

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки

ВСТУП ДО ФАХУ

конспект лекцій

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності
G3 «Електрична інженерія» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2026

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 22.09.2026, протокол № 1

Укладачі:

Ставинський А. А. - професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки , доктор технічних наук.

Вахоніна Л. В. - доцентка кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, кандидат фізико-математичних наук.

Рецензенти:

Садовий О.С. – завідувач кафедри агроінженерії, кандидат технічних наук, доцент;

Рябенський В.М. – завідувач кафедри програмована електроніка, електротехніка і телекомунікації професор, доктр. тех. наук, Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
Лекція 1 Індивідуальний навчальний план студента та взаємозв'язок дисциплін навчального плану. Освітня програма та її компоненти.....	7
Лекція 2 . Історія розвитку електроінженерії.....	14
Лекція 3 Роль електроенергетики в життєдіяльності країни.....	20
Лекція 4 Традиційні електростанції енергетичної системи України.....	25
Лекція 5 Електростанції відновлювальних джерел енергії.....	28
Лекція 6 Системи електропостачання.....	30
Лекція 7. Класи напруг та лінії електропередач.....	37
Лекція 8 Державна політика з питань енергозбереження.....	41
Лекція 9 Побутові споживачі електричної енергії.....	48
Лекція 10 Промислові споживачі електричної енергії.....	50
Лекція 11 Роль електромеханічних систем в енергетиці.....	54
Лекція 12 Системи перетворення електричної енергії.....	56
Лекція 13 Інтелектуальні системи керування в енергетиці.....	60
Лекція 14 Правила улаштування електроустановок. Заходи електробезпеки..	68
Лекція 15 Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Лекційний курс дисципліни «Вступ до фаху» призначений, щоб ознайомити здобувачів освіти зі спеціальністю Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, а також з освітньою програмою та основними принципами академічної доброчесності. Даний курс охоплює різноманітні аспекти електроенергетики, що включають генерацію, розподіл та споживання електричної енергії. В даному курсі розглядаються як традиційні джерела енергії, так і відновлювані. Розкриваються принципи енергоефективності та поняття Smart Grid технологій. Даний курс дає не тільки теоретичні знання, але й дозволяє ознайомитися з широким спектром питань електроенергетики та ролі електромеханічних систем в енергетиці. Даний курс лекцій є важливим кроком у поглибленні розуміння галузі електричної інженерії.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета вивчення дисципліни: полягає у формуванні у студентів знань про майбутню професійну діяльність, формування початкових знань на базі понятійного-термінологічного апарату спеціальності, ознайомлення з навчальним планом для цілісного уявлення про формування знань, раціональне планування своєї підготовки; усвідомлення важливості дисциплін навчального плану для формування знань загальних та професійних компетентностей;

- ознайомлення зі ступенями вищої освіти в Україні;
- ознайомлення з кваліфікаційними вимогами до фахівця спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка;
- мотивація до формування та розвитку особистісних якостей, необхідних для ефективного виконання професійних обов'язків та розвитку особистості.

Ступені вищої освіти в Україні

Завданням курсу є формування у студентів загального уявлення про професію електроінженера, її роль у науково-технічному прогресі та енергетичній безпеці, розвиток мотивації до навчання, засвоєння основ професійної етики, академічної доброчесності й безпеки праці.

Дисципліна закладає базу для подальшого вивчення фундаментальних і професійних навчальних курсів.

Дисципліна охоплює:

- історію та сучасні тенденції розвитку електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- базові поняття та термінологію спеціальності;
- принципи організації навчального процесу, структуру освітньої програми;
- роль електричної інженерії у науково-технічному прогресі та суспільстві;
- основи академічної доброчесності, професійної етики й безпеки.

1. Ознайомчі

- надати студентам уявлення про спеціальність «Електрична інженерія»;
- сформувати знання про освітню програму, модулі та дисципліни, що вивчатимуться.

2. Професійні

- показати місце електроінженера в енергетичній системі та промисловості;

- розкрити сучасні напрями науково-технічного розвитку галузі;

3. Мотиваційні

- сформувати усвідомлене ставлення до обраної спеціальності;
- розкрити можливості професійної самореалізації та кар'єрного зростання;
- виховати відповідальність за безпечну та ефективну роботу з електроустановками.

4. Практичні

- навчити орієнтуватися у нормативній та довідковій літературі;
- закласти навички користування сучасними інформаційними технологіями у сфері енергетики;
- підготувати до подальшого вивчення фундаментальних і професійних дисциплін.

Лекція 1 Індивідуальний навчальний план студента та взаємозв'язок дисциплін навчального плану. Освітня програма та її компоненти.

План лекції 1. Індивідуальний навчальний план студента.

2. Порядок формування індивідуального навчального плану студента.
3. Контроль виконання індивідуального навчального плану студента.
4. Дисципліни навчального плану.
5. Навчальний план.
6. Програмні компетентності.
7. Програмні результати навчання.
8. Ступені вищої освіти України
9. Поняття порушень академічної доброчесності
10. Види порушень академічної доброчесності

1 Індивідуальний навчальний план студента Індивідуальний навчальний план студента (ІНПС) – це нормативний документ, який створюється з метою індивідуалізації навчального процесу на основі структурно-логічної схеми підготовки фахівців, з урахуванням особливих освітньо-професійних інтересів і потреб студента. ІНПС формується за відповідним освітнім рівнем (бакалавр, магістр) і складається на кожний навчальний рік (за винятком першого курсу) та затверджується деканом факультету. Індивідуальний навчальний план студента містить інформацію про: - перелік і послідовність вивчення навчальних дисциплін; - обсяг навчальних дисциплін, які вивчаються у даному семестрі, у кредитах; - систему оцінювання (підсумковий семестровий контроль знань студента та державна атестація випускника). Формування ІНПС здійснюється на підставі робочого навчального плану спеціальності. При формуванні ІНПС на наступний навчальний рік враховується фактичне виконання студентом індивідуальних навчальних планів поточного і попередніх навчальних років. Реалізація ІНПС здійснюється протягом часу, який не перевищує граничного терміну навчання. За виконання ІНПС

персональну відповідальність несе студент. Контроль за реалізацією індивідуального навчального плану студента здійснює директор ННІ.

2 Порядок формування індивідуального навчального плану студента

Індивідуальний навчальний план з певної спеціальності формується особисто студентом під керівництвом куратора студентської групи (методиста – для заочної форм навчання) ІНПС переглядається, підписується студентом та куратором групи та затверджується деканом факультету. Навчальне навантаження студента з усіх видів навчальної роботи визначається робочим навчальним планом і становить на навчальний рік 60 кредитів ЄКТС. ІНПС ведеться у паперовій формі у 2 екземплярах: 1 екземпляр ІНПС знаходиться в деканаті, другий – у студента. ІНПС включає всі нормативні навчальні дисципліни та вибіркові навчальні дисципліни, що обрані студентом з переліку вибірових дисциплін. Сукупність нормативних дисциплін визначає обов'язкову складову індивідуального навчального плану студента. Вибіркова частина навчального плану забезпечує: - розширення знань студентів; - здійснення поглибленої підготовки за спеціальностями, що визначають характер майбутньої діяльності; -забезпечує академічну мобільність студента та реалізацію його особистих інтересів. Нормативна складова вноситься до ІНПС деканатом разом з куратором групи. Формування вибіркової складової ІНПС на наступний навчальний рік відбувається у такій послідовності: деканат разом з кураторами груп доводить до відома студентів перелік вибірових дисциплін та анотації цих дисциплін, що знаходиться на сайті університету. За результатами формування ІНПС деканат коригує робочі навчальні плани підготовки студентів та складає списки студентських груп на наступний навчальний рік. Деканат передає робочі навчальні плани до навчального відділу. Зміни до вибіркової частини ІНПС на поточний навчальний рік можна внести за заявою студента на ім'я декана. Кафедрами, з урахуванням цих змін, уточнюється обсяг навчальної роботи на поточний навчальний рік. Виконання індивідуального навчального плану здійснюється згідно із розкладом занять, графіком проведення контрольних заходів або за індивідуальним графіком, що встановлюється студенту деканат. За

індивідуальним графіком навчання мають право навчатися студенти з наступних причин: - працевлаштування за спеціальністю; - участь у науково-дослідній роботі (виконання наукових досліджень за держбюджетною, госпдоговірною тематикою та інших науково-дослідних роботах); - академічна мобільність; - участь у спортивному житті університету; - вагітність та виховання дітей у віці до трьох років; - тривала хвороба студента (підтверджена відповідними медичними довідками);

- ліквідування різниці в академічних планах навчання (під час переведення з інших вищих навчальних закладів) для можливості подальшого навчання в університеті; - зміна спеціалізації у межах спеціальності (напрямку) підготовки. При виникненні додаткових поважних причин, що вказані вище, зміни до ІНПС на навчальний рік можна внести за заявою студента на ім'я директора ННІ впродовж двох тижнів після його одержання (скласти індивідуальний графік навчання).

3. Контроль виконання індивідуального навчального плану студента Поточний контроль за виконанням індивідуального навчального плану студента здійснює заст. директора ННІ за участю куратора академічної групи (методиста) на підставі підсумків поточних контролів. На куратора студентської групи покладається виконання таких завдань: - надання кваліфікованих консультацій щодо формування ІНПС, його реалізації впродовж усього періоду навчання; - ознайомлення студентів із нормативно-методичними матеріалами (інформаційним пакетом тощо), які регламентують організацію навчального процесу за кредитно-трансферною системою; - погодження індивідуального навчального плану студента з директором ННІ; - контроль за реалізацією ІНПС (відмітка про виконання та підпис куратора в плані) на підставі відомостей про зараховані студенту залікові кредити з подальшим поданням пропозицій щодо продовження навчання студента або щодо його відрахування.

4 Дисципліни навчального плану Дисципліни навчального плану поділяються на 3 цикли: 1. Загальної підготовки; 2. Професійної підготовки; 3. Вибіркові освітні компоненти. Цикл загальної підготовки вміщує дисципліни

базової підготовки. Цикл професійної підготовки вміщує дисципліни, що орієнтовані на здобуття компетенцій по спеціальності. Вибіркові освітні компоненти покликані розширити знання студентів. Загальна кількість кредитів за 4 роки навчання – 240, із них 180 кредитів (75%) загальної та професійної підготовки, вибіркові освітні компоненти складають 60 кредитів (25%).

6. Програмні компетентності

Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати типові спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі G Інженерія, виробництво та будівництво або у процесі навчання, що передбачає застосування теоретичних знань, практичних навичок та фахових кваліфікацій електричної інженерії
Загальні компетентності(ЗК)	ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
	ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
	ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
	ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
	ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
	ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
	ЗК07. Здатність працювати в команді.
	ЗК08. Здатність працювати автономно.
	ЗК09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
	ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя. Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів не доброчесності
Фахові компетентності спеціальності (ФК)	ФК1. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).
	ФК2. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

	ФК3. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.
	ФК4. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.
	ФК5. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
	ФК6. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.
	ФК7. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.
	ФК8. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища.
	ФК9. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
	ФК10. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
	ФК11. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

7. Програмні результати навчання

	ПРН01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
	ПРН02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.
	ПРН03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
	ПРН04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.
	ПРН05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи

	розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
	ПРН06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
	ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.
	ПРН08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.
	ПРН09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
	ПРН10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.
	ПРН11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.
	ПРН12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.
	ПРН13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.
	ПРН14. Розуміти принципи європейської демократії та поваги до прав громадян, враховувати їх при прийнятті рішень.
	ПРН15. Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.
	ПРН16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.
	ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
	ПРН18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.
	ПРН19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

1. Поняття порушень академічної доброчесності Відповідно до Статті 42 Закону України «Про освіту»: 1. «Академічна доброчесність — це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

2. Дотримання академічної доброчесності педагогічними, науково-педагогічними та науковими працівниками передбачає: — посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; — дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права; — надання достовірної інформації про методики і результати досліджень, джерела використаної інформації та власну педагогічну (науково-педагогічну, творчу) діяльність; — контроль за дотриманням академічної доброчесності здобувачами освіти; — об'єктивне оцінювання результатів навчання.

3. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: — самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); — посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; — дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права; — надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації».

Хабарництво — «надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі».

У випадках, визначених законодавством, хабарництво може утворювати склад кримінального злочину «неправомірна вигода», передбаченого статтями 368, 368³, 369 Кримінального кодексу України.

До хабарництва, зокрема, можуть бути зараховані одержання, провокування або пропонування неправомірної вигоди за отримання позитивної або вищої оцінки при складанні будь-якого виду поточного та підсумкового контролю, а також будь-яких інших переваг у навчальній, дослідницькій чи трудовій діяльності; примусові благодійні внески та примусова праця здобувачів освіти та/або їх батьків; примусове надання освітніх послуг (примусове репетиторство); деякі випадки конфлікту інтересів та ін.

Необ'єктивне оцінювання — «свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти».

До необ'єктивного оцінювання також може бути зараховано використання незрозумілої здобувачам освіти системи оцінювання; невчасне повідомлення здобувачів освіти про систему оцінювання результатів навчання; створення системи оцінювання, що не відповідає декларованим цілям та завданням теми, дисципліни, практики, освітньої програми тощо.

Контрольні питання

1. Що таке індивідуальний навчальний план студента?
2. Ким формується індивідуальний навчальний план з певної спеціальності?
3. З яких причин студент має право навчатися за індивідуальним графіком?
4. Хто виконує контроль виконання індивідуального навчального плану студента?
5. На які цикли поділяються дисципліни навчального плану?
6. Ступені вищої освіти?
7. Які є причини системного порушення академічної доброчесності?
8. Які є основні види академічного плагіату?

Лекція 2 . Історія розвитку електроінженерії

План лекції: 1. Значення електроенергії

2. Давні уявлення про електричні явища

3. Формування енергосистем

Електроенергія стала однією з головних рушійних сил технічного прогресу. Вона забезпечила розвиток промисловості, транспорту, зв'язку, медицини, побуту. Електроінженерія як галузь охоплює електроенергетику, електротехніку, електромеханіку, електроніку й сучасні цифрові системи керування.

Історія електроінженерії є прикладом того, як фундаментальні наукові відкриття стають практичною основою нової індустріальної епохи.

Ще у Стародавній Греції (~600 р. до н.е.) Фалес Мілетський описав властивість бурштину притягувати легкі предмети після тертя. Власне слово «електрика» походить від грецького **ἤλεκτρον** – **elektron** (бурштин).

- У китайських, індійських та арабських джерелах згадуються явища, пов'язані з магнетизмом та електрикою, хоча вони трактувалися з містичних позицій.

- Давні практики використання статичної електрики у лікуванні чи ворожінні свідчать про зацікавленість людини в цих явищах, хоча наукового пояснення ще не існувало.

Дослідження епохи Відродження та Нового часу

У XVI–XVII ст. почалися систематичні дослідження:

- Англійський лікар Вільям Гільберт (1544–1603) у книзі «*De Magnete*» (1600) ввів термін «електрична сила», розмежував явища електрики й магнетизму.

- Олександр Черонеллі та Отто фон Геррік (XVII ст.) створювали перші електростатичні машини.

- Бенджамін Франклін (1706–1790) у XVIII ст. довів електричну природу блискавки, винайшов громовідвід.

XVIII століття – перші теорії та практичні відкриття

- Винайдення Лейденської банки (1745) – першого конденсатора.
- Досліди Луїджі Гальвані (1780-ті): виявив «тваринну електрику».

- Алессандро Вольт (1745–1827) створив перше джерело постійного струму – «вольтів стовп» (1800), що стало революційним для науки.

- Виникає нова галузь знань – електрохімія.

XIX століття – народження електротехніки як науки

Цей період вважається золотим віком електротехніки:

- Ганс Крістіан Ерстед (1820) відкрив взаємозв'язок електрики та магнетизму.

- Андре-Марі Ампер сформулював основи електродинаміки.

- Майкл Фарадей (1791–1867) відкрив явище електромагнітної індукції, винайшов перший електрогенератор.

- Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) створив електромагнітну теорію, яка стала базою сучасної фізики і техніки.

- Ом, Кірхгоф – закони струму й кола.

- Винайдення телеграфу (Морз, 1837), телефону (Белл, 1876), лампи розжарювання (Едісон, 1879), динамо-машини (Грамм, 1869).

