

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

Програма курсу, контрольні завдання  
і методичні вказівки до виконання курсового проекту  
«ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ»

та для студентів спеціальності 6.05070103  
«Електротехнічні системи електроспоживання»  
усіх форм навчання

Суми 2017

Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебедка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.

Кафедра електроенергетики

# 1 Програма курсу «Електрична частина станцій і підстанцій»

## Передмова

Предметом вивчення дисципліни є:

- основне електричне устаткування електричних станцій і підстанцій;
- генератори, трансформатори, електричні апарати високої і низької напруг;
- схеми електричних станцій і підстанцій, схеми розподільних пристроїв, власних потреб, установок оперативного струму і вторинних кіл;
- конструкції розподільних пристроїв, щитів управління до інших елементів станцій і підстанцій.

При цьому основна увага приділяється підстанціям промислових підприємств, міст, сільськогосподарських районів, теплоелектроцентралям (ТЕЦ).

Атомні і гідравлічні станції розглядаються лише в загальному плані, для розширення кругозору студентів.

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів знань про конструктивні особливості основного устаткування й електричних апаратів, застосовуваних на електростанціях, підстанціях, схемах електричних з'єднань станцій і підстанцій.

Програма з даної дисципліни складена на підставі типової програми, до неї належать усі розділи курсу. Після кожного розділу складені питання, які дозволяють проконтролювати знання з досліджуваного матеріалу, що необхідно під час самостійної роботи студентів, особливо заочної форми навчання.

Успішне засвоєння даної дисципліни допускає роботу з обраної спеціальності і наявність знань з раніше досліджуваних предметів: "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні машини", "Електричні системи і мережі".

1.1 Введення. Загальні питання енергетики й електрифікації України. Зміст і задачі курсу. Перспективи розвитку електроенергетики у світлі енергетичної програми України, загальні

зведення про електростанції, підстанції й енергосистеми. Особливості технологічного устаткування і режимів роботи електростанцій різних типів, їх роль в електрифікації України. Особливості в сфері застосування фабрично-заводських електростанцій. Забезпечення надійності електропостачання промислових підприємств.

#### Питання для самоперевірки

- 1 Чим відрізняється технологічна схема ТЕЦ від КЕС?
- 2 Накреслити структуру найпростішої електричної енергосистеми.
- 3 Які переваги роботи електростанцій в енергосистемі?
- 4 Основні типи технологічних схем АЕС.
- 5 Які типи підстанцій застосовуються в електричних системах?

1.2 Основне електроустаткування електричних станцій і підстанцій. Синхронні генератори на електростанціях. Основні параметри турбо- і гідрогенераторів, ріст потужностей і його значення для ощадливої роботи електростанцій. Охолодження синхронних генераторів. Системи порушення й автоматичне гасіння поля синхронних генераторів. Ввімкнення генераторів на паралельну роботу. Синхронні компенсатори, їх основні параметри, системи пуску.

Трансформатори й автотрансформатори в схемах електростанцій і підстанцій. Їхні основні параметри і режими роботи. Способи регулювання напруги трансформаторів. Тепловий режим і навантажувальна здатність силових трансформаторів. Особливості конструкції і режими роботи автотрансформаторів.

#### Питання для самоперевірки

- 1 Які системи порушення застосовуються для сучасних генераторів, їх переваги і недоліки ?
- 2 Пояснити необхідність пристрою автоматичного гасіння поля. При якому способі час гасіння менший і чому ?

- 3 Перелічити умови і способи ввімкнення генераторів на паралельну роботу.
- 4 Пояснити призначення і режими роботи синхронного компенсатора.
- 5 Пояснити ввімкнення синхронного компенсатора в роботу.
- 6 Чому техніко-економічні показники автотрансформаторів вищі ніж у трансформаторів?
- 7 Якими величинами і номінальними параметрами характеризуються трансформатори й автотрансформатори?
- 8 У чому перевага трансформаторів із розщепленою обмоткою перед трансформаторами тієї самої потужності, але без розщеплення обмотки?
- 9 Як регулюється напруга в трансформаторах?
- 10 Як визначаються допустимі аварійні та систематичні перевантаження трансформаторів?
- 11 Чому не можна розземляти нейтралі автотрансформаторів для обмеження струмів однофазного замикання на землю?
- 12 Перелічити переваги і недоліки мереж із незаземленою і з ефективно-заземленою нейтраліями, сфера застосування цих режимів.

1.3 Розрахункові умови для вибору електричних апаратів до струмоведучих частин електроустановок. Обмеження струмів КЗ. Режими роботи електроустановки (нормальний, ремонтний, аварійний, після аварійний). Розрахункові струми тривалого режиму в колах різних елементів (генераторів, трансформаторів, ліній, збірних шин і т.д.) електростанцій і підстанцій. Струми КЗ для вибору електричних апаратів і струмоведучих частин (провідників). Електродинамічна стійкість апаратів і провідників при КЗ. Нагрівання провідників у тривалому режимі і при КЗ. Термічна стійкість електричних провідників і апаратів.

Необхідність обмеження струмів КЗ. Способи обмеження струмів КЗ (схемні рішення, розподіл мережі, струмообмежувальні пристрої). Струмообмежувальні реактори: основні типи, схеми ввімкнення та їх вибір.

### Питання для самоперевірки

- 1 Які струми є розрахунковими струмами тривалого режиму?
- 2 Які значення струмів КЗ необхідно розрахувати для вибору (перевірки) електричних провідників і апаратів?
- 3 Що розуміють під електродинамічною стійкістю провідників і апаратів?
- 4 Які умови нагрівання провідника у тривалому режимі і при КЗ?
- 5 Що розуміють під термічною стійкістю провідників і апаратів?
- 6 Як визначається тепловий імпульс (імпульс квадратичного струму КЗ)?
- 7 Як визначають температуру нагрівання провідника при КЗ?
- 8 Які способи обмеження струмів КЗ застосовують на електростанціях і підстанціях?
- 9 Призначення здвоєних реакторів.
- 10 Які умови вибору секційних і лінійних реакторів?

