

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НР
_____ С.В. Бондаренко
_____ 20__ р.

**Методичне забезпечення
лекційних занять з дисципліни
Вступ до спеціальності
для студентів II курсу
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація
електроустаткування підприємств і цивільних споруд»**

Уклав

О. І. Богдан

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних дисциплін
Протокол №__ від _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Лекція № 1

Тема: Вступ. Мета та задачі курсу. Значення енергетики в розвитку суспільства.

Мета:

- 1 Усвідомити основні задачі та мету курсу «Вступ до спеціальності»
- 2 Опанувати основне значення енергетики в розвитку суспільства.

Методи: словесний

План:

- 1 Мета та задачі курсу.
- 2 Історія енергетики і значення в розвитку суспільства.
- 3 Основні поняття і визначення в енергетиці.
- 4 Роль інженера в сьогоденні.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Пуятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа» , 1999 г.

Вступ

Розвиток суспільства, його успіхи на шляху цивілізації безпосередньо пов'язані з підвищенням продуктивності праці та поліпшенням матеріальних умов життя людей. Необхідною умовою науково-технічного і соціального прогресу є збільшення споживання енергії та освоєння нових, більш ефективних її видів. Бурхливий прогрес техніки і той рівень, якого вона досягла сьогодні, був би неможливим без використання якісно нових видів енергії, в першу чергу електричної. Електричну енергію по праву слід вважати основою сучасної цивілізації.

Без цієї енергії не можна уявити розвиток виробництва, електроніки, радіотехніки, обчислювальної техніки, сучасних технологій зв'язку. Для електричної енергії характерна висока зручність у користуванні та екологічна чистота. У той же час останні роки все більше показують взаємозв'язок енергетики й навколишнього середовища. Це відбувається тому, що потужності енергетики, яку людство навчилася добувати штучним шляхом, стали співрозмірними з потужностями природи.

Штучні енергетичні процеси впливають на біосферу, як правило, негативно. Велику тривогу викликають забруднення атмосфери, зміна її газового складу, затоплення великих ділянок землі при спорудженні гідроелектростанцій, можливість радіоактивного забруднення, зміна теплового балансу планети. Курс «Вступ до спеціальності» в загальному вигляді об'єднує такі курси, як «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні матеріали», «Електричні машини», «Електричні апарати», «Електропривод» та ряд інших.

Електричну енергію від джерел до споживачів передають за допомогою електричних мереж. До їхнього складу входять всі споруди з передачі, перетворення і розподілу електричної енергії: трансформаторні підстанції, відкриті й закриті розподільчі установки, лінії електропередачі.

Електричні мережі класифікують:

- за видом струму – постійного і змінного струму;
- за значенням напруги – низької (до 1 кВ), середньої (від 1 до 35 кВ), високої (від 35 до 400 кВ) і надвисокої (понад 400 кВ) напруги;
- за призначенням – міжсистемні, магістральні і розподільні;
- за конструктивним виконанням – повітряні, кабельні, внутрішні.

Для передачі й розподілу електричної енергії використовують переважно мережі змінного струму з частотою 50 Гц, а в деяких країнах Азії й Америки – 60 Гц.

Міжсистемні електричні мережі (лінії електропередачі – ЛЕП) служать для зв'язку між окремими електроенергетичними системами, магістральні мережі – для

транспортування енергії від електростанцій до районних підстанцій, розподільні мережі – для розподілу електроенергії між споживачами.

Спорудження високовольтних електричних мереж дозволяє передавати електричну енергію на великі відстані при порівняно невеликих її втратах. Втрати потужності збільшуються пропорційно квадрату сили струму $\Delta P = I^2 R$. Передача великих потужностей при низькій напрузі струму технічно недоцільна і економічно не вигідна (треба збільшувати переріз проводів).

Електричні мережі для середньої, високої і надвисокої напруг виконують трифазними. Для мереж низької напруги прийнята схема з чотирма проводниками і з заземленою нейтраллю (рис. 2.1).

Таким чином, є можливість одержувати дві напруги: фазну 220 В для освітлення і живлення однофазних споживачів (1–3) і лінійну (міжфазну) 380 В для силових споживачів (4). Крім того, наявність нульового провідника забезпечує електричну безпеку споживачів.

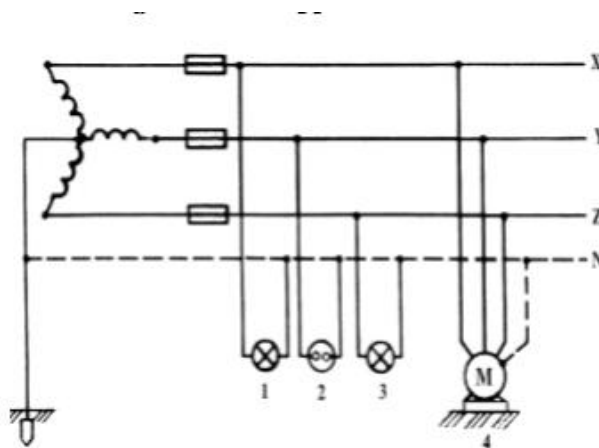


Рисунок 1.1 – Схема з чотирма провідниками і з заземленою нейтраллю

Лекція № 2

Тема: Виробництво електричної енергії. Типи електричних станцій, загальні характеристики електростанцій, технологічні схеми.

Мета:

- 1 Дати характеристику основним видам енергетичних ресурсів.
- 2 Усвідомити поняття електроенергетична система.
- 3 Ознайомитись з основними видами стандартизованих напруг.

4 Зрозуміти будову та принцип дії основних видів електричних станцій.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Основні види енергетичних ресурсів.
- 2 Поняття електроенергетична система.
- 3 Основні види стандартизованих напруг.
- 4 Будова та принцип дії основних видів електричних станцій.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. - М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. - М.: Высшая школа, 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. - М.: Энергия, 1976 г.

ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Практичне використання електричної енергії почалося наприкінці 19 сторіччя. Сьогодні електроенергія так глибоко увійшла в промисловість і побут людей, що життя без неї просто немислиме. Це результат тих переваг, які електроенергія має в порівнянні з іншими видами енергії.

Перелічимо найбільш важливі з них:

- електроенергію легко одержати з інших видів енергії і перетворити з високим ККД в інші види енергії;
- місця одержання і споживання електроенергії можуть бути віддалені одне від одного. Це дозволяє споруджувати електричні станції поблизу енергетичних джерел та концентрувати великі виробничі потужності вдалині від них;
- легко і з невеликими втратами електроенергію можна передавати на великі відстані, причому ця передача відбувається практично миттєво;
- застосування електроенергії поліпшує і полегшує умови праці, дозволяє автоматизувати виробничі процеси;
- з використанням електроенергії поліпшуються побутові умови населення, тому що вона екологічно чиста, гігієнічна і зручна.

Виробництво, передача, розподіл і споживання електричної енергії – єдиний процес.

Виробництво електричної енергії, її передача споживачам і споживання відбуваються одночасно. Власне, електроенергію досить складно запасати і зберігати на складі. Її необхідно виробити в той момент і в такій кількості, як потрібно споживачеві. Тому виробництво електроенергії має зростати або зменшуватися пропорційно її споживанню. Для збереження електричної енергії необхідні спеціальні методи її перетворення в інші види енергії (наприклад, у хімічну в акумуляторі). Останнім часом створені напівпровідникові індуктивні та ємнісні накопичувачі електроенергії, але вони ще не набули розповсюдження.

Енергетичні ресурси. Електричну енергію одержують на електричних станціях шляхом перетворення з іншого виду енергії. Як енергетичні ресурси використовують переважно енергію води, що рухається, хімічну енергію палива (твердого, рідкого і газоподібного) і атомну енергію. Експлуатація таких традиційних джерел енергії породжує екологічні проблеми, при цьому слід пам'ятати, що запаси викопних палив обмежені.

Останнім часом посилився інтерес до так званих нетрадиційних джерел енергії: сонця, вітру, припливів і відпливів океанської води, геотермальних джерел, біомаси та ін. Як енергетичні ресурси вони давно відомі. Новою є технологія їхнього використання. Нетрадиційні джерела енергії практично невичерпні й екологічно чисті. Однак існують труднощі перетворення їхньої енергії в електричну. На сьогодні слід зазначити низький ККД таких споруд для перетворення енергії і, як наслідок, дорожнечу одержуваної електроенергії. Тому частка нетрадиційних джерел електроенергії в загальному балансі світової електроенергії незначна.

Найбільш перспективним новим джерелом енергії вважають термоядерний синтез – використання теплової енергії, що виділяється при з'єднанні (синтезі) ядер деяких легких елементів. Як термоядерне паливо можна використовувати ізотопи водню: дейтерій і тритій, запаси яких на земній кулі практично невичерпні. На сучасному етапі головні труднощі в здійсненні термоядерного синтезу – це реалізація керованої термоядерної реакції. У цьому напрямку ведеться велика дослідницька робота. Незважаючи на великі труднощі, кінцеві результати обнадійливі: очікується, що перші термоядерні електростанції будуть створені на початку цього сторіччя.

Електроенергетична система. Перші електричні станції мали невелику потужність і забезпечували споживачів, що знаходились від них у безпосередній близькості. Досвід показав, що такий спосіб електропостачання економічно не вигідний і технічно недоцільний, особливо зі збільшенням числа і потужності споживачів. Це змусило споруджувати більш потужні електростанції і більш протяжні мережі електропередачі. Треба було зв'язувати паралельно роботу двох і більше електростанцій.

Нарешті, прийшли до створення **електроенергетичних систем.**

Електроенергетичні системи (енергетичні системи) – це сукупність споруд для виробництва, перетворення, передачі, розподілу і споживання електричної енергії, що зв'язані загальним технологічним процесом і загальним централізованим керуванням.

На рис. 1.1, а приведений спрощений вид енергетичної системи (ЕС), а на рис. 1.1, б – її електрична схема.