Виникнення електроенергетики

Друга половина XIX ст. – епоха практичної електрифікації:

- 1882 р. – перша міська електростанція у Нью-Йорку (Т. Едісон).

- Розвиток електричного освітлення і міського транспорту (трамвай, метро).

- Спори «струмових систем» – Едісон (постійний струм) проти Ніколи Тесли та Джорджа Вестінгауза (змінний струм).

- Перемога системи змінного струму відкрила шлях до створення великих енергосистем.

Передумови

До середини XIX ст. електрика вже була відомим явищем, але здебільшого використовувалася у лабораторних дослідах, у телеграфії чи для демонстрацій. Основні відкриття цього часу:

- закон Ома (1827);

- відкриття електромагнітної індукції (Фарадей, 1831);

- поява перших генераторів постійного струму (Грамм, 1869);
- винахід електричної лампи розжарювання (Едісон, 1879).

Ці події створили базу для розвитку промислових установок.

Перша промислова генерація

- 1870–1880-ті роки – будівництво перших електростанцій для освітлення фабрик, вокзалів і вулиць.

- 1882 р. – у Нью-Йорку Томас Едісон запустив першу центральну електростанцію на перетині Перл-стріт. Вона працювала на вугіллі, забезпечувала електроенергією сотні ламп розжарювання.

- У Європі аналогічні системи з'явилися в Лондоні, Берліні, Парижі.

Це стало початком комерційної електроенергетики.

«Війна струмів»

У 1880–1890-х роках відбулася відома дискусія:

- Томас Едісон просував систему постійного струму (DC).
- Нікола Тесла та Джордж Вестінгауз відстоювали змінний струм (AC).

Основні аргументи:

- Постійний струм простіший, але його важко передавати на далекі відстані.
- Змінний струм можна трансформувати за допомогою трансформаторів, що дозволяло передавати енергію на десятки й сотні кілометрів.

Перемогу здобула система змінного струму. Після запуску у 1895 р. гідроелектростанції на Ніагарському водоспаді (проект Тесли й Вестінгауза) AC стала світовим стандартом.

Розвиток електростанцій

У другій половині XIX – початку XX ст. почали формуватися основні типи генерації:

- Теплові електростанції (ТЕС) – парові турбіни на вугіллі.
- Гідроелектростанції (ГЕС) – перші проекти у Швейцарії, США, Російській імперії.

- Експерименти з вітровими турбінами (Данія, 1890-ті).

Завдяки розвитку електростанцій з'явилася можливість масового електропостачання міст і промисловості.

Формування енергосистем

Спочатку електростанції працювали локально, обслуговуючи окремі райони.

Але вже на початку XX ст. виникла потреба у об'єднанні станцій у мережі для:

- резервування (у разі аварії однієї станції інша підхоплює навантаження);
- економії (оптимізація роботи генераторів);
- надійності постачання.

Так з'явилися перші енергосистеми – об'єднані мережі з централізованим управлінням.

Соціальний ефект

- Масове електричне освітлення змінило міське життя.
- Електрифікація фабрик підвищила продуктивність праці.
- З'явився електричний транспорт (трамвай, метро).
- Побут почав змінюватися завдяки електроприладам (праски, холодильники, телефони).

Електроенергія стала основою «другої промислової революції».

Значення для інженерії

Виникнення електроенергетики означало і появу нової професії – електроінженера.

Інженери почали вирішувати такі завдання:

- розрахунок електричних мереж;
- проєктування генераторів і трансформаторів;
- створення систем захисту;
- забезпечення безпеки споживачів.

Виникнення електроенергетики – перехід від наукових відкриттів до масштабної промислової практики.

- Ключові події: перша електростанція Едісона (1882), «війна струмів», запуск Ніагарської ГЕС (1895).

- Це явище стало основою розвитку індустріального суспільства ХХ ст. і визначило роль електроінженерії як стратегічної галузі.

ХХ століття – епоха електрифікації

- Програма ГОЕЛРО в СРСР (1920-ті) як приклад державної електрифікації.

- Масове будівництво електростанцій (теплових, гідро, атомних).
- Розвиток побутових електроприладів, електрифікація транспорту.
- Поява електроніки: радіо (Попов, Марконі), телевізор, транзистор (1947), комп'ютери.

- Винахід напівпровідникових приладів і мікроелектроніки заклав основи сучасних систем.

Сучасні тенденції

- Розвиток відновлюваної енергетики: сонячна, вітрова, біоенергетика.

- Концепція Smart Grid – «розумні мережі».
- Електротранспорт і розвиток акумуляторних технологій.
- Автоматизація та цифровізація енергосистем.
- Виклики: енергоефективність, кібербезпека, баланс між генерацією та екологією.

Контрольні питання

1. Які перші відомості про електричні явища збереглися з античності?

2. Які винаходи підготували ґрунт для виникнення електроенергетики?

3. Хто створив перше джерело постійного струму?

4. Які сучасні тенденції визначають розвиток електроінженерії у ХХІ столітті?

5. Яке значення мало об'єднання електростанцій у мережі?

6. Які соціальні зміни відбулися завдяки електрифікації?

Лекція 3 Роль електроенергетики в життєдіяльності країни

План лекції 1. Значення електроенергетики в життєдіяльності та функціонуванні економіки країни.

2. Переваги електричної енергії.
3. Основні терміни, пов'язані з енергетикою.
4. Розподілення енергетики за видами енергії.
5. Об'єднана енергетична система.
6. Електропостачання та тарифи на електричну енергію.
7. Надійність електропостачання.

1 Значення електроенергетики в життєдіяльності та функціонуванні економіки країни Значення електроенергетики для життєдіяльності та функціонування економіки країни є таким, без якого неможливо обійтися. Електрична енергія є товаром, який має одну із самих важливих цінностей серед товарів та послуг. Електрична енергія (ЕЕ) – важливий фактор основних соціально-економічних процесів в сучасному світі: життєзабезпечення населення та домогосподарств; виробництво товарів та послуг; національна безпека; охорона оточуючого середовища. У промисловості електрична енергія застосовується як для приведення в дію різних механізмів, так і безпосередньо в технологічних процесах. Робота сучасних засобів зв'язку (телефону, радіо, телебачення, Інтернету) заснована на застосуванні електричної енергії. Без неї неможливий розвиток кібернетики, обчислювальної техніки, космічної техніки. Величезну роль електроенергія грає в транспортній промисловості. Електротранспорт не забруднює навколишнє середовище. 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 (мікрохвильові пічки, утюги, бойлери, пральні машини, ПК, принтери, кондиціонери і т.п.) є основною частиною

забезпечення комфортного життя людей. Самою очевидною областю використання електричної енергії є освітлення. Електрична енергія широко використовується в медицині – електрофорез, кардіограми, УЗД, томографи, стоматологічне обладнання і т.п. Електроенергетика - важлива частина життєдіяльності людини. Рівень її розвитку відображає рівень розвитку продуктивних сил суспільства і можливості науково-технічного прогресу. Використання електричної енергії підвищило продуктивність праці, сприяло автоматизації і впровадженню передових технологічних процесів в промисловості, транспорті, сільському господарстві, побуті, а також сприяє створенню комфортних умов у виробничих та житлових приміщеннях.

2 Переваги електричної енергії 1. Можливість перетвореннялюбих видів енергії (теплової, атомної, механічної, хімічної, променевої, енергії водяного потоку) в електричну, і навпаки, електрична енергія може легко перетворюватись в інші види енергії;

2. Можливість передавати налюбі відстані;

3. Здатністю до зміни її параметрів (напруга, частота);

4. Можливість її поділу налюбі частини (потужність приймачів електричної енергії може бути від частинок Вт до тисяч кВт);

5. Можливість просто та ефективно автоматизувати процеси отримання, передачі та споживання електричної енергії;

6. Простота використання електричної енергії;

7. Використання електричної енергії сприяє створенню комфортних умов на виробництві та побуті. Суттєвим недоліком електричної енергії є неможливість її накопичення і зберігання. Запаси електричної енергії в акумуляторах, гальванічних елементах і конденсаторах достатні тільки для малопотужних пристроїв. Тому електрична енергія повинна генеруватись тоді і в такій кількості, коли і в якій кількості потрібна споживачеві. Сучасна цивілізація немислима без широкого використання електроенергії. Порушення постачання електроенергією великого міста при аварії паралізує його життя.

3 Основні терміни, пов'язані з енергетикою Енергія – загальна кількісна міра різних форм руху матерії. Розрізняють енергію механічну, теплову,

сонячну, електричну, гідравлічну, ядерну (атомну), хімічну й ін. Оскільки частина енергії завжди може бути перетворена в роботу, енергію можна розглядати як здатність виконувати роботу. Енергетика – паливно-енергетичний комплекс, галузь національного господарства, що охоплює енергетичні ресурси, виробництво, перетворення, передачу і використання різних видів енергії. Енергетичні ресурси – природні джерела енергії, які можна перетворити в енергію різних видів. У тому числі: Відновлювальні ресурси – такі, запаси яких постійно відтворюються (гідроенергоресурси, енергія сонця, вітру, припливів, геотермальна й інші);

Невідновлювальні ресурси – такі, запаси яких не мають джерел поповнення і зменшуються з їх споживанням (вугілля, нафта, природний газ, горючі сланці й інші).

4 Розподілення енергетики за видами енергії Енергетика розподіляється за видами енергії на електроенергетику, теплоенергетику, гідроенергетику, вітроенергетику, атомну енергетику і т.д. Електроенергетика – провідна галузь енергетики, що забезпечує електрифікацію національного господарства.

Теплоенергетика – галузь енергетики, що займається перетворенням теплоти в інші види енергії, головним чином в електричну і механічну. Гідроенергетика – галузь енергетики, що займається перетворенням гідравлічної енергії, головним чином в електричну. Вітроенергетика – галузь енергетики, пов’язана з розробкою методів і засобів для перетворення енергії вітру в механічну та електричну енергію. Оточуюче середовище – сукупність природних, техногенних і соціальних умов існування людського суспільства. Електроенергетика (ЕЕ) є однією із найважливіших систем забезпечення життєдіяльності економіки, благоустрою країни та її населення. Електроенергетика має такі сектори:

- виробництво ЕЕ;

- передача ЕЕ;

- постачання ЕЕ;

- споживання ЕЕ.

Значення секторів електроенергетики має дуже велике значення для забезпечення життєдіяльності та безпеки країни.

5 Об'єднана електроенергетична система Основою електроенергетики країни є об'єднана електроенергетична система (ОЕС) – сукупність електростанцій, електричних і теплових мереж, інших об'єктів електроенергетики, які об'єднані спільним режимом виробництва, передачі та розподілу електричної і теплової енергії при централізованому управлінні цим режимом. ОЕС взаємодіє з енергосистемами сусідніх держав, забезпечує експорт та імпорт електроенергії. До її складу ОЕС України входять сім регіональних електроенергетичних систем: Дніпровська, Донбаська, Західна, Південна, Південно-Західна, Північна і Центральна, зв'язані між собою системо утворюючими і міждержавними лініями електропередачі напругою 750 кВ і 330–500 кВ. Централізоване виробництво електричної енергії в ОЕС здійснюють 14 найпотужніших теплових і вісім гідравлічних електростанцій, які входять до складу шести державних та приватних акціонерних енергогенеруючих компаній: Західенерго, Центренерго, Дніпроенерго, Київенерго, Донбасенерго підпорядкованих Мінпаливенерго України, та чотири АЕС, які входять до складу Національної атомної енергогенеруючої компанії «Енергоатом». Транспортування електричної енергії від енергогенеруючих до енергопостачальних компаній магістральними і розподільними електромережами країни забезпечує Національна енергетична компанія «Укренерго», до складу якої входять 7 регіональних електроенергетичних систем.

Головним споживачем електроенергії є промисловість, на частку якої припадає близько 45% виробленої електроенергії. Значним споживачем є також транспорт. Близько третини електроенергії, споживаної промисловістю, використовується для технологічних цілей (електрозварювання, електричний нагрів і плавлення металів, електроліз і т. п.).

6 Електропостачання та тарифи на електричну енергію Електропостачання – комплекс технічних засобів і організаційних заходів для забезпечення споживача електроенергією; надання електричної енергії

споживачу за допомогою технічних засобів передачі та розподілу електричної енергії на підставі договору. Одиницею обліку електроенергії є кіловат-година (кВт·год.). Щомісячна оплата послуг з електропостачання визначається множенням тарифу на кількість спожитих кВт·год. Тарифи на електричну енергію встановлюються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). Вартість електроенергії для населення для індивідуальних та колективних побутових споживачів коригується за потреби. Плата за перевищення договірної величини потужності – у двократному розмірі за 1 кВт.

7 Надійність електропостачання Щодо надійності електропостачання споживачі електричної енергії діляться на три категорії:

– електроспоживачі I категорії – перерва в електропостачанні яких може призвести до небезпеки для життя людей (метро), мати значні матеріальні втрати (хлібзаводи), призвести до пошкодження вартісного обладнання (металургійні комбінати, птахофабрики), масового браку продукції, збоєм складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. Електроприймачі першої категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних резервних джерел живлення, і перерва їх електропостачання при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути допущена лише на час автоматичного відновлення живлення.

– електроспоживачі II категорії – перерва в електропостачанні яких призводить до масового недовипуску продукції, масового простою робітників, механізмів та промислового транспорту, порушення життєдіяльності значної кількості міських та сільських жителів (лікарні, учбові заклади, дитячі садки, споживачі електричної енергії в будинках від 6 до 16 поверхів, силові установки квартальних котелень та теплових пунктів, магазини).

– електроспоживачі III категорії – всі інші споживачі електроенергії, які не підпадають під визначення I та II категорій. Електропостачання приймачів III категорії надійності електропостачання може здійснюватись від одного джерела живлення за умови, що перерва в електропостачанні, яка необхідна

для ремонту і заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Контрольні питання

1. Яке значення електроенергетики в життєдіяльності та функціонуванні економіки країни?
2. Які переваги та недоліки електричної енергії?
3. Що таке енергетика?
4. Як розподіляється енергетика за видами енергії?
5. Що таке об'єднана електроенергетична система?
6. Які тарифи на електричну енергію для побутових та промислових споживачів?
7. Які існують категорії надійності електропостачання споживачів електричної енергії?

Лекція 4 Традиційні електростанції енергетичної системи України

План лекції 1. Електричні станції енергетичної системи України.

2. Атомні електричні станції.
3. Теплові електричні станції.
4. Теплоелектроцентралі.
5. Гідроелектростанції.
6. Гідроакумуючі електростанції.

1 Електричні станції енергетичної системи України Генерація електричної енергії для енергетичної системи України здійснюють такі електричні станції АЕС – атомні електричні станції, ТЕС – теплові електричні станції, ТЕЦ – теплові електроцентралі, ГЕС – гідроелектростанції, ГАЕС – гідроакумуючі електростанції, ВЕС – вітрові електростанції, СЕС – сонячні електростанції та біогазові установки

2 Атомні електричні станції Атомна електростанція – електростанція, в якій атомна (ядерна) енергія перетворюється в електричну.

Генератором енергії на АЕС є атомний реактор. Тепло, яке виділяється в реакторі внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер деяких важких елементів, перетворюється в електроенергію. АЕС працює на ядерному пальному (в

основному ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu). Унаслідок роботи АЕС утворюються радіоактивні відходи та відпрацьоване ядерне паливо. Вони є небезпечними для людини й довкілля, для знешкодження вимагають переробки та тривалого зберігання. Діючі АЕС України: 1. Південноукраїнська атомна електростанція (м. Южноукраїнськ, Миколаївська обл.) – 3 атомних енергоблоки; 2. Хмельницька атомна електростанція (м. Нетішин, Хмельницька область) – 2 атомних енергоблоки; 3. Запорізька атомна електростанція (м. Енергодар, Запорізька область) – найбільша в Україні і в Європі, – 6 атомних енергоблоків; 4. Рівненська атомна електростанція (м. Вараш, Рівненська область) – 4 атомних енергоблоки.