### 1.4 Електричні апарати, що вимикають

Класифікація апаратів, що вимикають, використовуваних в електроустановках до 1000 В. Дуговий розряд в апаратах, що вимикають. Характеристика дуги постійного струму. Особливості вимкнення дуги перемінного струму. Методи гасіння дуги в апаратах, що вимикають: газове дугтя, магнітне дугтя з затягуванням дуги у вузькі щілини, поділ дуги на короткі дуги, гасіння дуги у вакуумі.

### Питання для самоперевірки

- 1 Гасіння дуги в бакових вимикачах типу МКП-110 (220) або В-110 (220).
- 2 Які приводи застосовуються для керування вимикачами? Їх переваги і недоліки?
- 3 Як відбувається гасіння дуги в запобіжниках?
- 4 Призначення роз'єднувачів.
- 5 Які операції дозволяється робити роз'єднувачами?
- 6 Чим віддільник відрізняється від роз'єднувача ?
- 7 Чим короткозамикач відрізняється від роз'єднувача? Чому ко-

роткозамикачі в електроустановках 110-220 кВ виконуються однополюсними, а в електроустановках 35 кВ двополюсними.

8 Де застосовуються віддільники і короткозамикачі і як вони працюють?

9 Які переваги застосування віддільників і короткозамикачів на знижувальних підстанціях?

10 Яка принципова відмінність вимикача навантаження від звичайного вимикача?

11 Які комутаційні апарати застосовуються в електроустановках до 1000 В і яке їх призначення?

12 Які умови вибору і перевірки вимикачів, роз'єднувачів, запобіжників?

13 Які особливості вибору віддільників і короткозамикачів порівняно із роз'єднувачами?

### 1.5 Вимірювальні трансформатори

Призначення і загальна характеристика вимірювальних трансформаторів.

Трансформатори напруги - основні параметри, погрішності. Залежність погрішностей ТН від різних факторів. Основні типи і схеми ввімкнення ТН. Особливості однофазних і трифазних ТН. Каскадні ТН. Ємнісні дільники напруги, сфера їх застосування.

Трансформатори струму (ТТ) - основні параметри, погрішність, Залежність погрішностей ТТ від різних факторів. Схеми ввімкнення ТТ. Основні типи ТТ і сфера їх застосування. Вибір і перевірка ТН і ТТ.

### Питання для самоперевірки

1 У чому особливість режиму роботи і конструкції трансформатора напруги?

2 Чим визначається номінальна і максимальна потужність трансформатора напруги?

3 Які трансформатори напруги використовуються для контролю ізоляції і яка їх схема з'єднання обмоток ?

4 Як змінюються напруги на вторинних обмотках ТН при зами-

канні однієї з фаз на землю для мережі з ізолюваною нейтраллю?

5 Які типи і конструкції трансформаторів напруги випускають на напруги: 6-35 кВ; 110-1150 кВ?

6 Класи точності ТН?

7 У чому полягають особливості режиму роботи і конструкції ТТ?

8 Які погрішності у вимірі дають ТТ і від чого вони залежать?

9 Які типи і конструкції ТТ випускає на напруги 3-24 кВ?

10 Чим небезпечний розрив вторинної обмотки трансформаторів струму?

11 Які точки заземляються і для якої мети в схемах з'єднання обмоток: а) трансформаторів струму; б) трансформаторів напруги?

12 Що відбудеться, якщо вторинне навантаження ТТ або ТН перевищить номінальну?

13 Які ТТ призначені для контролю струму нульової послідовності?

14 Як вмикається ТТ нульової послідовності на кабельних лініях?

15 Чому не рекомендується вибирати ТТ із великим запасом по первинному струму?

16 З яких елементів складається вторинне навантаження ТТ?

17 Перелічити умови вибору і перевірки ТТ і ТН.

### 1.6 Провідники, шинні конструкції, ізолятори і струмопроводи в розподільних пристроях

Основні види провідників, застосовуваних у колах електростанцій і підстанцій. Конструкції та характеристики гнучких, твердих провідників і кабелів. Конструкції і характеристики гнучких, твердих провідників і кабелів. Комплектні струмопроводи, їх призначення і область застосування. Комплектні струмопроводи з елегазовою ізоляцією. Вибір перетину шин. Механічний розрахунок твердих шин. Вибір гнучких шин і струмопроводів. Вибір кабелів. Типи ізоляторів, застосовуваних для кріплення шин (провідників), їх вибір.



### Питання для самоперевірки

- 1 У яких випадках застосовуються однополюсні і багатопольсні шини, шини коробчатого перетину?
- 2 У яких колах на електростанціях і підстанціях застосовуються комплектні струмопроводи?
- 3 Способи компенсації вищого магнітного поля на комплектних струмопроводах?
- 4 Перелічити умови вибору твердих провідників, гнучких провідників і кабелів.
- 5 Особливості вибору перетину збірних шин.
- 6 Які основні типи ізоляторів застосовуються на електричних станціях і підстанціях?
- 7 Умови вибору ізоляторів.

### 1.7 Основні схеми електричних станцій і підстанцій

Вимоги до основних схем електричних станцій і підстанцій. Загальні принципи побудови електричних схем електроустановок. Структурні схеми ТЕЦ, КЕС, АЕС. Схеми електричних з'єднань розподільних пристроїв (РУ) на електростанціях і підстанціях. Схеми РУ ТЕЦ на генераторній напрузі: одиночна, подвійна секційна система шин. Схема «кільця». Схеми РУ районних і заводських підстанцій на зниженій напрузі.

Схема ТЕЦ і підстанцій на підвищених напругах: блоки «лінія-трансформатор» (Л-Т), містки, багатокутники, полуторна схема, одиночна і подвійна система шин з обхідною. Експлуатаційні особливості та сфери застосування зазначених схем.