У країнах з невеликою територією створюють одну ЕС, а у великих країнах може бути й більше. Окремі енергосистеми в одній або декількох країнах поєднують між собою лініями електропередач і створюють об'єднані енергосистеми (ОЕС) для обміну електроенергією. В Україні утворена єдина енергетична система України, яка з'єднана з енергосистемою Росії.

Структура потужностей енергетики України на сьогодні приблизно така:

- теплові електростанції – 67%;
- атомні електростанції – 24%;
- гідроелектростанції – 9%.

Сумарна потужність електростанцій складає близько 54 ГВт. Виробництво електроенергії за видами енергоносіїв не зовсім відповідає структурі встановлених потужностей: ядерне паливо дає 43; вугілля – 27; газ – 22; гідроенергія – 5; нафта – 3% від загальної кількості електроенергії.

Більше 40% електростанцій на сьогодні відпрацювали свій ресурс – необхідна їх модернізація. Устаткування більшості теплових електростанцій не відповідає сучасним технічним і екологічним вимогам. Існують проблеми в мережному господарстві – потужності Рівненської і Хмельницької АЕС неможливо передати на схід країни, де знаходяться основні споживачі. Магістральна мережа 750 кВ, яка б могла це забезпечити, складається з двох одноланцюгових петель. Одна з них розташована в західній частині країни і включає в себе Хмельницьку атомну, Чорнобильську атомну електростанції, Вінницьку і Західноукраїнську підстанції. Друга розташована на сході країни і включає Запорізьку АЕС, Дніпровську і Запорізьку підстанції. Ці дві петлі з'єднані між собою одноланцюговою ЛЕП 750 кВ між Вінницькою і Дніпровською підстанціями, що проходить через Південноукраїнську АЕС.

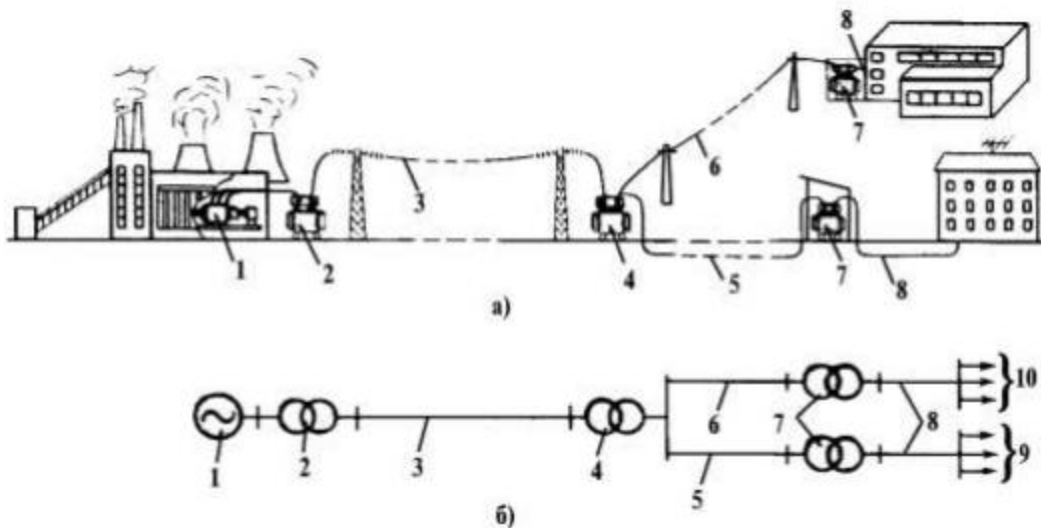


Рисунок 2.1 - Електроенергетична система (а) та її зображення (б) за допомогою умовних

позначень:

1 – генератор електроенергії; 2 – підвищувальний трансформатор; 3 – лінія електропередачі високої напруги;
 4, 7 – понижувальні трансформатори; 5, 6 – лінії середньої напруги; 8 – лінії низької напруги; 9, 10 – споживачі

В електричних установках ЕС використовують різні значення напруги. Для зменшення втрат при перетворенні і для забезпечення оптимальної роботи електричних установок ці напруги стандартизовані.

На змінному струмі:

- однофазні до 1000 В: 6, 12, 24, 36, 42, 220, 380 В;
- трифазні до 1000 В: 42, 380, 660 В;
- трифазні понад 1000 В: 3, 6, 10, (20), 35, 110, (150), 220, 330, (400), (500), 750 кВ.

На постійному струмі: 6, 12, 24, 48, 60, 110, 220 В, 800 кВ. Напруги, вказані в дужках, в Україні мають обмежене застосування. У деяких країнах поширені напруги, що відрізняються від наведених вище.

Використовують і нестандартні напруги, головним чином в електричному транспорті (постійна напруга 550 і 1500 В і однофазна змінна напруга 25 кВ).

Напругу для електричної установки вибирають, виходячи з мінімуму капітальних, експлуатаційних витрат, втрат електроенергії і вимог безпеки.

Електричні станції. Класичним є метод одержання електричної енергії на електростанціях за допомогою генератора з ротором, що крутиться, який приводиться в обертання від джерела механічної енергії. Використовують трифазні синхронні електрогенератори через переваги трифазного струму і можливості створювати такі генератори на великі потужності.

Залежно від виду використовуваних енергетичних ресурсів електростанції бувають гідравлічні, теплові, атомні, сонячні, вітряні, приливні та ін.

Гідравлічні електричні станції (ГЕС). Для одержання електричної енергії використовують енергію води, що рухається. Залежно від джерела використовуваних вод розрізняють ГЕС на проточній воді і з греблями.

На рис. 1.2 наведений поперечний розріз ГЕС із греблею. При відкритому шибері 2 вода з водоймища 1 надходить по напірному водоводу 3 до спіральної камери 9, де її направляють до лопаток водяної (гідравлічної) турбіни 10. Турбіна приводить в обертання ротор генератора 6, що виробляє електричну енергію. Після підвищення напруги трансформатором 5 за допомогою лінії передачі 4 електроенергія подається до споживачів.

Особливим видом ГЕС є насосно-акумулюючі гідравлічні (гідроакумулюючі) електростанції (ГАЕС). Їх розташовують між нижньою і верхньою водоймами 1, 7. При великому споживанні електроенергії в енергосистемі ГАЕС працюють у генераторному режимі: вода з верхньої водойми скидається до гідротурбін, що виробляють електроенергію, і надходить у нижню водойму. Уночі (при мінімальному споживанні електроенергії) воду насосами (агрегати ГАЕС оборотні) перекачують з нижньої водойми у верхню.

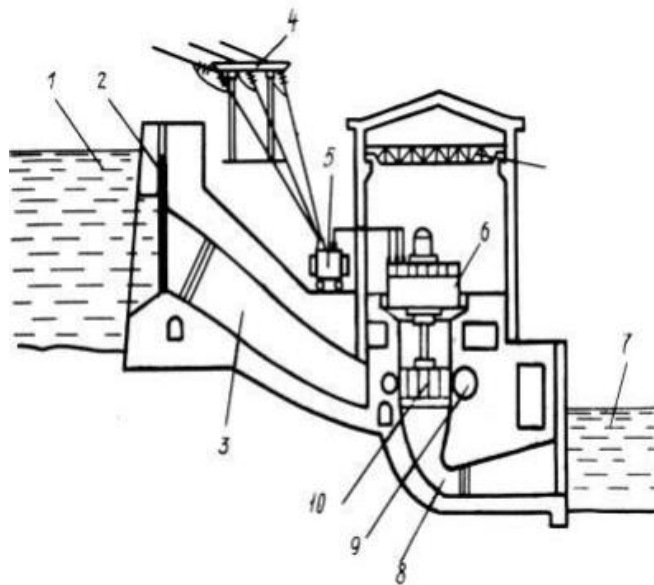


Рисунок 2.2 - Будова ГЕС:

- 1 – водойма; 2 – жалюзі греблі; 3 – напірний трубопровід; 4 – лінія електропередачі; 5 – підвищувальний трансформатор; 6 – електричний генератор; 7 – нижня водойма; 8 – нижній трубопровід; 9 – спіральна камера; 10 – гідравлічна турбіна

Теплові електричні станції (ТЕС). Хімічну енергію горіння палива перетворюють в електричну на ТЕС. Розрізняють конденсаційні (КЕС), що виробляють тільки електричну енергію, і теплофікаційні (теплоелектроцентралі) електростанції (ТЕЦ). На ТЕЦ виробляється електрична і теплова енергія.

На рис. 1.3 показана технологічна схема КЕС, що працює на твердому паливі. Вугілля транспортером 1 подають у бункер 2. Розмелене млином 3 до пилоподібного стану вугілля вентилятором 4 і разом з необхідним для згоряння попередньо підігрітим у повітрянагрівачі 12 повітрям подається через пальники 5 у топкову камеру 6 парового котла 7. Теплота, що виділилася при згорянні суміші, йде на нагрівання води, і в паровому котлі 7, а також у барабанах 8 і 9 одержують пару високої температури і тиску. Пара проходить через паропідігрівач 10 і надходить у парову турбіну 15, приводить її в обертання, після чого направляється в конденсатор 19, де конденсується у воду. Конденсат пари знову подається насосом 18 через пароводяний підігрівач 11 у паровий котел.

Вироблену електрогенератором 16 електричну енергію після підвищення її напруги в трансформаторі 23 подають до ліній електропередачі 24. Збуджувач 17 призначений для створення струму збудження в генераторі 16.

