що само підтримується, ядрами важких елементів. При цьому маса ядерного палива повинна бути не менш деякого значення, але паливо «вигорає» і коефіцієнт розмноження нейтронів, що поділяються, поступово (хоча і повільно) зменшується. Для компенсації цього ефекту в реактор завантажують трохи більше палива, чим необхідно. Безпека роботи при цьому забезпечують рухливі стрижні, що компенсують, поглинаючи нейтрони розподілу. Однак якщо помилково діяти аварійний захист, що включає спочатку сигналізацію, а потім що миттєво вводить в активну зону додаткові аварійні стрижні. Щоб виключати мимовільний пуск реактора, у систему першого контуру вводиться борна кислота, що активно поглинає нейтрони.

Максимальна проектна аварія передбачає миттєвий розрив головного трубопроводу першого контуру. Тиск у контурі теплоносія різко зменшується і миттєво закипить вода, що в експлуатаційних умовах нагріта до 300°C. аварійний захист, вступивши в дію, понизить потужність реактора, але теплота в активній зоні буде як і раніше виділятися і якщо її не відводити (через руйнівними системи охолодження), то можуть розплатитися оболонки твелів.

Аварія 26 квітня 1986 р. на четвертому блоці Чорнобильської АЕС привела до важких наслідків. У результаті аварії загинули багато людей, і дуже великій кількості було нанесено суттєвий вплив їх здоров'ю. Руйнування РВПК (реактора великої потужності каналного типу) привело до радіоактивного забруднення території близько 1 тис. км². виведені з ладу сільськогосподарські угіддя, зупинена робота підприємств, а з 30 - кілометрової зони від центра аварії виселено кілька десятків тисяч чоловік. Аварія на Чорнобильській АЕС відбулася через ряд допущених працівниками цієї станції грубих порушень правил експлуатації реакторної установки. Унаслідок недотримання персоналом технологічного регламенту експлуатації реактор потрапив у не-

безпечний нерозрахований стан. За планом реактор потрібно було вивести в ремонт, і перед його зупинкою адміністрація вирішила провести іспит турбогенератора в режимі спільного вибігу з навантаженням власних потреб. Однак керівництво станції не було готове належним чином до експерименту, не був забезпечений належний контроль і вимоги безпеки.

Аварія на Чорнобильській АЕС показала необхідність конкретних заходів для посилення безпеки атомної станції, що діють і будуються. Тут насамперед необхідно подальше підвищення технологічної надійності в період експлуатації, своєчасний демонтаж і консервація станцій по вичерпаних ними ресурсу основного устаткування (середній термін служби АЕС складає період 30-50 років), пошук більш ефективних способів зберігання, складування і використання радіоактивних відходів.

ТЕМА № 4 Альтернативні способи одержання електричної енергії

4.1. Необхідність у розвитку способів перетворення енергії в електричну

Світове споживання енергії у всіх її видах, у тому числі й електроенергії, знаходиться в безпосередній залежності від чисельності населення. Величезні потреби в енергії ставлять перед людством проблему розробки нових способів її одержання. В даний час уже не можна задовольнятися існуючими, що стали традиційними способами перетворення різних видів енергії в електричну через обмеженість запасів органічного палива, що марнотратно використовується при спалюванні в топках. ККД сучасних ТЕС не перевищує 40%. Це означає, що велика частина одержуваної теплоти губиться і робить шкідливе "теплове забруднення" на близько розташовані водойми. Крім того, при спалюванні палива погано використовується речовина, що використовується в процесі перетворення енергії. ККД по використанню речовини складає в ТЕС мізерно малу величину. Отже, процес спалювання палива супроводжується величезними викидами побічних продуктів, що забруднюють навколишнє середовище. Тому розробка нових способів перетворення енергії, що дозволяють зменшити викиди відходів в атмос-

феру, відноситься до найважливіших соціальних проблем. Це, звичайно, не означає, що сучасні ТЕС, ГЕС і АЕС не відповідають духу часу і їхнє будівництво буде припинено.

У доступному для огляду майбутньому ТЕС залишаються одним з основних. Тому удосконалення їхньої конструкції, поліпшення термодинамічного циклу актуально для великої енергетики.

Великі надії покладаються на АЕС, упровадження яких відбувається в багатьох країнах світу з небаченими в історії техніки темпами. Очікується що до 2010 р. сумарна потужність АЕС у світі складе 3500-3600 ГВт, у той час як загальна енергетична потужність досягне 7000-7200 ГВт. Іншими словами, передбачається, що не менш 50% усієї розташованої людством енергетичної потужності буде приходиться на АЕС. Приведені цифри свідчать про великий темп розвитку, особливо якщо врахувати, що перша АЕС була побудована в 1954 р.

По використанню речовини на АЕС ККД значно вище, ніж на ТЕС, але за умови, що ця речовина спеціальна підготовлена для виконання функцій ядерного палива. При цьому на АЕС класичний термодинамічний цикл перетворення теплоти в механічну енергію, що потім генераторами перетворюється в електричну, приводить до великих втрат енергії, одержуваної в реакторах. Таким чином, на сучасних АЕС не вдається уникнути основних, принципових недоліків, властивих ТЕС.

Приваблива перспектива науки - одержати ефективні способи безпосереднього перетворення ядерної енергії в електричну.

Широко використовувані в багатьох країнах світу ГЕС, що споруджуються на ріках, і надалі будуть розвиватися як досить сучасні перетворювачі енергії в поновлюваній формі. У зв'язку зі зростаючим забрудненням біосфери й обмеженістю запасів палива підвищується інтерес до електростанцій, що використовують енергію морських припливів, теплоту земних надр, енергію сонячної радіації. Таким чином, разом з розвитком цивілізації і технічного прогресу будуть удосконалюватися існуючі, що стали класичними, і створюватися нові, більш ефективні способи перетворення енергії.

Способи безпосереднього перетворення різних видів енергії в електричну ґрунтуються на фізичних явищах і ефектах, відкритих у минулому. Їхнє практичне застосування удосконалюється в міру прогресу в науці і техніку, нагромадження багатого експериментального матеріалу і використання новітньої технології. Однак способи безпосереднього одержання електричної енергії поки не конкурентоздатні зі способами перетворення енергії застосовуваними на сучасних електричних станціях. Безпосереднє одержання у великих кількостях електроенергії перетворенням теплоти, хімічної і ядерної енергії відноситься до нових, перспективних способів, що безумовно стануть основними і значно збільшать доступні енергетичні ресурси планети.

Безпосереднє одержання електричної енергії вже широко використовується в автономних джерелах енергії невеликої потужності, для яких показники економічності роботи не мають вирішального значення, а важливі надійність роботи, компактність, зручність обслуговування, невелика маса тощо. Такі джерела енергії застосовують в системах збору інформації у важкодоступних місцях Землі й у міжпланетному просторі, на космічних апаратах, літаках, судах тощо. Сумарна установлена потужність мільярдів автономних джерел електроенергії, незважаючи на їхні скромні розміри, перевершує потужність усіх стаціонарних електростанцій разом узятих.

Робота автономних джерел, безпосередньо перетворюючи різні види енергії в електричну, заснована або на хімічних, або на фізичних ефектах. У хімічних джерелах, наприклад, таких, як гальванічні елементи, акумулятори, електрохімічні генератори тощо, використовується енергія окислювально-відновних реакцій хімічних реагентів. Фізичні джерела електроенергії, такі, як термоелектронні генератори, фотоелектричні батареї, термоемісійні генератори, працюють відповідно до різних фізичних ефектів.

4.2 Сонячні електростанції.

Наведемо деякі відомості про Сонце як зірку та про процеси, що відбуваються на ньому. Сонце віддалене від Землі на відстань 150 млн. Км. Радіус Сонця

в 109 разів більший за радіус Землі і складає $6,96 \cdot 10^8$ м. Маса Сонця $m_0 = 1,99 \cdot 10^{30}$ кг, а прискорення вільного падіння на поверхні Сонця $d = 274$ м/с², що в 30 разів більше земного. Однак середня щільність Сонця складає всього $1,41 \cdot 10^3$ кг/м³, що значно менше, ніж щільність речовин Землі, яка складає $5,52 \cdot 10^3$ кг/м³. Причина цього полягає в тому, що молекулярна маса сонячного газу дуже низька, а, крім того, температура Сонця дуже висока і складає 5780 К.

Така висока температура Сонця пояснюється тим, що його найбільша енергія випромінюється саме у тій ділянці спектра, до якого найбільш сприятливе наше око. Останнє можна пояснити тим, що зір живих істот протягом довгого еволюційного періоду пристосовувався до найбільш яскравого спектра світла. За кількістю атомів Сонце на 91 % складається з водню, майже на 9 % із гелію, а інші елементи присутні в дуже незначній кількості. Дуже цікавим науковим фактом є те, що гелій спочатку був відкритий саме на Сонці за характерними темними лініями спектра сонячного сяйва. Сонячна радіація — це енергія атомів водню, яка виділяється під час термоядерного процесу.

За розрахунками вчених, у надрах Сонця кожен секунду витрачається близько 500 млн. т водню, який перетворюється на гелій, але це дуже мало в порівнянні з велетенською масою світила. Запасу водню Сонця повинно вистачити на термін, не менший 10 млрд. років. Причому за цей час за рахунок перетворення водню на гелій Сонце втратить лише близько 0,07 % своєї маси. Таким чином, енергетична криза ні в найближчому, ні в далекому майбутньому Сонцю не загрожує. А його повільне горіння пояснюється і тим фактом, що Сонце має вік 5 млрд. років і може розглядатися як ще молоде, повне водневої енергії світило.

Повний запас теплової енергії Сонця дорівнює $3 \cdot 10^{41}$ Дж. Кількість енергії, що надходить від Сонця на одиницю поверхні Землі, практично не змінюється в часі, тому вона отримала назву сонячної постійної ($1,36 \cdot 10^3$ Вт/м²). Кожну секунду сонце випромінює енергію, котра дорівнює $3,83 \cdot 10^{26}$ Вт. Ця величина називається світимістю Сонця. Якщо її розділити на площу поверхні, то можна отримати щільність потоку випромінювання, або, як кажуть, яскравість Сонця, що дорівнює $6,26 \cdot 10^7$ Вт/м². Тобто енергії Сонця, що випромінюється щосекундно, досить,

щоб за годину розтопити і довести до кипіння 2,5 біліони км льоду, тобто шару льоду навколо Землі товщиною більш як 1000 км.