### Питання для самоперевірки

- 1 Які фактори враховуються під час вибору основних схем станцій і підстанцій?
- 2 Які особливості головної схеми ТЕЦ у порівнянні з КЕС?
- 3 Які схеми електричних з'єднань застосовуються на генераторній напрузі ТЕЦ ?
- 4 Поясніть мету секціонування збірних шин.
- 5 Область застосування, переваги і недоліки таких схем:

- а) багатокутника;
- б) 3/2, 4/3 вимикача на коло;
- в) із двома (однією) системами збірних шин і обхідної;
- г) схеми містків з автоматичною перемичкою (з віддільниками) і неавтоматичною перемичкою (з роз'єднувачами);
- д) трансформатора-шини з приєднанням ліній через два вимикачі .

6 Оперативні переключення під час виведення в ремонт лінійного вимикача для схеми РУ з обхідною системою шин.

7 Оперативні переключення при перекладі приєднань з однієї системи шин на іншу для схеми РУ з двома системами шин.

### 1.8 Власні потреби (в.п.) і оперативні кола на електростанціях і підстанціях

Склад власних потреб теплових електростанцій і підстанцій. Основні принципи забезпечення надійності в.п. з урахуванням самозапуску електродвигунів. Схеми власних потреб ТЕЦ. Особливості живлення власних потреб блоків генератор-трансформатор. Схеми живлення в.п. підстанцій. Особливості живлення в.п. підстанцій з постійним і змінним оперативним струмом.

Системи оперативного струму на електростанціях і підстанціях: змінний, постійний, випрямлений. Їх особливості і сфера застосування.

#### Питання для самоперевірки

- 1 Чим визначається витрата потужності на власні потреби нестатки для електростанції?
- 2 Які механізми належать до складу системи в.п. електростанції і що є їхнім приводом?
- 3 Як забезпечується самозапуск електродвигунів в.п. ?
- 4 Які напруги використовуються у системі в.п. електростанцій (підстанцій)?
- 5 Як здійснюється живлення в.п. на електростанціях і резервування?
- 6 Що застосовується як джерело постійного струму на електро-

станціях і підстанціях?

7 Чим відрізняється схема живлення в.п. підстанцій з оперативним і постійним струмом?

8 На яких підстанціях використовується постійний оперативний струм?

9 Склад споживачів в.п. на підстанціях.

1.9 Компонування електричного устаткування на електростанціях і підстанціях. Конструкції розподільних пристроїв (РП)

Принципи комплектування устаткування на ТЕЦ, районних і заводських підстанціях. Взаємне розміщення трансформаторів і синхронних компенсаторів на підстанціях, їхній зв'язок з розподільним пристроєм. Взаємне розміщення трансформаторів, генераторів і РП на електростанціях. Приклади типових компонок ТЕЦ і підстанцій.

Вимоги до конструкцій РП, область застосування відкритих до закритого РП. Типові конструкції закритих і відкритих РП. Комплектні розподільчі пристрої 6-35 кВ. Збірні осередки типу КСО, КРП, КРН, КРПН. Комплектні розподільчі пристрої 110-220 кВ із елегазовою ізоляцією, їх переваги і перспективи застосування. Комплектні трансформаторні підстанції 6-110 кВ.

#### Питання для самоперевірки

1 Назвіть і поясніть переваги і недоліки відкритих і закритих РП високої напруги.

2 Як впливає електрична схема ГРП на його конструкцію?

3 Чим відрізняється КРП від КРПН ?

4 Для якої мети змонтований у КРП вимикач на викотному візкові?

5 Яке РП забезпечує більшу безпеку обслуговування (ЗРП або КРП)?

6 Які вимоги ТБ пред'являються в ЗРП і ВРП?

7 Як забезпечуються вимоги пожежної безпеки залежно від типу установлюваних вимикачів?

8 Конструктивні особливості ЗРП, що забезпечують безпеку в розподільчому пристрої.

9 Конструктивні особливості ВРУ, що забезпечують пожежобезпеку.

## 2 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Навчальним планом для студентів заочної форми навчання передбачене виконання контрольної роботи та курсового проекту з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій».

Вихідні дані для виконання курсового проекту наведені у табл. 12, 13. Виконання контрольних завдань є частковим виконанням деяких пунктів завдання курсового проекту з електричної частини станцій і підстанцій, тому під час виконання проекту можна посилатися на контрольні роботи. Під час роботи над контрольними завданнями варто ознайомитися з методичними вказівками з курсового проекту і літератури, що рекомендується в них.

Для студентів денної форми навчання робочим планом передбачене виконання розрахунково-графічної роботи і курсового проекту.

### Завдання на контрольну та розрахунково-графічну роботи

За вихідними даними для курсового проектування:

- 1) перевірити потужність силових трансформаторів за графіком навантаження;
- 2) розрахувати струми трифазних коротких замикань;
- 3) за номінальними параметрами зробити вибір вимикачів і роз'єднувачів у РП всіх напруг підстанції. Дати короткий опис обраних вимикачів і роз'єднувачів.

## З КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

### Введення

Послідовність викладу матеріалу в методичних вказівках відповідає порядку виконання розділів розрахунково-пояснювальної записки курсового проекту.

Заданий обсяг методичних вказівок не дозволяє докладно розглянути всі пункти завдання й у цьому немає необхідності. Такі розділи, як розрахунок струмів КЗ, вибір електричних апаратів та ін. докладно викладені у навчальній літературі з розв'язанням прикладів і задач, тому під час роботи над проектом варто керуватися літературою, що рекомендується.

Усі рішення у проекті варто приймати обґрунтовано і відповідно до норм технологічного проектування (НТП) та іншими нормативними матеріалами (ПУЕ, ПТЕ і т.п.)

Метою методичних вказівок є допомога студентам денного і заочного відділень у розв'язанні ряду питань, оформлень до захисту курсового проекту. Особлива увага в проекті повинна бути звернена на вибір варіанта з економічної теми, екологію.

Для виконання курсового проекту студентам-заочникам необхідне знання курсу "Електрична частина станцій і підстанцій" з програми, викладеної в розділі 1 даних методичних вказівок. Для успішного захисту проекту необхідно знати основи таких дисциплін: "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні виміри", "Електричні мережі" та ін.