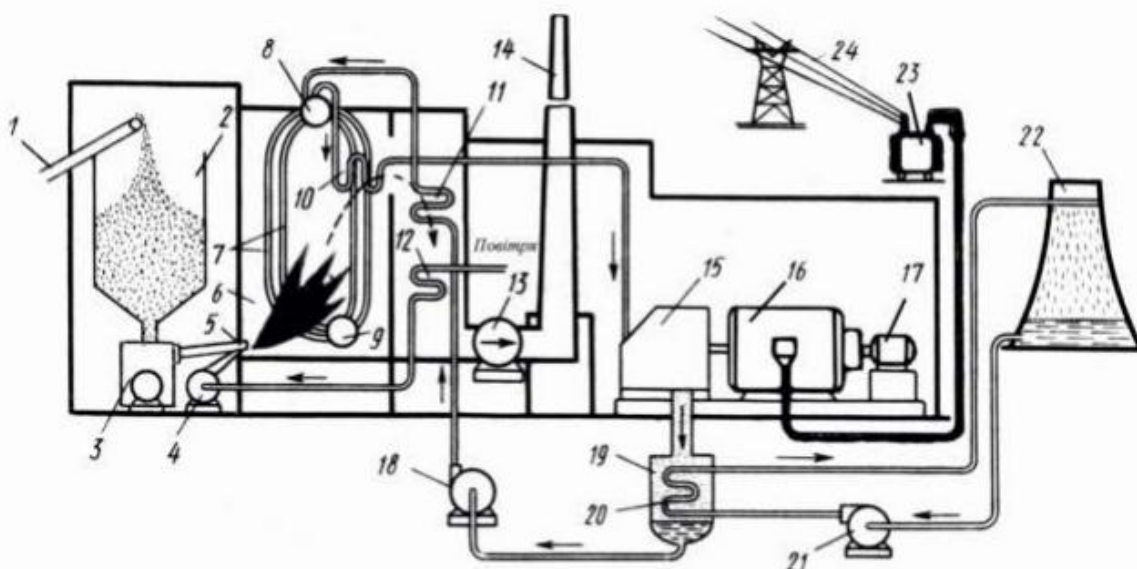


Рисунок 2.3 - Спрощена технологічна схема КЕС:

- 1 – транспортер вугілля; 2 – бункер вугілля; 3 – млин для розмелювання вугілля; 4 – вентилятор;
 – пиловугільна горілка; 6 – топка; 7 – паровий котел; 8, 9 – барабани нижньої системи циркуляції води і пари; 10 – пароперегрівач; 11 – водонагрівач (економайзер) котла; 12 – підігрівач повітря; 13 – газовий вентилятор (димосос); 14 – димова труба; 15 – парова турбіна; 16 – електрогенератор; 17 – збуджувач генератора; 18, 21 – водяні насоси; 19 – конденсатор; 20 – змійовик;
 22 - водоохолоджувач (градирня); 23 – силовий трансформатор; 24 – лінія електропередачі

Атомні електричні станції (АЕС). У принципі це теплові електростанції, в яких теплота виділяється за рахунок реакції розпаду радіоактивних елементів у ядерному реакторі.

Виділення теплової енергії в сучасних реакторах відбувається при розщепленні ядер деяких важких елементів (ізотопи урану-235, урану-233, плутонію-239 та ін.) внаслідок впливу на них повільних нейтронів. Набуває поширення нове покоління ядерних реакторів на швидких нейтронах. Крім теплоти для виробництва електроенергії вони будуть відтворювати і ядерне паливо. У даний час такі реактори працюють у Росії, Франції та в інших країнах. Їхня робота багато в чому має експериментальний характер.

На рис. 1.4 наведена спрощена технологічна схема одержання пари на АЕС за двоконтурним циклом. Перший контур, що складається з ядерного реактора 2 з кришкою 3 і парогенератора 9 з його устаткуванням, радіоактивний і забезпечується радіаційним захистом 1. Як теплоносій і одночасно сповільнювач нейтронів використовується звичайна вода (рідше – важка вода). Другий контур, до якого належать також парогенератор 9, парова турбіна 13 і їхнє устаткування, не радіоактивний. Теплоносій (робочим тілом) у ньому служать вода і водяна пара. Теплота, що виділяється в реакторі при ядерній реакції, нагріває теплоносій (воду в каналах паливних збірок 6). Нагріта до високої температури вода надходить по трубопроводу з реактора в U-подібні трубки 8 парогенератора 9. Тут вона нагріває і випаровує воду другого контура, перетворюючи її на пару. Охолоджена в парогенераторі радіоактивна вода за допомогою головного циркуляційного насоса 10 повертається в активну зону 7 реактора, де й розміщені паливні збірки. З парогенератора чиста нерадіоактивна пара по паропроводу 11 через клапани 12 надходить у турбіну 13, яка обертає електрогенератор 14 для виробництва електроенергії. Відпрацьована пара конденсується в конденсаторі 15 і насосом 16 через підігрівник 17 направляється назад у парогенератор 9. Перший і другий контури АЕС надійно відгороджені і з'єднуються один з одним через санітарний пропускник 18.

Ланцюговою ядерною реакцією в реакторі керують за допомогою керуючих стержнів 5 системи керування і захисту 4.

Експлуатація АЕС дозволяє заощаджувати значну кількість органічного палива, зменшувати забруднення атмосфери вуглекислим газом і оксидами азоту і сірки. Основні недоліки АЕС: необхідність складного радіаційного захисту і наявність радіоактивних відходів.

Внаслідок багаторазового перетворення енергії ККД сучасних теплових електростанцій досить низький. Це змушує шукати нові (прямі) методи одержання електричної енергії. Можна виділити три нових напрямки перетворення енергії: термодіелектричне, термоелектричне і магнітогідродинамічне. При їхньому використанні відпадає необхідність в одержанні механічної енергії, що призводить до підвищення ККД перетворюючих пристроїв.

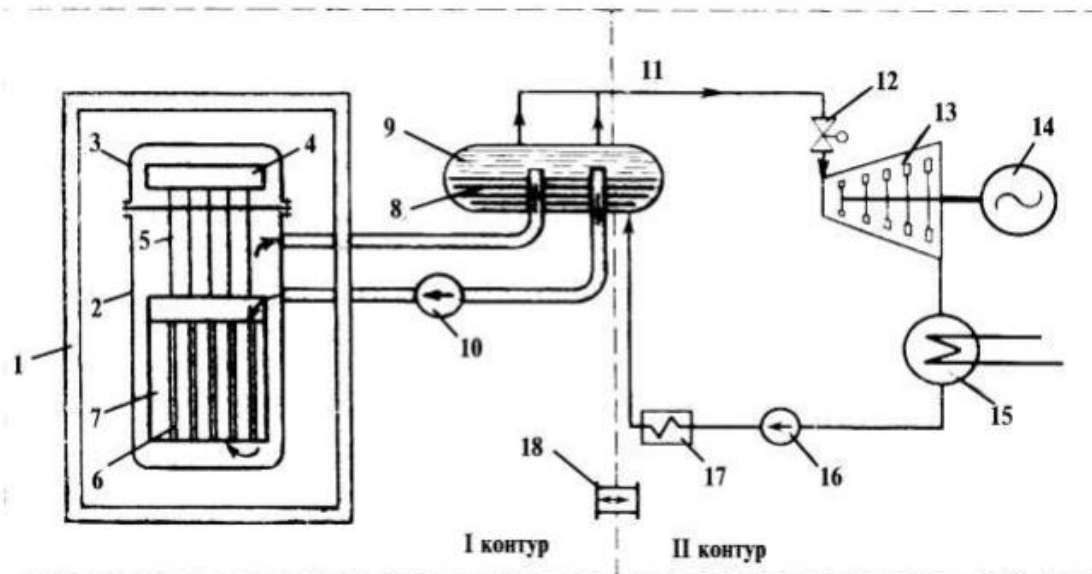


Рисунок 2.4 - Спрощена технологічна схема АЕС:

1 – біологічний захист ядерної установки; 2 – ядерний реактор; 3 – кришка реактора; 4 – система керування і захисту реактора; 5 – стержні управління і захисту; 6 – паливні збірки (канали з ядерним збагаченим паливом); 7 – активна зона реактора; 8 – трубна система парогенератора; 9 – парогенератор; 10 – головний циркуляційний насос; 11 – паропровід; 12 – пристрої регулювання подачі пару; 13 – парова турбіна; 14 – електричний генератор; 15 – конденсатор; 16 – насос; 17 – підігрівач води; 18 – санітарний пропускник, який з'єднує перший (радіоактивний) і другий (безпечний) контури АЕС

Лекція № 3

Тема: Електричні кола постійного струму. Закон Ома і Кірхгофа. Поняття про холостий хід і коротке замикання.

Мета:

- 1 Дати характеристику поняттям: електричний струм, електрорушійна сила (ЕРС), напруга, опір, провідність, потужність.
- 2 Усвідомити поняття просте та складне електричне коло.
- 3 Ознайомитись з основними складовими електричного кола.
- 4 Зрозуміти значення Закону Ома і закону Кірхгофа в електриці.
- 5 Усвідомити поняття ХХ і КЗ.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Основні поняття: електричний струм, електрорушійна сила (ЕРС), напруга, опір, провідність, потужність.
- 2 Поняття простого та складного електричного кола.
- 3 Основні складові електричного кола.
- 4 Поняття ХХ і КЗ.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

Електричний струм являє собою спрямований рух електричних зарядів.

Позитивним напрямком струму історично прийнято вважати напрямок руху позитивного заряду.

Сила струму I характеризується зарядом q , що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу t :

$$I = \frac{q}{t} \quad (3.1)$$

Одиниці струму: ампер [А], мілі- [мА], мікро- [мкА] і кілоампер [кА]. Один ампер – це такий струм, коли за одну секунду через переріз провідника проходить заряд в 1 кулон [К].

У замкнутому колі струм протікає під дією електрорушійної сили (ЕРС) джерела енергії. ЕРС E підтримує різницю потенціалів на затискачах джерела енергії.

Чисельно ЕРС дорівнює енергії, що одержує всередині джерела одиничний електричний заряд. Напруга на затискачах приймача показує, яка енергія витрачається в ньому одиничним електричним зарядом.

Напругу і ЕРС виражають у вольтах [В], мілівольтах [мВ], кіловольтах [кВ].

Одному вольту відповідає робота в один джоуль, що приходить на заряд в один кулон.