Але льодова шапка Землі на полюсах все ж не тане. Так у чому ж справа? А справа в тому, що на Землю падає лише половина мільярдної частини всього сонячного випромінювання, а інша його частина на різних висотних рівнях повністю поглинається атмосферами різних планет. І все ж світлова потужність, яка доходить до Землі, величезна — $1,75 \cdot 10^{17}$ Вт. Куди ж вона зникає, ця енергія? По-перше, частина її безпосередньо віддзеркалюється Землею в космос. Цікаво, що світло, відображене Землею, за кольором не збігається зі спектром джерела, бо червоні проміні атмосфера Землі та океан поглинають краще, ніж сині. Ось тому наша планета з космосу здається блакитною.

Найпоширенішим типом сонячних електростанцій є використання принципу «фотоелектричного ефекту», тобто виривання електронів із тіла під впливом світла. Наведене фізичне явище дозволяє здійснювати безпосереднє перетворення енергії Сонця у електричну. Незважаючи на те, що фотоелектричний ефект відомий давно, природа його поки що повністю не вивчена. Практичне використання фотоефекту для отримання електроенергії стало можливим останнім часом через прогрес фізики напівпровідників. При дотику напівпровідників з електронною (n-типу) та дірковою (p-типу) провідностями на кордоні утворюється контактна різниця потенціалів внаслідок дифузії електронів. Якщо напівпровідник з дірковою провідністю освітлюється, його електрони, поглинаючи кванти світла, переходять на напівпровідник з електронною провідністю. У замкнутому колі утворюється електричний струм. Однак оскільки інтенсивність сонячного світла не завжди і не скрізь однакова, то навіть при встановленні великої кількості сонячних батарей будівлі потрібно додаткове джерело електрики. Одним із можливих рішень цього питання є використання сонячних елементів у комплексі із двостороннім паливним елементом. У денний час, коли працюють сонячні елементи, надмірну електроенергію можна пропускати через водневий паливний елемент і таким чином одержувати водень із води. Вночі паливний елемент зможе використовувати цей водень для виробництва електроенергії. Сонячна енергія може бути використана

також у фотоелектричних процесах, організованих подібно до природного фотосинтезу органічних речовин. Наявність сприятливих умов у багатьох країнах, що розвиваються, дозволяє використовувати для практичних цілей сонячну енергію.

Існують проекти щодо отримання електричної енергії в теплосилових установках, в яких тепло від згорання палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Робочим тілом в колекторах є вода або водно-спиртовий розчин у зимовий період. Ефективність використання падаючого на приймач випромінювання становить від 20 до 35%, вироблена електроенергія становить від 10% до 30% ефективного падаючого випромінювання.

Окремим типом сонячних електростанцій є використання розміщених на рівні землі дзеркал-геліостатів, що «слідкують» за сонцем, відбивають сонячні промені на приймач-ресивер, встановлений на досить великій вежі. Ресивер — це сонячний котел, в якому виробляється водяна пара середніх параметрів, спрямована потім в стандартну парову турбіну. Щоб можна було виробляти електричну енергію в нічний час та в періоди зменшення сонячної радіації, користуються звичайним паливним котлом, що дає змогу турбіні працювати в різних режимах.

У напрямку застосування сонячної енергії вже виконано ряд робіт і доведено можливість її використання для опріснення та дистиляції води, приготування їжі, нагрівання води, приводу насосів та багатьох інших цілей. Загалом безперечно, що людство в майбутньому звернеться до Сонця – головного джерела енергії, яку і застосовуватиме різними шляхами. Один із таких шляхів пропонується реалізувати в проекті використання явища фотосинтезу для уловлювання та накопичення енергії. Деякі з проектів поки що можуть розглядатися лише як гіпотетичні, але деякі – вже практично здійсненні. Спільним для всіх проектів є прагнення скоротити той тривалий проміжок часу, який відокремлює падіння на Землю сонячного світла та розвитку різних організмів від утворення цих організмів викопного палива (вугілля та нафти). Одна з найскладніших проблем на шляху до здійснення привабливої ідеї про використання рослин як основне енергетичне джерело полягає в низькій ефективності фотосинтезу як способу перетворення сонячної енергії на хімічну. Вважається, що завдяки фотосинтезу щорічно в перерахунку

на суху вагу утворюється близько 155 млрд. т органічної маси, головним чином целюлози, яку можна використовувати або безпосередньо як паливо, або як продукт для отримання палива. Через низький ККД енергетичного перетворення довелося б значно збільшити посівні площі для отримання енергії в необхідних кількостях.

4.3 Вітряні електричні станції.

Вітрове колесо, розміщене в потоці повітря, може у кращому випадку теоретично перетворювати на потужність на його валу $16/27 = 0,59$ (критерій Бетца) потужності потоку повітря, що проходить через площу перерізу, охоплювану вітровим колесом. Цей коефіцієнт можна назвати теоретичним ККД ідеального вітрового колеса. Насправді ККД нижчий і досягає для найкращих вітряних колес приблизно 0,45. Місцевості, придатні для розміщення вітроагрегатів, поділяються на декілька класів (згідно з типами нерівностей). Відомо, що після забудови місцевості або після насадження дерев її аеродинаміка може різко змінитися, може збільшитися кількість вітрового часу й зрости сила вітру. Те саме стосується й гірської місцевості. Незважаючи на значні захаращення в окремих місцях, пересіченість місцевості може утворювати щось подібне до каналів, в яких швидкість вітру набагато вища, ніж на відкритій місцевості.

Оскільки вітер може змінювати свою силу та напрямок, вітрові установки обладнуються спеціальними пристроями контролю та безпеки. Ці пристрої складаються з механізмів розвертання вісі обертання за вітром, нахилу лопатей відносно землі за критичної швидкості вітру, системи автоматичного контролю потужності й аварійного відключення для установок великої потужності.

Основними елементами вітроенергетичних установок є вітроприймальний пристрій (лопаті), редуктор передачі крутильного моменту до електрогенератора, електрогенератор і башта. Вітроприймальний пристрій разом з редуктором передачі крутильного моменту утворює вітродвигун. Завдяки спеціальній конфігурації вітроприймального пристрою в повітряному потоці виникають несиметричні сили, що створюють крутильний момент.

Вітроенергетичні установки з вертикальною віссю обертання мають певну особливість роботи, яка полягає в тому, що зникає необхідність у пристроях для орієнтації на вітер, спрощується конструкція та знижуються гіроскопічні навантаження, які зумовлюють додаткову напругу в лопатях, системі передач та інших елементах установки.

Термін окупності вітроенергетичної установки, залежно від місцевості, забезпеченості комунікаціями, потужності установки тощо, становить від 3 до 8 років. Питомі капітальні витрати для станцій малої потужності становлять 800-1000 доларів за 1 кВт встановленої потужності і зменшуються зі збільшенням потужності установки.

На перший погляд вітер здається одним із найдоступніших і відновлюваних джерел енергії. На відміну від Сонця він може "працювати" взимку та влітку, вдень та вночі, на півночі та на півдні. Але вітер - це дуже розсіяний енергоресурс. Природа не створила "родовища" вітрів і не пустила їх, подібно до річок, по руслах. Вітрова енергія практично завжди "розмазана" по величезних територіях. Основні параметри вітру - швидкість і напрямок - змінюються часом дуже швидко і непередбачено, що робить його менш надійним, ніж Сонце. Таким чином, постають дві проблеми, які потрібно вирішити для повноцінного використання енергії вітру. По-перше, це можливість "ловити" кінетичну енергію вітру з максимальної площі. По-друге, ще важливіше домогтися рівномірності, сталості вітрового потоку. Друга проблема поки що вирішується важко.

Вітряні двигуни не забруднюють навколишнє середовище, але вони дуже громіздкі та галасливі. Щоб виробляти з їх допомогою багато електроенергії, необхідні величезні простори землі. Найкраще вони працюють там, де існують стабільні сильні вітри. І, тим не менш, лише одна електростанція, яка працює на вичерпаному паливі, може замінити за кількістю отриманої енергії тисячі вітряних турбін. При використанні вітру виникає серйозна проблема: надлишок енергії у вітряну погоду та нестачу її в періоди безвітря. Як же накопичувати і зберігати енергію вітру? Існує багато способів і проєктів: від звичайних, хоча і малопотужних акумуляторних батарей до розкручування гігантських маховиків або нагні-

тання стисненого повітря в підземні печери і аж до виробництва водню в якості палива. Особливо перспективним є останній спосіб. Електричний струм від вітро-агрегату розкладає воду на кисень і водень. Водень можна зберігати в зрідженому вигляді і спалювати в топках теплових електростанцій у міру потреби.

4.4 Геотермальні електростанції

Поверхня Землі складається із 12 окремих тектонічних плит, величезних платформ земної кори, які* постійно дуже повільно рухаються. Джерела геотермальної енергії можливо виявити в трьох основних зонах — там, де стикаються дві тектонічні плити, при цьому одна з них рухається під іншою. Геотермальні електростанції як джерело енергії використовують тепло земних надр. Відомо, що у середньому кожні 30-40 м у глиб Землі температура зростає на 1°C. Отже, на глибині 3-4 км вода закипає, а на глибині 10-15 км температура Землі досягає 1000-1200 °C. У деяких частинах нашої планети температура гарячих джерел досить висока в безпосередній близькості до поверхні. Ці райони є найбільш сприятливими для спорудження геотермальних станцій. Так, у Новій Зеландії на геотермальних станціях виробляється 40% всієї електроенергії, в Італії - 6%. Значна частка електроенергії на таких станціях виробляється і в інших країнах.