3.1 Завдання на курсовий проект "Електрична частина станцій та підстанцій": користуючись вихідними даними, виконати проект електричної частини підстанції для живлення споживачів I і II категорій, тип підстанції – прохідна, живиться від енергосистеми двома повітряними лініями.

#### 3.1.1 Пояснювальна записка

##### Вступ

- 1 Вибір та перевірка потужності силових трансформаторів.
- 2 Розрахунок струмів КЗ.

- 3 Вибір засобів обмеження струмів КЗ (якщо в цьому є необхідність) і комутаційної апаратури для розподільчих пристроїв підстанції.
  - 4 Вибір трансформаторів і схеми власних потреб підстанції.
  - 5 Вибір вимірювальних приладів для основних кіл підстанції і вимірювальних трансформаторів.
  - 6 Вибір збірних шин, струмопроводів і кабелів на боці низької (середньої) напруги підстанції.
  - 7 Вибір принципової схеми первинних з'єднань підстанції.
  - 8 Вибір розподільних пристроїв, основні конструктивні рішення.
- Список використаної літератури.

### 3.1.2 Креслення

- 1 Однолінійна схема первинних з'єднань підстанції.
- 2 План і розріз одного із розподільчих пристроїв зі схемою заповнення (КРП).

### 3.1.3 Вихідні дані для проекту:

1. Номінальне навантаження споживачів, приєднаних на боці низької напруги (НН) підстанції.
- 2 Потужність КЗ системи, МВА.
- 3 Реактивні опори ліній зв'язку із енергосистемою.
- 4 Добовий графік навантаження споживачів підстанції (у %).

## 3.2 Вимоги до оформлення курсового проекту

Курсовий проект складається з розрахунково-пояснювальної записки і графічного матеріалу. Записка може складатися з 25-30 сторінок рукописного тексту, графічний матеріал містить 1-2 аркуша креслень формату А1.

Пояснювальна записка вміщує такі розділи:

- а) бланки завдань і вихідні дані на виконання проекту;
- б) глави пояснювальної записки;
- в) список використаної літератури.

Результати в пояснювальній записці необхідно за можливості оформляти у вигляді таблиць. Усі прийняті рішення пови-

нні улаштовуватися і мати посилання на літературу. Рисунки виконуються з дотриманням усіх вимог до позначень. Креслення виконуються з вимогою ЄСКД, ГОСТів і нових стандартів. Дані для оформлення креслень і схем наведені у довідкових матеріалах і навчальній літературі.

#### Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – К., 2014.
2. Лисовский Г.С., Хейфиц М.Э. Главные схемы и электротехническое оборудование подстанций 35-750 кВ.- М.: Энергия, 1977.-464 с.
3. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987, 2004.
4. Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций.- М.:Энергия, 1990.
5. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 640 с.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергия, 1988.
7. Справочник по проектированию / Г.К.Вишняков, Е.А. Гоберман, С.Л. Гольцман и др. / Под ред. С.С. Рокотяна и Я.С. Самоилова. - М: Энергоиздат, 1982.-352 с.
8. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей / Под редакцией В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1981. - 304 с.
9. Электротехнический справочник. Производство, передача и распределение электрической энергии /Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г.Герасимова, П.Г.Грудинского и др.- 6-е изд.- М.:Энергоиздат, 1982- Т.3.- Кн.1.- 656 с.
10. Справочник по электротехническим установкам высокого напряжения/ Под ред. И.А.Баумштейна, М.В.Хомякова.- 2-е изд.-М.: Энергия, 1981.- 656 с.
11. Околович М.И. Проектирование электрических станций.- М.: Энергоиздат, 1982.- 400 с.
12. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения.

промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

13. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Электрооборудование и автоматизация / Под ред. А.А. Федорова, Г.В. Сербиновского. - М.: Энергия, 1981. - 624 с.

14. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро. - М. 1985, 2005.

15. Дорошев К.И. Комплектные распределительные устройства 6-35 кВ. - М.: Энергоиздат., 1982.- 376 с.

16. Белецкий О.В. и др. Обслуживание электрических подстанций. - М.: Энергоатомиздат, 1985.- 416 с.

17. Гух Ю.В., Каптан В.В., Петрова С.С. Проектирование электрической части станций и подстанций. - Л.: Энергоатомиздат, 1985.- 312 с.

### Приклад виконання курсового проекту

Завдання на розроблення курсового проекту підстанції 110/10 кВ.

1 Потужність навантаження, МВА.

2 Потужність короткого замикання системи, МВА.

3 Живильна лінія 110 кВ Л1 і Л2 км.

4 Провід АС- 150, тупикова.

### Реферат

Проект містить ... сторінок пояснювальної записки, ... таблиць, ... рисунків, 2 аркуші графічної частини.

Обрано потужність силових трансформаторів і трансформаторів власних потреб, прийнята головна схема з'єднань, обране основне устаткування й ошиновка.

Ключові слова

Підстанції, трансформатор, вимикач, роз'єднувач, шини, трансформатор струму, трансформатор напруги.

### Зміст

Вступ

1 Вибір потужності силових трансформаторів.

2 Розрахунок струмів короткого замикання.



- 3 Вибір високовольтних апаратів РП електричних частин.
- 4 Вибір трансформаторів власних потреб.
- 5 Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги.
- 6 Вибір ошиновки РП.
- 7 Вибір схеми електричних з'єднань підстанцій.
- 8 Компонування РП 110 кВ і конструктивна частина.
- 9 Компонування РП 6-10 кВ і конструктивна частина.

Список використаної літератури.

### Вступ

На даний момент Україна перебуває у складному економічному становищі, що сильно відбивається на енергетиці в цілому. У зв'язку з переходом України до ринкових відносин виникло багато ускладнень і вони не обійшли енергетику.