Електричне коло створює протидію проходженню електричного струму, оскільки спрямованому рухові електричних зарядів у будь-якому провіднику перешкоджають молекули й атоми.

Цю протидію називають електричним опором. Опір виражають в омах [Ом]. Опір в 1 Ом має провідник, в якому напруга в 1 В створює струм у 1 А. Більш великими одиницями опору є кілоом [кОм], мегаом [МОм]. Опір R провідника залежить від його питомого опору ρ , довжини l і площі поперечного перерізу S :

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (3.2)$$

Величина, зворотна опору g , називається провідністю:

$$g = \frac{1}{R}. \quad (3.3)$$

Електричне коло – сукупність пристроїв, що створюють шлях для електричного струму.

Основними елементами електричних кіл є джерела й приймачі (споживачі) електроенергії. Джерела й приймачі електроенергії з'єднують проводами, зазвичай мідними або алюмінієвими. У такий спосіб створюють замкнутий шлях для електричного струму.

Крім джерел і приймачів електроенергії, в електричних колах можуть бути комутаційні апарати (вимикачі, рубильники, тумблери та ін.), апарати захисту і вимірювальні прилади.

ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

У колах постійного струму розглядають електрорушійні сили (ЕРС), струми і напруги, що не змінюються з часом.

У цих колах джерелами електроенергії можуть бути випрямлячі, генератори постійного струму, акумулятори і гальванічні елементи. У них відбувається перетворення інших видів енергії в електричну енергію постійного струму. У приймачах (електродвигунах, нагрівачах, електролітичних ваннах, лампах розжарення та інших пристроях) електрична енергія постійного струму перетворюється в механічну, теплову, хімічну, світлову та інші види енергії.

Як приклад на рис. 3.1, а наведене найпростіше електричне коло, що складається з батареї акумуляторів 1, лампи розжарення 2, вимикача 3, амперметра 4 і сполучних проводів 5. Такому колу відповідають електрична і розрахункова схеми, представлені відповідно на рис. 3.1, б, в.

Закон Ома. Закон Ома встановлює залежність між напругою і струмом. Стосовно до ділянки кола (в якому відсутні джерела струму) він формулюється таким чином: струм на ділянці електричного кола дорівнює напрузі на затискачах цієї ділянки, поділеній на його опір:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (3.4)$$

Співвідношення між ЕРС, опором і струмом у замкнутому колі відповідно до закону Ома виражається формулою:

$$I = \frac{E}{R + R_0}, \quad (3.5)$$

де R – опір зовнішньої частини кола; R_0 – внутрішній опір джерела.

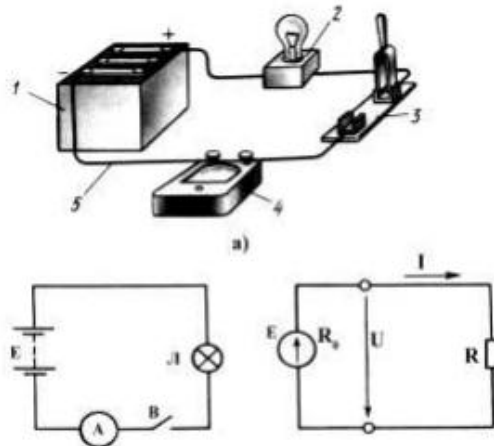


Рисунок 3.1 - Найпростіше електричне коло

Лекція № 4

Тема: Трифазний струм.

Мета:

- 1 Ознайомитись з трифазною системою змінного струму.
- 2 Усвідомити поняття симетричне навантаження фаз.
- 3 Зрозуміти основні співвідношення системи при з'єднанні приймачів електричної енергії зіркою.
- 4 Зрозуміти основні співвідношення системи при з'єднанні приймачів електричної енергії трикутником.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Трифазна система змінного струму.
- 2 З'єднання приймачів електричної енергії трикутником.
- 3 З'єднання приймачів електричної енергії зіркою.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Пуятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

У системі виробництва і споживання електроенергії велике поширення одержала трифазна система змінного струму. Вона забезпечує економічну передачу енергії, дозволяє створювати і використовувати надійні в роботі й прості за влаштуванням електродвигуни, генератори і трансформатори.

Трифазна система являє собою сукупність трьох електричних кіл змінного струму однієї частоти, ЕРС яких зсунуті за фазою на 1/3 періоду.

Звичайно амплітуди цих ЕРС рівні, тобто система симетрична. На рис. 4.1, а дана часова діаграма таких ЕРС: e_A , e_B , e_C ; на рис. 4.1, б – їхня векторна діаграма.

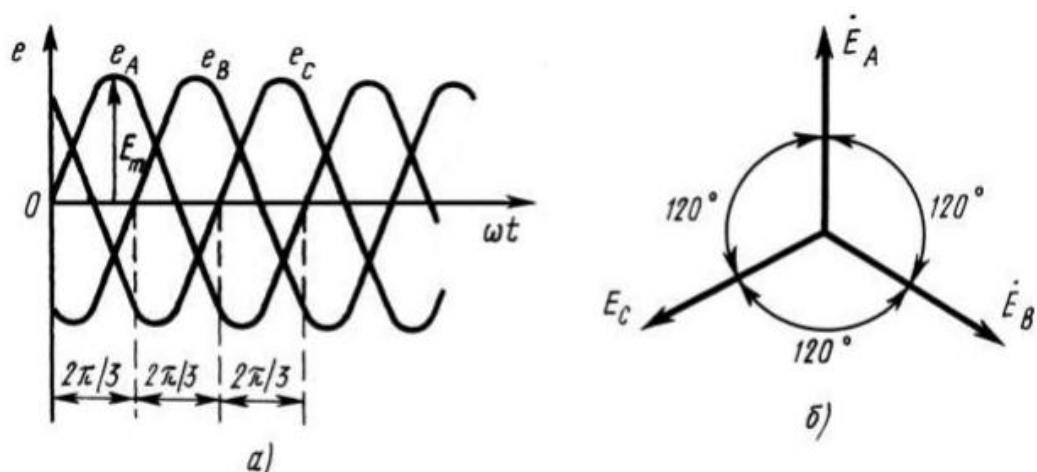


Рисунок 4.1 - Графік миттєвих значень трифазної системи ЕРС (а) і векторна діаграма (б)

Кожне окреме коло трифазної системи називають фазою. Електроспоживачі й обмотки джерел енергії у трифазних системах можуть бути з'єднані зіркою або трикутником (рис. 4.2).

З'єднання приймачів зіркою. При з'єднанні фаз приймачів зіркою напруги на їхніх затискачах називають фазними U_ϕ (U_A , U_B , U_C), а напруги між лінійними проводами – лінійними U_Δ (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}). На рис. 4.2, а зазначені лінійні й фазні напруги, а на рис. 4.3 побудована векторна діаграма для симетричної системи живильних напруг.

Співвідношення між векторами фазних і лінійних на-пруг такі:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B; \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C; \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A \quad (4.1)$$

Для симетричної системи:

$$U_\Delta = \sqrt{3}U_\phi. \quad (4.2)$$

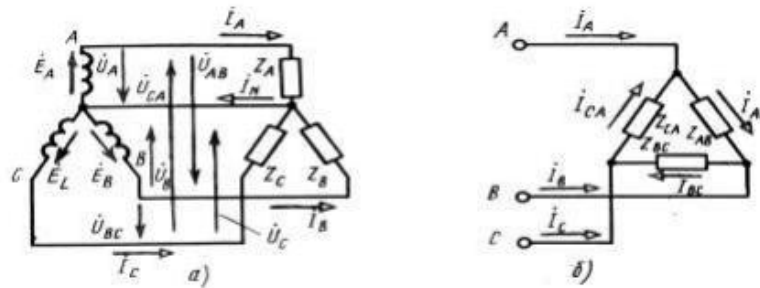


Рисунок 4.2 - Схеми з'єднань трифазних кіл

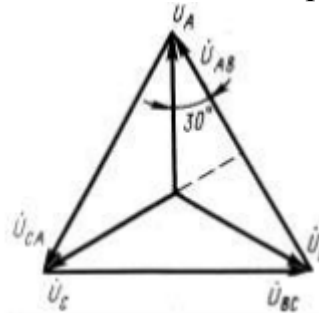


Рисунок 4.3–Векторна діаграма напруг при з'єднанні приймача енергії в зірку

При з'єднанні приймачів зіркою трифазна система буває чотирипровідною (так вмикають освітлювальні й побутові прилади, однофазні двигуни і т.д.) або трипровідною (трифазні двигуни, індукційні печі та ін.).

Для чотирипровідної системи (рис. 6.2, а), де приймачі включені між нейтральним проводом і кожним з лінійних проводів, можна записати:

$$I_n = I_\phi; \quad (4.3)$$

$$I_A = U_A/Z_A; I_B = U_B/Z_B; I_C = U_C/Z_C; \quad (4.4)$$

$$\cos\varphi_A = R_A/Z_A; \cos\varphi_B = R_B/Z_B; \cos\varphi_C = R_C/Z_C; \quad (4.5)$$

Миттєве значення струму в нейтральному проводі

$$i_N = i_A + i_B + i_C. \quad (4.6)$$

Діюче значення струму в нейтральному проводі характеризується геометричним додаванням векторів фазних струмів:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C. \quad (6.7)$$

Навантаження всіх трьох фаз називається симетричним, якщо струм у них однаковий і рівні зсуви фаз між фазними напругами і струмами.

При симетричному навантаженні сума векторів фазних струмів утворює замкнутий трикутник. Отже струм у нейтральному проводі дорівнює нулю. З цієї причини для симетричного трифазного навантаження (наприклад, трифазного двигуна) нейтральний провід не потрібний.

Розрахунок симетричної трифазної системи при рівномірному навантаженні зводиться до розрахунку однієї фази незалежно від наявності нейтрального проводу.