Геотермальний резервуар є насправді масою породи, що розтріскалася в земній корі й насичена гарячою водою чи паром, при цьому перший тип є найбільш поширеним. Щоб добути воду чи пару на поверхню, в резервуарі бурять свердловини. Розміри резервуарів — від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів. Якщо вода достатньо гаряча, вона підіймається на поверхню природним шляхом, при більш низькій температурі може знадобитися насос. Експлуатація геотермальних джерел базується на попередньому геологічному дослідженні, щоб уникнути значного фінансового ризику за умови подальших капітальних витрат.

Отже, для того, щоб визначити, чи має певна місцевість потенціал постачання геотермальної теплоти для промислових та побутових потреб, потрібен попередній пошук, що є ризикованим, але необхідним. Ця особливість є однією з

головних відмінностей геотермальної енергії від інших поновлюваних джерел енергії.

На станціях іншого типу використовуються геотермальні води з температурою, вищою за 190°C . Вода, яка природним чином підіймається вгору по свердловині, подається в сепаратор, де частина її кипить та перетворюється на пару. Пара використовується для одержання електроенергії.

Робота електростанцій з бінарним циклом побудована на двох замкнених циклах — один для геотермальної води, другий — для робочої рідини чи газу з низькою температурою кипіння (наприклад, ізобутан). Робоча рідина, нагріта геотермальною водою, перетворюється на пару, яка надходить у теплообмінник та використовується для обертання турбіни. Оскільки обидва контури замкнені, немає практично ніяких викидів, що робить систему екологічно чистою. Робоча рідина випаровується при більш низькій температурі, ніж вода, тому бінарні станції працюють при значно нижчих температурах, ніж інші типи геотермальних станцій ($100\text{--}190^{\circ}\text{C}$). А оскільки джерела геотермальної води з температурою нижчою за 190°C найбільш поширені, то в майбутньому цей тип станцій матиме перевагу.

Схема використання підземного тепла є відносно простою. Нагріті підземні води перетворюються на пару, що використовується на геотермальних електростанціях та інших технічних установках. Пара, отриманий в надрах Землі, на відміну від пари, одержуваного в парогераторах ТЕС, містить домішки різних агресивних газів, які руйнують обладнання станцій. Тому пар земних надр або направляють в теплообмінники для отримання «чистої» пари, втрачаючи при цьому близько 25% тепла, або використовують спеціальне корозійне сталі обладнання. Другий шлях у цей час вважається найбільш доцільним. Структурна схема геотермальної електростанції для вулканічних районів наведена на рис. 4.1. Схема електростанції для вулканічних районів, що мають ресурси термальних вод з температурою 100°C на глибинах, доступних для сучасної бурової техніки, наведена на рис. 4.2. У майбутньому передбачається використання високотемпературних шарів мантії (до 1000°C) для отримання пари, в який буде перетворюватися вода, що закачується в штучно створені «вулканічні» жерла. Зрозуміло, що енергія, що

отримується таким чином, буде «чистою» і не буде впливати на іоносферу (величезна маса мантії виключає вплив на її стан відбирається тепла).

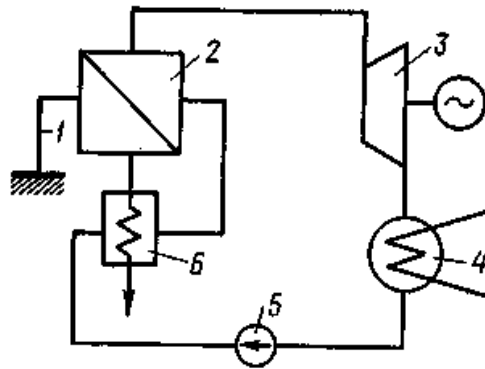


Рис 4.1 Схема геотермальної електростанції для вулканічних районів 1 – свердловина, 2 – пароперетворювач, 3 – турбіна, 4 – конденсатор, 5 – насос, 6 – водяний теплообмінник.

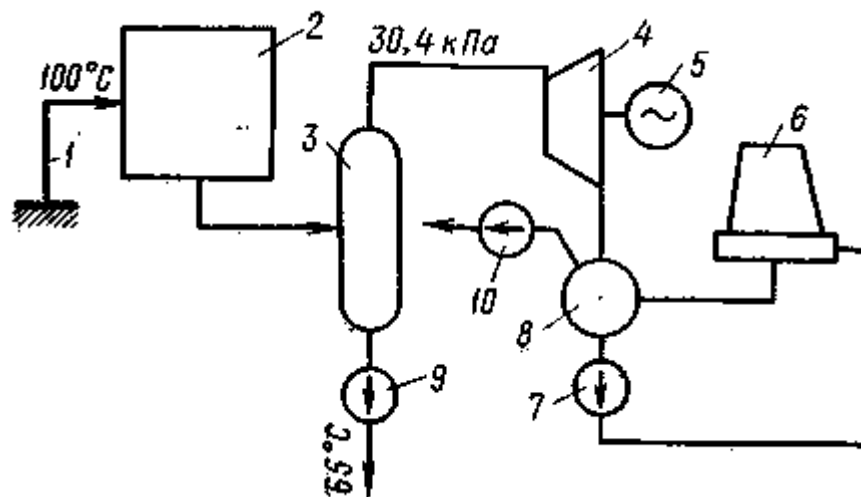


Рис. 4.2 Схема геотермальної електростанції для невулканічних районів: 1 – свердловина, 2 – бак-акумулятор, 3 – розширювач, 4 – турбіна, 5 – генератор, 6 – градирня, 7 – насос, 8 – змішувачий конденсатор, 9, 10 – насос

4.5 Термоелектричні генератори

З усіх пристроїв, що безпосередньо перетворюють теплову, енергію в електричну, термоелектричні генератори (ТЕГ) в наші дні знаходять найбільш широке практичне застосування (хоча поки при відносно невеликій потужності).

Основні переваги ТЕГ: 1) відсутні частини, що рухаються; 2) немає потреби у високих тисках; 3) можуть використовуватися будь-які джерела тепла; 4) є великий ресурс роботи. ТЕГ широко використовують як джерела енергії на космічних об'єктах, ракетах, підводних човнах, маяках і багатьох ін-

ших установках. ТЕГ залежно від призначення можуть перетворювати, в електричну енергію тепло, одержуване в атомних реакторах, енергію сонячної радіації, енергію органічного палива і т. д. стало застосовуватися у ТЕГ з кінця 50-х років.

Широкі дослідницькі та конструкторські роботи в області вдосконалення ТЕГ ведуться в Росії та в багатьох зарубіжних країнах (США, Англії, Франції, Японії та ін). ТЕГ виготовляються потужністю від кількох ватів до кількох кіловат. Проектуються генератори і набагато більшої потужності – до кількох мегават.

Майже всі сучасні ТЕГ містять напівпровідникові матеріали у вигляді телуридів або селенідів. Їхнє відкриття дозволило створити ТЕГ з ККД до 10 %. У перспективі очікується подальшого збільшення ККД. Однак існуючі конструкції ТЕГ не можуть конкурувати з потужними електричними станціями через дорожнечу і низьке значення ККД. Як показали дослідження, в діапазоні потужностей від 1 Вт до 1 кВт ТЕГ з газовим підігрівом можуть бути економічно вигіднішими за акумуляторні батареї сонячних елементів і двигунів внутрішнього згоряння.

4.6 Радіоізотопні джерела енергії.

Природний радіоактивний розпад ядер супроводжується виділенням кінетичної енергії частинок і квантів. Ця енергія поглинається середовищем, що оточує радіоактивний ізотоп, і перетворюється на тепло, яке можна використовувати для отримання електричної енергії термоелектричним способом. Установки, що перетворюють енергію природного радіоактивного розпаду в електричну енергію за допомогою термоелементів, називаються радіоізотопними термогенераторами.

Радіоізотопні термогенератори дуже надійні в роботі, мають великий термін служби, компактні і можуть успішно використовуватися в якості автономних джерел енергії для різних установок космічного і наземного призначень. Сучасні радіоізотопні генератори мають к. п. д. 3-5 % та термін слу-

жби від 3 місяців до 10 років. Техніко-економічні характеристики цих генераторів у майбутньому можуть бути значно покращені. Нині створюються проекти генераторів потужністю до 10 кВт. До радіоізотопних термогенераторів виявляють інтерес різні галузі науки і техніки. Ці джерела енергії передбачається використовувати для створення штучного серця людини, а також для стимулювання роботи різних органів в живих організмах. Особливо придатними виявилися радіоізотопні термогенератори при освоєнні космічного простору, де необхідні джерела енергії, здатні довго і надійно працювати в несприятливих умовах впливу іонізуючих випромінювань, в радіаційних поясах, на поверхні інших планет та їх супутників.

4.7 Термoeмісійні генератори

Явище термоелектронної емісії було відкрито Т. Едісоном в 1883 р. Т. Едісон до кінця життя був володарем 1300 патентів. Працюючи над створенням електричної лампи, Едісон поміщав у колбі дві нитки. Коли перегорала одна з них, він повертав лампу і вмикав іншу. Під час випробувань ламп виявилось, що деяка кількість електрики переходить до холодної нитки, тобто електрони «випаровуються» з гарячої нитки – катода – і рухаються до холодної нитки – анода – і далі у зовнішній електричний ланцюг. При цьому частина теплової енергії, що витрачається на нагрівання катода, переноситься електронами і віддається аноду, а частина енергії електронів виділяється у зовнішньому електричному ланцюзі при протіканні електричного струму.

Анод розігрівається за рахунок тепла, що приноситься електронами. Якби температури катода і анода були однаковими, то тепло «випаровування» електронів з катода в точності дорівнювало б теплу «конденсації» електронів на аноді не було б перетворення тепла в електричну енергію. Чим менше температура анода порівняно з температурою катода тим більша частина теплової енергії перетворюється на електричну. Найпростіша схема термoeмісійного перетворювача енергії показана на рис. 4.5

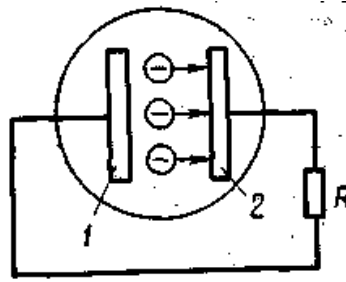


Рис. 4.3. Схема термоемісійного перетворювача енергії 1 – катод, 2 – анод

При використанні термоемісійних генераторів в енергетичних цілях для нагрівання катода можна скористатися теплом, що отримується в результаті ядерної реакції. ККД перших таких перетворювачів дорівнює приблизно 15%; за існуючими прогнозами, його можна довести до 40%. У розглянутих вище термоемісійних генераторах випромінювання електронів викликалося нагріванням катода. При радіоактивному розпаді електрони (-промені) випускаються внаслідок природної властивості елементів.