Для економічного використання електричного устаткування, зокрема силових трансформаторів установлюваних на ПС, необхідно робити більш точні розрахунки; компонувати так споживачів, щоб навантаження розподілилося рівномірно протягом дня. Необхідний більш точний облік електроенергії перетворень на ПС.

### 1 Вибір потужності силових трансформаторів

Для підстанцій були обрані трансформатори потужності S МВА типу ТДН. Більш точно обрані трансформатори, з огляду на графік навантаження.

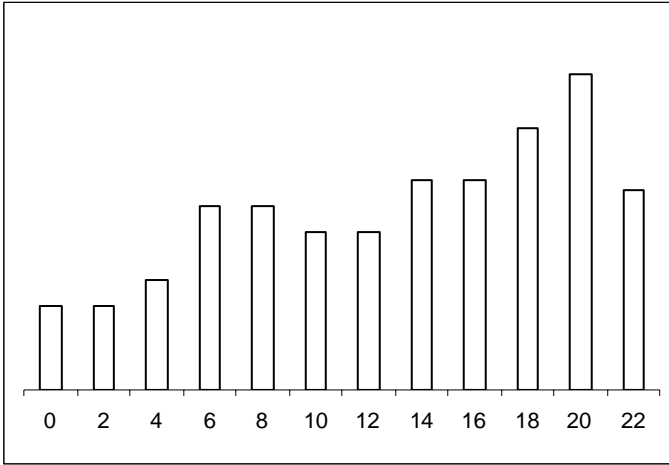


Рисунок 1 - Графік навантаження підстанції

Для перевірки правильності вибору трансформатора реальний графік навантаження перетворимо в двоступінчастий. Початкове навантаження еквівалентного графіка визначається за

$$\text{формулою } K_1 = \frac{1}{S_{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

де  $S_1, S_2, \dots, S_n$  - власне навантаження першого; другого; n-го ступеня графіка навантаження, розміщеного нижче лінії номінальної потужності трансформатора (або на ній);

$t_1, t_2, \dots, t_n$  - тривалість ступеня, година.

Аналогічно визначається другий ступінь еквівалентного графіка, але при цьому беруться ступені, розміщені вище лінії номінальної потужності трансформатора

$$K_2 = \frac{1}{S_{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

де  $S_1, S_2, \dots, S_n$  - навантаження вище лінії номінальної потужності трансформатора.

Максимальне перевантаження трансформатора складає

$$K_{MAX} = \frac{S_{MAX}}{S_{НОМ}},$$

де  $S_{MAX}$  - максимальне навантаження трансформатора за графіком навантаження.

Попереднє значення  $K_2$  необхідно порівняти із значенням  $K'_2 = 0,9K_{MAX}$ , і якщо значення  $K'_2$  більше за значення  $K_2$ , остаточно беремо  $K_2 = K'_2$ .

За ГОСТом 14209-85 з урахуванням еквівалентної температури зимового періоду і часу перевантаження  $t_{час}$ , знаходимо значення перевантаження допустиме  $K_2$ .

Порівнюємо значення  $K_2$  за ГОСТом і реальне. Якщо значення  $K_2$  за ГОСТом менше, ніж реальне, значить трансформатор обраний неправильно і необхідно вибрати трансформатор більш потужний.

Для надійності беремо два трансформатори. У разі виходу з ладу одного трансформатора, другий забезпечить живлення споживача без обмеження.

## 2 Вибір основної схеми електричних з'єднань підстанцій

Основна схема електричних з'єднань повинна задовольняти такі вимоги:

- забезпечувати надійність електропостачання в нормальних і післяаварійних режимах;
- враховувати перспективи розвитку;
- допускати можливість розширення;
- забезпечувати можливість виконання ремонтних і експлуатаційних робіт на окремих елементах схеми і без відключення приєднань.

При цьому варто застосовувати найпростіші схеми. Для тупикової схеми рекомендується застосовувати схему «два блоки з вимикачем у колах трансформатора і неавтоматичною перемичкою». Схема підстанцій повинна бути наведена на місці 1-ї графічної частини проекту.

### 3 Вибір трансформаторів власних потреб Приймачами власних потреб є:

- оперативні кола;
- електродвигуни, системи охолодження силових трансформаторів, освітлення і електроопалення приміщень;
- електропідігрівання комутаційної апаратури і т.д.

Сумарна розрахункова потужність приймача власних потреб визначається з урахуванням коефіцієнтів попиту. Розрахунок потужності приймача власних потреб наведений у табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахунок потужності приймача власних потреб

Но- мер по по- рядку	Найменування споживача	Кількість одиниць	Потуж- ність одиниць, кВт	Коеф. попиту	$\cos \varphi$	Споживана Потужність, кВт
1	Охолодження трансформаторів			0,82	0,86	
2	Підігрів високово- льтних вимикачів зовнішньої устано- вки			1	1	
3	Підігрів приводів роз'єднувачів зов- нішньої установки			1	1	
4	Опалення, освіт- лення, вентиляція закритого РП			0,65	0,95	
5	Освітлення ВРП			0,65	0,93	
Сумарне навантаження власних потреб кВА						

На підстанції передбачається установка 2 трансформато-  
рів власних потреб. Номінальна потужність вибирається з  
умов  $S_{ТСН} \geq S_{СН}$ ,

де  $S_{ТСН}$  - потужність трансформатора власних потреб, кВА;

$S_{СН}$  - потужність споживачів власних потреб, кВА.

Ремонтне навантаження на підстанції можна брати таким, що дорівнює  $S_{TCP}$  20 – 25 кВА.

Під час ввімкнення цього навантаження на один трансформатор допускається його перевантаження на 20%. Потужність трансформатора для забезпечення живлення навантаження власних потреб з урахуванням ремонтних навантажень

$$S_{TCH} = \frac{S_{TTP} + S_{CH}}{1,2}, \text{кВА.}$$

Беремо стандартну потужність трансформатора  $S_{TCH}$  кВА. Остаточно для живлення споживача власних потреб беремо два трансформатори стандартної потужності.