У цьому випадку фазна напруга:

$$U_A = U_B = U_C = U_\phi = U_x / \sqrt{3},$$

фазний струм

$$I_A = I_B = I_C = I_\phi = U_\phi / Z_\phi,$$

косинус кута зсуву фаз струму і напруги

$$\cos \varphi = R_\phi / Z_\phi,$$

активна, реактивна і повна потужність відповідно:

$$P = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi = \sqrt{3}U_x I_x \cos \varphi;$$

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi = \sqrt{3}U_x I_x \sin \varphi;$$

$$S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{3}U_x I_x.$$

При несиметричній системі напруг або при нерівномірному навантаженні фаз потужності визначаються окремо для кожної фази.

Лекція № 5

Тема: Трансформатор – конструкція, принцип дії.

Мета:

- 1 Ознайомитись з призначення трансформатора в електриці.
- 2 Зрозуміти будову трансформатора.
- 3 Зрозуміти принцип дії трансформатора.
- 4 Усвідомити основні режими роботи трансформатора.
- 5 Ознайомитись з зовнішньою характеристикою, втратами та ККД трансформатора.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Трансформатор – призначення, будова, принцип дії.
- 2 Основні режими трансформатора.
- 3 Зовнішня характеристика, втрати та ККД трансформатора.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

В електричних машинах і трансформаторах відбувається перетворення електроенергії. У генераторах механічна енергія перетворюється в електричну, у двигунах відбувається зворотне перетворення; трансформатори перетворюють змінний струм однієї напруги в змінний струм іншої напруги.

Електричні машини мають властивість оборотності: кожний генератор може працювати як двигун і навпаки. Однак кожна конкретна машина звичайно призначається для одного режиму роботи: як генератор або як двигун. У кожному трансформаторі перетворення енергії також може бути змінене на зворотне.

Високі енергетичні показники, зручність підведення і відбору енергії, можливість виконання машин найрізноманітнішої потужності, швидкості обертання, а також зручність обслуговування і простота керування зумовили широке розповсюдження електричних машин.

Трансформатори використовують у системах передачі й розподілу електроенергії, а також для одержання різних рівнів напруги на виробництві й у побуті. Їхнє застосування забезпечує економічну передачу електроенергії до споживачів (передачу ведуть при підвищеній напрузі, що дозволяє зменшити пере-різ проводів ліній електропередач і втрати потужності в них).

Корисна потужність, на яку розрахована електрична машина, називається номінальною. Всі інші величини, що характеризують роботу машини при цій потужності, також називаються номінальними. Ці величини вказують у паспорті машини. Для трансформаторів указують не корисну, а повну номінальну потужність.

ТРАНСФОРМАТОРИ

Будова. Звичайно трансформатор складається зі сталевого замкнутого магнітопровода і двох або декількох індуктивно зв'язаних між собою обмоток.

Магнітопровід необхідний для посилення електромагнітного зв'язку між обмотками. Магнітопровід трансформатора складається зі стержнів, на яких розміщені обмотки, а також верхнього і нижнього ярма.

Для зменшення втрат від вихрових струмів магнітопровід збирають із листів електротехнічної сталі товщиною 0.35 або 0.5 мм. Листи ізолюють один від одного лаком, тонким папером або шаром окалини. Листи звичайно збирають «внакладку», тобто з перекриттям зазорів. Це дозволяє забезпечити високу магнітну провідність магнітопровода й обмежити шляхи для проходження вихрових струмів. Листи магнітопровода стягують болтами, пропущеними через ізольовані втулки.

У системі електропостачання в основному використовують масляні трансформатори. У них магнітопровід з обмотками вміщують у бак з трансформаторним маслом. Просочення маслом підвищує електричну міцність ізоляції, а його циркуляція поліпшує охолодження обмоток і магнітопровода. Збільшують охолоджувану поверхню трансформаторів використанням трубчастих радіаторів.

У громадських і виробничих приміщеннях за умовами пожежної безпеки баки трансформаторів заповнюють негорючою рідиною (соволом, совтолом) або використовують сухі трансформатори з повітряним охолодженням. Вони розраховані на менші потужності, ніж масляні, і випускаються на напруги до 10 кВ.

Обмотки трансформаторів найчастіше виконують у вигляді циліндричних котушок з мідних або алюмінієвих ізольованих один від одного проводів круглого або прямокутного перерізу. Для кращого магнітного зв'язку їх розташовують концентрично одна на одній, як це показано на рис. 5,1. У силових трансформаторів ближче до стержня звичайно розташована обмотка нижчої напруги НН, а обмотка вищої напруги ВН – зовні.

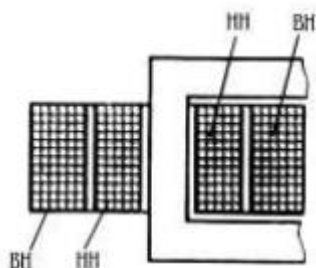


Рисунок 5.1 - –Розташування обмоток трифазного силового трансформатора

Принцип дії. Дія трансформатора заснована на явищі взаємної індукції. Розглянемо двохобмоточний однофазний трансформатор (рис. 5.2). У ньому є індуктивно зв'язані обмотки: первинна ω_1 і вторинна ω_2 . Якщо первинну обмотку підключити до джерела змінної напруги U_1 , то по ній протікатиме струм i_1 , що збудить в осерді трансформатора змінний магнітний потік Φ . Цей потік, пронизуючи витки обмоток трансформатора, буде індукувати у них ЕРС e_1 і e_2 . Якщо вторинну обмотку замкнути на який-небудь приймач енергії з опором Z_H , то по цій обмотці і через приймач протікатиме струм i_2 . У такий спосіб електрична енергія, трансформуючись, передається з первинного кола у вторинне.

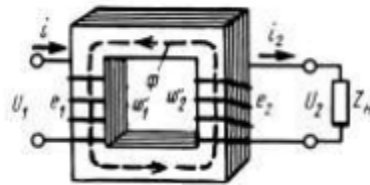


Рисунок 5.2 - –Електромагнітна схема двохобмоточного трансформатора

ЕРС в обмотках. Миттєві значення ЕРС, індукованих в обмотках трансформатора, визначаються виразами

$$e_1 = -\omega_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad e_2 = -\omega_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Діючи значення цих ЕРС при синусоїдальній зміні магнітного потоку Φ :

$$E_1 \approx 4.44 \omega_1 f \Phi_m, \quad E_2 \approx 4.44 \omega_2 f \Phi_m,$$

де f – частота мережі, Гц; Φ_m – максимальне значення основного потоку, Вб.

Відношення ЕРС обмоток трансформатора дорівнює відношенню числа витків і називається коефіцієнтом трансформації:

$$k_t = E_1 / E_2 = \omega_1 / \omega_2.$$

При $k_t > 1$ трансформатор понижуючий, при $k_t < 1$ – підвищувальний. Будь-який трансформатор може бути використаний і як підвищувальний, і як понижувальний.

Режими роботи. У режимі холостого ходу трансформатора коло його вторинної обмотки розімкнуте; до первинного підведена номінальна напруга $U_{1н}$, у ньому протікає невеликий струм холостого ходу I_0 . У цих умовах можна вважати, що $E_1 = U_1$ і $E_2 = U_2$, тому коефіцієнт трансформації і визначають при цьому режимі роботи трансформатора. Дослідом холостого ходу можна знайти також втрати потужності P_0 у сталі магнітопровода на гістерезис і вихрові струми.

У робочому режимі роботи трансформатора по його обмотках ω_1 і ω_2 проходять струми I_1 і I_2 при напругах на обмотках U_1 і U_2 . У номінальному робочому режимі – номінальні струми $I_{1н}$, $I_{2н}$ при номінальних напругах $U_{1н}$ і $U_{2н}$.

Нехтуючи спадом напруги в первинній обмотці трансформатора, можна вважати $U_1 \approx E_1$. Тоді при незмінній за значенням напрузі $U_1 = U_{1н}$ при будь-якому навантаженні трансформатора ЕРС E_1 постійна. Оскільки ЕРС E_1 залежить від магнітного потоку ($E_1 = 4.44 \omega_1 \Phi f$), то і магнітний потік при будь-якому навантаженні можна вважати постійним.

Струм I_2 , що проходить у вторинній обмотці трансформатора, створює свій магнітний потік, який, відповідно до правила Ленца, спрямований назустріч магнітному потоку первинної обмотки і прагне його зменшити. Щоб результуючий магнітний потік залишався незмінним, магнітний потік вторинної обмотки повинен бути врівноважений магнітним потоком первинної обмотки.

Тому при збільшенні струму I_2 збільшується і струм I_1 . Магнітні потоки, створювані цими струмами, врівноважуються, і результуючий магнітний потік в осерді зберігає практично незмінне значення.

Лекція № 6

Тема: Асинхронні і синхронні машини, конструкція, принцип дії.

Мета:

- 1 Ознайомитись з призначення асинхронної і синхронної машини.
- 2 Зрозуміти будову асинхронної і синхронної машини.
- 3 Зрозуміти принцип дії асинхронної і синхронної машини.
- 4 Усвідомити різницю в будові двигуна асинхронної машини при фазному і короткозамкненому роторі.

5 Усвідомити різницю в будові двигуна синхронної машини при явно полюсному і неявнополюсному роторі.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Асинхронні і синхронні машини - конструкція, принцип дії.
- 2 Фазний і короткозамкнений ротор асинхронного двигуна.
- 3 Явнополюсний і неявно полюсний ротор синхронного генератора.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

Асинхронні машини найчастіше використовують як двигуни. Найбільше застосовують трифазні асинхронні двигуни. Їх використовують для приводу верстатів, насосів, вентиляторів, вантажопідйомних механізмів і в багатьох інших випадках.

Асинхронні двигуни бувають від десятків ват до декількох мегават, при напругах обмотки статора до 10 кВ.

Асинхронні двигуни – найбільш розповсюджені на виробництві й у побуті.

Недоліком асинхронних двигунів є труднощі, пов'язані з регулюванням частоти обертання. Крім того, ці двигуни мають відносно низький $\cos\varphi$ (0.85–0.9 при повному навантаженні; і 0.2–0.3 на холостому ході). Розглянемо трифазний асинхронний двигун.

Будова. Двигун (рис. 6.1) складається з нерухомої (статора) і обертової (ротора) частин. Основними деталями статора є корпус 7 і осердя 6 з обмоткою 8. Корпус відливають з алюмінію (для малопотужних двигунів) або з чавуну. Ребра 13 на зовнішній частині корпуса збільшують площу поверхні охолодження. Осердя статора зібране з листів електротехнічної сталі, покритих лаком. Ротор складається із

шихтованого осердя 5 з обмоткою і вала 2. Вал ротора обертається в підшипниках кочення 1 і 11, розташованих у підшипникових щитах 3 і 9. Двигун охолоджують обдуванням зовнішньої поверхні корпуса. Потік повітря створюється відцентровим вентилятором 10, прикритим кожухом 12. Кінці обмоток статора приєднані до затискачів коробки виводів 4; для кріплення двигуна використовують лапи 14, для заземлення – болт 15. На внутрішній стороні пустотілого циліндра осердя статора є пази, в які закладають статорну обмотку. У трифазного двигуна вона трифазна і число її котушок в цьому разі кратне трьом (3, 6, 9 і т.д.) Залежно від конструкції обмотки ротора розрізняють асинхронні двигуни з короткозамкнутим і фазним роторами.

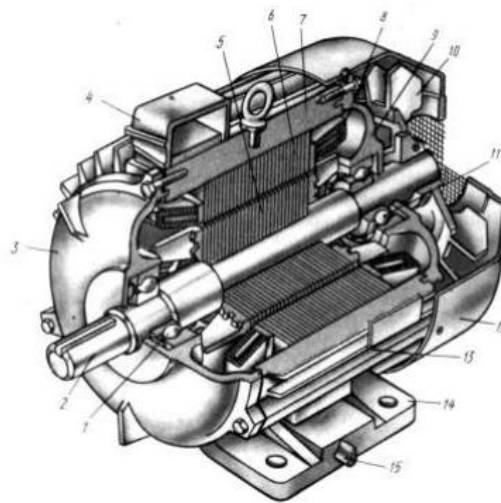


Рисунок 6.1 - Будова трифазного асинхронного двигуна. 1, 11 – підшипники, 2 – вал, 3, 9 – підшипникові щити, 4 – коробка виводів, 5 – сердечник ротора, 6 – сердечник статора, 7 – корпус статора, 8 – обмотка статора, 10 – вентилятор, 12 – кожух, 13 – ребра, 14 – лапи, 15 – болт заземлення

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором найбільш простий, надійний у роботі і дешевий. Обмотку ротора такого двигуна звичайно виконують з алюмінієвих стержнів, які заливають без ізоляції в пази. Одночасно з торців відливають короткозамикаючі кільця з лопатками вентилятора для охолодження. На рис. 6.2 зображено короткозамкнутий ротор (з розрізом). У потужних машинах ($P_n > 100$ кВт) для роторної обмотки користуються мідні стержні і замикаючі кільця.

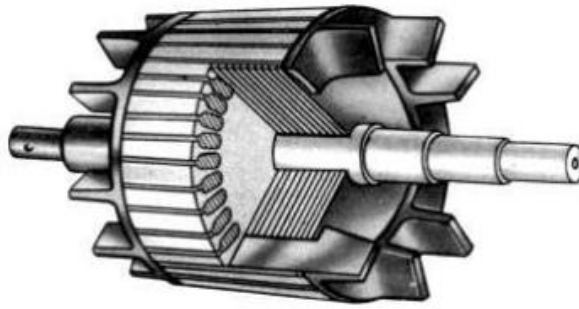


Рисунок 6.2 - Короткозамкнутий ротор

У пазах ротора двигуна з фазним ротором укладають обмотку, подібну до обмотки статора. Фазні обмотки ротора з'єднують у зірку, а три її виводи приєднують до трьох контактних кілець, насаджених на вал та ізольованих одне від одного і від вала. Щітками, накладеними на кільця, обмотка ротора може бути замкнута накоротко або на опір. Двигуни з фазним ротором складніші, дорожчі і менш надійні в експлуатації, ніж з короткозамкнутим, але мають кращі пускові й регулювальні властивості.

Принцип дії. Осердя статора 1 і ротора 2 утворюють магнітне коло асинхронної машини (рис. 6.3). При проходженні трифазного струму по трифазній обмотці статора створюється обертове магнітне поле частотою

$$n_1 = 60f / p, \text{ або } \omega_1 = 2\pi f / p \approx n_1 / 9.55,$$

де f – частота живильної мережі; p – число пар полюсів на фазу.

При $f = 50$ Гц для двигунів із числом полюсів обмотки статора $2p = 2, 4, 6, 8, 10$ синхронна частота обертання відповідно дорівнює 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/хв.

Це поле (показане пунктиром) перетинає провідники обмотки ротора і наводить у них ЕРС E_2 . Під дією ЕРС у замкнутій обмотці ротора виникає струм I_2 . На кожен провідник обмотки ротора, який пересікає магнітне поле, діє електромагнітна сила F_{em} . Сили, що діють на всі провідники обмотки ротора, створюють обертовий момент, що захоплює ротор услід за полем. Ротор двигуна обертається з асинхронною швидкістю n_2 , меншою, ніж синхронна швидкість обертання поля n_1 , Різниця швидкостей обертання поля і ротора характеризується ковзанням S , яке часто виражається у відсотках:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%.$$

У номінальному режимі роботи двигуна ковзання S звичайно невелике (2–6 %). Якщо ротор нерухомий ($n_2 = 0$), то $S = 100\%$.

Наявність різниці швидкостей n_1 і n_2 принципово необхідна (у двигуні), тому що тільки при цьому магнітне поле перетинає провідники ротора, у них наводиться ЕРС, виникають струми, створюється електромагнітний обертовий момент.

Для зміни напрямку обертання ротора, тобто для реверсування двигуна необхідно змінити напрямок обертання магнітного поля, створюваного обмоткою статора. Це досягають переключенням двох фаз, тобто двох із трьох проводів, що з'єднують обмотку статора з мережею.

СИНХРОННІ МАШИНИ

Синхронні машини використовують як генератори і як двигуни. Майже всі генератори змінного струму – це синхронні машини. Синхронні двигуни застосовують рідше асинхронних і тільки в тих випадках, коли при заданих по-тужності і режимі роботи вони виявляються більш економічними, ніж асинхронні, або коли потрібен привод з абсолютно жорсткою механічною характеристикою. Будова. Побудова і ввімкнення синхронної машини показані на рис. 6.2. У пазах статора 1 машини подібно до того, як це зроблено в асинхронному двигуні, покладена трифазна силова обмотка 3. Початок фазних обмоток позначений А, В, С; кінці – Х, Y, Z. На роторі 2 розміщена обмотка збудження 4. Вона з'єднана через кільця 6 і щітки 5 із джерелом постійного струму. Потужність, необхідна для збудження, складає 0.3–3 % від номінальної потужності синхронної машини.

Принцип дії синхронного генератора. Постійний магнітний потік, створюваний струмом ротора, замикається через сталь ротора, повітряні зазори і осердя статора. Якщо ротор обертається, то створюється обертове магнітне поле. Перетинаючи провідники фазних обмоток статора, це поле наводить у них змінну ЕРС E . Частота обертання ротора n_2 підтримується постійною, тому зміна ЕРС у часі визначається тільки розподілом магнітної індукції уздовж окружності ротора. Цей розподіл має

синусоїдальний характер, тому й у фазних обмотках статора індуються синусоїдальні ЕРС, зсунуті по фазі одна щодо одної на одну третину періоду (120 ел. град). Якщо на роторі p пар полюсів, то за один його оберт p раз змінюється ЕРС і частота цієї зміни $f = pn/60$. Для одержання частоти 50 Гц двополюсний генератор ($p = 1$) повинен робити 3000 об/хв. При підключенні обмотки статора до трифазного навантаження струм, що по ній протікає, створює обертове магнітне поле з частотою обертання n_1 , яка дорівнює частоті обертання ротора n_2 .

Сумарне магнітне поле обертається з тією самою частотою, з якою обертається ротор. Тому машина називається синхронною.

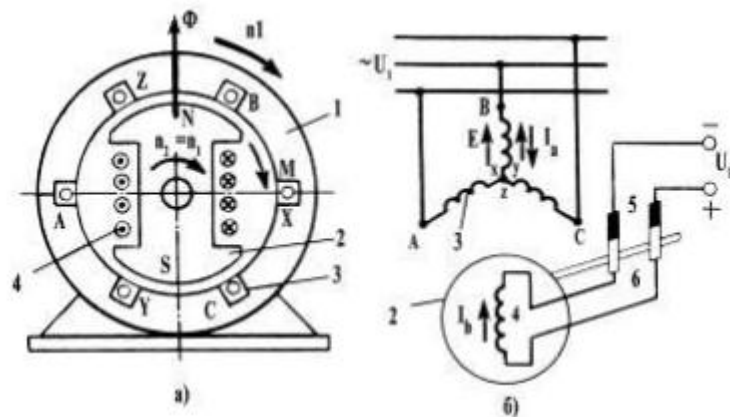


Рисунок 6.2 –Електромагнітна схема синхронної машини
(а) і схема її ввімкнення (б).

1 – статор, 2 – ротор, 3 – обмотка статора, 4 – обмотка збудження

Лекція № 7

Тема: Високовольтні апарати – вимикачі навантаження, роз'єднувачі, розрядники, реактори.

Мета:

- 1 Ознайомитись з призначення електричних апаратів.
- 2 Усвідомити поняття високовольтні апарати.
- 3 Зрозуміти призначення вимикачів навантаження.
- 4 Зрозуміти призначення роз'єднувачів.
- 5 Зрозуміти призначення розрядників і реакторів.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Асинхронні і синхронні машини - конструкція, принцип дії.
- 2 Фазний і короткозамкнений ротор асинхронного двигуна.

3 Явнополюсний і неявнополюсний ротор синхронного генератора.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.

2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.

3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

Електричні апарати – це електротехнічні пристрої, призначені для керування електричними і неелектричними об'єктами, а також для захисту цих об'єктів при ненормальних режимах роботи.

Електричні апарати відіграють важливу роль на всіх етапах виробництва, передачі, розподілу і споживання електроенергії.

ВИСОКОВОЛЬТНІ АПАРАТИ

Високовольтні апарати призначені для роботи в мережах напругою $U \geq 1000$ В. Високовольтні вимикачі – це пристрої, призначені для вмикання і вимикання електричних кіл напругою вище 1000 В під навантаженням і для автоматичного вимикання при небезпечних перевантаженнях і коротких замиканнях.

Швидке вимикання кіл при короткому замиканні є найбільш відповідальною операцією, яку виконують за допомогою вимикачів, тому що це запобігає пошкодженню устаткування і порушенню нормальної роботи енергосистеми.

Струми короткого замикання в колах високої напруги звичайно досягають десятків і сотень кілоампер.

При розмиканні контактів вимикачів виникає електрична дуга, що збільшує час відключення струму і руйнує контакти. Тому у високовольтних вимикачах необхідне швидке гасіння дуги. Існують різні способи гасіння дуги, засновані на її інтенсивній деіонізації та охолодженні, підвищенні електричної міцності середовища, в якому дуга може виникнути.

Спосіб гасіння дуги є основним чинником, що визначає конструкцію вимикачів.

Розрізняють масляні, повітряні, елегазові, автогазові, електромагнітні, вакуумні та інші вимикачі. Керують вимикачами спеціальним приводом і, як правило, дистанційно. В установках невеликої потужності застосування високовольтних потужних вимикачів недоцільне через їхню велику вартість і розміри. Тому в цехових, сільськогосподарських і підсобних підстанціях використовують так звані вимикачі навантаження. Це – автогазові вимикачі, не розраховані на переривання струмів короткого замикання. Як правило, їх встановлюють разом з високовольтними плавкими запобіжниками.

Роз'єднувачі – це апарати, призначені для комутації ділянок електричних кіл під напругою при відсутності струму навантаження. Їх застосовують для забезпечення видимого розриву кола, а також для переключень при складанні необхідної схеми електричних з'єднань. Роз'єднувачі можуть бути однополюсними і триполюсними. Поліс роз'єднувачів незалежно від розмаїтості їхніх конструкцій складається з нерухомого і рухомого (ножа) контактів, укріплених на ізоляторах, опорної плити і рами. Роз'єднувачі можуть мати ручний, електродвигуновий або пневматичний привод. У сучасних потужних електричних мережах для зниження струмів короткого замикання і створюваних ними електродинамічних сил застосовують струмообмежуючі реактори.

Реактор – це котушка індуктивності, розрахована на протікання великих струмів. Для підтримки постійним індуктивного опору реактори виконують без сталевих осердь, внаслідок чого вони мають великі розміри і масу.

Розрядники – апарати для захисту електроустановок від перенапруг (наприклад, при грозі). У розряднику перенапруги знижуються до значень, безпечних для ізоляції мережі, яку захищають, а енергія перенапруги відводиться в землю через заземлюючий провідник. Принцип дії різних конструкцій розрядників заснований на електричному пробі ізоляційного проміжку з наступним відновленням його електричної міцності (після зняття перенапруги).

Останнім часом замість розрядників застосовують нелінійні обмежувачі перенапруги (ОПН), які мають значно кращі захисні характеристики. В ОПН ізоляційний проміжок відсутній.

АПАРАТИ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

До апаратів низької напруги відносять пристрої, що працюють в електричних мережах до 600 В. Серед них розрізняють комутаційні апарати, апарати захисту, пускові й регулювальні резистори, реле різного призначення.

Рубильники – це найпростіші ручні комутаційні апарати. Рубильники можуть бути одно-, дво- і триполюсними. Їхні основні елементи (рис. 7.1): контакти, дугогасильний пристрій, привод.

Контактні ножі 4 рубильника можуть шарнірно повертатися в нижньому контакті 1 і при включенні затискуються в пружних губках 2 верхніх контактів. Рубильники можуть мати центральну або бічну рукоятку 3 або важільний привод. Для гасіння дуги використовують дугогасильні контакти 5 і спеціальні дугогасильні камери.

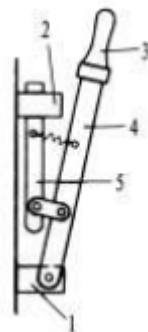


Рисунок 7.1 - Будова рубильника

Пакетні вимикачі – це пристрої, які використовують в мережах із напругою до 380 В і струмами до 100 А, призначені для переключень, що виконують одночасно в декількох електричних колах.

Вони складаються з декількох малогабаритних однополюсних вимикачів, розташованих на загальній осі один над одним і керованих за допомогою загальної рукоятки. В одній площині з рухомими контактами розміщують фіброві дугогасильні шайби, що обертаються разом із контактами. Приводний механізм при повороті рукоятки переводить рухомі контакти з одного фіксованого положення в інше, замикаючи їх із нерухомими контактами (або розмикаючи їх).

Запобіжники – це пристрої для захисту електричних мереж від перевантажень і коротких замикань.

Елементом запобіжників, який розриває коло, є плавка вставка – дріт або металева пластинка, що розплавляється при протіканні по ній струму, небезпечного для мережі, яку захищають.

На рис. 9.2 показано, як влаштований розбірний трубчастий запобіжник.

Він складається з трубки 2 з фібри, ковпаків, що нагвинчуються 1, контактних ножів 4. У середині трубки до ножів приєднана плавка вставка 3. При перегоранні вставки під впливом високої температури невелика частина фібри розкладається, й у закритому корпусі розвивається тиск газів до 100 атмосфер. Дуга, яка виникла, швидко гасне.

У запобіжниках іншого типу плавка вставка вміщена в корпус, заповнений кварцовим піском, що також сприяє швидкому гасінню дуги.

Один і той самий запобіжник можна використовувати з плавкими вставками на різні номінальні струми.

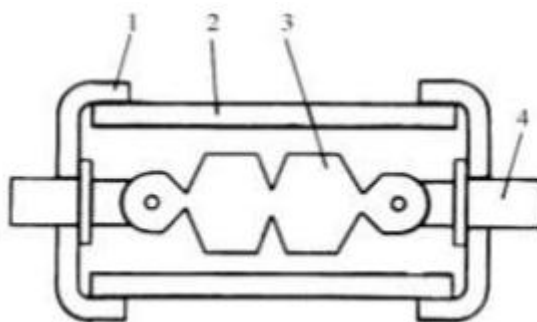


Рисунок 7.2 - Запобіжник

Номінальний струм запобіжника – це найбільший із номінальних струмів плавких уставок, призначених для даної конструкції запобіжника.

Після відключення кола заміняють перегорілу вставку або весь запобіжник. Простота влаштування і обслуговування, малі розміри, висока вимикаюча здатність, невелика вартість забезпечили запобіжникам широке застосування.

Запобіжники низької напруги виготовляють на струми від міліамперів до тисяч амперів і на напруги до 660 В. Недоліком запобіжників є те, що вони в основному одноразової дії.

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) – це апарати, що служать для автоматичного розмикання електричних кіл при порушенні нормального режиму їхньої роботи, а також для нечастих замикань і розмикань кіл у нормальних умовах.

В автоматах є ефективна система гасіння дуги (дугогасильні катушки і решітки) і механізм вільного розчіплювання (система шарнірно-пов'язаних важелів). Цей механізм приводиться в дію біметалічним тепловим (реагуючим на перевантаження) або електромагнітним (реагуючим на струм короткого замикання або зниження напруги) елементом і виконує швидке відключення кола. Включати і відключати автомати можна як вручну, так і дистанційно. На рис. 9.3 показана схема влаштування автомата максимального струму. Коли струм I стає більше заданого значення, електромагніт 6, притягаючи ярмір 5, переборює зусилля протидіючої пружини 4 і звільняє фіксатор 3. Під дією поворотної пружини 1 відбувається швидке розмикання контактів 2.

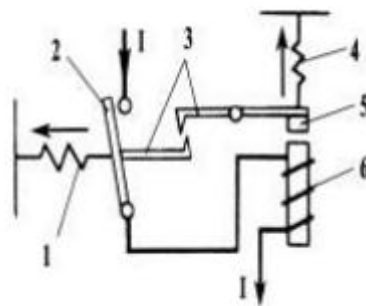


Рисунок 7.2 - –Влаштування автомата максимального струму

Резистори – це пристрої, призначені для обмеження або регулювання струму і напруги.

Їх використовують як пускові, гальмові, регулюючі, розрядні опори в електричних колах низької напруги, електроприводів та інших електроприймачів. Резистори виготовляють з матеріалів з високим опором у широкому діапазоні їхніх номінальних значень (від одиниць ом до десятків кілоом) і допустимих струмів (від одиниць до сотень амперів). Конструкції резисторів різноманітні. Найбільш розповсюдженими з них є: трубчасті резистори, виконані з ніхромового або константанового дроту на теплоємному керамічному або порцеляновому каркасі і покриті емаллю для поліпшення тепловіддачі; резистори рамкової конструкції, в яких

дріт або стрічка з константану або фехралю намотані на порцелянові ізолятори, закріплені на ребрах сталевих пластин тримача (з таких резисторів можна комплектувати «шафи опорів», які звичайно використовують в силових колах електроприводів); чавунні литі і сталеві, штамповані з електротехнічної сталі, резистори.

Чавунні литі й сталеві штамповані резистори збирають у шафи у вигляді пакетів на ізольованих стержнях.

Реостати – це апарати, що складаються з резисторів і пристроїв для регулювання опору і призначені для безрозривної зміни опору.

У металевих реостатах безрозривна зміна опору здійснюється за рахунок ковзання пружного контакту по резистору, намотаному на направляючий ізолюючий стержень (або на кільце в реостаті з круговим рухом рукоятки).

Лекція № 8

Тема: Підстанції та розподільні пристрої (РП) .

Мета:

- 1 Зрозуміти призначення підстанції.
- 2 Зрозуміти призначення розподільного пристрою (РП).
- 3 Ознайомитись з основним видами та обладнанням підстанцій.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Призначення підстанції.
- 2 Призначення розподільного пристрою.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

Перетворення (трансформацію) електричної енергії з більш низької на більш високу напругу і навпаки, а також її розподіл здійснюють на підстанціях.

Види підстанцій. Залежно від призначення і місця в електроенергетичній системі підстанції бувають:

- міжсистемні – призначені для зв'язку між окремими ЕС. Через них передають і на них перетворюють великі потужності електроенергії надвисокої і високої напруги;
- районні – на них перетворюють надвисокі напруги у високі (або високі – в середні напруги) для живлення районних розподільних мереж;
- місцеві – для живлення міських районів, міст або сіл. На них перетворюють високі або середні напруги в більш низькі (6, 10, 20 кВ);
- трансформаторні – для перетворення середніх напруг у більш низькі (380/220 В);
- перетворювальні – для перетворення змінного струму в постійний або з іншим значенням напруги (переважно для електричного транспорту). Їх споруджують і як кінцеві підстанції при переході до ліній електропередачі постійного струму. За способом будівництва розрізняють закриті й відкриті підстанції. При напрузі до 35 кВ їх роблять закритими, при напрузі понад 35 кВ – найчастіше відкритими. Закриті підстанції дорожчі і споруджуються повільніше, але експлуатаційні умови в них кращі.

Основне обладнання. Основним обладнанням в підстанціях є перетворювальні й розподільні пристрої.

Перетворювальними пристроями є трансформатори, випрямлячі струму, інвертори (пристрої, що перетворюють постійний струм у змінний – процес, зворотний випрямленню струму) і перетворювачі частоти.

Розподільні установки – це сукупність обладнання, призначеного для прийому і розподілу електроенергії: шини, вимикачі, роз'єднувачі і т. д.

Для різних за значенням напруг споруджують окремі розподільні установки (рис. 9.1).

Кількість і потужність трансформаторів на підстанції залежать від електричних навантажень і вимог безпечної експлуатації. Часто підстанції споруджують з двома і більше трансформаторами, які можуть працювати паралельно. Залежно від вимог щодо безперервності живлення усіх споживачів підрозділяють на три категорії: першу, другу і третю. Живлення електроенергією споживачів першої і

другої категорії здійснюють від двох або більше незалежних джерел або окремих трансформаторів.

Невеликі трансформаторні підстанції для живлення споживачів третьої категорії виконують з одним трансформатором (рис. 9.2). Зі схеми видно послідовність з'єднання електричних пристроїв. Живлення здійснюється повітряною лінією електропередачі через прохідний ізолятор ПІ. Вентильні розрядники ВР служать для захисту обладнання трансформаторної підстанції від перенапруг.

Роз'єднувач Р трансформатор можна відключити з боку високої напруги. Захист від перевантажень і коротких замикань здійснюється за допомогою плавких запобіжників ЗпВН. У розподільчому щиті низької напруги змонтована комутаційна і вимірювальна апаратура. Від щита відводять виводи для живлення споживачів.

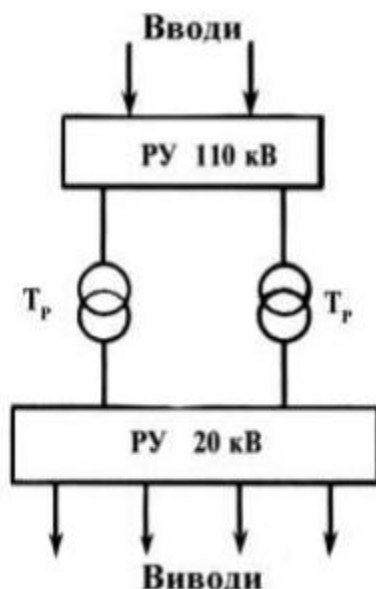


Рисунок 9.1 - Структурна схема розподільної установки

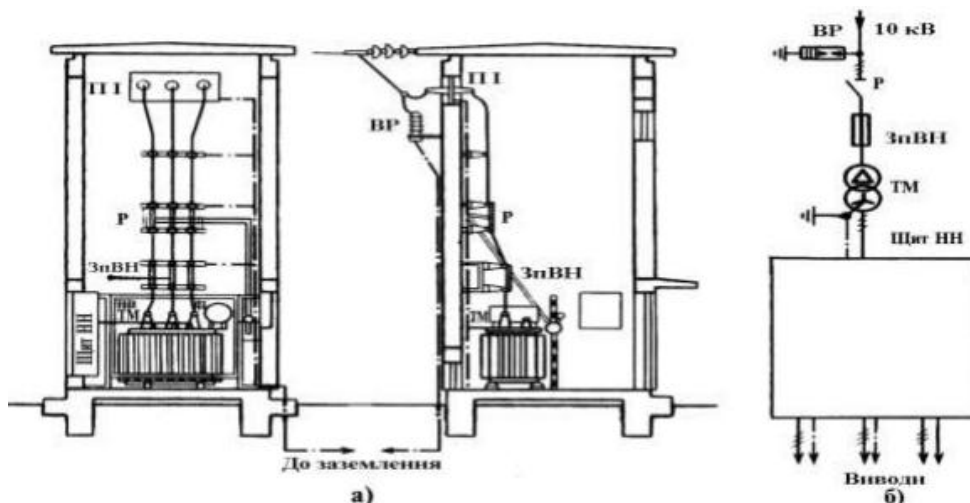


Рисунок 9.2 - –Будова (а) і принципова схема (б) трансформаторної підстанції

Лекція № 9

Тема: Економія електричної енергії.

Мета:

- 1 Ознайомитись з основними галузями застосування електричної енергії.
- 2 Усвідомити способи економії електричної енергії в побуті, промисловості.
- 3 Зрозуміти основні параметри, по яким оцінюється якість електричної енергії.

Методи: словесний, наочний

План:

- 1 Основні галузі використання електричної енергії.
- 2 Основні способи економії електричної енергії в побуті, промисловості.
- 3 Якість електричної енергії.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

конспект, підручник

Література:

- 1 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность. Электроэнергетика. М.: Высшая школа, 1978 г.
- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М., «Высшая школа», 1999 г.
- 3 Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. М., «Энергия», 1976 г.

Електричну енергію застосовують усюди, тому що вона має винятково широкі властивості. Збільшується її споживання і для побутових потреб.

Збільшення витрати електроенергії створює труднощі в електропостачанні у визначені години доби й в окремі сезони року. Найбільші труднощі виникають в осінньо-зимовий час, а також у ранкові й вечірні години. Крім того, для виробництва енергії використовують невідновлювані енергетичні джерела – вугілля, нафту, природний газ, що в перспективі будуть вичерпані. Усе це змушує проводити заходи щодо економії електричної енергії й ефективного використання енергетичних ресурсів.

Економія означає не обмеження і позбавлення електроенергії, а розумну й ощадливу її витрату.

Показовим є те, що в різних країнах для виробництва того самого виду і кількості продукції витрачається різна кількість електроенергії.

Економія електроенергії в побуті може здійснюватися завдяки застосуванню електропобутових приладів і освітлювальних пристроїв з більш високим ККД, що підходять за типом і потужністю, шляхом недопущення роботи споживачів вхолосту (зайві включені лампи, нагрівальні електроприлади, телевізори та ін.). У промисловості електроенергію заощаджують за рахунок обмеження часу роботи електродвигунів і освітлювальних пристроїв вхолосту, збільшення навантаження механізмів і машин до номінального, заміни недовантажених двигунів іншими, які підходять за потужністю, вибору найбільш економічного режиму роботи трансформаторів, зменшення їхнього числа при паралельній роботі, використання джерел світла й освітлювальних пристроїв з кращими енергетичними показниками. Економію електроенергії (до 2...5%) можна отримати за рахунок точного зведення балансів, знаходження втрат і виявлення неврахованих споживачів. Для цього треба встановити сучасні лічильники електроенергії, що є першим етапом створення автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ). Такі системи дозволяють за допомогою комп'ютера зібрати дані з усіх лічильників, провести аналіз споживання, зробити прогноз і підготувати звіти. Економія електроенергії пов'язана і з перебудовою економіки. Необхідно вчасно замінити застарілі енергоємні технології на нові, більш прогресивні, які забезпечують мінімальне споживання електроенергії на одиницю продукції. Необхідні прогресивні норми витрати енергії, що відповідають оптимальним технологічним процесам.

Економія електроенергії приводить до зниження собівартості продукції і дає можливість виробити додаткову продукцію. Втрати електроенергії – це даремно і безповоротно загублені енергетичні ресурси. Сьогодні, на відміну від минулих років, про ступінь розвитку і про стандарт життя в будь-якій країні судять не за кількістю виробленої електроенергії на душу населення, а за кількістю зробленої продукції на одиницю витраченої електроенергії або за кількістю електроенергії, що витрачається на одиницю національного доходу.

Якість електроенергії. Електрична енергія, вироблена на електростанціях, повинна мати строго визначені параметри. *Про якість електроенергії судять в основному за рівнем напруги і частоти електричного струму.*

Тільки при живленні номінальною напругою і частотою споживачі електроенергії працюють в оптимальному режимі. Для одержання електричної енергії з номінальними параметрами на електростанціях і розподільних пристроях вводять автоматичне регулювання напруги і частоти. Крім вищезазначених, державний стандарт передбачає контроль ще ряду параметрів.