4.8 Електрохімічні генератори

У електрохімічних генераторах відбувається пряме перетворення хімічної енергії в електричну. Наприкінці XIX ст. багато дослідники займалися проблемою створення паливних елементів, в яких безперервно вироблялося б підведення палива та окислювача, а відводилися б продукти реакції. Багатьом ученим вдалося отримати ЕРС, близькі до теоретичних значень, але величини струмів у паливних елементах відповідні їм, були мізерно малі. Щоб збільшити швидкість протікання реакції окислення палива, доводилося підвищувати температури до 700-1000°C, що викликало сильну корозію електродів та інших деталей елементів. На початку XX ст. на тлі бурхливого розвитку двигунів внутрішнього згоряння складна проблема паливних елементів відійшла на другорядний план. Роботи у цій галузі було відновлено напередодні Другої світової війни. Останнім часом у зв'язку з розвитком космічної техніки та інших спеціальних галузей з'явилася гостра потреба в автономних джерелах електроенергії, що перевищують за своїми існуючими характеристиками. Це служило стимулом для розвитку паливних елементів, що працюють «а чис-

тому водні та кисні з застосуванням дорогоцінних металів у вигляді каталізаторів. Створення промислових дешевих паливних елементів, що працюють на природному паливі та кисні повітря, залишається поки досить складною науковою та технічною проблемою. Виникнення ЕРС в гальванічному елементі пов'язане зі здатністю металів посилати свої іони в розчин в результаті молекулярної взаємодії між іонами металу і молекулами (і іонами) розчину. Розглянемо явища, що відбуваються при опусканні цинкового електрода в розчин сірчаноокислого цинку (ZnSO_4). Молекули води прагнуть оточити позитивні іони цинку у металі (рис. 4.6).

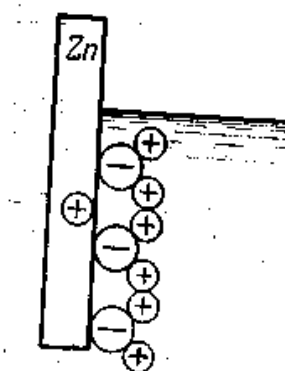


Рис. 4.4. Перехід позитивних іонів цинку в розчин сірчаноокислого цинку

Внаслідок дії електростатичних сил позитивні іони цинку переходять у розчин сірчаноокислого цинку. Цьому переходу сприяє великий дипольний момент води. Поряд з процесом розчинення цинку відбувається і зворотний процес повернення в цинковий електрод позитивних іонів цинку при досягненні ними електрода в результаті теплового руху. У міру переходу позитивних іонів у розчин збільшується негативний потенціал електрода, що перешкоджає цьому переходу. При деякому потенціалі металу настане динамічна рівновага, тобто два зустрічні потоки іонів від електрода в розчин і назад будуть однакові. Цей рівноважний потенціал називається електрохімічним потенціалом металу щодо електроліту. Важливе технічне застосування гальванічні елементи знайшли в акумуляторах, де речовина, що витрачається при відборі струму, попередньо накопичується на електродах при пропусканні через них протягом деякого часу струму від стороннього джерела (при заряд-

ці). Застосування акумуляторів в енергетиці утруднено внаслідок малого запасу активного хімічного пального, що не дає змоги безперервно отримувати електроенергію у великих кількостях. Крім того, для акумуляторів характерна мала питома потужність. Велику увагу у багатьох країнах світу приділяється установкам, які здійснюють безпосереднє перетворення хімічної енергії органічного палива на електричну енергію, – паливним елементам. У цих установках можуть бути більш високі значення ККД, ніж у теплових машин. У 1893 р. німецький фізик і хімік Нернст обчислив, що теоретичний ККД електрохімічного процесу перетворення хімічної енергії вугілля на електричну дорівнює 99,75%. Електроди у паливному елементі виконані пористими. На аноді відбувається перехід позитивних іонів водню в електроліт. Електрони, що залишилися, створюють негативний потенціал і в зовнішньому ланцюгу переміщуються до катода. Атоми кисню, що знаходяться на катоді, приєднують до себе електрони, утворюючи негативні іони, які приєднуючи з води атоми водню, переходять у розчин у вигляді іонів гідроксиду OH^- . Іони гідроксиду, з'єднуючись з іонами водню, утворюють воду. Таким чином, при безперервному підведенні водню та кисню відбуватиметься безперервна реакція окислення пального з іонами з одночасним утворенням струму у зовнішньому колі. Так як напруга на висновках елемента невелика (порядку 1В), то елементи з'єднують в батареї. ККД паливних елементів дуже високий. Теоретично він близький до одиниці, а практичний майже дорівнює 60–80%. Використання водню як палива, пов'язане з високою вартістю експлуатації паливних елементів, тому вишукуються можливості застосування інших видів палива, в першу чергу природного і генераторного газу, так як газ відноситься до дешевим видів палива. Проте задовільні швидкості протікання реакції окиснення газу відбуваються при високих температурах 800–1200 К, що виключає застосування як електролітів водяних розчинів лугу. У цьому випадку можуть бути використані тверді електроліти з іонною провідністю.

4.9 Енергія з відходів

Одним з найбільш незвичайних видів використання відходів людської діяльності є отримання електроенергії зі сміття. Проблема міських звалищ стала однією з найактуальніших проблем сучасних мегаполісів. Але, виявляється, їх можна використовувати для виробництва електроенергії. У всякому разі, саме так вчинили в США, в штаті Пенсільванія. Коли побудована для спалювання сміття та одночасного вироблення електроенергії для 15000 будинків піч стала отримувати недостатньо палива, було вирішено заповнити його сміттям із вже закритих звалищ. Енергія, що виробляється зі сміття, приносить округу близько \$ 4000 прибутку щотижня. Але головне – обсяг закритих звалищ скоротився на 78%. Розкладаючись на звалищах, сміття виділяє газ, 50-55% якого припадає на метан, а 45-50% - на вуглекислий газ і близько одного відсотка - на інші сполуки. Якщо раніше газ, що виділяється, просто отруював повітря, то тепер у США його починають використовувати як паливо в двигунах внутрішнього згоряння з метою вироблення електроенергії. За підрахунками фахівців, газу на звалищах США вистачить для роботи невеликих станцій на 30-50 років. За наявності ефективної технології можна скоротити кількість сміттєвих "курганів", а заодно значно поповнити і заповнити запаси енергії, благо "дефіциту сировини" для її виробництва не передбачається.

ТЕМА №5. Елементи електроенергетики

5.1. Поняття про електричну систему

Під *електроенергетичною системою* мається на увазі сукупність взаємопов'язаних елементів, призначених для виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електроенергії.

До елементів електроенергетичної системи відносяться генератори, що здійснюють перетворення механічної енергії в електричну; трансформатори, що перетворюють величини напруги та струмів; лінії електропередачі, призначені для транспортування електроенергії на відстань; всіляке допоміжне

обладнання, що змінює властивості системи, а також пристрої керування та регулювання.

Режим системи, тобто її стан на даний час, характеризується параметрами, що визначають процес її функціонування. До таких *параметрів режиму* відносяться величини потужності, напруги, струму, частоти тощо. Режими поділяються на усталені і перехідні. *Параметри усталених режимів*, зберігаються на аналізованому інтервалі часу незмінними або змінюються відносно повільно. Перехідні режими відповідають переходу системи від одного встановленого режиму до іншого; для них характерні швидкі та значні зміни параметрів. Для того щоб електроенергетична система могла нормально функціонувати, а споживачі електричної енергії могли працювати відповідно до закладених в їх конструкціях характеристик, необхідно відповідність параметрів режиму певним величинам. При цьому забезпечується прийнятна якість електроенергії, що підводиться до споживачів, яка характеризується значеннями напруги, частоти, симетрією (для трифазного струму) і синусоїдністю (формою кривої змінного струму).

Фізичні властивості елементів електричної системи та взаємозв'язку елементів між собою характеризуються *параметрами електричної системи*. До таких параметрів відносяться: опори елементів, моменти інерції та постійні часу, що характеризують швидкості зміни електричних та механічних величин тощо. Елементи електричної системи пов'язані єдністю процесів, що відбуваються в них. Так, на протікання електромагнітних процесів, викликаних, наприклад, збуреннями в електричній мережі, впливають режими роботи турбін, механічна енергія яких перетворюється на електричну. На ці процеси впливають режими роботи електричних двигунів і приєднаних до них виробничих механізмів, так як в двигунах електрична енергія перетворюється на механічну.

Зміна режимів роботи турбіни, своєю чергою, викликають зміни параметрів пари в паропроводах, отже, і роботи парогенераторів. Витрата вугілля,

газу або будь-якого іншого органічного палива на ТЕС або витрата води на ГЕС залежить від споживання електроенергії в системі.

Системи що видобувають вугілля, газо-і нафтопостачальні та інші, спільно з електроенергетичною системою утворюють Єдину об'єднану енергетичну систему країни. Організація найбільш доцільної (економічно та технічно) оптимальної експлуатації Єдиної об'єднаної енергетичної системи має надзвичайно важливе значення для всього промислово-побутового сектору. Тому в даний час особливо гостро ставиться проблема залучення якісно нових, найбільш досконалих методів управління, заснованих на новітніх досягненнях науки і техніки.

Електроенергетична система, таким чином, тісно пов'язана з іншими системами (у тому числі і з навколишнім біологічним середовищем), що утворюють глобальну систему. При проектуванні розвитку електроенергетичної системи та управлінні її режимами ці зв'язки необхідно враховувати.

Частина електричної системи, призначена для передачі розподілу електричної енергії, що містить підстанції лінії електропередачі та розподільні установки, називається *електричною мережею*.