#### 4 Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів короткого замикання необхідні для правильного вибору устаткування на стороні 110 кВ і 10 кВ. Підстанція живлення за двома тупиковими лініями: схеми заміщення для розрахунку струмів короткого замикання наведена на рис. 2.

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110 кВ центра живлення складає  $S_c = MVA$ .

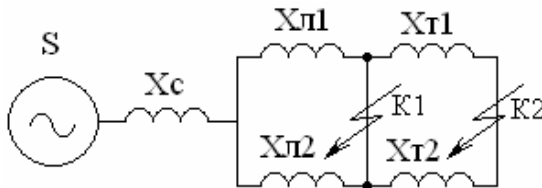


Рисунок 2 – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Опір системи дорівнює

$$X_C = \frac{U_B^2}{S_C} \text{ Ом.}$$

Опір працюючих ліній  $X_L = \dots$ ; трансформаторів  $X_T = \dots$ .

Періодична складова СКЗ у точці  $K_1$

$$I_{K1} = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L)} \text{ кА,}$$

та сама у точці  $K_2$  приведена до напруги вищої сторони

$$I_{K2}^B = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L + X_T)} \text{ кА,}$$

реальний СКЗ у точці  $K_2$

$$I_{K2} = I_{K2}^B \cdot \frac{110}{10} \text{ кА.}$$

Ударний струм

- у точці  $K_1$ :  $i_{y01} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{K1}$  кА;

- у точці  $K_2$ :  $i_{y02} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{K2}$  кА.

Допустимо, що амплітуда ЕДС і періодична складова ТКЗ незмінні за часом, тому через час, який дорівнює часу відключення

$$I_{nr} = I_{K1} \text{ кА для точки } K_1;$$

$$I_{nr} = I_{K2} \text{ кА для точки } K_2.$$

Аперіодична складова ТКЗ до моменту розбіжності контактів вимикача

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{-\frac{t}{T_a}},$$

де  $T_a$  - постійна часу загасання аперіодичної складової для  $K_1$ ;  $T_a = 0,025$  с, для  $K_2$  -  $T_a = 0,05$  с.

Інтеграл Джоуля

для  $K_1$   $B_R = I_{K1}^2 (t + Ta) = I_{K1}^2 (0,06 + 0,025)$  к  $A^2 c$ ,

для  $K_2$   $B_R = I_{K2}^2 (t + Ta) = I_{K2}^2 (0,1 + 0,05)$  к  $A^2 c$ .

Таблиця 2 – Значення струмів короткого замикання

Струми короткого замикання	СКЗ у початковий момент часу	Ударний СКЗ $i_y$ , кА	СКЗ у момент витрати контактів вимикача, кА	Аперіод. складова СКЗ, $i_a$ кА	Інтеграл Джоуля $B_k$ , кА <sup>2</sup> с
Шини 110 кВ ( $K_1$ )					
Шини 10 кВ ( $K_2$ )					

## 5 Вибір високовольтних електричних апаратів РП і струмоведучих частин

Високовольтні електричні апарати вибираються за умовою тривалого режиму роботи і перевіряються за умовами коротких замикань. При цьому для апаратів виконується:

- 1) вибір за напругою;
- 2) вибір за нагріванням при тривалих струмах;
- 3) перевірка на електродинамічну стійкість;
- 4) перевірка на термічну стійкість;
- 5) вибір з виконання (для зовнішньої або внутрішньої установки).

Вибору підлягають:

- вимикачі на боці вищої напруги;
- вступні вимикачі на боці 10 кВ;
- секційні вимикачі на боці 10 кВ;
- вимикачі ліній, що відходять, 10 кВ; роз'єднувачі вищої напруги;
- трансформатори типу і напруги 110 кВ і 10 кВ;
- ошиновка розподільних пристроїв 110 кВ і 10 кВ.

Для вибору апаратів і струмоведучих частин необхідно визначити струми нормального і післяаварійного режимів. Визначення струмів виконується для випадку установки на підста-

нції силового трансформатора. Розрахованого відповідно до графіка навантаження підстанції.

Максимальний струм на зовнішньому боці

$$I_{110MAX} = \frac{1,4S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot 110}, \text{ А.}$$

Струм у колі вступних вимикачів на боці 10 кВ

$$I_{10}^B = \frac{1,4S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot 10}, \text{ А,}$$

струм у колі секційного вимикача

$$I_{10}^{C.B.} = \frac{0,7S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot 10}, \text{ А.}$$

Струм у колі лінії, що відходить, (якщо від підстанції відходить 10 ліній)

$$I_{10}^{omx} = \frac{1,4S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10}, \text{ А.}$$

Вибір вимикачів наведений у таблиці 3. Каталогні параметри вимикача узяті з [5].

Таблиця 3 - Вибір вимикача на боці 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	110 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$		
$I_{y\delta} \leq I_{СКВ}$		
$I_{нт} \leq I_{ОткНом}$		
$I_{a\tau} \leq I_{а ном}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		



Обраний вимикач повинний цілком задовольняти умови вибору.

На боці низької напруги рекомендується вибирати вакуумні вимикачі.

$t$  – розрахунковий час розбіжності контактів після початку КЗ. Для вимикачів на вищій стороні  $t = 0,06$  с, на нижчій стороні  $t = 0,1$  с.

$$\text{У точці } K_1 \quad i_a = \sqrt{2}I \cdot e^{\frac{0,06}{0,025}}, \text{ кА.}$$

$$\text{У точці } K_2 \quad i_a = \sqrt{2}I \cdot e^{\frac{0,1}{0,05}}, \text{ кА.}$$

Таблиця 4 - Вибір вимикачів у колі трансформатора на боці 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$		
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$		
$I_{н\tau} \leq I_{ОткНом}$		
$I_{a\tau} \leq I_{а ном}$		
$B_K \leq I_{T^*r}^2$		

Таблиця 5 - Вибір секційного вимикача на боці 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$		
$i_y \leq I_{прСКВ}$		

$I_{н\tau} \leq I_{ОткНом}$		
$I_{a\tau} \leq I_{а ном}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		

Таблиця 6 - Вибір вимикачів на лінію, що відходить, 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$		
$i_y \leq I_{прСКВ}$		
$I_{н\tau} \leq I_{ОткНом}$		
$I_{a\tau} \leq I_{а ном}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		

У таблиці 7 наведений вибір роз'єднувачів на боці 110 кВ, роз'єднувачі необхідні з одним і двома комплектами ножів, що заземлюють.

Таблиця 7 - Вибір роз'єднувачів 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$i_{уд} \leq I_{прСКВ}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		

Рекомендується брати до установки на боці 110 кВ роз'єднувачі типу РНД3.1-110/1000 УХЛ1 і РНД3.2-110/1000 УХЛ1.

## 6 Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги

Для ввімкнення електровимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту необхідна установка трансформаторів струму і напруги. У даному проекті релейний захист детально не розробляється, тому перевірку трансформаторів за вторинним навантаженням виконуємо з урахуванням ввімкнення тільки вимірювальних приладів.

У ланцюзі силового трансформатора з боку нижчої напруги встановлюється амперметр, вольтметр, варметр, лічильники активної і реактивної енергії, на шинах 110 кВ – вольтметр із перемикачем для виміру трьох міжфазових напруг, на секційному вимикачі 10 кВ - амперметр, на лініях, що відходять, 10 кВ - амперметр, лічильники активної і реактивної енергій. Розрахунок вторинного навантаження трансформатора струму наведений у таблиці 8.

Таблиця 8 - Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас	Навантаження по фазах		
		А	В	С
Амперметр	1	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	1,5	0,5	-	0,5
Варметр	1,5	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	1	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	1,5	2,5	-	2,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра з боку НН		6,5	0,5	6,5
Сумарне навантаження струму в колі секц. вимикача на НН		0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра на боці ВН		0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі відхідної лінії		0,5	0,5	0,5

Вибір трансформатора струму наведений у таблицях 9-11.

Таблиця 9 - Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці вищої напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	
$I_{расч} \leq I_{ном}$		
$i_y \leq I_{прСКВ}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		
$Z_H \leq Z_{H.ном}$		

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом} .$$

Тоді опір сполучних проводів може бути

$$Z_{пр} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_K ,$$

де:  $Z_{ном}$  - номінальний опір навантаження, Ом;

$Z_{прил}$  - опір приладів, Ом;

$Z_K$  - опір контактів, Ом.

$$Z_{пр} = 4 - 0,02 - 0,1 = 3,88 \text{ Ом} .$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж  $4 \text{ мм}^2$  для алюмінієвих жил.

Перетин жил при довжині кабеля  $l = 160 \text{ м}$

$$Z_{пр} = \rho \frac{l}{F} ,$$

де:  $\rho$  - питомий опір алюмінію,  $0,0283, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$  ,

$F$  - перетин жил,  $\text{мм}^2$  ,

$$F = \frac{0,028 \cdot 160}{4} = 1,13 \text{ Ом}.$$

Загальний опір струмового кола

$$Z_H = Z_{\text{прил}} + Z_K + Z_{\text{пр}} = 0,02 + 0,1 + 1,13 = 1,25, \text{ Ом},$$

що менше ніж 4 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 1.

Трансформатор струму ТФЗМ-110-1У1 відповідає умовам вибору.

Таблиця 10 - Вибір трансформатора струму у колі силового трансформатора на боці низької напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$		
$i_y \leq i_{\text{дин}}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		
$Z_H \leq Z_{H.\text{ном}}$		

Перевірка за вторинним навантаженням виконується аналогічно. Рекомендується вибрати трансформатор ТШЛК-10У3.

Таблиця 11 - Вибір трансформатора струму на лінії, що відходить

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$		
$i_y \leq i_{\text{дин}}$		
$B_K \leq I_T^2 t_r$		
$Z_H \leq Z_{H.\text{ном}}$		

Беремо до установки трансформатор струму ТП1-10-У3.

Як трансформатори напруги вибираємо на боці 110 кВ трансформатори НКФ-110-58, на боці 10 кВ-знул06-10-УЗ.

## 7 Вибір ошиновки розподільних пристроїв (РП)

Ошиновку в РП 110 кВ виконують, як правило, сталевалюмінієвими проводами марки АС, при цьому перетин шин повинен бути не менше  $70\text{мм}^2$  (за умовами коронування). Вибір перетину здійснюється за довгостроково припустимому струмові. При максимальному робочому до 200 А вибираємо перетин  $70\text{мм}^2$  із припустимим струмом 265 А мінімальний перетин, виходячи з умови термічної стійкості, визначається за формулою

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C},$$

де  $C = 91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кАс}}{\text{мм}^2}$ .

Перетин  $70\text{мм}^2$  підходить і за термічною стійкістю, але живильну підстанцію лінії виконують проводом АС-95, тому і для ошиновки підстанції беремо АС-95.

Ошиновка закритих РП 10 кВ виконується твердими шинами. Вибір перетину також виконується за допустимим струмом. Тверді шини повинні бути перевірені на динамічні дії струмів КЗ і на можливість виникнення резонансних явищ. Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шини менше 30 і більше 200 Гц, частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}},$$

де  $l$  - довжина прольоту між ізоляторами  $l=1,5$  м;

$\gamma$  - момент інерції поперечного перерізу шини щодо осі, перпендикулярної до напрямку згинаючої сили,  $\text{см}^4$ ;

$q$  - поперечний переріз шини,  $\text{см}^2$ .

$$\gamma = \frac{\sigma h^2}{12},$$

де  $\sigma$  - товщина шини, см,

$h$  - ширина шини, см.

Умовою механічної міцності шин є

$$\sigma_{расч} \leq \sigma_{дон},$$

де  $\sigma_{расч}$  - розрахунковий механічний напрумок у матеріалі шин, МПА,

$\sigma_{дон} = 75$  МПА - допустима механічна напруга в матеріалі шин для алюмінієвого сплаву ДДЗТТ.