3 Теплові електричні станції ТЕС – енергетична установка, на якій в результаті спалювання органічного палива отримують теплову енергію, що перетворюється потім в електричну. Теплова енергія на ТЕС використовується для нагріву води і отримання пари (на паротурбінних електростанціях) або для отримання гарячих газів (газотурбінних). Для отримання тепла органічне паливо спалюють в котлоагрегатах ТЕС. В якості палива використовується вугілля, торф, природний газ, мазут, горючі сланці. На теплових паротурбінних електростанціях (ТПЕС) пар приводить в обертання парову турбіну, яка з'єднана з електричним генератором. ККД ТЕС наближається до 40%, одинична встановлена потужність – до 3 МВт.

4 Теплоелектроцентралі Теплоелектроцентрально (ТЕЦ) – електростанція, що використовує пару, котру отримують в парогенераторі для вироблення електроенергії і теплофікації споживачів. Частина пари для споживачів відбирається після того, як частина енергії пари буде використано для приведення у рух парової турбіни і параметри її зменшаться. Інша частина пари використовується в турбіні і поступає в конденсатор. Відібрана гаряча вода та пара поступає до споживачів системою трубопроводів. ТЕЦ – є джерелом теплової енергії в централізованих системах теплопостачання (пара та гаряча вода для забезпечення гарячого водопостачання та опалення жилих та промислових об'єктів).

5 Гідроелектростанції ГЕС— електростанція, яка за допомогою гідротурбіни перетворює кінетичну енергію води в електроенергію. Гідротехнічна споруда (гребля) забезпечує необхідний напір води, що надходить на лопаті гідротурбіни, яка приводить в дію генератори, що виробляють електроенергію. Потужність ГЕС безпосередньо залежить від натиску та витрати води, а також від ККД турбіни та генератора.

6 Гідроакумуючі електростанції ГАЕС – гідроелектрична станція, що використовується для вирівнювання добового графіка навантаження енергосистеми. Принцип дії ГАЕС полягає в перетворенні електричної енергії, що отримується від інших електростанцій, в потенційну енергію води, при зворотному перетворенні накопичена енергія віддається в енергосистему головним чином для покриття піків навантаження. Гідротехнічні споруди ГАЕС складаються з двох басейнів, розташованих на різних рівнях, і сполучних водоводами. Гідроагрегати, встановлені в будівлі ГАЕС в нижній частині водоводу, можуть бути тримашинними, такими, що складаються із сполучених на одному валу оборотної електричної машини (двигун-генератор), гідротурбіни і насоса, або двома шинними – оборотна електромашина і оборотна гідромашина, яка залежно від напрямку обертання може працювати як насос або як турбіна. Принцип дії ГАЕС полягає в тому, що електроенергія, яка виробляється недовантаженими електростанціями енергосистеми (в основному вночі), використовується ГАЕС для перекачування насосами води з нижнього водоймища у верхнє. У періоди піків навантаження вода з верхнього басейну по трубопроводу підводиться до гідроагрегатів ГАЕС, включеним на роботу в турбінному режимі, вироблена при цьому електроенергія віддається в мережу енергосистеми, а вода накопичується в нижньому водоймищі. Кількість акумульованої електроенергії визначається ємкістю басейнів і робочим напором ГАЕС. Одне з переваг ГАЕС полягає в тому, що вони не схильні до дії сезонних коливань стоку. Час пуску і зміни режимів роботи ГАЕС вимірюється декількома хвилинами, що зумовлює їх високу експлуатаційну маневреність. Регульовальний діапазон ГАЕС, з самого принципу її роботи, близький

двократній встановленій потужності, що є одним з основних її переваг. Здатність ГАЕС покривати піки навантаження і підвищувати споживання електроенергії вночі, робить їх дієвим засобом для вирівнювання режиму роботи енергосистеми. Загальний коефіцієнт корисної дії ГАЕС в оптимальних розрахункових умовах роботи наближається до 0,75. У реальних умовах середнє значення ККД з урахуванням втрат в електричній мережі не перевищує 0,66.

Контрольні питання

1. Які діючі АЕС в Україні?
2. Яке призначення атомного ректора? . Який ККД ТЕС?
4. Яке призначення ТЕЦ?
5. Від чого залежить потужність ГЕС?
6. Який принцип дії ГАЕС?
7. Який ККД ГАЕС?

Лекція 5 Електростанції відновлювальних джерел енергії

План лекції

1. Вітроелектростанції.
2. Сонячні електростанції.
3. Біогазові установки.

1 Вітроелектростанції ВЕС – електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Вітрові електростанції – це система відновлюваної енергетики, оскільки вітер – відновлюване джерело енергії. Основним елементом ВЕС є вітроколесо. За принципом роботи та схемою будови вітроколеса вітрові електростанції поділяються на 3 класи:

1. крильчасті (пропелерні) – мають вітроколесо з лопатями, розташованими перпендикулярно до валу;
2. карусельні або роторні;

3. барабанні.

В карусельних та барабанних вал вітроколеса встановлюється вертикально. Воно обертається під дією вітру на лопаті, розташованій з одного боку осі колеса, у той час як інші лопаті прикриваються ширмою або повертаються з допомогою спеціального пристрою ребром до вітру. Ці обидва класи є громіздкими і менш ефективними порівняно з крильчастими. Турбіни з горизонтальною віссю і високим коефіцієнтом швидкохідності мають найбільше значення коефіцієнта використання енергії вітру (0,46-0,48). Вітротурбіни з вертикальним розташуванням осі менш ефективні (0,45), але мають ту перевагу, що не вимагають настроювання на напрямок вітру.

2 Сонячні електростанції Сонячна електростанція – інженерна споруда, що перетворює енергію сонячного випромінювання на електричну енергію. Сонячні електростанції поділяють на кілька типів:

- використовують фотоелектричні модулі (фотоефект);
- перетворюють сонячну енергію на теплову, яка приводить у дію тепловий двигун (сонячно-теплові).

Складовими частинами СЕС є такі елементи:

- сонячні панелі – перетворюють сонячну енергію в електричну;
- опорні металоконструкції – металеві вироби, що дозволяють установку сонячних панелей на землі, даху чи фасаді будівлі;
- інвертор – перетворює і передає електроенергію від сонячних панелей у зовнішню мережу;
- система АСКОЕ – система обліку електроенергії сонячної станції на генерацію та на власні потреби;
- силове обладнання – комплекс обладнань, які служать для забезпечення видачі потужності СЕС, згідно вимог електромереж, включаючи розподільчі щити, трансформатори, лінії електропередачі. Найбільший ККД мають монокристалічні сонячні панелі (в середньому – 20-22%), полікристалічні – близько 15-18%), в гнучких аморфних – від 7 до 15%.

Найбільшими сонячними електростанціями (СЕС) в Україні є Покровська СЕС (323,29 МВт) та Нікопольська СЕС (246,15 МВт), обидві

розташовані на Дніпропетровщині та введені в експлуатацію компанією ДТЕК. Інші потужні об'єкти включають СЕС "Перове" (105,56 МВт, Крим) та Дунайська СЕС (43,14 МВт). У переважній більшості сонячно теплових електростанцій застосовується концентрація сонячних променів. За типом концентрації вони поділяються на: баштового типу, тарільчатого типу, параболо циліндричні, комбіновані.

3 Біогазові установки Біогазові установки (БГУ) виробляють біогаз шляхом контрольованого зброджування біомаси в анаеробних умовах. Отримання біогазу можливо в біогазових установках самих різних масштабів. Це можуть бути невеликі очисні та установки для забезпечення підприємства своєю енергією і гігантські централізовані енергопарки для подачі газу та електроенергії в мережу. Для виробництва біогазу придатні більшість відходів харчової промисловості та сільського господарства, а також спеціальні енергетичні рослини.

Біогазові установки являють собою будівельні об'єкти які складаються з герметичних реакторів, що оснащені комплексом систем: подачі сировини, підігріву, перемішування, каналізації, повітряної, газової та електричної.

Контрольні питання

1. Які існують класи вітрових електростанцій?
2. Який коефіцієнта використання енергії вітру вітрових турбін з горизонтальною віссю?
3. Які існують типи СЕС?
4. Які складові частини СЕС?
5. Яке призначення біогазових установок?

Лекція 6 Системи електропостачання

План лекції

1. Основні задачі та поняття в області передавання електричної енергії.
2. Номінальні напруги устаткування електричних систем

3. Призначення електричних мереж
4. Вимоги до електричних мереж
5. Класифікація електричних мереж
6. Режим роботи нейтралі

1. Основні задачі та поняття в області передавання електричної енергії.

Будь-яка електроенергетична система складається з: - електричних станцій для вироблення електричної енергії; - мереж магістральних та районних ліній електропередавання (ЛЕП) для передавання електричної енергії на велику відстань; - вузлових підстанцій для поєднання ЛЕП у складі електричної мережі та перетворення електричної енергії між різними ступенями номінальної напруги; - розподільчих електричних мереж для розподілу електричної енергії між споживачами та споживачів електричної енергії. З техніко-економічних міркувань всі електростанції, які розташовані в одному регіоні, з'єднуються між собою для паралельної роботи на загальне навантаження за допомогою ЛЕП різного класу напруг. Об'єднання відрізняється спільністю режиму та безперервністю процесу виробництва, розподілу і споживання теплової та електричної енергій. Енергетичною системою (енергосистемою) називають сукупність електростанцій, електричних і теплових мереж, з'єднаних між собою і пов'язаних спільністю режиму в безперервному процесі виробництва, перетворення і розподілу електричної і теплової енергії та теплоти при загальному управлінні цим режимом (рис. 1). Електроенергетичною (електричною) системою називають електричну частину енергосистеми, тобто сукупність електроустановок електричних станцій (без первинних двигунів) і електричних мереж енергосистеми, та приймачів електричної енергії, які живляться від неї, поєднані спільністю процесу виробництва, передавання, перетворення, розподілу і споживання електричної енергії.

Приймачем електричної енергії (електроприймачем) називають апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії, наприклад, електродвигун, електричний джерело світла,

нагрівальний елемент. Споживачем електричної енергії називають електроприймач або групу електроприймачів, об'єднаних загальним технологічним процесом і розміщених на певній території, наприклад, район електричних мереж, підприємство, верстат, цех. Електричною мережею (ЕМ) називається частина електричної системи до якої відноситься сукупність електроустановок для передачі і розподілу електроенергії, що складається з підстанцій, струмопроводів, апаратури приєднання, захисту і управління, повітряних і кабельних ліній електропередавання, які працюють на певній території. Електричною підстанцією (ПС) називають електроустановку, призначену для приймання, перетворення та розподілу електроенергії, яка складається з трансформаторів, пристроїв управління та інших допоміжних пристроїв, розподільчих пристроїв.

Розподільчим пристроєм називають електроустановку, призначену для приймання та розподілу електричної енергії на одному ступені номінальної напруги, яка містить комутаційні апарати, збірні шини, пристрої управління та захисту. Лінією електропередавання (ЛЕП) називають електроустановку, призначену для передавання електричної енергії на віддалену відстань між двома пунктами електричної системи. Лінії електропередавання складаються із проводів та кабелів, ізолюючих елементів та несучих конструкцій. Повітряна лінія електропередавання (ПЛ) – споруда для передавання електричної енергії проводами, розташованими просто неба і прикріпленими за допомогою ізолювальних конструкцій та арматури до опор або кронштейнів і стояків на інженерних спорудах(мостах, шляхопроводах тощо).

2. Номінальні напруги устаткування електричних систем Номінальною називають електричну напругу, на яку розрахована нормальна робота устаткування з найбільшим економічним ефектом. Для трифазних систем змінного струму нормуванню підлягають діючі значення лінійної напруги. Для низьковольтних електричних систем до 1000В згідно правил улаштування електроустановок(ПУЕ) шкала номінальних напруг включає наступні значення: 220, 380 і 660 В.

Для високовольтних електричних систем понад 1000В згідно ПУЕ шкала номінальних напруг складається з такого ряду: 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, (400), 500, 750 кВ. Наведена шкала містить напругу 400 кВ, яка не нормується чинним стандартом, але й прийнятою для енергосистем Євросоюзу, з якими енергооб'єднання України має електричні зв'язки по ЛЕП саме цієї напруги. Для забезпечення номінальної напруги на затискачах споживачів електричної енергії із урахуванням падіння напруги в електричних мережах номінальна напруга генераторів нормується на 5 % більше за номінальну напругу під'єднаної електричної мережі. Збільшення номінальної напруги мереж дозволяє знизити втрати енергії та підвищити пропускну здатність ліній електричних мереж. Номінальні напруги 6 та 10 кВ використовують для створення промислових, міських та сільських розподільчих мереж. Номінальну напругу 35 кВ широко використовують для створення центрів живлення сільських розподільчих мереж. (Останнім часом використовують мережі 110 кВ). Номінальні напруги 110, 150 та 220 кВ використовують для створення районних розподільчих електричних мереж загального використання, а також для зовнішнього енергопостачання потужних споживачів. Для Об'єднаної енергетичної системи України економічно обґрунтована шкала номінальних напруг електричних мереж складає 110-330-750 кВ.

3. Призначення електричних мереж.

Головне призначення електричних мереж полягає в передаванні та розподілі електричної енергії від джерел живлення до споживачів. Також в передаванні на віддалені відстані від центрів генерації в райони енергоспоживання. Крім того призначені для об'єднання на паралельну роботу різних електричних станцій та споживачів електроенергії в єдиній енергосистемі. Основні переваги об'єднання електричних систем на паралельну роботу полягає в наступному:

1. Підвищення надійності електропостачання за рахунок резервування шляхів передавання електричної енергії від джерел живлення до споживачів;

2. Зменшення сумарного максимуму навантаження електричної системи через незбіг максимумів навантажень різних споживачів. Тут особливої уваги заслуговують довготний та широтний ефекти:

- Довготний ефект полягає у зменшенні сумарного максимуму навантаження енергооб'єднання через незбіг у часі максимумів навантажень окремих електричних систем, віддалених по довготі(зі сходу на захід і навпаки).

- Широтний ефект полягає у зменшенні сумарного максимуму навантаження енергооб'єднання через незбіг тривалості максимумів навантажень окремих електричних систем, віддалених по широті(із півночі на південь і навпаки).

3. Зниження сумарного системного та необхідного аварійного резервів потужностей на електричних станціях за рахунок того, що резерв є загальним для всього енергооб'єднання.

4. Зниження собівартості електроенергії за рахунок концентрації потужностей з використанням на електричних станціях агрегатів більшої потужності з найменшими втратами палива на виробництво одиниці електроенергії.

5. Сумісна робота електричних станцій різних типів дозволяє організувати ефективне використання джерел енергії з більш дешевим паливом.

6. Взаємодопомогою пов'язаних енергосистем при несинхронних сезонних коливаннях навантаження абр генерації потужності електричних станцій.

7. Збільшення гнучкості та маневреності електричної системи за рахунок вибору різних джерел живлення, реконфігурації робочих схем тощо.

4. Вимоги до електричних мереж

Електричні мережі повинні забезпечувати:

- 1) безперебійність електропостачання, яка залежить від схеми і надійності улаштування мережі;

- 2) якісну електроенергію, яка характеризується належним рівнем напруги у споживачів;
 - 3) зручність і безпечність експлуатації;
 - 4) економічність;
 - 5) можливість подальшого розвитку без докорінної перебудови мережі.
- Згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок(ПУЕ) всі електроприймачі поділяються на три категорії у відношенні забезпечення надійності електропостачання:

I категорія – електроприймачі, перерва в електропостачанні яких може призвести до небезпеки для життя людей, значних збитків народному господарству, пошкодження коштовного основного обладнання (для сільського господарства – хвороба і загибель тварин), масовий брак продукції, порушення складних технологічних процесів.

Електроприймачі I категорії повинні мати резервне живлення. Перерва в електропостачанні цих електроприймачів від одного джерела допускається тільки на час автоматичного відновлення живлення. До I категорії відносяться підприємства безперервного циклу, птахоферми, дуже великі тваринницькі комплекси. II категорія – перерва в електропостачанні яких приводить до масового недовідпуску продукції, масовим простоєм робочих і механізмів, порушенню нормальної діяльності значного числа жителів сіл і міст. Електроприймачі II категорії повинні мати резервне живлення. Перерва в електропостачанні цих електроприймачів допускається тільки на час, необхідний для відновлення живлення оперативним персоналом або виїзною оперативною бригадою за час проведення ремонтних робіт, в найкоротший час. До них відносяться лікарні, ферми. III категорія – відносяться всі інші електроприймачі. Електропостачання виконується від одного джерела живлення при умові, що перерва в електропостачанні не перевищує однієї доби.