На підстанціях здійснюється перетворення, а іноді, і розподіл електричної енергії. Під перетворенням електричної енергії розуміється зміна величини напруги і струму (частоти) в трансформаторах. Електричні мережі поділяють за низкою ознак, а саме:

Напруга мережі. Мережі можуть бути низьковольтним (з напругою до 1000 В) і високовольтними (напругою 1000 В і вище).

Елементи сучасних електричних мереж виготовляються різну величину номінальної напруги. Номінальне напруження (струм або будь-який інший параметр режиму) – це така напруга, яка відповідає нормальній та економічній роботі елемента електричної системи. Існує шкала стандартних номінальних напруг: 0,22; 0,38; 0,66; 6; 10; 20; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750 кВ.

Рід струму. Мережі можуть бути постійного та змінного струму. Електрична енергія може споживатися на постійному, або на змінному, або на по-

стійному і змінному струмі. На постійному струмі працюють різні електрохімічні установки, наприклад ванни для отримання різних матеріалів, електричні двигуни та ряд інших споживачів. Серед споживачів електричної енергії, які працюють на змінному струмі, найбільш поширені асинхронні електричні двигуни. Установки, що використовуються теплову енергію, що отримується з електричної, так само як лампи розжарювання, обігрівальні пристрої, можуть успішно працювати як на постійному, так і на змінному струмі.

Електричні мережі виконуються переважно на змінному струмі. Постійний струм доцільно використовувати під час передачі великої потужності на далекі відстані.

Призначення. Районні мережі призначаються для з'єднання великих електростанцій і підстанцій і виконуються на напругу 35 кВ і вище. Мережі напругою 330, 500 і 750 кВ відносять до міжсистемних зв'язків, так як вони в основному призначаються для з'єднання великих електроенергетичних систем. Розподільні мережі виконують функції розподілу електричної енергії між окремими споживачами, промисловими підприємствами, сільськогосподарськими навантаженнями тощо.

Конструктивне виконання ліній. Лінії можуть бути повітряними та кабельними.

5.2 Принцип роботи та конструктивне виконання основних елементів електроенергетичної системи

До основних елементів електроенергетичної системи (іноді називаним силовими елементами) належать установки, що здійснюють виробіток електричної енергії, її перетворення, передачу на відстань і споживання. У промислових масштабах електричну енергію отримують на електричних станціях перетворенням різних видів енергії – хімічної енергії органічного палива, внутрішньоядерної енергії, гідроенергії тощо. Перетворення електричної енергії до виду, зручного для передачі, розподілу та споживання здійснюється за допомогою трансформаторів. Передача електричної енергії на відстань

здійснюється повітряними або кабельними лініями. Споживання її відбувається різними механізмами, але, як впливає з попереднього матеріалу, значна частка витрачається на приведення рух виробничих механізмів електричними двигунами змінного струму.

Синхронні генератори на станціях перетворюють механічну енергію турбін в електричну. На ТЕС турбогенератори виготовляються швидкохідними з номінальною частотою обертання 3000 хв^{-1} відповідно до прийнятої у нашій країні стандартної частоти змінного струму, що дорівнює 50 Гц. Великі частоти обертання підвищують економічність роботи парових турбін, дозволяють зменшити габарити турбін і генераторів. На відміну від турбогенераторів гідрогенератори виконують тихохідними, з різними частотами обертання, що визначаються натиском і витратою води у руслі річки. Значно менші частоти обертання роторів гідрогенераторів призводять до відносного збільшення їх розмірів. Підвищення потужності генераторів може бути отримано збільшенням струмів в обмотках, напруги і магнітних потоків, що призводить до зростання розмірів ротора та статора. Однак максимальні розміри ротора обмежуються допустимими механічними навантаженнями. Тому поодинокі потужності генераторів збільшують підвищенням щільності струму в обмотках, що супроводжується значним виділенням в них тепла і, отже, необхідністю застосовувати досконалі системи охолодження. Для охолодження генераторів використовують повітря, водень та воду. На одному валу з генератором розташовується турбіна. На ТЕС турбінні та котельні агрегати разом із допоміжним обладнанням з'єднують у незалежні блоки. Кількість блоків на станції зазвичай сягає 8 – 12, а потужність станції – 4000 – 6000 МВт. Місце розташування електростанції залежить не тільки від умов постачання її первинними енергоресурсами, але і від наявності в достатній кількості води.

Роботу основних агрегатів блоку забезпечують допоміжні машини, для приведення в дію яких витрачається електроенергія. Потужність, що витрачається на власні потреби блоку, становить 4-8% від його потужності. На ТЕС електроенергія витрачається на приготування палива, подачу води в ко-

тли, управління обладнанням тощо. Витрати електроенергії на потреби ГЕС менше. Вони викликаються технічним водопостачанням, управлінням гідротехнічним і електротехнічним обладнанням, охолодженням генераторів тощо. На великих ГЕС власне споживання електроенергії становить частки відсотка від загальної вироблення. До механізмів власних потреб електростанцій ставлять високі вимоги щодо надійності їх роботи, оскільки відмови або зниження продуктивності механізмів можуть призвести до припинення виробництва електроенергії великим блоком і відключення у зв'язку з цим великої кількості споживачів електроенергії. Для механізмів власних потреб передбачають резервне джерело живлення, в якості якого зазвичай використовують систему.

При пуску блоку в роботу, спочатку приводять у рух механізми власних потреб. У процесі пуску збільшують тиск та температуру пари, а швидкість обертання агрегату доводять до номінальної. Потім подають живлення до обмотки збудження і генератор електрично з'єднують з енергосистемою. Далі поступово навантажують блок, збільшуючи впуск пари в турбіну.

Часті пуски та зупинки блоків небажані, оскільки вони призводять до підвищеного зносу основних агрегатів і допоміжного обладнання, знижують надійність їх роботи, викликають додаткову витрату палива. Зазвичай блоки безперервно працюють протягом кількох місяців. У нічний години їх потужність дещо знижується.

Турбогенератори виробляють електроенергію, як правило, з робочою напругою, що не перевищує 24 кВ. Щоб передати електроенергію на відстань, необхідно підвищити напругу до 110-750 кВ та вище. Для цього до блоків, підключають підвищувальні трансформатори. Електростанції в більшості випадків видають електроенергію на двох, іноді на трьох класах напруги, за рахунок яких відбувається розподіл електроенергії через лінії електропередач.

Водосховища, що є на ГЕС, дозволяють регулювати витрату води, а отже, і потужність станцій таким чином, щоб забезпечити по можливості рів-

номірну роботу ТЕС в системі. При цьому в системі в цілому досягається найкращий економічний ефект.

У період часу, коли навантаження в системі зменшується, вода акумулюється у водосховище ГЕС. Агрегати працюють з мінімальною потужністю або зупиняються. Як тільки навантаження різко зростає, наприклад в ранкові або вечірні години «пік», агрегати ГЕС працюють на повну потужність; витрата води в цей годинник може перевищувати її приплив. Процес пуску і набору потужності гідроагрегатом повністю автоматизований і виробляється всього за кілька хвилин.

Гідравлічні турбіни добре пристосовані до змінного режиму роботи. За період регулювання, що залежить від обсягу водосховища, витрата води ГЕС дорівнює її природному припливу. Період регулювання може становити добу, тижні та місяці. Під час паводків, щоб зменшити холостий скидання води через греблю, ГЕС працюють цілодобово з максимальною робочою потужністю. Через великий обсяг будівельних робіт питома вартість більше, ніж у ТЕС, але собівартість вироблюваної електроенергії значно нижча.

Крім основних в електроенергетичній системі є різні додаткові пристрої, призначені для регулювання властивостей основних елементів: всілякі пристрої автоматики, комутаційні апарати, компенсуючі пристрої, що змінюють опори і провід лінії електропередачі тощо. Додаткові пристрої надають електричним системам якісно нові властивості, підвищують надійність роботи, полегшують керування, покращують якість електроенергії. Ці пристрої разом з основними елементами складає органічну єдність - електричні системи.

5.3 Передача енергії на відстань

Необхідність спорудження ЛЕП пояснюється виробленням електроенергії в основному на великих електростанціях, які є віддаленими від споживачів – відносно дрібних приймачів, які розподілені на великих територіях.

Електростанції розміщуються з урахуванням сукупного впливу великої кількості факторів: наявності енергоресурсів, їх видів та запасів; можливості транспортування; перспектив споживання енергії у тому чи іншому районі тощо. Передача електричної енергії на відстань дає ряд переваг, дозволяючи:

- застосовувати віддалені джерела енергії;
- зменшувати сумарну резервну потужність генераторів;
- використовувати розбіжність часу в різних географічних широтах, при якому не збігаються максимуми розташованих у них навантажень;
- більш повно використовувати потужності ГЕС;
- збільшувати надійність електропостачання споживачів тощо.

ЛЕП, призначені для розподілу електроенергії між окремими споживачами в деякому районі і для зв'язку енергосистем, можуть виконуватися як на великі, так і на малі відстані і призначатися для передачі потужності у різному обсязі. Для далеких передач велике значення має пропускна здатність, тобто та найбільша потужність, яку можна передавати по ЛЕП з урахуванням всіх обмежуючих факторів.

ЛЕП відносяться до категорії відповідальних споруд, надійна робота яких забезпечується застосуванням різних компенсуючих пристроїв та установок автоматичного регулювання та управління. Для повітряних ЛЕП змінного струму можна з деяким наближенням вважати, що максимальна потужність, яку вони можуть передати, приблизно пропорційна квадрату напруги і обернено пропорційна довжині передачі. Вартість спорудження ЛЕП також дуже грубо можна прийняти пропорційною величині напруги. Підвищення пропускної здатності ЛЕП досягається в основному за рахунок збільшення напруги, проте істотне значення має також зміна конструкції ЛЕП, введення різних додаткових компенсуючих пристроїв, при яких вплив параметрів, що обмежують передану потужність, виявляється зменшеним. Наприклад, на ЛЕП напругою 330 кВ розщеплюють дроти в кожній фазі на кілька електрично пов'язаних між собою провідників, при цьому істотно покращуються параметри ліній (зменшується її реактивний опір); застосовують так звану пос-

лідовну компенсацію – включення в лінію конденсаторів тощо. Існує принципова можливість бездротової ЛЕП за допомогою електромагнітних хвиль або височастотних коливань, що направляються по хвилеводам. Проте практична реалізація цих ЛЕП у промисловості нині неприйнятна через низьку ефективність.