Розрахункова механічна напруга визначається за формулою

$$\sigma_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{i_y^2 l^2}{W a},$$

де  $W = \frac{bh^2}{6}$  - момент опору шини,

$a = 0,5$  м - відстань між фазами.

## 8 Компонування розподільних пристроїв 110 кВ і конструктивна частина

Підстанції (ПС) 110 кВ споруджують, як правило, відкритими. Їх рекомендується проектувати переважно комплектними, заводського виготовлення.

Спорудження закритих ПС напругою 110 кВ, допускається в таких випадках: розміщення ПС із трансформаторами 16 МВА і вище на службовій території міст, розміщення ПС на території міст, коли це допускається містобудівним міркуванням.

Розміщення ПС із великими сніжними заметами у зонах сильних промислових викидів і в прибережних зонах із сильно засоленою атмосферою.

На ПС 110 кВ зі спрощеними схемами на боці ВН з мінімальною кількістю апаратури, розміщеної в районах із забруд-

неною атмосферою, рекомендується відкрита установка устаткування ВН і трансформаторів з посиленою зовнішньою ізоляцією.

На ПС електропостачання промислових підприємств передбачається водяне опалення, приєднане до теплових мереж підприємств.

Будинки ЗРП (закритих РП) допускається виконувати як окремо розміщені, так і зблокованими з будинками РПУ в тому числі і по вертикалі.

КРПЕ, напругою 110 кВ і вище, беруть при техніко-економічному обґрунтуванні при стиснутих умовах, а також у районах із забрудненою атмосферою. Трансформатори 110 кВ варто установлювати відкритими, а у районах із забрудненою атмосферою з посиленою ізоляцією. У ЗРП 110 кВ і в закритих камерах трансформаторів необхідно передбачати стаціонарні вантажопідйомні пристрої або можливість застосування вантажопідйомних пристроїв (самохідних, пересувних) для механізації ремонту і технічного обслуговування.

## 9 Компонування розподільних пристроїв 6-10 кВ і конструкційна частина

РП 6-10 кВ для комплектних трансформаторів ПС виконується у вигляді КРПН або КРП, встановлюваних у закритих приміщеннях.

РП 6 і 10 кВ закритого типу (у будинках, у тому числі з УТБ або полегшених конструкцій типу панелі «сендвич» та ін. можуть застосовуватися:

- а) у районах, де за кліматичними умовами (забруднення атмосфери або наявність сніжних заметів або курних віднесень) неможливе застосування КРПН;
- б) при кількості шаф більше ніж 25;
- в) при наявності техніко-економічного обґрунтування.

У ЗРП 6 і 10 кВ рекомендується встановлювати шафи КРП заводського виготовлення. Для їхнього ремонту і збереження викатного візка у ЗРП варто передбачати спеціальне місце.



Таблиця 12 - Вихідні дані для проектування

№ з/п	$P_{\text{НОМ.НАВ}}$ , МВт	$\cos \varphi_{\text{НАВ}}$	$X_{L1}$ , Ом	$X_{L2}$ , Ом	$S_{\text{КЗ.С}}$ , МВА	$t$ , °С
1	11	0,85	18	15	1900	-10
2	10	0,84	24	10	2600	+20
3	20	0,89	7	22	2500	-20
4	19	0,90	8	14	2900	+20
5	28	0,91	20	22	2300	-10
6	35	0,78	33	18	2800	-10
7	16	0,77	25	11	2400	+20
8	18	0,88	31	14	3000	+10
9	14	0,89	30	24	3100	0
10	21	0,81	54	20	5100	+20
11	31	0,84	42	22	5000	+10
12	18	0,89	55	10	2800	+20
13	15	0,90	46	12	2500	-10
14	14	0,91	36	25	2600	+20
15	40	0,78	28	10	2800	0
16	36	0,77	6	19	3000	+20
17	27	0,77	7	11	3200	-10
18	32	0,88	5	12	4800	+30
19	8	0,89	15	23	5000	0
20	19	0,81	25	40	3200	+20
21	18	0,84	16	8	3000	-20
22	22	0,89	8	25	3100	-10
23	12	0,90	10	15	5100	+20
24	10	0,91	12	17	5000	+10
25	17	0,78	16	9	2000	0

Таблиця 13 – Добовий графік навантаження споживачів

Номер варіанта / годин	Навантаження в % від номінальної потужності											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
1	45	45	60	91	91	76	76	99	99	125	156	106
2	50	40	70	90	90	80	80	100	100	120	150	105
3	60	30	60	80	90	70	80	105	95	110	140	108
4	40	50	60	95	85	70	70	95	95	120	150	105
5	45	55	60	90	90	80	80	100	90	130	140	100
6	45	40	60	90	80	75	75	90	100	125	150	102
7	40	50	65	80	100	80	90	100	100	120	140	110
8	50	55	60	90	90	80	80	95	95	125	150	105
9	40	60	55	80	90	75	75	100	100	120	140	110
10	45	45	60	90	90	70	70	95	95	130	150	100
11	50	50	55	95	95	80	80	90	90	140	150	105
12	40	50	60	90	100	100	80	100	100	125	145	100
13	50	40	55	85	95	95	80	95	95	120	150	105
14	42	52	60	92	92	92	75	100	100	130	140	100
15	50	40	55	90	90	90	70	90	100	120	150	105
16	40	45	60	90	90	90	75	100	90	125	155	100
17	45	45	60	90	90	90	80	95	95	120	150	110
18	40	60	50	85	100	100	75	100	100	130	140	105
19	45	50	60	90	90	90	75	95	95	140	150	100
20	50	45	60	90	100	100	70	100	100	125	155	105
21	50	40	55	60	90	80	105	100	110	140	125	100
22	40	60	55	80	90	75	80	100	90	130	140	100
23	45	45	60	90	90	70	75	90	100	125	150	102
24	50	50	55	95	95	80	75	100	90	125	155	100
25	40	50	60	90	100	100	80	95	95	120	150	110