5. Класифікація електричних мереж

I. За родом електричного струму:

- 1) системи постійного струму;

- 2) системи змінного струму промислової частоти(50 Гц, в деяких країнах - 60 Гц); інші (бортові системи літаків на частоті 400 Гц);
 - 3) системи імпульсного струму.
- II. За способом організації живлення споживачів:
- 1) однофазні;
 - 2) трифазні: трипровідні; чотирипровідні;
 - 3) багатофазні.
- III. За номінальною напругою
- 1) низьковольтні (до 1 кВ);
 - 2) високовольтні (більше 1 кВ): - середньої напруги 6-10 кВ; - високої напруги 35 – 110 кВ; - надвисокої напруги 330 – 500 – 750 кВ; - ультрависокої напруги понад 1000 кВ.
- IV. За режимами роботи нейтралі мережі:
- 1) з глухозаземленою нейтраллю (клас напруг – 0,38 кВ, 110 кВ і вище);
 - 2) з компенсованою нейтраллю;
 - 3) з ефективно - заземленою нейтраллю;
 - 4) з ізольованою нейтраллю(6, 10,20, 35 кВ).
- V. За призначенням
- 1) місцеві електричні мережі(міські, промислових підприємств, сільські) обслуговують невеликі райони з відносно малою щільністю навантаження радіусом дії до 15-29 км з номінальною напругою до 35 кВ, інколи до 110 кВ;
 - 2) районні електричні мережі забезпечують живлення споживачів великих районів. Такі мережі працюють з номінальною напругою 110-220 кВ, інколи 330 кВ;
 - 3) системоутворюючі електричні мережі для об'єднання районних електричних мереж на паралельну роботу в енергооб'єднання. Такі мережі містять ЛЕП з номінальною напругою 330 кВ та вище.
- VI. За характером споживачів:
- 1) електричні мережі промислових підприємств;
 - 2) міські електричні мережі;
 - 3) сільські електричні мережі.
- VII. За конфігурацією:
- 1) розімкнені: магістральні; радіальні;
 - 2) замкнені.

VIII. За режимом роботи: 1) автономні;

2) об'єднані.

IX. За конструктивним виконанням: 1) електричні мережі повітряних ЛЕП; 2) електричні мережі кабельних ЛЕП;

3) мережі внутрішніх електричних проводок.

Контрольні питання

1. Наведіть визначення електроенергетичної системи.

2. Наведіть визначення енергетичної системи.

3. Наведіть визначення електричної мережі.

4. Наведіть визначення електричної підстанції.

5. Наведіть визначення лінії електропередавання.

6. Наведіть шкалу номінальних напруг устаткування електричних систем.

7. Поясніть збільшення на 5 % номінальних напруг генераторів.

8. Сформулюйте головне та допоміжні призначення електричних мереж.

9. Наведіть основні переваги об'єднання електричних систем на паралельну роботу.

10. Наведіть класифікацію електричних мереж за напругою та видом нейтралі.

Лекція 7. Класи напруг та лінії електропередач

План лекції

1. Основні класи напруг

2. Класифікація повітряних ліній електропередачі

3. Особливості конструкції мереж для різних класів напруг

4. Мережа 0,38/0,22 кВ 5. Мережа 10(6) кВ

6. Мережа 35 кВ

7. Мережа 110 кВ

8. Мережа 330 і 750 кВ

1. Основні класи напруг.

Система електропостачання включає елементи енергетичної системи, що забезпечують розподіл електричної енергії споживачам. Електричні мережі поділяються:

- мережі електропостачання напругою 110 (35) кВ і вище, до складу яких входять кільцеві мережі зі знижуючими підстанціями (ПС), лінії і підстанції глибоких вводів (під підстанцією глибокого вводу розуміється закрита підстанція, яка розташована у житловій або промисловій зоні міста та живиться радіальною зарезервованою повітряною або кабельною лінією електропередачі);

- розподільні мережі напругою 10 (6)...20 кВ, до складу яких входять трансформаторні підстанції (ТП) і лінії, які з'єднують центри живлення з ТП та ТП між собою;

- розподільні мережі до 1000 В.

В Україні використовуються наступні класи змінної напруги при передачі та розподілу електричної енергії: – Низька напруга – 220 В, 0,4 кВ (відомі як 380В/220В); – Середня напруга – 6 кВ, 10 кВ, 35 кВ; – Висока напруга – 110 кВ, 150 кВ, 220 кВ, 330 кВ; – Надвисока напруга – 400 кВ, 500 кВ, 750 кВ.

2. Класифікація повітряних ліній електропередачі.

Повітряною лінією (ПЛ) електропередачі називається пристрій для передачі та розподілу електроенергії по проводах, розташованих на відкритому повітрі й прикріплених за допомогою ізоляторів і арматури до опор або кронштейнів, стійкам на будинках та інженерних спорудах (мостах, шляхопроводах і т.п.). Наддалекі ПЛ, напругою 500 кВ і вище, призначені, в основному, для зв'язку з окремими енергосистемами.

Магістральні ПЛ, напругою 220 і 330 кВ, застосовують для передачі електроенергії від електростанцій, а також об'єднання електростанцій в середині енергосистеми й зв'язку окремих енергосистем. Розподільчі ПЛ, напругою 35, 110 і 150 кВ, використовують для електропостачання великих

населених пунктів і великих підприємств, а розподільчі ПЛ, напругою 20 кВ і нижче, для електропостачання споживачів розташованих на їхній території.

За призначенням ПЛ наддалекі, напругою 500 кВ і вище магістральні, напругою 220 і 330 кВ розподільні, напругою 35, 110 і 150 кВ

розподільні, напругою 20 кВ і нижче

За напругою ПЛ до 1 кВ вище 1 кВ

За електричним режимом ПЛ з ізольованою нейтраллю з глухо заземленою нейтраллю з компенсованою нейтраллю За механічним станом ПЛ нормальний режим аварійний режим монтажний режим

За кліматичними умовами залежно від швидкості вітру залежно від товщини шару льоду на проводах За категорійністю місцевості населена місцевість ненаселена місцевість важкодоступна місцевість.

3. Особливості конструкції мереж для різних класів напруг.

Рівень напруги – важливий параметр, що характеризує будь-який елемент електричної установки, у тому числі і електричну мережу. Підтримання необхідних рівнів напруги у споживача та на елементах мережі – одне із основних завдань сільського електропостачання. Для передачі електричної енергії на значні відстані, з метою зменшення втрат в елементах мережі, підвищують напругу. Номінальною називається така напруга приймачів електроенергії, генераторів і трансформаторів, при якій вони нормально і найбільш економічно працюють, вона вказується в паспорті машини або апарату. Для установок трифазного струму номінальною напругою прийнято вважати значення міжфазної напруги (лінійної). Напруга в різних точках мережі неоднакова. На початку лінії напруга звичайно вища, а в кінці – нижча від номінальної

За встановленими нормами, в сільських електричних мережах, відхилення напруги від номінального значення на затискачах у споживача повинно знаходитися в межах $\pm 5\%$. Максимально допустиме короткочасне відхилення напруги – $\pm 10\%$. Номінальна напруга генераторів приймається на 5% вищою від номінальної напруги мережі. Номінальна напруга первинних обмоток трансформаторів повинна дорівнювати номінальній напрузі мережі,

оскільки вони є приймачами електричної енергії. Номінальна напруга вторинних обмоток трансформаторів приймається на 5 (10) % вищою від номінальної.

Сучасна електрична система складається із генераторів електростанцій (ЕС), підвищувальних підстанцій (ТП1...ТП3), знижувальних підстанцій (ТП4...ТП9) та повітряних ліній (ПЛ1...ПЛ10). Таким чином, щоб передати електроенергію від джерела живлення до споживача її необхідно декілька разів трансформувати.

4. Мережа 0,38/0,22 кВ

Мережу 0,38/0,22 кВ називають розподільною електричною мережею, бо вона підводить електроенергію безпосередньо до споживачів. Напруга між будь-якими двома фазами 380 В, а між фазою і нулем – 220 В.

Згідно “Правил безпечної експлуатації електроустановок” до лінії до 1000 В не можна наближатися ближче 0,6 м.

5. Мережа 10(6) кВ В електричних мережах напругою 6, 10 та 35 кВ нейтраль ізолювана від землі і лінії виконують трипровідними (три фазних проводи), тобто в лінії ідуть по три фази, а нуля немає.

6. Мережа 35 кВ В електричних мережах напругою 35 кВ нейтраль або ізолювана від землі і лінії виконують трипровідними (три фазних проводи). Але в окремих випадках нейтраль може з’єднуватися із землею, але через значний індуктивний опір (реактор). Як наслідок, такі мережі є мережами з ізолюваною (компенсованою) нейтраллю.

7. Мережа 110 кВ

Мережі напругою 110 кВ і вище характеризуються великими струмами замикання на землю. Вони працюють в режимі з глухо заземленою нейтраллю. Замикання однієї фази на землю приводить до короткого замикання і пошкоджена ділянка автоматично відключається. В електричних мережах напругою 110 кВ і вище, хоч і прокладають лише три фазних проводи, але нейтраль трансформаторів заземлюють. Таким чином отримують трипровідні мережі із глухо заземленою нейтраллю.

8. Мережа 330 та 750 кВ

Починаючи від 330 кВ фази йдуть розщеплені.

Наявність напруги завжди чути на слух не залежно від погодних умов – лінія постійно тріщить внаслідок коронних розрядів.

Контрольні питання

1. Які існують розподільні мережі?
2. Що таке повітряна лінія?
3. Які існують номінальні класи напруг?
4. З чого складається електрична система?
5. Що таке номінальна напруга?
6. В яких мережах використовується ізольована нейтраль?
7. В яких мережах заземлюють нейтраль трансформатора?

Лекція 8 Державна політика з питань енергозбереження

План лекції

1. Визначеність основних показників енерговикористання.
2. Проблеми щодо змін клімату. Глобальна екологічна проблема.
3. Енергетика та напрямки екологічних і енергозберігаючих та заходів (ЕЗЗ).
4. Основні напрямки енергетичної політики 2026р..

1. Визначеність основних показників енерговикористання

Для розгляду питань щодо розвитку енергетики потрібно нагадати про деяку визначеність з питань проблем енерговикористання, Умовне паливо. Різні види енергетичних ресурсів мають різну якість, яка характеризується питомою теплотворною здатністю палива (кількість енергії, що доводиться на одиницю маси фізичного тіла енергоресурсу). Теплоту згоряння палива визначають експериментально. Для цього служать спеціальні прилади – калориметри. Теплота згоряння основних видів органічного палива коливається від 6200 – 7500 кДж/кг (багатозольні сланці, високовологий торф, буре вугілля) до 25000 – 29000 кДж/кг (висококалорійне кам'яне вугілля) і 33000 – 42000 кДж/кг (нафтопродукти і газ).

Для зручності зіставлення різних видів енергоресурсів і можливості розрахунків витрата всіх видів палива порівнюється з витратою так званого умовного палива (у.п.). В країнах СНГ, включаючи Україну (раніше використовувалося і в Німеччині), за умовне прийнято таке паливо, при згорянні 1 кг якого виділяється $29,35 \cdot 10^6$ Дж або 7000 ккал енергії, що відповідає висококалорійному кам'яному вугіллю (тому іноді називають вугільним еквівалентом). В країнах ЄС, США та ін. (ОЕКР - Організація по Економічній Кооперації і Розвитку) еквівалентом є паливо, при згорянні якого виділяється $41,9 \cdot 10^6$ Дж. або 10000 ккал., що відповідає теплоті згоряння нафти (тому називають нафтовим еквівалентом). Тому, для приведення умовного палива (вугільного еквіваленту) в нафтовий еквівалент (згідно до теплоти згоряння вугілля та нафти), коефіцієнт перерахунку буде дорівнювати 1,43.

2. Проблеми щодо змін клімату.

Глобальна екологічна проблема. Парниковий ефект – явище в атмосфері Землі та інших планет, при якому енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні, не може повернутися у космос, оскільки затримується молекулами різних газів, що призводить до підвищення температури поверхні. Нагромадження вуглекислого газу в атмосфері – одна з основних причин парникового ефекту. Вуглекислий газ діє в атмосфері, як скло в оранжереї: він пропускає сонячну радіацію й не пропускає назад у космос інфрачервоне (теплове) випромінювання Землі. Зміст парникових газів – CO_2 , метану й ін. – неухильно збільшується. Двоокис вуглецю в атмосфері діє як потужний поглинач земного випромінювання, що у противному випадку розсіювалося б у космічному просторі. Поглинаючи й знову віддаючи цю енергію випромінювання, двоокис вуглецю робить атмосферу тепліше, ніж вона була б у противному випадку. Фотосинтез сприяє зменшенню двоокису вуглецю. Рослини засвоюють із повітря CO_2 і будують із її свою біомасу. Вся рослинність на землі засвоює з атмосфери близько 20-30 млрд. т. вуглецю у формі його двоокису. Один квадратний метр тропічного лісу витягає з повітря 1-2 кг вуглецю. Близько 40 млрд. т. вуглецю засвоюють у рік мікроскопічні водорості, що плавають в океані. Однак рослинність Землі не здатна впоратися

із всі забрудненням, що збільшується, атмосфери, що приводить до зміни клімату. У порівнянні з доіндустріальною епохою зміст двоокису вуглецю в атмосфері збільшилося на 28%. Якщо не вжити заходів, щоб скоротити викиди, то до середини XXI століття середня глобальна температура приземної атмосфери підвищиться на 1,5 – 4,5⁰C.

Діяльність людини приводить до підвищення концентрації парникових газів в атмосфері. Збільшення концентрації парникових газів приведе до розігріву нижніх шарів атмосфери й поверхні землі. Будь-яка зміна в здатності Землі відбивати й поглинати тепло, у тому числі викликане збільшенням змісту в атмосфері тепличних газів і аерозолів, приведе до зміни температури атмосфери й світових океанів і порушить стійкі типи циркуляції й погоди. Проте, ведуться запеклі суперечки навколо того, яка конкретно кількість цих газів викличе потепління клімату й у якому ступені, а також як незабаром це відбудеться. Навіть коли зміна клімату дійсно відбувається, у цьому важко бути стовідсотково впевненим. Світові середні температури можуть сильно коливатися в межах декількох років і десятиліть - причому по природних причинах. Проблема в тім, що вважати середньою температурою, і на підставі яких критеріїв судити, чи дійсно вона змінилася в ту або іншу сторону. Наприкінці вісімдесятих - початку дев'яностих років XX століття кілька років підряд середньорічна глобальна температура було вище звичайною. Це викликало побоювання в тім, що викликане людською діяльністю глобальне потепління вже почалося. Серед учених існує консенсус, що за останні сто років середньорічна глобальна температура піднялася на 0,3 - 0,6 градусів Цельсія. Однак серед них немає згоди в тім, що саме викликало це явище. Важко із упевненістю сказати, відбувається глобальне чи потепління ні, тому що спостережуваний ріст температури усе ще перебуває в межах природних температурних коливань. Невизначеність у питанні глобального потепління породжує хвилювання із приводу небезпеки, що загрожує. Проблема полягає в тім, що коли гіпотеза про антропогенні фактори глобального потепління підтвердяться, уже пізно буде що-небудь уживати. Аналіз динаміки кліматичних даних показав, що в 80-х - початку 90-х рр. середньорічні

температури на північній половині Східно-Європейської рівнини зросли через теплі зими, відзначена спряженість ареалів максимальної мінливості кліматичних характеристик з географічним розподілом забруднень атмосфери. У результаті антропогенних викидів парникових газів змінюється клімат, що веде до негативних наслідків практично у всіх областях діяльності людини. Серед екологів була висунута розумна ідея "податку на виділену вуглекислоту". Країна, не залежно від рівня індустріального розвитку, одержить певну квоту на виробництво CO₂. Багаті країни зможуть купувати квоти на викиди вуглекислоти в більше бідних країн. Такі ринкові відносини змогли б допомогти, наприклад, Бразилії дістати додаткові кошти на боротьбу зі знищенням тропічного лісу. Цей податок допоміг би підвищити інвестиції в розробку альтернативних джерел енергії. Перший податок на виробництво вуглекислоти був уведений Швецією в 1990 р. У цей час наукові дебати про парниковий ефект ідуть по питанню глобального потепління: чи не занадто ми, люди, порушуємо енергетичний баланс планети в результаті спалювання викопних видів палива й іншої господарської діяльності, додаючи при цьому зайва кількість вуглекислого газу в атмосферу? Сьогодні вчені сходяться в думці, що ми відповідальні за підвищення природного парникового ефекту на кілька градусів. Парниковий ефект має місце не тільки на Землі. У дійсності найдужчий парниковий ефект, про яке ми знаємо, — на сусідній планеті, Венері. Атмосфера Венери майже цілком складається з вуглекислого газу, і в результаті поверхня планети розігріта до 475°C. Кліматологи думають, що ми уникли такої долі завдяки наявності на Землі океанів. Океани поглинають атмосферний вуглець, і він накопичується в гірських породах, таких як вапняк - за допомогою цього вуглекислий газ віддаляється з атмосфери. На Венері немає океанів, і весь вуглекислий газ, що викидають в атмосферу вулкани, там і залишається. У результаті ми спостерігаємо на Венері некерований парниковий ефект. Парниковий ефект атмосфер обумовлений їхньою різною прозорістю у видимих і далекому інфрачервоному діапазонах. На діапазон довжин хвиль 400—1500 нм (видиме світло й ближній інфрачервоний діапазон) доводиться 75 % енергії сонячного випромінювання, більшість газів

не поглинають у цьому діапазоні; Релевське розсіяння у газах і розсіювання на атмосферних аерозолях не перешкоджають проникненню випромінювання цих довжин хвиль у глибини атмосфер і досягненню поверхні планет. Сонячне світло поглинається поверхнею планети і її атмосферою (особливі випромінювання в ближньої УФ- і ІЧ-областях) і розігрівають їх. Нагріта поверхня планети й атмосфера випромінюють у далекому інфрачервоному діапазоні: так, у випадку Землі ($T_s = 300\text{K}$) 75% теплового випромінювання доводиться на діапазон 7,8–28 мкм, для Венери ($T_s = 300\text{K}$) – 3,3–12 мкм.

Якщо в 40-х роках ХХ ст. ще домінували натуральні продукти (бавовна, шовк, вовна, каучук, мило, їжа практично без добавок), то в наш час у промислово розвинутих країнах вони замінені синтетичними, які важко розкладаються і забруднюють навколишнє середовище. Це насамперед синтетичне волокно, миючі засоби (детергенти, відбілювачі), їжа з добавками, мінеральні добрива, синтетичний каучук та ін. Основним джерелом викидів є спалювання палива: вугілля, газу, нафтопродуктів і торфу.

3. Енергетика та напрямки використання альтернативних джерел енергії

Загальна потреба у вирішенні глобального питання розвитку сучасної енергетики полягає у необхідності активного пошуку шляхів заміни традиційних (викопних) видів паливно-енергетичних ресурсів, у першу чергу таких як нафта, природний газ, вугілля, тощо, на альтернативні види і джерела енергії. За визначенням Закону України «Про альтернативні джерела енергії» до числа останніх відносяться відновлювані джерела енергії (енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів) та вторинні енергетичні ресурси (доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів). Дослідження показують, що розвиток сучасної енергетики має базуватися на комплексному використанні різних видів енергії, ефективно доповнюючи один вид іншим. Такий підхід обумовлений багатьма факторами, в тому числі, сталим підвищенням цін на викопні енергетичні ресурси та відносно високими на сьогодні цінами на

альтернативні види енергії, які, однак, мають значно менші за викопні темпи зростання.

Закон України «Про альтернативні джерела енергії» визначає правові, економічні та організаційні засади використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Станом на 2026 рік, законодавство зазнало суттєвих оновлень для стимулювання енергонезалежності.

- Мета закону: Сприяння енергетичній безпеці, зменшення залежності від викопного палива та інтеграція в енергетичний ринок ЄС.
- Державна політика: Пріоритет надається створенню конкурентних умов, залученню інвестицій та підтримці розвитку інфраструктури для електромобілів.

Ключові зміни

Продовження підтримки: Дія «зелених» аукціонів для виробників альтернативної енергії продовжена до 2034 року.

- Гарантії походження: Удосконалено систему сертифікації «чистої» енергії, що важливо для експорту та верифікації екологічності виробництва.
- Зелений тариф: Для приватних домогосподарств (СЕС до 30 кВт) станом на 1 січня 2026 року ставка становить 576,91 коп/кВт·год (без ПДВ).
- Net Billing: Поряд із зеленим тарифом активно впроваджується модель Net Billing, що дозволяє споживачам продавати надлишки генерації в мережу для покриття власного споживання у майбутньому.
- Підтримка бізнесу та населення: Уряд розширив програми пільгового кредитування для ОСББ, приватного сектору та ФОПів для встановлення систем альтернативної енергетики.

4. Основні напрямки енергетичної політики 2026р.

- Енергетична децентралізація: Уряд активно стимулює створення мережі малих об'єктів генерації (газопоршнєві, газотурбінні установки, сонячні та вітрові станції), що робить систему менш вразливою до цілеспрямованих атак.

- Зелений перехід та відновлення: Реалізується «Спільна робоча програма з Міжнародним енергетичним агентством (МЕА) на 2025–2026 роки», яка передбачає розбудову низьковуглецевої економіки та інтеграцію ВДЕ. Зокрема, планується розширення Тилігульської ВЕС до 500 МВт до кінця 2026 року.

- Підтримка споживачів та бізнесу: Запущено єдину платформу урядових програм підтримки. Основні заходи включають:

- Для ОСББ та домогосподарств: Гранти та пільгові кредити на встановлення сонячних панелей, накопичувачів енергії та теплових насосів (програма «СвітлоДім»).

- Для бізнесу: Кредити під 0% на енергетичне обладнання та доступні позики «5-7-9%».

- Атомна енергетика: Залишається базовою генерацією (близько 50-60% виробництва). Станом на 2026 рік в Україні діють 4 АЕС з 15 енергоблоками, хоча Запорізька АЕС перебуває під окупацією. Продовжується корпоратизація «Енергоатому» для залучення інвестицій.

- Інтеграція з ЄС: Синхронізація законодавства з європейським [Green Deal](#) та посилення транскордонних перетоків електроенергії для покриття дефіцитів.

Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України
Стратегічні цілі до 2030–2050 років

Згідно з Енергетичною стратегією України, держава прагне:

1. Досягти кліматичної нейтральності до 2050 року.
2. Зменшити викиди парникових газів на 65% порівняно з 1990 роком.
3. Збільшити частку ВДЕ в енергоспоживанні до 27%.
4. Забезпечити диверсифікацію постачання — не більше 30% від одного постачальника.

Контрольні питання

1. Розкрити визначення і призначення величини умовного палива.

2. Розкрити визначення енергоємності продукції
3. Розкрити визначення енергозабезпеченості (об'єкта, регіону, країни)
4. Розкрити визначення енергоємності
5. Розкрити сценарії соціального і економічного розвитку енергетики на період 2020 – 2050 рр
6. Заходи по зменшенню викидів парникових газів у світі та Україні
7. Назвіть основні складові та головні напрями сучасної екологічної проблеми.

Лекція 9 Побутові споживачі електричної енергії

План лекції

1. Визначення понять: споживач і приймач електричної енергії. Побутові споживачі електроенергії.
2. Загальні електротехнічні характеристики споживачів та їх визначення.
3. Добовий графік навантаження.

1. Визначення понять: споживач і приймач електричної енергії. Побутові споживачі електроенергії. Споживачем електричної енергії називається електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом і розміщених на певній території. Приймачем електричної енергії (електроприймачем) називається апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інші види енергії. Існує велика кількість різноманітних побутових споживачів електричної енергії, а саме: праска, міксер, блендер, кухонний комбайн, мікрохвильова піч, швейна машинка, пиросос, холодильник, комп'ютер, телевізор і т. д.

2. Загальні електротехнічні характеристики споживачів та їх визначення
До основних електротехнічних характеристик побутових споживачів можна віднести: - номінальну напругу U , В; - номінальний струм I , А; - потужність P , Вт; - частоту f , Гц; - вид струму.

Номинальна напруга – це різниця потенціалів між двома точками електричного поля на яку розраховані споживачі при нормальних умовах роботи. В побутових мережах величина 220 В. Номинальний струм – це найбільш допустимий струм за умовою нагріву струмоведучих частин і ізоляції при якому обладнання може працювати необмежено довго. Залежить від потужності споживача. Потужність – це характеристика, яка вказує на швидкість перетворення електричної енергії в інші види енергії у споживачах. Величина залежить від виду споживача. Частота – це n -на кількість повних електромагнітних коливань за одиницю часу. В побутовій мережі складає 50 Гц. Види струму: постійний, змінний. Постійний, заснований на незмінній в часі величині струму. Змінний, заснований на змінній в часі величині струму, при цьому, характер зміни гармонічний.

Добовий графік навантаження – це графічне зображення залежності електроспоживання від часу. Форма добового графіку навантаження і його характер, а також максимум навантаження змінюється в широких межах. В зв'язку з цим, для дослідження будуються усереднені типові графіки навантаження визначені із ряду графіків по середнім півгодинним навантаженням. Для елементів мереж, що живлять квартири з газовими плитами, усереднені графіки визначаються за всі дні тижня, включаючи суботу і неділю, так як великої різниці в графіках навантаження по днях тижня в цих мережах немає. Для елементів мереж, що живлять квартири з електричними плитами, визначаються усереднені графіки за вихідні дні (субота та неділя) і за робочі дні тижня, так як в цих мережах графіки навантажень робочих і вихідних днів відрізняються один від одного.

Характерною особливістю графіка навантаження вихідного дня є наявність ранкового і денного максимумів навантаження, по величині близьких до вечірнього максимуму навантаження робочих днів.

Контрольні питання

1. Що таке споживач електричної енергії?
2. Що таке приймач електричної енергії?

3. Основні електротехнічні характеристики побутових споживачів?
4. Що таке номінальна напруга, номінальний струм, потужність, частота?
5. Які бувають види струму?
6. Визначення добового графіку навантаження?

Лекція 10 Промислові споживачі електричної енергії

План лекції

1. Групи приймачів електроенергії.
2. Основні експлуатаційно-технічні ознаки за якими відбувається систематизації споживачів та їх навантажень.
3. Групи споживачів за режимами роботи.
4. Групи споживачів за потужністю, напругою та родом струму.
5. Категорії споживачів за надійністю і безперебійністю живлення.

1. Групи приймачів електроенергії

Приймачі електроенергії розподіляються на такі групи:

1. Приймачі трифазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
2. Приймачі трифазного струму напругою вище 1000 В, частотою 50 Гц;
3. Приймачі однофазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
4. Приймачі, що працюють з частотою, відмінною від 50 Гц, і живляться від перетворювальних підстанцій і установок;
5. Приймачі постійного струму, що живляться від перетворювальних підстанцій і установок.

2. Основні експлуатаційно-технічні ознаки за якими відбувається систематизації споживачів та їх навантажень

Систематизацію споживачів електричної енергії і їхніх навантажень здійснюють за наступними основними експлуатаційно-технічними ознаками: виробничим призначенням, виробничими зв'язками, режимами роботи, потужністю і напругою, родом струму, необхідним ступенем надійності

живлення, територіальним розміщенням, щільністю навантаження, стабільністю розташування електроприймачів. Однак при визначенні електричних навантажень досить систематизувати споживачів електричної енергії за режимами роботи, потужністю, напругою, родом струму і необхідним ступенем надійності живлення, вважаючи інші ознаки допоміжними.

3. Групи споживачів за режимами роботи

За режимами роботи всі споживачі можна розподілити на ряд груп, для яких передбачаються три режими роботи:

тривалий, при якому приймач може працювати тривалий час, причому перевищення температури окремих частин апарата не виходить за межі, встановлені нормативною документацією;

короткочасний, при якому робочий період не настільки тривалий, щоб температура окремих частин апарата могла досягти сталого значення, період зупинки настільки тривалий, що апарат встигає остигнути до температури навколишнього середовища;

повторно-короткочасний, при якому робочі періоди чергуються з періодами пауз, а тривалість всього циклу не перевищує 10 хв., нагрівання не перевершує припустимого, а при охолодженні не досягає температури навколишнього середовища. У тривалому режимі працює більшість електричної двигунів, які обслуговують основні технологічні агрегати і механізми. З тривалістю роботи від декількох годин до декількох змін підряд, з досить високим, незмінним або маломінливим навантаженням працюють електроприводи вентиляторів, насосів, компресорів та ін. Довгостроково, але з перемінним навантаженням і короткочасними відключеннями, за час яких електричної двигун не встигає остигнути до температури навколишнього середовища, а тривалість циклів перевищує 10 хв., працюють електричні двигуни, що обслуговують верстати холодної обробки металів, деревообробні верстати, молоти, преси та ін.

У короткочасному режимі працює більшість електричних приводів допоміжних механізмів металорізальних верстатів, а також механізмів для відкривання гідравлічних затворів, усякого роду заслінок та ін.

У повторно-короткочасному режимі працюють електричні двигуни мостових кранів, тельферів, підйомників і аналогічних їм установок, допоміжних і деяких головних приводів. До цієї групи відносяться також зварювальні апарати, що працюють з постійними великими кидками потужності. Нагрівальні апарати і електропечі працюють у тривалому режимі з постійним або маломінливим навантаженням. Особливістю режиму роботи t, c

електричного освітлення є різка зміна і сталість навантаження при включенні і зміні режиму роботи. У житлових будинках до них відносяться: ліфти, пожежні насоси, системи автоматичного димовидалення, аварійне освітлення коридорів, вестибюлів, холів і сходових кліток будинків висотою 16 поверхів і більше, загороджувальні вогні, встановлювані на дахах будинків висотою більше 50 м. До першої категорії також відносяться: електроприймачі спеціального призначення незалежно від поверховості будинків – це вбудовані автоматичні телефонні станції, станції перекачування фекальних вод, опорно-підсилювальні пункти і блоки-станції радіотрансляції, водопровідні й каналізаційні вузли, приймачі будинків масового скупчення людей (театри, кіно, клуби та ін), приймачі особливих лікувальних установ – операційних залів, родильних будинків, пунктів невідкладної допомоги, у промисловості - споживачі, перерва в електропостачанні яких може викликати небезпеку для життя людей або значний матеріальний збиток, пов'язаний з пошкодженням устаткування, масовим браком продукції або тривалим розладом складного технологічного процесу виробництва. До другої категорії відносяться приймачі житлових будинків висотою від 6 до 16 поверхів, споживачі будинків будь-якої поверховості, в яких встановлені напідложні стаціонарні електроплити, а також електроприймачі адміністративно-громадських будинків, лікувальних і дитячих установ, шкіл і навчальних закладів. На промислових підприємствах до другої категорії належать приймачі, перерва в

електропостачанні яких пов'язана з істотним недовипуском продукції, простоем людей, механізмів, промислового транспорту.

4. Групи споживачів за потужністю, напругою та родом струму

За потужністю і напругою всі споживачі електричної енергії можна розподілити на дві групи: споживачі великої потужності (80 – 100 кВт і вище) на напругу 3-6-10 кВ, які одержують живлення безпосередньо від мережі 3-6-10 кВ. До цієї групи відносяться могутні печі опору й дугові печі для плавки чорних і кольорових металів, які живляться через власні трансформатори; споживачі малої і середньої потужності (нижче 80 – 100 кВт), живлення яких можливе й економічно доцільне тільки на напругу 380-660 В. За родом струму всі споживачі електричної енергії можна розподілити на три групи: ті, що працюють від мережі змінного струму промислової частоти; ті, що працюють від мережі змінного струму підвищеної або зниженої частоти; ті, що працюють від постійного струму. Основний род струму, на якому працює більшість електричних приймачів – змінний трифазний струм частотою 50 Гц.

5. Категорії споживачів за надійністю і безперебійністю живлення Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) всі споживачі підрозділяються на три категорії за забезпеченням надійності і безперебійності живлення. До першої категорії відносяться споживачі, що допускають перерву в електропостачанні тільки на час дії пристроїв автоматичного включення резерву. Такі споживачі повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел електропостачання. Друга категорія споживачів допускає перерву електропостачання на час, необхідний для включення резерву силами оперативного персоналу. Електроприймачі цієї категорії можуть житися від одно трансформаторної підстанції при наявності централізованого резерву трансформатора. До третьої категорії відносяться приймачі п'ятиповерхових житлових будинків і нижче за відсутності напідложних стаціонарних електроплит. У промисловості до цієї категорії належать всі приймачі, що не підходять під визначення 1-ї і 2-ї категорій. Навантаження споживачів електричної енергії є основним параметром, за яким виконується вибір всіх елементів системи електричного постачання. Тому, правильне визначення

електричного навантаження необхідне при проектуванні й експлуатації електричних мереж.

Питання для самоперевірки

1. Які бувають групи приймачів електричної енергії ?
2. Назвіть основні експлуатаційно-технічні ознаки за якими відбувається систематизація споживачів та їх навантажень ?
3. Які бувають групи споживачів за режимами роботи та їх опис?
4. Які бувають групи споживачів за потужністю, напругою та родом струму ?
5. Назвіть категорії споживачів за надійністю і безперебійністю електропостачання та їх опис ?

Лекція 11 Роль електромеханічних систем в енергетиці

План лекції

1. Поняття електромеханіка, електромеханічний пристрій, електромашинний пристрій, електрична машина та їх визначення.
2. Сфера застосування та роль електромеханічних систем в енергетиці України.
3. Потужності та швидкості сучасних електроприводів.

1. Поняття електромеханіка, електромеханічний пристрій, електромашинний пристрій, електрична машина, електропривод та їх визначення Електромеханіка –розділ електротехніки, в якому розглядаються загальні принципи електромеханічного перетворення енергії їх практичне застосування для проектування та експлуатації електромеханічних пристроїв. Електромеханічний пристрій – конструктивно сполучає у собі механічні та електричні (електромагнітні вузли). Його функціонування базується на таких фізичних явищах, як електромагнітна індукція (поява електрорушійної сили та струму у провіднику, який рухається у магнітному полі), сила Лоренца (діє на провідник зі струмом, розташований у магнітному полі). Усі ці явища

супроводжуються взаємодією електричних і магнітних полів та перетворенням енергії (механічної на електричну або навпаки). Електромашинний пристрій – це клас технічних засобів, що включають в себе як класичні електричні машини (двигуни, генератори), так і спеціальні пристрої, що виконані на базі електричної машини і призначені для різних функціональних перетворень в системах автоматичного управління. Електрична машина – це електромеханічний перетворювач енергії, що складається з ряду взаємодіючих електромагнітних контурів, частина з яких нерухома і частина яка переміщується. Електрична машина є зворотною, тобто може працювати, як у двигунному так і у генераторному режимах. Двигун перетворює електричну енергію в механічну, а генератор перетворює механічну енергію в електричну.

2. Сфера застосування та роль електромеханічних систем в енергетиці України

Сучасне промислове і сільськогосподарське виробництво, транспорт, комунальне господарство, сфери життєзабезпечення і побуту пов'язані з використанням різноманітних технологічних процесів, більшість з яких заснована на застосуванні робочих машин і механізмів. Різноманітність і кількість робочих машин величезна. Там, де застосовуються технологічні машини - використовується електропривод. Практично всі процеси, пов'язані з рухом і відповідно використанням механічної енергії, здійснюються електроприводом.

Більшість виробничих робочих машин і механізмів приводиться в рух електричними двигунами. Двигун разом з механічними пристроями (редуктори, трансмісії, кривошипно - шатунні механізми та ін.), що служать для передачі руху робочому органу машини, а також з пристроями управління і контролю утворює електромеханічну систему, яка є енергетичною, кінематичною і кібернетичною (в сенсі управління) основою функціонування робочих машин. У більш складних технологічних машинних комплексах (прокатні стани, екскаватори, обробні центри та інші), де є кілька робочих органів або технологічно пов'язаних робочих машин, використовується кілька

електромеханічних систем (електроприводів), які в поєднанні з електричними системами розподілу електроенергії та загальною системою управління утворюють електромеханічний комплекс.

3. Потужності та швидкості сучасних електроприводів

Електроприводи різні за своїми технічними характеристиками: по потужності, швидкості обертання, конструктивним виконанням і іншим. Потужність електроприводів прокатних станів, компресорів газоперекачувальних станцій і ряду інших унікальних машин доходить до декількох тисяч кіловат. Потужність електроприводів, які використовуються в різних приладах і пристроях автоматики, становить кілька ват. Електропривод побутових приладів і машин зазвичай становить від 10 до 1000 Вт, електропривод верстатів - від 0,25 кВт до 100 кВт і т. д. Діапазон потужності електроприводів дуже широкий. Також великий діапазон електроприводів за швидкістю обертання. Так, швидкість обертання центрифуг доходить до 100000 об/хв. Є механізми, у яких швидкість обертання робочого органу складає менше одного обороту в хвилину.

Контрольні питання

1. Що таке електромеханіка ?
2. Що таке електромеханічний та електромашинний пристрій ?
3. Що таке електрична машина ?
4. З яких компонентів складається електротехнічний комплекс ?
5. Які потужності та швидкості сучасних електроприводів промислових і побутових установок ?

Лекція 12 Системи перетворення електричної енергії

План лекції

1. Поняття електропривод і його складові елементи.
2. Силовий канал електропривода.

1. Поняття електропривод і його складові елементи

Електропривод – це керована електромеханічна система. Її призначення – перетворювати електричну енергію в механічну й назад і управляти цим процесом. Електропривод має два канали – силовий і інформаційний. По першому транспортується перетворена енергія, по другому здійснюється керування потоком енергії, а також збір і обробка відомостей про стан і функціонування системи, діагностика її несправностей. Силовий канал у свою чергу складається із двох частин – електричної і механічної й обов'язково містить сполучну ланку – електромеханічний перетворювач. В електричну частину силового каналу входять пристрої, що передають електричну енергію від джерела живлення (шин промислової електричної мережі, автономного електричного генератора, акумуляторної батареї й т. п.) до електромеханічного перетворювача і назад та здійснюючі, якщо це потрібно, перетворення електричної енергії. Механічна частина складається з рухливого органа електромеханічного перетворювача, механічних передач і виконавчого органа установки, у якому корисно реалізується механічна енергія. Електропривод взаємодіє із системою електропостачання або джерелом електричної енергії, з одного боку, з технологічною установкою або машиною, з іншого боку, і нарешті, через інформаційний перетворювач з інформаційною системою більше високого рівня, часто з людиною – оператором, із третьої сторони. Можна вважати, що електропривод як підсистема входить у зазначені системи, будучи їхньою частиною. Дійсно, фахівця з електропостачання електропривод звичайно цікавить як споживач електроенергії, технолога або конструктора машин – як джерело механічної енергії, інженера, що розробляє або експлуатує АСУ, – як розвитий інтерфейс, що зв'язує його систему з технологічним процесом або системою електропостачання. Практично всі процеси, пов'язані з механічною енергією, рухом, здійснюються електроприводом. Виключення становлять лише автономні транспортні засоби (автомобілі, літаки, деякі види рухливого состава, суден), що використовують неелектричні двигуни. У відносно невеликому числі промислових установок використовується гідропривід, ще рідше –

пневмопривод. Настільки широке, практично повсюдне поширення електропривода обумовлене особливостями електричної енергії – можливістю пересувати її на будь-які відстані, постійною готовністю до використання, легкістю перетворення в будь-які інші види енергії. Сьогодні в приладових системах використовуються електроприводи, потужність яких становить одиниці мікроват; потужність електропривода компресора на перекачувальний газ станції – десятки мегават, тобто діапазон сучасних

електроприводів по потужності перевищує 1012 кВт. Такого ж порядку й діапазон по частоті обертання: в установці, де витягаються кристали напівпровідників, вал двигуна повинен робити 1 оберт у кілька десятків годин при дуже жорстких вимогах до рівномірності руху; частота обертання шліфувального кола в сучасному верстаті може досягати 150000 об/хв. Але особливо широкий діапазон застосувань сучасного електропривода: від штучного серця до крокуючого екскаватора, від вентилятора до антени радіотелескопа, від пральної машини до гнучкої виробничої системи. Саме ця особливість – найтісніша взаємодія з технологічною сферою – робила й робить на електропривод потужний стимулюючий вплив. Безупинно зростаючі вимоги з боку технологічних установок визначають розвиток електропривода, удосконалювання його елементарної бази, його методології. У свою чергу, що електропривод позитивно розвивається, впливає на технологічну сферу, забезпечує нові, недоступні раніше можливості. З енергетичної точки зору електропривод – головний споживач електричної енергії: сьогодні в розвинених країнах він споживає більше 60% всієї виробленої електроенергії. В умовах дефіциту енергетичних ресурсів це робить особливо гострою проблему енергозбереження в електроприводі й засобів електропривода. Фахівці вважають, що сьогодні заощадити одиницю енергетичних ресурсів, наприклад 1т умовного палива, удвічі дешевше, ніж її добути. Неважко бачити, що в перспективі це співвідношення буде змінюватися: добувати паливо стає усе складніше, а запаси його всі убувають.

2. Силовий канал електропривода Розглянемо докладніше силовий (енергетичний) канал електропривода. Будемо вважати, що потужність P

передається від мережі (P1) до робочого органа (P2), цей процес управління, передачі й перетворення потужності супроводжується деякими її втратами P у кожному елементі силового каналу. Функція електричного перетворювача (якщо він використовується) оснований на перетворенні електричної енергії, що поставляється джерелом (мережею) і характеризується напругою U_c і струмом I_c мережі, в електричну ж енергію, необхідну двигуну і характеризується величинами U , I . Перетворювачі бувають некерованими (трансформатор, випрямляч, параметричне джерело струму) і частіше – керованими (мотор-генератор, керований випрямляч, перетворювач частоти), вони можуть мати однобічну (випрямляч) або двосторонню (мотор генератор, керований випрямляч із двома комплектами вентилів) провідність. У випадку однобічної провідності перетворювача й зворотному (від навантаження) потоці енергії використовується додатковий резистор R для “зливу” гальмової енергії. Електромеханічний перетворювач (двигун), завжди присутній в електроприводі, перетворить електричну енергію (U , I) у механічну (M) і назад. Механічний перетворювач (передача) – редуктор, пара гвинт-гайка, система блоків, кривошипно-шатунний механізм і т. п. здійснює узгодження моменту M и швидкості двигуна з моментом M_n (зусиллям F_n) і швидкістю ω робочого органа технологічної машини. Величини, що характеризують перетворену енергію, – напруги, струми, моменти (сили), швидкості називають координатами електропривода. Основна функція електропривода складається в керуванні координатами, тобто в їх примусовій спрямованій зміні відповідно до вимог технологічного процесу, що обслуговується. Керування координатами повинне здійснюватися в межах, дозволених конструкцією елементів електропривода, чим забезпечується надійність роботи системи. Ці припустимі межі звичайно пов'язані з номінальними значеннями координат, призначеними виробниками встаткування й забезпечують його оптимальне використання. У правильно організованій системі при керуванні координатами (потокем енергії) повинні мінімізуватися втрати P у всіх елементах і до робочого органа повинна підводити необхідна в цей момент потужність. Навіть швидкого погляду на структуру силової

частини електропривода досить, щоб зрозуміти, що об'єкт вивчення досить складний: різномірні елементи – електричні й електронні, електромеханічні, механічні, зовсім непрості процеси, якими потрібно управляти, і т. п.

Контрольні питання

1. Що таке електропривод ?
2. Основні компоненти електропривода ?
3. Як функціонує силовий канал електропривода ?

Лекція 13 Інтелектуальні системи керування в енергетиці

План лекції

1. Концептуальні питання підвищення ефективності розподілу та передавання електричної енергії на сучасному етапі.
2. Основні напрямки розвитку та впровадження інформаційних технологій на базі платформи SmartGrid.
3. Особливості впровадження технологій SmartGrid для "інтелектуалізації" електричних мереж.
4. Автоматизовані системи керування та диспетчерського управління – як основа сучасного впровадження новітніх інформаційних технологій.
5. Основні технічні та схемні рішення побудови систем моніторингу для ефективного електропостачання на базі платформи SmartGrid.
6. Надання конкретних прикладів застосування моніторингу в деяких задачах управління.

1 Концептуальні питання підвищення ефективності розподілу та передавання електричної енергії на сучасному етапі

Запаси органічного палива скорочуються, що є основним джерелом енергії в світі (близько 85%), при цьому лише третина отриманої енергії корисно витрачається. До того ж, за прогнозами, світовий попит на електроенергію зростатиме на 2,2% щорічно. Недостатня кількість і висока

вартість органічних видів палива спонукає до розвитку альтернативних джерел електроенергії, до пошуку вирішення питань ефективного енергозабезпечення. В житті суспільства енергію можна визначити як першочерговий фактор існування. Соціально-економічний розвиток людства невіддільний від розвитку «енергетичного мислення». Ключову роль в цьому історичному процесі відіграє енергетика, яка вирішує питання прикладного використання енергії. До основних проблем, які існують на даний час в галузі електроенергетики, відноситься значна зношеність електромережевого комплексу, а також відомча роз'єднаність в цій сфері. Для того, щоб зробити інфраструктуру електроенергетики адекватною тому рівню, який є закордоном і задумувалась реформа електроенергетики. SmartGrid – це один із інструментів, який дозволить зробити мережі гнучкими.

2 Основні напрямки розвитку та впровадження інформаційних технологій на базі платформи SmartGrid

Модернізація і розвиток електроенергетичної галузі України пов'язані з вирішенням питань керування режимами роботи в енергосистемі, створенню більш ефективних засобів транспортування і розподілення електроенергії, що потребує застосування нових технологій. Найбільш перспективним на сьогоднішній день є реалізація проектів гнучких систем передавання електроенергії змінного струму (FACTS – Flexible Alternating Current Transmission Systems) і створення платформи SmartGrid. Термін SmartGrid – так звані інтелектуальні електромережі – це мережі до яких входить швидкозростаючий комплекс технологій, технологічних процесів, улаштувань та додатків, за допомогою яких створюються електронні комунікації нового покоління. Для скорочення витрат енергії та збереження екології вже реалізований ряд проектів з впровадження інтелектуальних мереж у різних країнах світу. В концепції також враховані останні розробки в області безпроводного обміну інформацією. Технологія здатна вирішити такі проблеми, як доступність енергії, ефективне її використання та недолік інформації після її споживання. В комунікації нового покоління будуть інтегровані відновлювальні джерела енергії, такі як сонце та вітер.

Концептуальні визначення інтелектуальної мережі вказують на важливу роль її в подальшому технологічному, економічному та екологічному розвитку суспільства. Крім вирішення задач зниження навантаження на навколишнє середовище, зменшення енергетичного дефіциту за рахунок використання поновлюваних джерел енергії, підвищення якості та надійності роботи енергосистеми в концепції ще один дуже важливий аспект: SmartGrid є каталізатором економічного підйому. Розвиток електроенергетичної галузі шляхом впровадження технологій SmartGrid може бути успішно реалізовано за наявності: – різних типів потужностей, що генеруються; – розгалуженої конфігурації розподільних систем; – розвиненої системи диспетчерського управління; – вагомій частки джерел відновлюваної енергії; – широкої гами перетворювачів параметрів електричної енергії, що забезпечують її високу якість в вузлах генерації, контролю (спостереження), управління і споживання. Проекти з "інтелектуальними" електричними мережами стикаються з питанням, без рішення яких їх впровадження може залишитися тільки на папері. Це питання функціональної сумісності обладнання і технічних стандартів; підвищення рівня інформаційної безпеки мереж управління обладнанням і передавання даних; залучення споживачів електроенергії в реалізацію "інтелектуальних" електричних мереж. При експлуатації "інтелектуальних" електричних мереж, які безпосередньо впливають на життя споживачів, велике значення набувають програми участі споживачів, їх навчання особливостям функціонування SmartGrid і безперервна технічна підтримка. В рамках таких програм енергетичні компанії повинні надавати споживачам інформацію, написану на зрозумілій мові, застосовувати схеми матеріального стимулювання, нові методи та шляхи подачі інформації, щоб підвищити довіру споживачів і показати ті вигоди, які проект вносить в їх повсякденне життя.

3 Особливості впровадження технологій SmartGrid для "інтелектуалізації" електричних мереж

Впровадження технології SmartGrid також означає фундаментальну реорганізацію електроенергетичної галузі:

- забезпечення безперебійної роботи електричної мережі в умовах зростання навантаження;
- скорочення втрат електроенергії за рахунок побудови систем "інтелектуального" обліку з можливістю обліку якості електроенергії та обмеження навантаження;
- розвиток комунікаційного середовища, здатного надійно і якісно підтримувати двонаправлений інформаційний обмін між постачальниками і споживачами енергоресурсів. Одним із способів рішення даної задачі є застосування безпроводних інтелектуальних комунікаційних пристроїв;
- підвищення якості електроенергії за рахунок застосування пристроїв компенсації реактивної потужності;
- застосування "інтелектуального" обладнання і програмних комплексів для управління топологією мережі з метою забезпечення надійності функціонування;
- використання накопичувачів енергії великої ємності для вирівнювання графіка навантаження, а також для забезпечення безперебійної роботи особливо важливих об'єктів;
- розвиток ринкових відносин в енергобізнесі із залученням споживачів електроенергії (створення окремих ділянок мережі – аналог мікромереж) як можливих постачальників електроенергії в необхідний час в потрібній ділянці мережі;
- розробка і виробництво вітчизняними компаніями високотехнологічної конкурентної продукції для забезпечення функціонування "інтелектуальної" електричної мережі;
- розвиток розподіленої енергетики, в тому числі когенерації за рахунок модернізації існуючих котелень, для покриття максимумів навантажень та усунення енергодефіциту. Особливості інноваційного перетворення електроенергетики з впровадженням технологій SmartGrid засновані на наступних вихідних положеннях:

- системна модернізація галузі охоплює всі її складові: генерацію електроенергії, передачу і розподіл (у тому числі в комунальній сфері), збут і диспетчеризацію;

- енергетична система розвивається як Інтернет подібна інфраструктура для підтримки енергетичних, інформаційних, економічних і фінансових взаємовідносин між суб'єктами енергетичного ринку та іншими зацікавленими сторонами;

- електрична мережа (всі її сегменти) розглядаються як основний об'єкт формування нового технологічного базису, що дає можливість істотного поліпшення колишніх і створення нових функціональних властивостей

енергосистеми, що забезпечують найбільшою мірою досягнення ключових цілей, визначених у результаті спільного вибору усіма зацікавленими сторонами. Технологічною основою на сьогоднішній день є автоматизовані системи диспетчерського управління (АСДУ), які вимагають необхідної модернізації для виконання інтелектуальних завдань управління.

4 Автоматизовані системи керування та диспетчерського управління – як основа сучасного впровадження новітніх інформаційних технологій

- Збір телесигналів (положення вимикачів, стан захистів), сигналів телевимірювання (напруги, струми, потужності), їхня ретрансляція в інші райони електричних мереж та на верхній рівень, архівування телесигналів (спорадичне) та сигналів телевимірювання (циклічне).

- Видача сигналів телеуправління.

- Відображення телесигналів на мнемощиті та АРМ диспетчера району електричних мереж, тривожна сигналізація.

- Ведення схеми комутації й ремонтних схемах.

- Ведення журналу подій.

- Ведення поопорних схем.

- Автоматизація документообігу. Рівень підстанції складається з контрольованих пунктів телемеханіки (RTU – Remote Terminal Unit) із платами (модулями), ланцюгів телесигналізації, ланцюгів телеуправління (включаючи блоки проміжних реле) а також цифрових вимірювальних

перетворювачів на приєднаннях 35 кВ. Рівень РЕМ складається з пунктів управління телемеханіки (Front-End), серверної стійки з GPS-приймачем для синхронізації часу і АРМ диспетчера району електричних мереж з принтером. SCADA-сервер виконує обробку та накопичення даних, АРМ диспетчера забезпечує інтерфейс диспетчера з системою. Передбачено 1 резервний/технологічний універсальний контрольований пункт телемеханіки для перевірки відремонтованих модулів, а також джерело безперервного живлення в складі стійки. Модем забезпечує зв'язок з верхнім рівнем. Канали зв'язку – радіоканали 1200-2400 бод, дротяний зв'язок із частотним ущільненням 100 бод, у майбутньому – супутникові та GPRS-канали.

5 Основні технічні та схемні рішення побудови систем моніторингу для ефективного електропостачання на базі платформи SmartGrid

Завдання й функції АСДУ рівня підприємства електромереж і обленерго: – Збір телесигналів (положення вимикачів, стан захистів), сигналів телевимірювання (напруги, струми, потужності) і їх ретрансляція в інші райони електричних мереж та на верхній рівень, прийом ретрансляції сигналів з підпорядкованих районів електричних мереж та сусідніх обленерго.

- Архівування телесигналів (спорадичне) та сигналів телевимірювання (циклічне).

- Видача сигналів телеуправління

- Відображення телесигналів на мнемощиті й АРМ диспетчера району електричних мереж, тривожна сигналізація.

- Ведення схеми комутації й ремонтних схем.

- Достовірізація телесигналів і сигналів телевимірювання, дорозрахунок, інтегрування потужності, ведення балансів потужності й енергії.

- Ведення поопорних схем

- Автоматизація документообігу. Рівень підстанції складається з контрольованих пунктів телемеханіки (RTU) із платами (модулями) телесигналів, сигналів телевимірювання, сигналів телеуправління, сигналів інтегрального телевимірювання, ланцюгів телесигналізації, ланцюгів

телеуправління (включаючи блоки проміжних реле) а також цифрових вимірювальних перетворювачів на приєднаннях 35 і 110 кВ. На підстанціях, що обслуговують, може бути встановлений АРМ чергового підстанції. Загальна кількість телесигналів у системі – близько 500, телевимірювання збирають з 500-1000 приєднань. Рівень обленерго складається з: – пунктів управління телемеханіки – як правило, дубльований з метою підвищення надійності роботи серверного обладнання, у тому числі серверної стойки з GPS-приймачем для синхронізації часу. Серверне обладнання, як правило, дубльоване і працює в паралельному режимі. SCADA-сервер (основний та резервний) виконує обробку та накопичення даних. Електричне живлення стійки – через джерело безперервного живлення. Забезпечується зв'язок з верхнім рівнем через маршрутизатор. – 2 АРМ диспетчера з принтером. АРМ диспетчера забезпечує інтерфейс диспетчера з системою. Також до складу системи входить АРМ телемеханіка для контролю роботи пункту управління та каналів зв'язку, а також АРМ програміста для супроводження системи. – є резервний/технологічний універсальний контрольований пункт телемеханіки для перевірки відремонтованих модулів.

6 Надання конкретних прикладів застосування моніторингу в деяких задачах управління

На сьогоднішній день найбільш перспективною є система моніторингу розподільних електричних мереж 6-10 кВ і метеопараметрів навколишнього середовища (СМРЕМ). Система СМРЕМ призначена для моніторингу основних технічних параметрів нормального і аварійного режимів розподільних електричних мереж 6-10 кВ (наявність напруги, поява струму міжфазного короткого замикання), а також метеорологічних умов (температури і відносної вологості повітря) в місцях експлуатації. Дані моніторингу передаються на диспетчерську станцію через GSM-мережі діючих операторів. Система СМРЕМ застосовується для оптимізації пошуку і локалізації місця пошкодження повітряних ліній електропередачі напругою 6-10 кВ, а також для попередження аварійних станів у результаті впливу кліматичних факторів. Система експлуатується при температурі від мінус 30°

до плюс 55°C, відносній вологості повітря до 100%, атмосферний тиск від 86 до 106 КПА. Система СМРЕМ складається з наступних складових частин: – блок диспетчерський ЯЕВІ.426469.008; – блок виносний ЯЕВІ.426469.011 (Модуль управління, сонячна батарея, скоби кріплення). Блок диспетчерський, підключений до комп'ютера (комп'ютер в комплект не входить) становить диспетчерську станцію. Для управління диспетчерської станцією призначена комп'ютерна програма «Dispatcher_GSM .exe». Блок виносний складається з модуля управління і сонячної батареї. Блок диспетчерський призначений для здійснення зв'язку по GSM-каналі з блоками виносними і обміну даними з персональним комп'ютером.

Можливості системи: – періодичний вимір температури і вологості, вагового навантаження в точці підвісу проводу та передачу інформації на блок диспетчерський; – фіксацію і передачу на блок диспетчерський аварійної інформації про перевищення заданих критичних значень метеорологічних параметрів і вагового навантаження в точці підвіски проводу, обумовлених утворенням ожеледі; – усереднення результатів за період збору даних; – прийом і обробку інформації з розпізнаванням адреси відправника; – програмну установку критичних параметрів, а також періодів збору і передачі інформації; – відображення і збереження результатів моніторингу на комп'ютері.

Для передачі інформації можна використовувати: - радіоканал з типом модуляції FFSK; - GSM зв'язок; - волоконно-оптична лінія зв'язку (ВОЛЗ); - супутниковий канал зв'язку. Отже інтелектуальні системи в енергетиці відіграють важливу роль, а саме забезпечують безперебійну роботу електричної мережі, підвищують якість електроенергії, забезпечують надійне функціонування енергосистеми, шляхом використання "інтелектуального" обладнання і програмних комплексів.

Контрольні питання

1. Шляхи підвищення ефективності електропостачання на сучасному етапі?
2. Які основні напрямки «інтелектуалізації» управління на базі платформи SmartGrid?
3. Для чого потрібен моніторинг параметрів режиму та параметрів навколишнього середовища?
4. Яка роль сучасних автоматизованих систем управління?
5. Сучасні способи та технічні засоби збору та передавання інформації в системах моніторингу?

Лекція 14 Правила улаштування електроустановок. Заходи електробезпеки.

План лекції

1. Вступ.
2. Терміни та визначення.
3. Загальна характеристика електроустановок.
4. Засоби захисту від прямого дотику.
5. Засоби захисту від непрямого дотику.
6. Захисне заземлення.

1. Вступ

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) визначають будову, принципи улаштування, особливі вимоги до окремих систем, їх елементів, вузлів і комунікацій електроустановок. ПУЕ встановлюють вимоги до електроустановок загального призначення змінного струму напругою до 750 кВ та постійного струму напругою до 1,5 кВ. ПУЕ враховує вимоги національних стандартів, будівельних норм і правил, галузевих нормативів та інших документів, які належать до предмету регулювання ПУЕ. Положення ПУЕ застосовують під час проектування нового будівництва, реконструкції, технічного переоснащення або капітального ремонту електроустановок.

2. Терміни та визначення

Електроустановка – комплекс взаємопов’язаних машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання (разом з будівлями і приміщеннями, в яких їх встановлено), призначених для виробництва, трансформації, передавання, розподілу електричної енергії і перетворення її в інший вид енергії. Електроустановки за умовами електробезпеки розділяють на електроустановки до 1 кВ і електроустановки понад 1 кВ (за діючим значенням напруги) Відкрита, або зовнішня, електроустановка – електроустановка, не захищена будівлею від атмосферного впливу. Електроустановки, захищені тільки навісами, сітчастими огорожами тощо, розглядають як зовнішні Закрита, або внутрішня, електроустановка – електроустановка, розміщена всередині будівлі, що захищає її від атмосферного впливу. Електроприміщення – приміщення або відгороджена, наприклад, сітками, частина приміщення, в якому розташовано електрообладнання, доступне тільки для виробничого (електротехнічного) персоналу. Електрична мережа – сукупність електроустановок для передавання та розподілу електричної енергії, що складається з підстанцій, розподільних установок, струмопроводів, повітряних і кабельних ліній електропередавання, які працюють на певній території

Приймач електричної енергії (електроприймач) – апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії. Споживач електричної енергії – електроприймачі або група електроприймачів, об’єднаних технологічним процесом, які розміщуються на певній території. Ураження електричним струмом (англ. еквівалент «electricshock») – патофізіологічний стан, спричинений проходженням електричного струму через тіло людини або тварини. Заземлювальний пристрій – сукупність електрично з’єднаних між собою заземлювача і заземлювальних провідників, включаючи елементи їх з’єднання. Заземлення – виконання електричного з’єднання між визначеною точкою системи, установки або обладнання і заземлювальним пристроєм захисне заземлення. Захисне заземлення – заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки.

3. Загальна характеристика електроустановок

Електроустановка (ЕУ) – це установка, в якій виробляється, перетворюється, передається, розподіляється та споживається (перетворюється) електрична енергія. За видами струму ЕУ поділяють на установки змінного та постійного струму. Найбільше розповсюдження мають ЕУ змінного струму з частотою 50 Гц. ЕУ змінного струму поділяють на однофазні і трифазні. Однофазні застосовують вкрай рідко. В абсолютній більшості випадків застосовуються трифазні електричні мережі (ЕМ) і трифазні споживачі. Трифазні ЕМ живляться від трьох обмоток і мають певні електричні з'єднання між собою (. Споживачі електричної енергії можуть бути трифазні, які живляться від усіх трьох фаз, найчастіше –це електродвигуни. Рідше в умовах виробництва трапляються однофазні споживачі, які живляться від одного фазного і нейтрального (N) проводів. В умовах виробництва це, в основному, освітлювальні установки чи ЕУ невеликої потужності, у т.ч. і ПЕОМ. Однофазні ЕУ найчастіше застосовують у побуті. Хоча ці ЕУ й однофазні, але живляться вони не від однофазних мереж, а від трифазних. Тому у вирішенні питань безпеки треба вважати, що вони отримують живлення від трифазної ЕМ як її частина, і на них розповсюджуються усі положення щодо трифазних ЕМ. Трифазні мережі мають дві напруги: фазну ($U_{\text{ф}}$) між фазним і нейтральним провідниками та лінійну ($U_{\text{л}}$) між двома фазними провідниками. Лінійна напруга в 1,73 рази більша фазної. Найчастіше $U_{\text{ф}}=220$ В, а $U_{\text{л}}=380$ В. Трифазні споживачі мають обидві напруги, а однофазні –лише 220 В. Щодо величини напруги ЕУ підрозділяють на установки напругою до 1 кВ (включно за діючою величиною) і понад 1 кВ. Для ЕУ напругою до 1 кВ прийнято вказувати обидві напруги –лінійну і фазну, а понад 1 кВ –тільки лінійну напругу. Стандартними напругами до 1 кВ є: 220/127, 380/220 та 660/380 В. Найбільш розповсюдженими є ЕУ з напругою 380/220 В (трифазні споживачі) чи 220 В (однофазні споживачі). Стандартними напругами понад 1 кВ є: 6, 10, 35, 110, 150, 220, 330, 400, 500 і 750 кВ.

4. Засоби захисту від прямого дотику

До заходів захисту від прямого дотику висуваються такі вимоги:

1. Струмівідні частини ЕУ не повинні бути доступні для випадкового прямого дотику до них;

2. Для запобігання ураженню електричним струмом у нормальному режимі роботи потрібно застосувати: ізоляцію струмівідних частин, огорожі та оболонки в ЕУ, бар'єри в ЕУ, розміщення струмівідних частин поза зоною досяжності, тощо.

3. Захист від прямого дотику не вимагається, якщо номінальна напруга ЕУ не перевищує певні значення визначені ПУЕ. Як засоби захисту використовуються такі: Електрична ізоляція – це шар діелектрика або конструкція, виконана з діелектрика, за допомогою якого струмівідні частини відокремлюються одна від одної чи від інших конструктивних елементів обладнання. Захисна дія ізоляції полягає в обмеженні величини струму, що протікає через ізоляцію і, відповідно, через людину, яка доторкується до ізоляції. Огорожа – це частина, яка забезпечує захист від прямого дотику з боку можливого доступу. Оболонка – огорожа внутрішніх частин обладнання, яка запобігає доступу до струмівідних частин з будь-якого напрямку, тобто оболонка повністю огороджує ЕУ.

Бар'єр – це частина, яка запобігає ненавмисному прямому дотику, але не перешкоджає навмисному прямому дотику. Це конструктивна частина, яка перегороджує вільний підхід до ЕУ. Розміщення струмівідних частин поза зоною досяжності – стосується проводів повітряної лінії (ПЛ) чи шин та обладнання на підстанціях. Висота розміщення проводів залежить від напруги лінії та місцевості, якою вона проходить. Блокування безпеки в електроустановках – це пристрої, які запобігають ураженню людини електричним струмом у разі помилкових дій. Орієнтація в електроустановках – методи, що дають змогу працівникам орієнтуватися під час виконання робіт і застерігають їх від неправильних дій.

5. Засоби захисту від непрямого дотику

Захист у разі непрямого дотику – захист, який запобігає ураженню людини електричним струмом у разі одиничного ушкодження. Для

запобігання ураження струмом у разі ушкодження ізоляції слід застосовувати окремо або у поєднанні такі засоби захисту в разі непрямого дотику:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимикання живлення;
- захисні зрівнювання (вирівнювання) потенціалів;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, площадки;
- системи наднизької (малої) напруги;
- обладнання класу II або з рівноцінною ізоляцією. Захист у разі непрямого дотику слід виконувати в усіх випадках, якщо номінальна напруга ЕУ перевищує 50 В змінного і 120 В постійного струму. У приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках виконання такого захисту може знадобитися за нижчих напруг, наприклад: 25 В змінного та 60 В постійного струмів або 12 В змінного і 30 В постійного струму – за наявності вимог відповідних глав ПУЕ та інших нормативних документів. Захисне автоматичне вимикання живлення – це автоматичне розмикання одного або кількох лінійних провідників і, у разі потреби, нейтрального провідника, яке виконується з метою електробезпеки. Захисне зрівнювання потенціалів – це досягнення рівності потенціалів провідних частин через електричне з'єднання їх між собою.

Захисне вирівнювання потенціалів – це зниження напруги дотику і (або) кроку укладенням у землю чи у підлогу або на їх поверхні провідних частин, приєднаних до заземленого пристрою, або спеціальним покриттям землі чи підлоги. Захисне (електричне) відділення (електричний поділ кіл) – це розподіл протяжної або розгалуженої електричної мережі з ізолюваною нейтраллю на окремі електрично не пов'язані одна з іншою ділянки за допомогою розділового трансформатора. Розділовий трансформатор – це трансформатор, вторинні обмотки якого відділені від первинної обмотки за допомогою захисного електричного поділу кіл. Наднизька (мала) напруга – це напруга між будь-якими провідниками або будь-яким провідником і землею, яка не перевищує 50 В змінного струму і 120 В постійного струму. Обладнання класу

II – сюди належать електричні вироби, що мають подвійну або посилену ізоляцію і не мають елементів для заземлення.

6. Захисне заземлення

Заземлення – це виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи, установки чи обладнання і землею. З'єднання з землею може бути навмисним, ненавмисним і випадковим; а також постійним і тимчасовим. Заземлення в ЕУ може бути: захисним (ЗЗ) і функціональним (робочим, ФЗ). Захисне заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки. Найчастіше – це заземлення корпусів ЕУ. Функціональне (робоче) заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою, що не обов'язково пов'язана з електробезпекою. Найчастіше – це заземлення нейтральної або середньої точки ДЖ або заземлення з метою забезпечення електромагнітної сумісності. У відповідності з ПУЕ захисне заземлення виконується у таких випадках: - для всіх ЕУ при $U_{ном} = 380$ В і вище змінного струму та 440 В і вище постійного струму; - для ЕУ, розміщених у приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою та поза приміщеннями при $U_{ном}$ вище 42 В змінного струму і вище 110 В постійного струму; - для вибухонебезпечних ЕУ при будь-якій напрузі змінного чи постійного струму. Призначення захисного заземлення: захист від напруги дотику, тобто від напруги на корпусі електроустановки (при пошкодженні робочої ізоляції і переході напруги на металевий корпус) відносно землі.

Контрольні питання

1. Що таке електроустановка?
2. Для чого призначене заземлення?
3. Назвіть основні засоби захисту від прямого дотику?
4. Назвіть основні засоби захисту від непрямого дотику?
5. Яке заземлення називається функціональним?

Лекція 15 Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів

План лекції

1. Загальні положення.
2. Основні вимоги безпеки під час обслуговування електроустановок.
3. Організаційні заходи, що убезпечують працівників під час роботи.
4. Технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт.

1 Загальні положення

Питання безпеки при експлуатації електроустановок споживачів регламентуються вимогами Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕ). Вимоги ПБЕ поширюються на працівників, що обслуговують діючі електроустановки споживачів напругою до 220 кВ включно і є обов'язковими для всіх споживачів та виробників електроенергії, незалежно від їх відомчої належності і форм власності на засоби виробництва. Вимоги ПТЕ повинні виконуватись під час експлуатації діючих електроустановок, електричних станцій, електричної частини ТАВ, ЗДТУ, районних котелень, що обслуговуються споживачами, під час виконання в них монтажних, налагоджувальних, випробувальних, ремонтних і будівельних робіт. В ПБЕ викладені основні вимоги щодо убезпечення працівників під час експлуатації електроустановок. Заходи додаткового підвищення безпеки, які передбачаються безпосередньо на місці проведення робіт, не повинні суперечити ПБЕ або послаблювати їхню дію. Засоби захисту повинні бути справні, випробувані і задовольняти вимогам Правил експлуатації електрозахисних засобів (ДНАОП 1.1.10-1.07-01). Первинні засоби пожежогасіння, які застосовуються в електроустановках, мають відповідати Правилам пожежної безпеки (ППБ) в Україні (НАПБ А.01001-2015). Під час експлуатації електроустановок необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки, встановлених ППБ. Машини, механізми, пристосування і інструмент, що застосовуються в електроустановках, повинні бути справні і випробувані відповідно до чинних нормативних документів і строків. Електрообладнання,

конструкції, комплектувальні деталі, вузли вітчизняного та іноземного виробництва повинні відповідати вимогам чинних в Україні нормативних документів. Електрообладнання, яке підлягає в Україні обов'язковій сертифікації, повинно супроводжуватись сертифікатом відповідності або свідоцтвом про визнання іноземного сертифіката згідно з Державною системою сертифікації УкрСЕПРО. У разі постачання електрообладнання з-за кордону організація-замовник повинна отримати сертифікат відповідності до укладення контракту на його поставку. Паспорт, інструкція та інша експлуатаційна документація, що поставляється з обладнанням чи виробами, повинна мати переклад українською мовою. Під час виконання будівельно-монтажних робіт в електроустановках обов'язкове дотримання також вимог Державних будівельних норм - Охорона праці і промислова безпека у будівництві (ДБН А.3.2-2-2009). Вимоги чинних норм галузевих правил безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів міністерств і відомств не повинні суперечити ПБЕ та послаблювати їхню дію.

2 Основні вимоги безпеки під час обслуговування електроустановок

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою. У випадку одночасної роботи в електроустановках напругою до та понад 1000 В категорії робіт визначаються як для установок понад 1000 В. До робіт, які виконуються зі зняттям напруги, належать роботи, що проводяться в електроустановці (або її частині), в якій зі струмовідних частин знято напругу і доступ в електроустановки (або їх частини), що перебувають під напругою, унеможливлено. До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. В електроустановках напругою понад 1000 В, а також на ПЛ напругою до 1000 В до цих самих робіт належать роботи, які виконуються на відстанях від струмовідних частин, менших від вказаних. В

процесі визначення допустимих відстаней в електроустановках інших напруг фактичні напруги слід відносити до наступних більших значень напруг, вказаних в наведеній таблиці. Роботи без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші - групу III. Роботою без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмовідних частин на відстань, меншу від 0,6м проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

В електроустановках напругою понад 1000 В роботи без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них слід виконувати із застосуванням засобів захисту для ізоляції працівника від струмовідних частин або від землі. У випадку ізоляції працівника від землі роботи слід виконувати згідно зі спеціальними інструкціями або технологічними картами, в яких передбачено необхідні заходи безпеки. Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмовідних частинах чи поблизу від них необхідно:

- обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмовідних частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик;
- працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі;
- застосовувати інструмент з ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками. Під час виконання робіт без зняття напруги на струмовідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно:
- тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця;

- розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмовідними частинами двох фаз чи замикання на землю;

- користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявлення порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту користування ними забороняється. В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмовідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

3 Організаційні заходи, що убезпечують працівників під час роботи

Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються: за нарядом допуском (далі - нарядом), за розпорядженням та в порядку поточної експлуатації. Організаційними заходами, якими досягається безпека робіт в електроустановках, є:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних та безпечно проведення робіт;
- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи;
- нагляд під час виконання робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення. Відповідальними за безпеку робіт, що виконуються в електроустановках, є:
- працівник, який видає наряд, розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця;

- працівник, який готує робоче місце, допуск;
- працівник, який допускає до роботи (далі – допускач);
- керівник робіт;
- працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт (далі - наглядач);
- члени бригади. Працівник, який видає наряд, розпорядження, встановлює можливість безпечного виконання роботи. Він відповідає за достатність і правильність зазначених у наряді заходів безпеки, за якісний і кількісний склад бригади і призначення працівників, відповідальних за безпечне виконання робіт, а також за відповідність груп з електробезпеки працівників, які означені а наряді, роботі, що виконується. Працівник, який видає наряд, зобов'язаний у випадках, передбачених цими Правилами, визначити зміст рядків наряду "Окремі вказівки".

Право видачі нарядів та розпоряджень надається адміністративно технічним працівникам підприємства, які мають групу Vв електроустановках понад 1000 В та групу IV - в електроустановках до 1000 В. Особи, які складають і затверджують перелік робіт, що виконуватиметься в порядку поточної експлуатації, визначають необхідність, можливість і періодичність безпечного виконання цих робіт а огляду на місцеві умови, а також кількісний та якісний склад виконавців на кожний вид роботи. Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених для безпечного виконання робіт заходів по вимкненню та заземленню устаткування і можливість їх здійснення, а також за координацію часу і місця роботи бригад, що допускаються. Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з групою V- в електроустановках понад 1000 В і групою IV- в електроустановках до 1000 В. Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне виконання заходів щодо підготовки робочого місця, вказаних у наряді, а також тих, що вимагаються умовами роботи (встановлення замків, плакатів, огорож). Готувати робочі місця мають право чергові або оперативно ремонтні працівники, які допущені до оперативних перемикань в даній

електроустановці. Допускач відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність до характеру і місця роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу. Допускачами призначаються оперативні або оперативно-ремонтні працівники. В електроустановках понад 1000 В допускачі повинні мати групу IV - а в електроустановках до 1000 В - групу III.

4 Технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів:

- здійснити необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);
- обгородити, за необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огородженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов, струмовідні частини обгородити до чи після їх заземлення. Під час оперативного обслуговування електроустановки двома і більше працівниками в зміну перелічені в цьому пункті заходи мають виконувати два працівники. В разі одноособового обслуговування їх може виконувати одна особа, крім накладання переносних заземлень і здійснення перемикань, що проводяться на двох і більше приєднаннях в електроустановках напругою понад 1000 В, які не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій. В разі роботи на струмовідних частинах, що потребують зняття напруги, повинні бути вимкнені: - струмовідні частини, на яких буде виконуватися робота;
- необгороджені струмовідні частини, до яких можливе наближення людей, або ремонтного оснащення та інструменту, механізмів і

вантажопідіймальних машин на відстань, меншу від 0,6м. Під час роботи на вимкненій ПЛ, коли не виключена можливість наближення елементів цієї ПЛ на відстані, менші від 1м, до струмовідних частин інших ПЛ, що перебувають під напругою, останні мають бути вимкнені. ПЛЗ, радіо, підвішені спільно з ПЛ, що ремонтується, також мають бути вимкнені. Якщо зазначені в цьому пункті струмовідні частини не можуть бути вимкнені, то вони мають бути обгороджені. В електроустановках понад 1000 В з кожного з боків, з яких комутаційним апаратом може бути подана напруга на робоче місце, має бути видимий розрив, утворений від'єднанням або зняттям шин і проводів, відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, а також відключенням відокремлювачів і вимикачів навантаження, за винятком тих, у котрих автоматичне ввімкнення здійснюється пружинами, що встановлені на самих апаратах. Трансформатори напруги та силові трансформатори, пов'язані з виділеною для робіт ділянкою електроустановки, мають бути вимкнені також і з боку напруги до 1000 В задля унеможливлення зворотної трансформації. Під час підготовки робочого місця після вимкнення роз'єднувачів і вимикачів навантаження з ручним управлінням необхідно візуально впевнитися в їх вимкненому положенні і відсутності шунтувальних перемичок. В електроустановках напругою понад 1000 В для запобігання помилковому або самочинному ввімкненню комутаційних апаратів, котрими може бути подана напруга до місця роботи, слід вжити таких заходів:

- у роз'єднувачів, відокремлювачів, вимикачів навантаження ручні приводи у вимкненому положенні замкнути механічним замком;
- у роз'єднувачів, керування якими здійснюється оперативною штангою, стаціонарні огороження слід замкнути механічним замком;
- у приводів комутаційних апаратів, що мають дистанційне керування, слід відключити кола силові та керування, а у пневматичних приводів і, окрім того, на трубопроводі, що підводить стиснене повітря - зачинити і замкнути на механічний замок засувку, а стиснене повітря - випускати, випускні клапани залишити у відкритому положенні;

- у вантажних та пружинних приводів вантаж або пружини, що їх вмикають, слід привести в неробочий стан.

Заходи із запобігання помилковому вмиканню комутаційних апаратів КРУ з викотними візками мають бути здійснені у відповідності до вимог ПБЕ. В електроустановках напругою від 6 до 10 кВ з однополюсними роз'єднувачами для запобігання їх помилковому ввімкненню дозволяється встановлювати на ножі спеціальні ізоляційні накладки. В електроустановках до 1000 В з усіх боків струмовідних частин, на яких буде проводитися робота, напруга має бути знята відключенням комутаційних апаратів з ручним приводом, а за наявності в схемі запобіжників - зняттям останніх. В разі відсутності в схемі запобіжників запобігання помилковому ввімкненню комутаційних апаратів мають бути забезпечені такими заходами, як замикання рукояток або дверцят шафи, закриття кнопок, встановлення між контактами комутаційного апарату ізолювальних накладок тощо. У разі зняття напруги комутаційним апаратом з дистанційним керуванням необхідно відключити вмикальну котушку. Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів і характер роботи, то перелічені вище заходи можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю, проводів від комутаційного апарата чи від устаткування, на якому слід провадити роботу. Розшиновку чи від'єднання кабелю під час підготовки робочого місця може виконувати ремонтний працівник, що має групу III, під наглядом чергового або оперативно-ремонтного працівника. З найближчих до робочого місця струмовідних частин, доступних для дотику, необхідно зняти напругу або обгородити ці частини. Вимкнене положення комутаційних апаратів де 1000 В з недоступними для огляду контактами (автомати невкочуваного типу, пакетні вимикачі, рубильники у закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності напруги на їхніх затискачах чи на шинах, що відходять, проводах або затискачах устаткування, яке вмикається цими комутаційними апаратами.

1. Яким нормативним документом регламентуються питання безпеки при експлуатації електроустановок споживачів?
2. Які основні вимоги безпеки під час обслуговування електроустановок?
3. Які існують організаційні заходи, що убезпечують працівників під час роботи?
4. Які існують технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В. Вступ до спеціальності : конспект лекцій для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка". Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 110 с.
2. Вступ до фаху і академічна доброчесність : курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч., зі спец. G3 «Електрична інженерія» / уклад. О. О. Мірошник. Харків : ДБУ, 2025. 120 с.
3. Гаєвський О.Ю. Фотоенергетика. Частина І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі : підручник. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2022. 141 с.
4. Дубровська В. В., Шкляр В. І. Технологія виробництва електричної енергії : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 316 с.
5. Козирський В. В., Волошин С. М. Основи електропостачання : підручник. Київ : Компрінт, 2021. 497 с.
6. Мадьяров В. Г. Теоретичні основи електротехніки : конспект лекцій. Ч. І. 2-ге вид., перероб. Вінниця : ВНТУ, 2022. 162 с.
7. Паначевний Б. І., Свергун Ю. Ф. Загальна електротехніка : підручник. 4-те вид. Київ : Каравела, 2023. 296 с.
8. Технологія електромонтажних робіт : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. О. М. Циганов. Миколаїв : МНАУ, 2024. 159 с.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18949>
9. IEEE Xplore Digital Library. URL: <https://ieeexplore.ieee.org>.

Навчальне видання

ВСТУП ДО ФАХУ

конспект лекцій

Укладачі: **Ставинський Андрій Андрійович**
Вахоніна Лариса Володимирівна

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 5,25
Тираж 20 прим. Зам. №_____

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

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