Для передачі електричної енергії можуть використовуватися надпровідні лінії, в яких значно може бути знижена напруга. Ефект, близький до надпровідності, досягається глибоким охолодженням провідників, такі ЛЕП називають криогенними. Ще у 1911 р. голландський фізик Г. Камерлінг-Оннес встановив, що при охолодженні ртуті до температури нижче 4 К її електричний опір зникає зовсім, і виникає знову у разі підвищення температури понад критичного значення. Це явище назвали надпровідністю. Зрозуміло, що якби такі матеріали отримали енергетики, то вони замінили б ними звичайні провідники, ЛЕП доставляли б без втрат енергію у величезних кількостях на значні відстані. Вдалося б помітно підвищити ККД потужних енергоємних пристроїв (електромагнітів, трансформаторів, електромашин), уникнути багатьох труднощів, пов'язаних із перегріванням, розплавленням, руйнуванням деталей. На сьогодні вже виявлено чимало надпровідників. У періодичній системі ними виявилось 28 елементів. Але найвища критична температура, що належить ніобію, не перевищувала 10 К. Можливості надпровідності, таким чином, різко обмежували дорожнечу і складність установок, що підтримують наднизькі температури.

Аналізуючи розвиток енергосистем у низці країн, можна виділити дві основні тенденції:

- 1) наближення електричних станцій до центрів споживання у тих випадках, коли на території, що охоплюється об'єднаною Енергосистемою, немає дешевих джерел енергії або коли джерела вже використані;
- 2) спорудження електростанцій поблизу дешевих джерел енергії та передача електроенергії до центрів її споживання.

Електропередачі, нафтопроводи та газопроводи утворюють Єдину систему енергопостачання країни. Системи електро-, нафто- та газопостачальні повинні конструюватися, споруджуватися та експлуатуватися у певній координаті між собою, утворюючи Єдину енергетичну систему.

5.4 Переваги об'єднання енергосистем

На першій стадії розвитку електроенергетика була сукупністю окремих електростанцій, кожна з яких через власну мережу передавала електроенергію до споживачів, не пов'язаних між собою. Надалі стали створюватися енергетичні системи, в яких електричні станції з'єднувалися електричними мережами і включалися на паралельну роботу. Окремі енергетичні системи також об'єднувалися, утворюючи більші енергетичні системи. Тенденція до освіти наскільки можна найбільших енергетичних об'єднань проявляється у всіх країнах.

Наразі створено Єдину енергетичну систему України. Загальне прагнення об'єднання енергетичних систем викликано величезними перевагами великих систем проти окремими станціями. Створення об'єднаних енергетичних систем дозволяє:

1. Зменшити сумарну потужність електростанцій.

Велика сукупність споживачів електричної енергії характеризується графіком $P=f(t)$ рис. 5.1

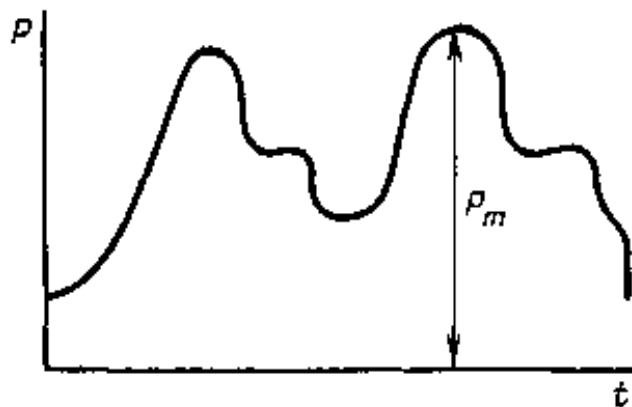


Рис. 5.1. Зразковий вигляд графіка навантаження споживачів електроенергії

Максимум сумарного навантаження P_T енергосистеми менше, ніж сума максимумів навантажень окремих споживачів. Це пояснюється неспівпаданням окремих максимумів через різні умови роботи споживачів. В енергетичних системах, що охоплюють великі географічні райони, розбіжність максимумів викликано розташуванням навантажень у різних часових поясах країни, дозволить отримати більш рівномірний сумарний графік навантаження в порівнянні з графіком навантажень окремих споживачів (рис. 5.2). Встановлена потужність електростанцій в системі повинна бути достатньою для покриття максимальних навантажень споживачів.

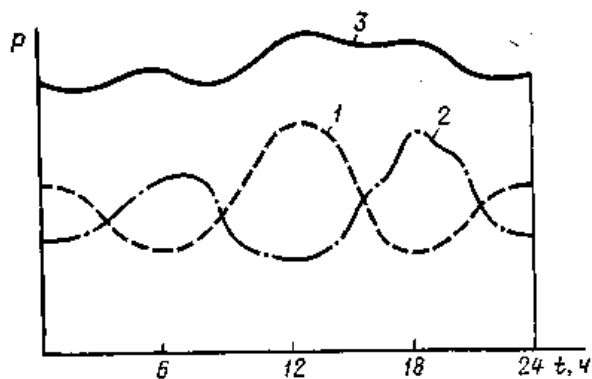


Рис. 5.2. Ефект суміщення графіків навантажень споживачів, розташованих у різних часових поясах: 1,2 - графіки навантажень окремих підсистем, 3 - графік навантаження об'єднаної системи

Крім того, виходячи з вимог, що ставляться до надійності роботи систем, повинна бути передбачена резервна потужність генераторів. При паралельній роботі електричних станцій резервна потужність може бути зменшена. Покажемо це простому прикладі.

Нехай дві електростанції, кожна з яких має по чотири агрегати, працюють ізольовано. Тоді одна станція може виробляти електричну енергію, використовуючи $3/4$ встановленої потужності, оскільки один агрегат повинен перебувати в резерві. При з'єднанні двох електростанцій загальною мережею може бути використано $7/8$ встановленої потужності. У першому випадку потрібна резервна потужність становить 25%, а у другому випадку вона може бути вдвічі менша – 12,5%.

2. Більше повно використовувати гідроенергетичні ресурси.

Витрата води у річці коливається у великих межах. Для надійного постачання електроенергією споживачів потужність ГЕС (при ізолюванні її роботи) потрібно вибирати виходячи з забезпеченої витрати води, яку доводиться приймати достатньо малим. У разі великих витрат частину води довелося б скидати повз турбіни.

Розглянемо переваги об'єднання ТЕС з ГЕС на простому прикладі. Нехай потужності кожної станції дорівнюють по 100 МВт. Кожна станція виробляє енергію для свого району, причому станції працюють ізолювано. Потужності навантажень у кожному районі дорівнюють по 100 МВт. Потреби в електроенергії за добу у споживачів кожного району по 1600 МВт-год. Далі припустимо, що з витрат води ГЕС за добу може виробити лише 1200 МВт-год. Отже, дефіцит електроенергії у районі з ГЕС становитиме 400 МВт-год. ТЕС за добу може виробити 2400 МВт-год, тобто в районі з ТЕС може бути додатково використано 800 МВт-год. При об'єднанні на паралельну роботу ТЕС і ГЕС можна, змусивши ТЕС виробляти 2000 МВт-год електроенергії, повністю задовольнити попит всіх споживачів. ГЕС більш придатні покриття пікової частини графіків сумарного навантаження енергосистем (рис. 5. 3).

3. Підвищити економічність вироблення електроенергії.

Внаслідок нерівномірності графіків навантажень ізолювані станції повинні працювати протягом деякого часу з недовантаженням, тобто в неекономічному режимі. В енергосистемах при провалах навантаження частина станцій може бути відключена, а для тих, що залишилися, можна забезпечити найбільш економічні режими роботи. Крім того, різні станції мають неоднакові економічні показники вироблення електроенергії. Тому зі зростанням навантаження в системі прагнуть в першу чергу збільшити вироблення електроенергії на станціях з кращими економічними показниками.

4. Збільшити поодинокі потужності агрегатів. Зі зростанням потужностей агрегатів P_i , покращуються їх технічні характеристики та знижується питома вартість вироблення електроенергії (рис. 5.4).

5. Підвищити надійність електропостачання споживачів

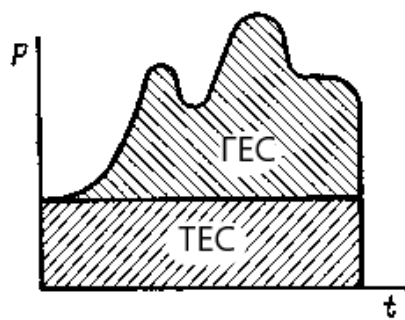


Рис. 5.3. Доцільний режим роботи
ТЕС та ГЕС

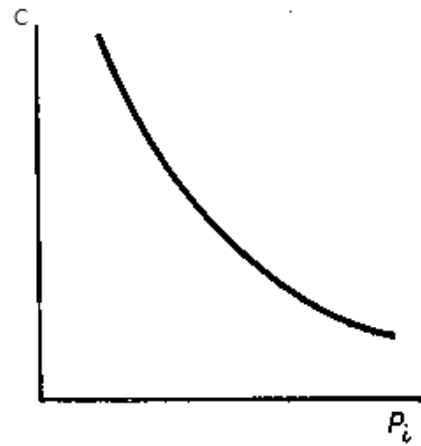


Рис. 5.4. Вплив потужності агрегату на питому
вартість вироблення електроенергії

Окремі елементи енергетичної системи (генератори, трансформатори, ЛЕП тощо) в результаті аварій можуть виходити з ладу. У цих випадках частина споживачів може втратити живлення. Надійність енергетичної системи оцінюється імовірнісними показниками, так як відмови обладнання з'являються під дією випадкових факторів. З одного боку, підвищення надійності електропостачання супроводжується збільшенням вартості систем, з іншого боку, недостатня надійність призводить до збитків від недовідпуску електроенергії споживачам. Тому доцільні показники надійності електричних систем повинні встановлюватися з урахуванням цих факторів.

5.5 Завдання перспективного розвитку електроенергетики

1. Застосування глибоких введів у міста для запобігання впливу електромагнітного поля на людину (у США, наприклад, ЛЕП і не повинна підходити до житлових квартир не ближче, ніж 50 м)
2. Удосконалювання устаткування
 - застосування лазерної техніки для передачі електроенергії на більші відстані;
 - спорудження криогенних ЛЕП для надвисоких значень напруги;
 - впровадження діагностичної автоматики. Зараз завданням релейного захисту й противоаварійної автоматики є «хірургічне» втручання в ре-

жим роботи електросистеми, тобто при наявності аварії необхідно локалізувати (відключити) аварійне коло. Необхідний новий підхід – діагностичний (профілактичний). Зараз відомий тільки один вид захисту – газове реле діюче за принципом діагностики (при зародженні аварії видає сигнал, а при розвитку аварії – відключає трансформатор). На подібному принципі розроблено реле, що сигналізує на міжвиткове замикання у колі статора генератора;

- спорудження елегазових розподільчих установок під тиском. Уже розроблені й споруджуються закриті РУ високої напруги у такому виконанні, ці пристрої мають малі габарити та високу надійність.

- застосування парогазових установок. Парогазові установки складаються із двох блоків: газотурбінної (ГГУ) і паросилової (ПС) установок. Продукти горіння палива на виході з турбіни надходять у котел - утилізатор, де нагрівають пару до температури, достатньої для приведення в дію парової турбіни, що дозволяє використати для виробництва електроенергії не тільки власні продукти згоряння палива, але й розігріту пару. Наявність двох блоків і контурів підвищує не тільки ефективність виробітку електроенергії. Поліпшується екологія - так, у два рази (до 50 мг/мм³) знижується рівень викиду оксиду азоту. Потреба в паливі (природному газі) знижується на 30% (з 310 г/квт.г виробленої електроенергії до 256,3 г/квт.г). Компактність установки дозволяє скоротити на третину строк будівництва.

ТЕМА №6. Вплив техніки та енергетики на біосферу

6.1. Співвідношення природних явищ у природі з процесами в штучних установках

Загальний прогрес, особливо бурхливо протікає останнім часом, досяг такого високого рівня, що людина внаслідок своєї промислової діяльності дуже помітно впливає на біосферу. Дійсно, потужність тільки стаціонарних електростанцій світу приблизно дорівнює 1,5 ТВт, а потужність всіх установок, що виробляються енергію, не менше 8 - 9 ТВт, що приблизно відповідає потужностям таких явищ, як випаровування вологи з поверхні Землі

(0,5 ТВт), як припливи у морях і океанах (2 – 3 ТВт), як вплив термічних градієнтів океану і суші (2 – 2,5 ТВт) і навіть таких колосальних проявів сил природи, як землетруси (1,5 – 100 ТВт).

Енергія, що виробляється людиною, впливає на природні процеси, що відбуваються на нашій планеті! Енергія всіх видів палива, що видобувається в даний час на планеті протягом року, дорівнює приблизно 50 тис. ТВт-год. Це становить менше 0,01% від енергії Сонця, що посиляється на Землю, але а при таких величинах вироблюваної енергії тепловий ефект виявляється помітним у тепловому балансі планети і істотно впливає на клімат, особливо на окремих, найбільш «енергетично напружених» територіях.

Співвідношення потужностей штучно створених людиною пристроїв, що перетворюють енергію, з потужностями, які природно існують у природі, де орієнтовні величини потужностей виражені у ватах. Практична і господарська діяльність людини історично складалася таким чином, що він, як правило, не замислювався про її наслідки, що відбиваються на зміні навколишнього середовища. Це було допустимо доти, поки масштаби цієї дійсності і наведені в результаті її в рух енергетичні ресурси виявлялися незначно в порівнянні з потужностями явищ у навколишній природі.

У деяких випадках несприятливі зміни, що з'являються, обмежувалися окремими районами. Так, наприклад, коли вирубувалися ліси, коли ставала неродюча земля через нераціональне ведення сільського господарства, людина могла переносити свою діяльність в інше місце. Сьогодні люди вже в повсякденному житті відчувають наслідки, які вкрай несприятливі впливи, на навколишнє середовище. Спостерігається інтенсивне забруднення шкідливими речовинами атмосфери, у результаті змінюється її газовий склад швидко скорочуються площі, зайняті лісами; порушується екологічна рівновага між атмосферою і світовим океаном внаслідок засмічення океану нафтою та іншими технічними продуктами, відбувається так зване теплове забруднення води і повітря, що нагріваються різними промисловими відходами. Особливо

згубно вплив на навколишнє середовище у місцях найбільшого зосередження техніки – у містах.

6.2 Енергетика та навколишнє середовище. Охорона природи

Підприємства та засоби транспорту при досягненні певного рівня інтенсивності виробництва виконують вплив на зовнішнє середовище. Але людина може регулювати рівень негативного впливу. Ці негативні наслідки в першу чергу обумовлені впливом теплових електричних станцій, що перетворюють енергію різних видів органічного палива в електричну. В цьому випадку необхідно знайти шляхи зменшення шкідливих викидів в атмосферу та зменшення теплового забруднення води в річках та озерах.

Гідроелектростанції зазвичай вважаються екологічно чистими та нешкідливими підприємствами, однак вони затоплюють великі території, що приводить до необхідності перенесення населених пунктів. Створення штучних водойм призводить до різкої зміни екології району, що негативно відзначається на флорі та фауні. Зменшення швидкості течії річки від впливу греблі електростанції веде до забруднення води, з'являються шкідливі синьо-зелені водорості, розмножуються бактерії, які є збудниками епідемій, відбувається знищення сільськогосподарських земель та знижуються їх якість.

Таблиця 6.1

Вид палива	Двоокис сірки	Оксид азоту	Зола	Оксид вуглецю	Радіоактивні електрони
Вугілля 6400 т	380	60	12	1,4	$3,7 \cdot 10^4$
Нафта 4600 м ³	14,5	60	2	0,03	$3,7 \cdot 10^4$
Газ 536000 м ³	0,04	34	1,2	0	0

Об'єм забруднення тепловими електростанціями залежить від типу та потужності станцій. В таблиці 6.1 наведено показники забруднення навколишнього середовища станціями різного типу потужністю до 1 ГВт кожна. Викиди в атмосферу газів та золи дані тонах за добу.

Станції, що працюють на вугіллі, споживають його у великій кількості та більш за інші створюють забруднення навколишнього середовища. Кількість викидів в атмосферу залежить від якості вугілля.

Атомні електростанції практично не чинять шкідливого впливу на біосферу за умов, що вирішена проблема утилізації радіоактивних відходів. Іноді радіоактивні відходи в спеціальних контейнерах, опускають на дно морів та океанів. В цьому випадку, однак не виключається небезпека зараження води. Тому викиди радіоактивних відходів у моря та океани викликають різкий протест природоохоронних організацій. З достатнім рівнем безпеки можна зберігати радіоактивні відходи під землею у рідкому стані в спеціальних резервуарах чи попередньо зацементованими. При цементуванні досягаються дві мети: покращення захисту відходів та зменшення їх об'єму. Перспективним є так зване «затвердіння» рідких радіоактивних відходів шляхом їх нагріву та випаровування. Близько 1 м^3 рідких відходів з високим рівнем радіації можна переробити в менш ніж $0,01 \text{ м}^3$ твердих відходів. Тверді відходи розміщуються в герметичному металевому контейнері. Такі контейнери зручно зберігати в соляних шахтах глибоко під землею, оскільки в соляний пласт не проникають ґрунтові води.

Розвиток всіх електростанцій їде шляхом збільшення потужності одиничних агрегатів. При достатньо великих потужностях електростанції економічно більш вигідні. Великі станції мають кращі технічні характеристики, вони в більшому ступені піддаються автоматизації та механізації процесів, що дозволяє значно підвищувати потужність, що приходить на одну людину обслуговуючого персоналу. Всі ці фактори в кінцевому рахунку призводять до економії виробничих територій.

Можливістю зменшення шкідливого впливу енергетики на біосферу є використання атомних електростанцій. Цей шлях зараз дуже ефективний, а після виникнення можливості використання керованої реакції енергії термоядерного синтезу, буде ще більш доцільним. До атомних електростанцій висуваються сурові вимоги з техніки безпеки та їх надійності, оскільки аварійні

порушення в їх роботі супроводжуються інтенсивними зараженнями навколишнього середовища. Розвиток ядерної енергетики створює потенційну загрозу для життя усього людства, оскільки кожна атомна електростанція виробляє радіоактивний стронцій. В такій кількості, якої достатньо, щоб все людство отримало дозу опромінення. Що перевищує максимально допустимий рівень.

Забруднення навколишнього середовища майже не відбувається при виробництві електроенергії на станціях, що використовують геотермальну енергію, енергію сонячної радіації а також енергію вітру та енергію приливів.

Таким чином серед всіх видів електричних станцій теплові станції, що працюють на органічному паливі, більш за все забруднюють атмосферу. Проблема газоочищення є особливо актуальною та на її вирішення виділяються значні кошти. Витрати зі зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу складає більш 50 % від вартості енергоблоку. У зв'язку з великими витратами на очисні споруди, гостро стоїть питання про джерела фінансування. Рішенням цього питання є підвищення цін на первинні енергоресурси. Зменшення забруднення атмосфери досягається також за рахунок обмежень в енергопостачанні, яке стане можливим при збільшенні ефективності використання енергії. Окрім забруднення атмосфери у ряді країн нормується теплове забруднення електростанціями водойм, що викликає додаткові витрати на охолодження води. Викиди гарячої води у водойми та підвищення їх температури призводять до порушення екологічної рівноваги, сталої в природних умовах, що шкідливо впливає на флору та фауну. Теплове забруднення водойм може бути зменшено за рахунок переходу на замкнене циклічне використання води.

Передача електричної енергії на відстані здійснюється по мережах повітряних ліній, які розгалуженні на багато кілометрів та мають велику площу «відчуження». Лінії електропередач створюють електромагнітне випромінювання, що викликає перешкоди в роботі систем зв'язку. Електромагнітне поле, яке існує поблизу дротів високовольтних ЛЕП шкідливо діє на організм

людини. Біля джерела електромагнітного поля змінюється електрохімічні і як наслідок, біохімічні процеси в клітинах. Для зменшення витрат землі на площу «відчуження», використовуються кабельні лінії при введені електропередач у великі міста. В енергетиці перспективним є використання надпровідних та кріогенних ЛЕП. Громіздкі ВРП, займають значну територію, тому мають перспективу ЗРП, заповненні ізолюючим газом. Розміщення електростанцій на території країни повинно здійснюватися з урахуванням забруднення ними навколишнього середовища. Природно, що станції, які працюють на низькосортному паливі найбільш інтенсивно забруднюють атмосферу, тому вони повинні проектуватися подалі від населених пунктів. В деяких країнах електростанції будують на території морів та океанів, для усунення їх шкідливого впливу на навколишнє середовище та людину.

6.3 Розвиток енергетичної техніки, її вплив на людське суспільство та навколишнє середовище.

Современные энергетические системы, находятся в тесной взаимосвязи с многогранными аспектами всей деятельности человека. Они прямо влияют на самые различные отрасли (промышленность, транспорт, сельское хозяйство), на экономику, социальные условия, состояние биосферы и т. п. Существует также обратное влияние различных факторов деятельности человека на состояние и развитие энергетики. При управлении работой энергетической системы, при прогнозировании и проектировании ее развития, а также проведении научных исследований необходимо учитывать взаимовлияние энергетической системы, связанных с ней систем промышленности и биосферы. Развитие энергетики оказывает непосредственное влияние на общий уровень развития техники. В свою очередь достижения и различных областях техники отражаются на состоянии энергетики. Энергетика, биосфера, социальная и экономическая деятельность человека взаимосвязаны.

Вплив енергетики на навколишнє середовище:

1. Викиди в атмосферу від ТЕС. Приблизно 360 млн. т. у рік золи викидається на прилеглий території.

2. Використання прісної води. Підраховано, що якщо необхідні потужності будуть вироблятися на ТЕС, то знадобиться 1/3 всіх запасів прісної води для роботи ТЕС.

3. Затоплення великих площ при спорудженні ГЕС. Приклад. Київська ГЕС

4. Захоронення ядерних відходів. До теперішнього часу ця проблема радикальним чином не вирішена.

5. Високі рівні напруги викликають сильні магнітні поля, які впливають на організм людини.

6. Аварії в енергосистемах і на станціях. Характерний приклад - Чорнобильська аварія. Крім того, великі аварії в енергосистемах приводять до великого народногосподарського збитку:

1965 р. - без світла залишився північний схід ОША й значна частина Канади. Причиною всьому послужило випадкове відключення ЛЕП від електростанції в канадській провінції Онтаріо. У цілому постраждало близько 30 млн. чоловік на площі більше 20 тисяч квадратних кілометрів.

1977 р. - блискавка, що потрапила в лінію електропередачі, залишила без електрики жителів Нью-Йорка. Енергопостачання було відновлено тільки через 25 годин, заподіяний місту збиток склав 300 млн. доларів.

2002 р. - к столиці Аргентини Буенос-Айресі сталася аварія на лінії високої напруги, без електрики залишилися близько 2 млн. чоловік.

2003 р. - весь Алжир (населення -32 млн. чоловік) залишився на кілька годин без електрики, у результаті аварії на центральній електростанції.

2003 р. - наймасштабніша енергокриза в історії Північної Америки. Масовими відключеннями були охоплені найбільші міста в штатах Нью-Йорк, Огайо, Мічиган, Пенсільванія, Коннектикут, а також канадські міста Торонто й Оттава. У деяких штатах був введений надзвичайний стан. У цілому відключилися 263 електростанції, включаючи 10 АЕС. Без електро-

постачання залишилися 50 млн. чоловік на території близько 24 тис. кв. км. Енергопостачання Нью-Йорка було відновлено за 24 години. Через 44 години було подане енергоживлення всім споживачам. Сума нанесеного збитку склала порядку 6 млрд. доларів.

2003 р. - на території Італії відбулося відключення енергії. Без світла на 18 годин залишилися 57 млн. чоловік. Причиною стало замикання в лінії електропередачі у Швейцарії, яке спричинило ланцюгове відключення систем енергопостачання Італії. Збиток оцінили в 300 млн. євро.

2003 р. - аварія на Інгузькій ГЕС (можливо в результаті диверсійної акції) призвела до відключення електропостачання на всій території Грузії з наступним відключенням води, зупинкою роботи метрополітену й інших систем життєзабезпечення.

2005 р. - аварія в Москві. Через перевантаження відключено кілька підстанцій. Декілька годин близько 30 % населення Москви було без електрики.

Питання про масштаби споживання енергії нерозривно пов'язане зі зростанням населення. Кількість населення на планеті постійно зростає. На початку нашої ери ця кількість складала 160 млн. людей. Але вже в 900 р. вона подвоїлась і склала 320 млн. людей, а далі темпи зростання населення значно підвищилися, про що свідчать дані, наведені в табл. 1. До середини XVII століття чисельність людей збільшувалася досить повільно й становила близько 600 млн. чоловік. Проте за наступні 200 років населення Землі подвоїлося, за наступне сторіччя подвоїлося ще раз. У середині XX століття подвоєння відбулося вже за 34 роки, а останні 10 років щорічний приріст чисельності населення становить 2 %. В основному за рахунок країн, що розвиваються та слабо розвинених країн.

Якщо припустити, що темп приросту в 2% збережеться, то до середини XXI століття населення Землі досягне 16 млрд. людей, а до кінця століття – 40 млрд.

Вплив парникового ефекту. Зараз у порівнянні з 1750 роком, коли почався бурхливий розвиток промисловості, середньорічна температура на Землі підвищилася на 0,7 С. У найближчі 25 років вона може піднятися ще на 0,3°C. У першу чергу це поставить під удар такі екосистеми, які розташовані на північному сході Австралії (тропічні ліси), а також високогірні посушливі плато в Африці. У деяких країнах зменшиться збір урожаїв і почнеться дефіцит питної води. У той період, коли середньорічна температура підвищиться ще на один градус, що очікується вже в середині сторіччя, швидкість потепління значно збільшиться. Прискориться танення полярних льодовиків, що призведе до значного скорочення популяцій полярних ведмедів і моржів.

З іншого боку, через потепління в тропічних поясах почнуть вимирати мешканці коралових рифів. У районі Середземного моря збільшиться число лісових пожеж, що призведе до загибелі багатьох комах. Потепління річок у Північній Америці може призвести до масового вимирання в них форелі й лосося. У Південній Африці, Австралії й високогірних районах почнуть зникати багато видів квітів, а в Китаї почнуть висихати широколисті ліси.

Недостаток питної води збільшиться, а від голоду може загинути до 1.5 млрд. людей. Раніше повідомлялося, що в тому випадку якщо середньорічна температура на нашій планеті збільшиться всього на 1,3 градуси в порівнянні з існуючою, зміни клімату стануть незворотними. Потепління приведе до танення вічної мерзлоти в Сибіру, що визволить в атмосферу величезну кількість метану, одного з основних парникових газів.

На величезних просторах Західного Сибіру спостерігається безпрецедентне танення вічної мерзлоти, що може різко збільшити темпи глобального потепління - попереджають сьогодні вчені-кліматологи. Дослідники повідомляють, що зона вічної мерзлоти, що займає територію в мільйон квадратних кілометрів - розміри Франції й Німеччини разом взяті - вперше

з моменту свого утворення 11 тис.років тому, наприкінці останнього льодовикового періоду, почала танути.

Дана територія, що перекриває весь заполярний район Західного Сибіру, є найбільшим у світі замерзлим торф'яним болотом, і вчені побоюються, що в процесі свого танення це болото може визволити в атмосферу мільярди тонн метану, що дає «парниковий ефект» газу, що впливає на атмосферу в 20 разів сильніше, ніж вуглекислий газ. Це той сценарій, якого так сильно побоюються вчені з тих пір, як на планеті вперше були відкриті «пастки вуглецю», місця, які абсорбують вуглець із атмосфери, але при незначному збільшенні температури Землі можуть почати знову виділяти його в атмосферу, що у свою чергу ініціює куди більше підвищення глобальних температур.

Література

1. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. В 5 книгах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://energetika.in.ua/> (дата звернення 18.11.2019). — Назва з екрана.
2. Мисак Й. С., Івасик Я. Ф., Гут П.О., Лашковська Н. М. Об'єкти теплових електричних станцій. Режими роботи та експлуатації. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2007.-256с.
3. Артюх С.Ф. Вступ до спеціальності «Електричні станції»: Навчальний посібник для студентів вузів.- Х., 2006.-224 с.
4. Гаєвський О.Ю. Фотоенергетика. Частина І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі: підручник /О.Ю. Гаєвський. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського. Електронне видання, 2022. – 141 с.
5. Вітроенергетика [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Головка В. М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30536>
6. Основи вітроенергетики / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Циценков - Підручник. – Дніпро: М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
7. Сиротюк С.В., Боярчук В.М., Гальчук В.П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру – Львів: «Магнолія-2006», 2018. – 182с.
8. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с
9. Копішинська К.О., Широкова І.С. Сучасний стан та перспективи інноваційного розвитку атомної енергетики України – Економічний вісник НТУУ «КПІ», 2019 С. 350-359.
10. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. В 5 книгах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://energetika.in.ua/> (дата звернення 18.11.2022). — Назва з екрана.
11. Й. С. Мисак, Я. Ф. Івасик, П. О. Гут, Н. М. Лашковська. Об'єкти теплових електричних станцій. Режими роботи та експлуатації.-Львів: НУ «Львівська політехніка», 2007.-256с.

Навчальне видання

Остапчук Олександр Володимирович

Бардик Євген Іванович

Матеснюк Юрій Петрович

**ВСТУП ДО СПЕЦІАЛЬНОСТІ:
ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ**

Для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електричні станції»

(електронне видання)

Редактор:

Комп'ютерна верстка:

Дизайн обкладинки: