

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

“Основи наукових досліджень енерговикористання”

**для студентів спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка” спеціалізація**

“Електротехнічні системи електроспоживання”

усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи наукових досліджень енерговикористання” для студентів спеціальності 141 „Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” спеціалізація „Електротехнічні системи електроспоживання” усіх форм навчання/ Укл.: О. І. Байша – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 26 с.

Укладач: О. І. Байша, доцент, к.т.н.,

Рецензент: О. М. Климко, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: В. П. Метельський, професор, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових підприємств”
Протокол № 10 від 29.05.2017

Рекомендовано до видання НМК ЕТФ протокол № 3 від 20.03.2017

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ЗМІНОЮ КОЕФІЦІЄНТА ТРАНСФОРМАЦІЇ ТРАНСФОРМАТОРА

1.1 Мета роботи

Мета роботи - регулювання напруги в центрах живлення змінною коефіцієнта трансформації трансформатора.

1.2 Загальні відомості

Під регулюванням напруги розуміють поточну зміну параметрів системи - струму збудження, коефіцієнта трансформації за допомогою РПН, використання регульованих компенсуючих пристроїв.

Напруга регулюється, тобто підтримується у відповідних межах в окремих точках електричної мережі під час зміни її навантаження, якщо відхилення напруги біля споживачів електричної енергії від номінального виходять за допустимі межі, які визначаються якістю електроенергії (ГОСТ 13109-87). Робота електроспоживачів погіршується, якщо до їх затискачів підводиться напруга, яка відрізняється від номінальної.

Регулювання напруги є важливим фактором під час проектування та експлуатації електричних мереж не тільки в технічному, але і в економічному відношенні, оскільки воно дає можливість іноді зменшити вартість експлуатації мережі.

Регулювання напруги можливе тільки за наявності достатнього резерву реактивної потужності.

За конструктивним виконанням розрізняють два типи трансформаторів знижувальних підстанцій:

- з перемиканням регульованих відгалужень без збудження, тобто з вимкненням трансформатора від електричної мережі (ПБЗ);
- з перемиканням регульованих відгалужень під навантаженням (РПН).

Трансформатори з ПБЗ мають, як правило, основне і чотири додаткові відгалуження із змінною напруги відносно номінальної: +5%; +2,5%; -2,5%; -5%.

Трансформатори і автотрансформатори з РПН мають кількість відгалужень та діапазон регулювання напруги збільшений, наприклад, діапазон становить $\pm 16\%$ при ± 9 ступенях регулювання по 1.78%

Для знаходження бажаного коефіцієнта трансформації між обмотками ВН-НН і ВН-СН схеми трансформатора з РПН і ПБЗ складаємо таблиці діапазону регулювання РПН та ПБЗ [1]. На основі розрахунку усталених режимів - максимального, мінімального, післяаварійного отримуємо дійсну напругу на шинах СН і НН. Бажану напругу на шинах СН і НН знаходимо з принципу зустрічного регулювання - $(1.05—1.08)$ Уном в максимальному і післяаварійному режимах та 1.0 Уном в мінімальному режимі. Так, для максимального режиму розраховуємо бажаний коефіцієнт трансформації

$$K_{ТВН-ННБАЖ\max} = \frac{U'_{НН\max}}{U_{ННБНБ\max}} \quad (1.1)$$

Розрахований коефіцієнт трансформації закругляємо до ближчого табличного значення $K_{ТВН-НН\ БАЖ\max}$ і для даного коефіцієнта отримуємо відносну кількість робочих витків $n_{р\ ВН\max}$. Звідси дійсна напруга на шинах НН:

$$U_{НН\max} = \frac{U'_{НН\max}}{K_{ТВН-НН\max}} \quad (1.2)$$

де $U'_{НН\max}$ – дійсна напруга на шинах НН з розрахунку максимального режиму, приведена до високої сторони трансформатора.

1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

- 1 Ознайомитись з методичними вказівками до роботи і рекомендованою літературою.
- 2 Знати відповіді на всі контрольні запитання.
- 3 Розрахувати параметри розрахункової схеми мережі, принципова схема якої зображена в додатку Г.

1.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1 Підготувати дані, які необхідні для вводу в ЕОМ (див. додаток Д).

2 Виконати на ЕОМ за програмою «Мережі» розрахунки параметрів ustalених режимів мережі для наведених нижче режимів. Порядок роботи на комп'ютері наведений в додатку Д.

3 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному та мінімальному навантаженнях виконати необхідні розрахунки (потужностей та напруг на початку і в кінці лінії і на навантаженні). Напруга джерела живлення для заданого режиму наведена на принциповій схемі. В режимі мінімального навантаження $K_{MN} = 0.4$.

4 Установити післяаварійний режим роботи електричної мережі при максимальному навантаженні і виконати необхідні розрахунки ($U_1 = U_{1 \max}$)

5 За результатами розрахунків визначити бажані коефіцієнти трансформації трансформаторів для кожного режиму роботи мережі.

6 Для всіх режимів роботи мережі розрахувати параметри режиму з врахуванням вибраних коефіцієнтів трансформації трансформаторів всіх підстанцій.

7 Опрацювати одержані результати.

8 За одержаними результатами визначити втрати напруги в лініях, трансформаторах і мережі; найбільшу втрату напруги в мережі; відхилення напруги на навантаженні; втрати потужності; ККД електропередачі; побудувати епюри зміни напруги в мережі на шляху найбільших втрат напруги.

1.5 Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Вихідні дані. Принципова схема.
- 3 Розрахункова схема мережі.
- 4 Таблиці результатів розрахунків.
- 5 Епюри зміни напруги в мережі.
- 6 Аналіз результатів розрахунків і висновки по роботі.

1.6 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Що розуміють під спадом, втратами, відхиленням напруги, найбільшою втратою напруги і як вони визначаються?
- 2 Задачі і способи регулювання напруги.
- 3 Показники якості електроенергії та нормативи на відхилення напруги згідно з ГОСТ-13109-87.
- 4 ПБЗ і РПН трансформаторів.
- 5 В яких випадках доцільно регулювати напругу за допомогою ПБЗ?
- 6 В яких випадках необхідно регулювати напругу за допомогою РПН?
- 7 Зустрічне регулювання напруги.
- 8 Як розрахувати бажаний коефіцієнт трансформації і дійсну напругу на шинах НН?

1.7 Література

- 1 Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
- 2 Буслова Н.В., Винославский В.Н., Денисенко Г.И., Перхач В.С. Электрические системы и сети / Под ред. Г.И.Денисенко. – К.: Вища шк., 1986. - 584с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ КОМПЕНСАЦІЄЮ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СПОЖИВАЧІВ

2.1 Мета роботи

Мета роботи - оптимізація режиму роботи електричної мережі за реактивною потужністю.

2.2 Загальні відомості

Основними споживачами реактивної потужності в електричних системах є трансформатори, повітряні електричні лінії, асинхронні двигуни, вентильні перетворювачі, індукційні електропечі, зварювальні агрегати та інше навантаження. Сумарні абсолютні і відносні втрати реактивної потужності в елементах мережі дуже великі і досягають 50% потужності, яка поступає в мережу. Приблизно 70-75% усіх втрат реактивної потужності становлять втрати в трансформаторах різних ступеней напруги. На промислових підприємствах основними споживачами реактивної потужності є асинхронні двигуни (приблизно 65-70% реактивної потужності, що споживається підприємством), 20-25% припадає на трансформатори, близько 10% - на інші споживачі.

В електричній системі у кожний момент часу має місце рівність електроенергій, яка виробляється і споживається. При цьому має місце рівність потужності, як активної, так і реактивної, яка виробляється і споживається. Баланс реактивної потужності в усій системі в цілому визначає деякий рівень напруги. Напруга у вузлах мережі електричної системи у тій чи іншій мірі відрізняється від середнього рівня, причому ця відміна визначається конфігурацією мережі, навантаженням та іншими факторами, від яких залежить спад напруги. Баланс реактивної потужності для усієї системи в цілому не може вичерпно визначити вимоги, які ставлять до потужності джерел реактивної потужності. Необхідно оцінювати можливості отримання потрібної реактивної потужності як в системі, так і в окремих її районах.

Порушення балансу реактивної потужності приводить до зміни рівня напруги в мережі. При дефіциті реактивної потужності напруга

в мережі знижується. Застосування додаткових джерел реактивної потужності на підстанціях електричної мережі дозволяє змінювати або регулювати напругу у вузлах мережі, наближуючи її до бажаної напруги. Компенсація реактивної потужності є ефективним засобом підвищення техніко-економічних показників електричних систем, підвищення якості електричної енергії.

Крім синхронних генераторів для отримання реактивної потужності використовують також синхронні компенсатори (СК), батареї статичних конденсаторів (БСК), статичні тиристорні компенсатори (СТК), які називають додатковими джерелами реактивної потужності (ДРП).

Конденсаторні батареї порівняно з іншими джерелами реактивної потужності мають ряд експлуатаційних переваг: простота експлуатації, простота виробництва, монтажу. Основні техніко-економічні переваги конденсаторів такі: можливість застосовувати БСК в мережах різних номінальних напруг; малі втрати активної потужності ($0,0025—0,005 \text{ кВт/Квар}$): можливість комплектування БСК бажаної потужності. Недоліки конденсаторів: залежність потужності, яку вони генерують, від напруги; можливість лише генерувати реактивну потужність; ступенчастий характер регулювання при видачі реактивної потужності і неможливість її плавної зміни; чутливість до викривлення напруги.

В мережах, які живлять нелінійне навантаження, установка БСК без захисту їх від вищих гармонік неприпустима через резонансні явища на високій частоті.

2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1 Ознайомитись з методичними вказівками до роботи і рекомендованою літературою.

2 Знати відповіді на всі контрольні запитання.

3 Розрахувати параметри розрахункової схеми мережі, принципова схема якої зображена в додатку Г.

4 Визначити $\text{tg}\varphi_n$ для кожної підстанції і порівняти його з середньо-статичним значенням $\text{tg}\varphi$ в режимі максимальних навантажень:

- для підстанції 35 кВ $\text{tg}\varphi=0,42-0,33$ для шин 6-10 кВ і 0,57-0,53 для шин 35 кВ;

– для підстанції 110 кВ $\text{tg}\varphi=0,48-0,39$ для шин 6-10 кВ і 0,57-0,53 для шин 110 кВ.

5 Визначити потужність БСК, які підмикаються до шин навантаження при $\text{tg}\varphi_k=0,3$ для підстанції 110 кВ і $\text{tg}\varphi_k=0,25$ - для підстанції 35 кВ.

$$Q_K = P_H \cdot (\text{tg}\varphi_H - \text{tg}\varphi_K).$$

6 Загальна потужність підстанції після встановлення пристроїв для компенсації реактивної потужності:

$$S_H = P_H + j \cdot (Q_H - Q_K).$$

2.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1 Підготувати дані, які необхідні для вводу в ЕОМ (див. додаток Д).

2 Виконати на ЕОМ за програмою «Мережі» розрахунки параметрів ustalених режимів мережі для наведених нижче режимів. Порядок роботи на комп'ютері наведений в додатку Д.

3 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному та мінімальному навантаженнях виконати необхідні розрахунки (потужностей та напруг на початку і в кінці лінії і на навантаженні). Напряга джерела живлення для заданого режиму наведена на принциповій схемі. В режимі мінімального навантаження $K_{mn}=0.4$.

4 Установити післяаварійний режим роботи електричної мережі при максимальному навантаженні і виконати необхідні розрахунки ($U_1=U_{1\max}$).

5 Для всіх режимів виконати необхідні розрахунки після встановлення пристроїв для компенсації реактивної потужності згідно з п. 2.3.

6 Виконати розрахунки параметрів режиму мережі в режимі мінімального навантаження при зменшенні потужності компенсуючих пристроїв наполовину і при їх вимиканні.

7 Опрацювати одержані результати.

8 За одержаними результатами визначити втрати напруг в лініях, трансформаторах і мережі; найбільшу втрату напруги в мережі; відхилення напруги на навантаженні; втрати потужності; ККД електропередачі; побудувати епюри зміни напруги в мережі на шляху найбільших втрат напруги.

2.5 Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Вихідні дані. Принципова схема.
- 3 Розрахункова схема мережі.
- 4 Таблиці результатів розрахунків.
- 5 Епюри зміни напруги в мережі.
- 6 Аналіз результатів розрахунків і висновки по роботі.

2.6 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Характеристика споживачів реактивної потужності.
- 2 Джерела реактивної потужності.
- 3 Порівняльний аналіз БСК і СК.
- 4 Баланс активної та реактивної потужностей в електроенергетичній системі та зв'язок його з показниками якості електричної енергії.
- 5 З якою метою і яким чином компенсують реактивну потужність споживачів?

2.7 Література

- 1 Идельчик В.И. Электрические системы и сети. –М.: Энергоатомиздат, 1989.-592с.
- 2 Буслова Н.В., Винославский В.Н. и др. Электрические системы и сети / Под ред. Г.И.Денисенко. - К.: Вища школа, 1986. – 584с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

3.1 Мета роботи

Мета роботи - аналіз заходів по підвищенню економічності режимів роботи замкнутих електричних мереж.

3.2 Загальні відомості

Значні резерви економії паливно-енергетичних ресурсів є в електроенергетичних системах, де електроенергія пересилається по складних схемах, відбувається багаторазова трансформація і для забезпечення необхідних її параметрів виконується систематична корекція схеми, складу обладнання, а також керування режимом електричної мережі наявними засобами з використанням різних характеристик систем постачання.

До заходів з економії енергоресурсів належить:

- перехід на енергозберігаючі технології виробництва, підвищення рівня організації виробництва, скорочення матеріаломісткості продукції;
- удосконалення структури енергетичного обладнання, демонтаж та реконструкція застарілого обладнання;
- розроблення та впровадження ефективних енергоспоживачів, удосконалення керування їх режимами;
- зменшення втрат і підвищення використання вторинних паливно-енергетичних ресурсів;
- використання комбінованих енерготехнологічних процесів.

До найреальніших заходів з економії електроенергії в електричних мережах і електропристроях належать:

- створення економічно оптимальних режимів роботи електроенергетичної системи, включаючи завантаження електростанцій, потоки потужності по міжсистемних, системоутворювальних та розподільчих мережах енергосистем, а також мережах споживачів;
- доцільність мережевого будівництва;

- оптимальне завантаження різних електропристроїв, тобто асинхронних електроприводів та інших споживачів її електроенергії;
- використання діючих і вибір доцільних пристроїв компенсації реактивної потужності.

Сьогодні поряд з терміном «втрати електроенергії» використовується і інший термін – «технологічна втрата електроенергії» на її пересилання по електричних мережах.

Якщо під втратами розуміти тільки невиробничі втрати, спричинені неправильним керуванням режимом пересилання електроенергії і невикористанням інших засобів та заходів зі зменшення втрат, то такі втрати становлять деяку частину технологічних втрат електроенергії і, відповідно, термін «технологічні втрати електроенергії» є загальнішим.

Технологічна втрата електроенергії в електричних мережах, яка пов'язана з пересиланням та розподілом, складається з двох основних складових - втрат електроенергії в ЛЕП, генераторах, трансформаторах та інших елементах електричної системи, і так званих «комерційних втрат», які спричинені недосконалістю системи обліку та контролю електроенергії. Тому для зменшення технологічної втрати електроенергії використовуються не тільки методи оптимізації режимів електричних мереж та вибору засобів зменшення втрат електричної енергії, але і методи правильного обліку і прогнозування технологічної втрати електроенергії, які дають змогу покращити контроль електропостачання споживачів і тим самим зменшити комерційну складову технологічної втрати електроенергії.

Для замкнутих електричних мереж основними заходами зменшення втрат електроенергії є:

- компенсація реактивної потужності споживачів;
- примусовий розподіл активної та реактивної потужностей у мережі;
- економічні режими роботи трансформаторів, тощо.

3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

- 1 Ознайомитись з методичними вказівками до роботи і рекомендованою літературою.
- 2 Знати відповіді на всі контрольні запитання.

3 Розрахувати параметри розрахункової схеми мережі, принципова схема якої зображена в додатку Г.

3.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1 Підготувати дані, які необхідні для вводу в ЕОМ (див. додаток Д)

2 Виконати на ЕОМ за програмою «Мережі» розрахунки параметрів ustalених режимів мережі для наведених нижче режимів. Порядок роботи на комп'ютері наведений в додатку Д.

3 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному та мінімальному навантаженнях виконати на ЕОМ необхідні розрахунки (потужностей та напруг на початку і в кінці лінії і на навантаженні). Напряга джерела живлення для заданого режиму наведена на принциповій схемі. В режимі мінімального навантаження $k_{\text{ми}}=0,4$.

4 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному навантаженні виконати на ЕОМ необхідні розрахунки параметрів режиму для схеми з бажаними коефіцієнтами трансформації та компенсацією реактивної потужності.

5 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному навантаженні виконати на ЕОМ необхідні розрахунки параметрів режиму для схеми за умови її однорідності.

6 Для нормального режиму роботи електричної мережі при максимальному навантаженні виконати необхідні розрахунки параметрів режиму за умови компенсації реактивного опору головної ділянки замкненої мережі з максимальним перерізом проводу ($C=50\%$).

7 Для нормального режиму роботи електричної мережі при мінімальному навантаженні виконати необхідні розрахунки параметрів режиму за умови вимкнення одного з трансформаторів па підстанції.

8 Опрацювати одержані результати.

9 За одержаними результатами визначити втрати активної потужності та енергії ($T_{\text{max}}=5200$ год) в лініях, трансформаторах, мережі, ККД.

3.5 Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Вихідні дані. Принципова схема.
- 3 Розрахункова схема мережі.
- 4 Таблиці результатів розрахунків.
- 5 Аналіз результатів розрахунків і висновки по роботі.

3.6 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Як розраховують втрати енергії в електричній мережі?
- 2 Класифікація заходів зниження втрат електроенергії в мережах.
- 3 Як визначається примусовий і натуральний розподіл потужностей в замкнутій схемі мережі?
- 4 Компенсація реактивної потужності.
- 5 Економічні режими роботи трансформаторів.

3.7 Література

- 1 Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
- 2 Электрические системы / Под ред. Г.И. Денисенко. - К.: Вища школа. 1986. - 584 с.
- 3 Петренко Л.И. Электрические сети и системы. - К.: Вища школа, 1981.
- 4 Поспелов Г.Е., Сыч Н.Д. Потери мощности и энергий в электрических сетях /Под ред. Г.Е.Поспелова. М.: Энергоатомиздат, 1981.

Додаток А

Схеми електричної мережі

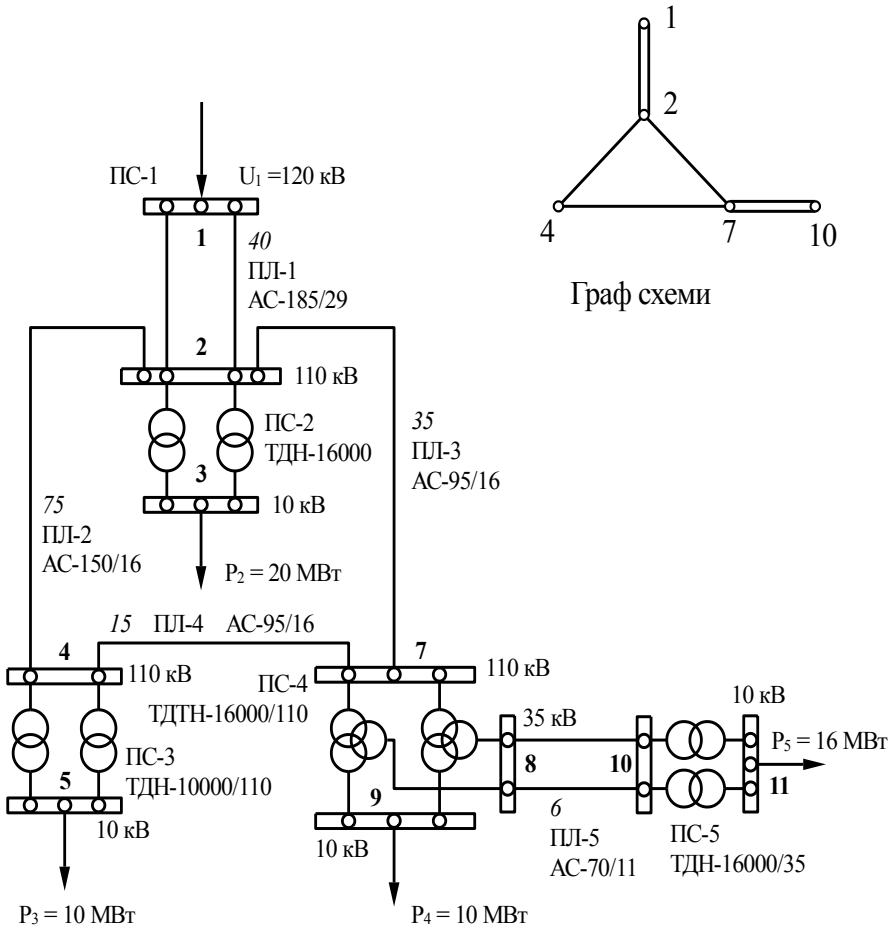


Рисунок А.1 – Схема електрична принципова

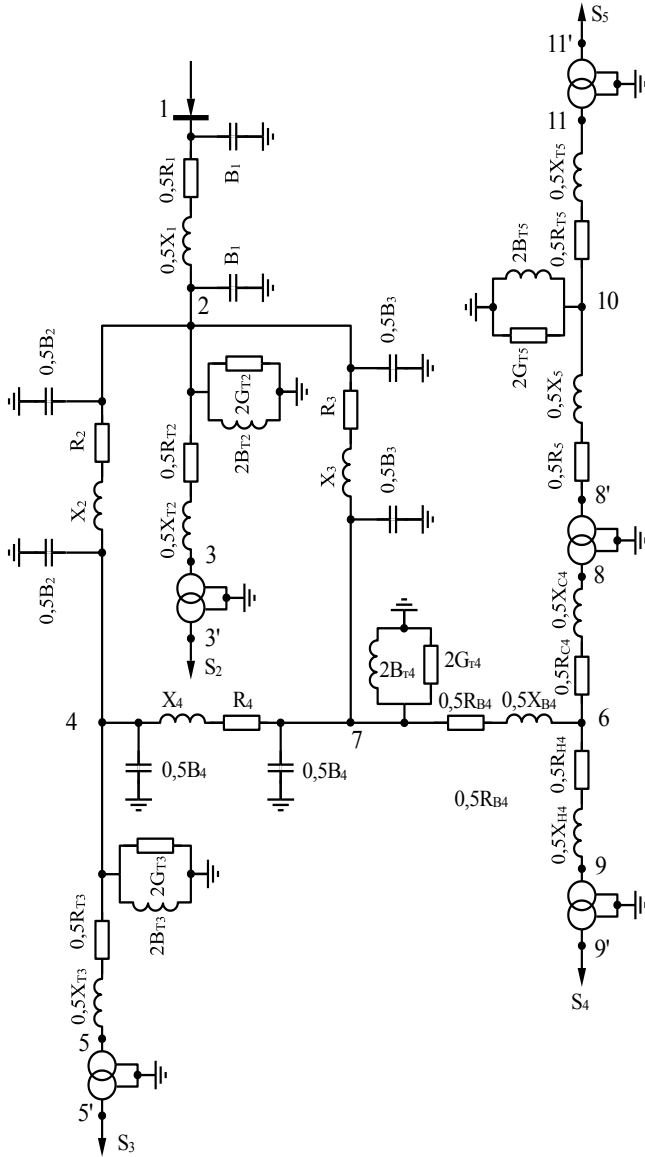


Рисунок А.2 – Схема заміщення електричної мережі (рис.А.1)

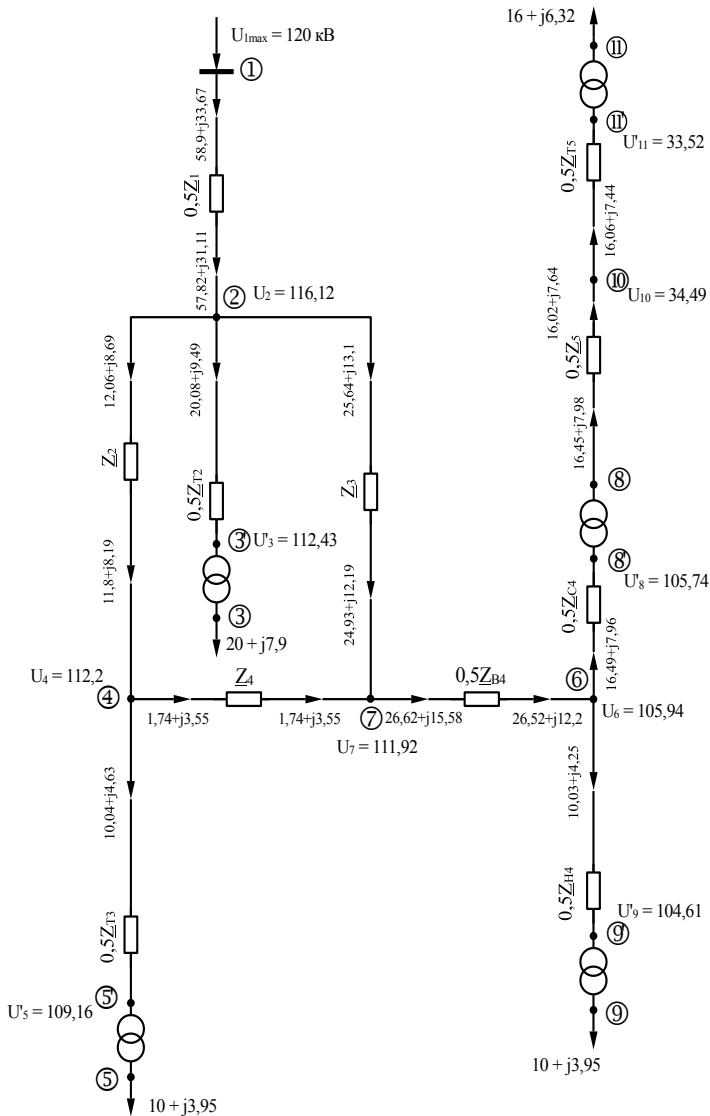


Рисунок А.3 – Розрахункова схема мережі з наведеними параметрами
усталеного режиму при максимальних навантаженнях

Додаток Б

Результати розрахунку

Кількість кроків: 19

Вузол	Комплекс напруги	Модуль напруги	Навантаження у вузлах
1	120.0000+j0.0000	120.0000 кВ	
2	116.0805-j2.9827	116.1188 кВ	
3	111.9666-j10.2041	112.4307 кВ	20.0000+j7.9045
4	112.0927-j4.8954	112.1996 кВ	
5	108.6260-j10.8029	109.1618 кВ	10.0000+j3.9523
6	104.8842-j14.9206	105.9402 кВ	
7	111.8188-j4.8242	111.9228 кВ	
8	104.6988-j14.7962	105.7392 кВ	0.0000+j0.0000
9	104.1777-j17.2403	104.6081 кВ	10.0000+j3.9523
10	34.1068-j5.1083	34.4872 кВ	
11	32.8159-j6.8585	33.5249 кВ	16.0000+j6.3236

Від вузла до вузла Потужність на початку Потужність у кінці Зарядна потужність

2-3	20.0803+j9.4922	20.0000+j7.9045	
4-5	10.0372+j4.6259	10.0000+j3.9523	
7-6	26.6175+j15.5834	26.5194+j12.2094	
6-8	16.4921+j7.9624	16.4535+j7.9624	
6-9	10.0273+j4.2470	10.0000+j3.9523	
10-11	16.0592+j7.4381	16.0000+j6.3226	
1-2	58.9044+j33.6743	57.8174+j31.1103	-1.5263
2-4	12.0591+j8.6914	11.8010+j8.1875	-1.3124
2-7	25.6400+j13.1022	24.9298+j12.1962	-0.5875
4-7	1.7358+j3.5507	1.7297+j3.5492	-0.2518
8-10	16.4535+j7.9821	16.0232+j7.6434	-0.0187

Додаток В

Таблиці вихідних даних

ВАРІАНТ 1

ПС	Тип трансформатора	Количество тр-ов	Активная мощность	COS Fi	▲
▶	2 ТДН-16000/110 3	2	20	0,93	
	3 ТДН-10000/110 6	2	10	0,93	
	4 ТДТН-16000/110 7	2	10	0,93	
	5 ТДНС-16000/35 9	2	16	0,93	

N	Тип провода	Напряжение линии	Количество цепей	Длина линии	От ПС	От с ▲
▶	1 АС-185 4	110	1	40	1	
	2 АС-150 3	110	1	75	1	
	3 АС-95 6	110	1	35	2	
	4 АС-95 6	110	1	15	3	
	5 АС-70 5	35	1	6	4	

ВАРІАНТ 2

ПС	Тип трансформатора	Количество тр-ов	Активная мощность	COS Fi	▲
	2 ТДН-16000/110 3	2	23	0,85	
	3 ТРДН-25000/110 2	2	21	0,93	
▶	4 ТДТН-25000/110 4	2	22	0,8	
	5 ТДНС-16000/35 9	2	20	0,87	

N	Тип провода	Напряжение линии	Количество цепей	Длина линии	От ПС	От с ▲
	1 АС-185 4	110	1	30	1	
▶	2 АС-120 1	110	1	35	2	
	3 АС-70 5	110	1	25	2	
	4 АС-95 6	110	1	35	4	
	5 АС-120 1	35	2	10	3	

ВАРІАНТ 3

ПС	Тип трансформатора	Количество тр-ов	Активная мощность	COS Fi	▲
	2 АТДЦТН-200000/220 10	2	120	0,93	
	3 ТРДН-40000/110 18	2	40	0,93	
	4 ТРДН-25000/110 2	2	10	0,93	
Х	5 ТДН-16000/110 3	2	25	0,93	

N	Тип провода	Напряжение линии	Количество цепей	Длина линии	От ПС	От с ▲
	1 АС-400 7	220	2	170	1	
	2 АС-150 3	110	1	75	2	
Х	3 АС-185 4	110	1	35	2	
	4 АС-120 1	110	1	45	3	
	5 АС-70 5	110	2	66	3	

Додаток Г

Вихідна інформація для варіантів електричної мережі

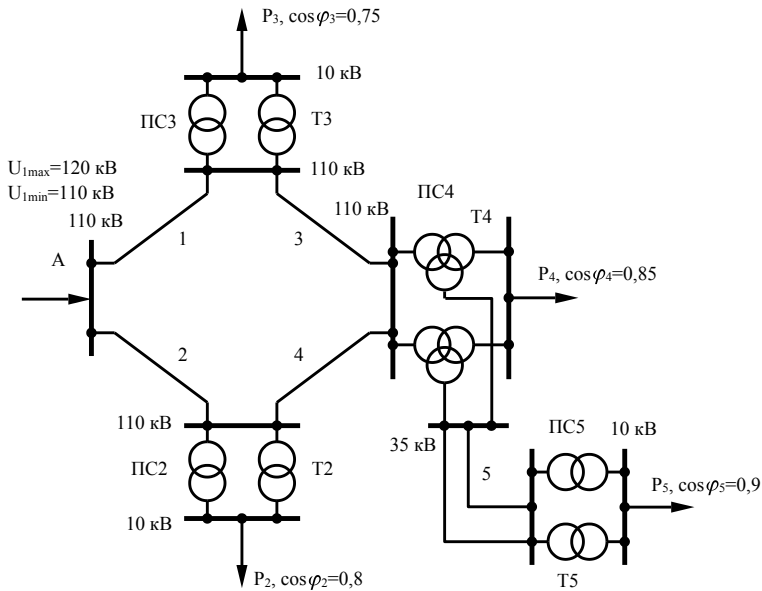


Рисунок Г.1 – Схема електрична принципова (варіант №1)

Таблиця Г.1 – Вихідні дані для схеми (рис. Г.1)

№ вар.	Довжина ліній, км					Номінальний переріз, мм ²					Навантаження підстанцій, МВт			
	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
1	45	52	55	20	12	150	120	70	70	95	21	16	10	8
2	47	50	50	25	10	150	120	70	70	95	14	20	14	10
3	50	45	45	30	10	185	120	70	70	95	19	12	19	10
4	37	60	50	35	18	150	120	95	70	70	18	15	18	6
5	35	50	45	35	15	150	240	70	70	120	17	19	17	8
6	32	35	40	25	10	150	185	70	70	95	15	24	16	10
7	30	45	40	30	12	185	150	70	70	95	16	22	25	10
8	42	55	35	20	14	185	150	70	70	120	25	17	14	6
9	32	60	50	25	8	150	120	70	70	120	23	13	14	14
10	40	75	35	15	6	185	150	95	95	70	20	10	10	16

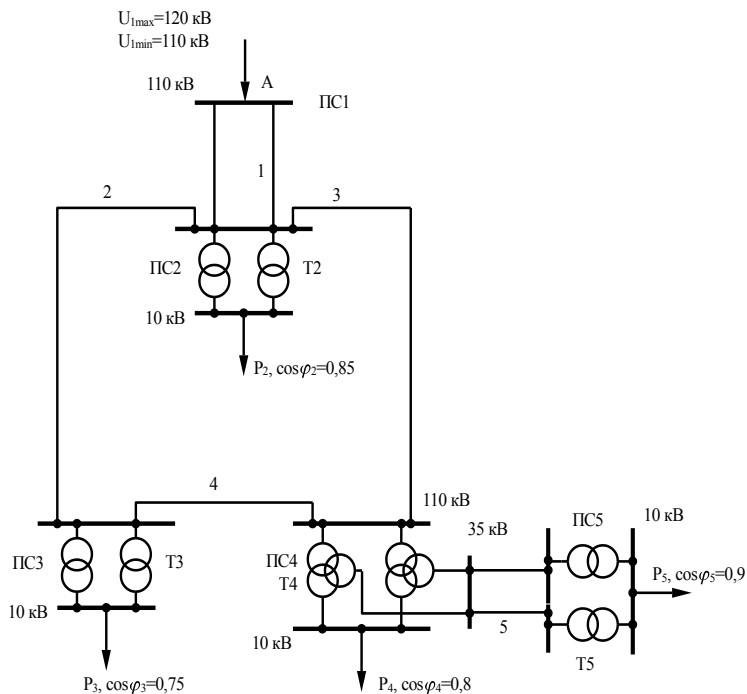


Рисунок Г.2 – Схема електрична принципова (варіант №2)

Таблиця Г.2 – Вихідні дані для схеми (рис. Г.2)

№ вар.	Довжина ліній, км					Номінальний переріз, мм ²					Навантаження підстанцій, МВт			
	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	Р ₂	Р ₃	Р ₄	Р ₅
1	40	60	45	25	8	185	120	70	120	95	24	16	16	12
2	55	50	40	35	12	150	185	95	70	120	22	19	15	8
3	45	60	40	25	10	185	150	70	70	120	21	17	14	7
4	54	40	40	45	15	150	185	70	70	95	20	18	15	6
5	52	40	35	40	8	150	120	95	70	95	19	15	12	10
6	60	45	35	35	10	150	185	70	70	120	26	13	11	10
7	40	45	30	20	9	185	120	70	70	70	25	12	16	10
8	40	65	45	30	7	150	120	95	70	120	24	13	15	12
9	32	60	50	25	8	150	120	70	70	120	23	13	14	14
10	40	75	35	15	6	185	120	95	95	70	20	10	10	16

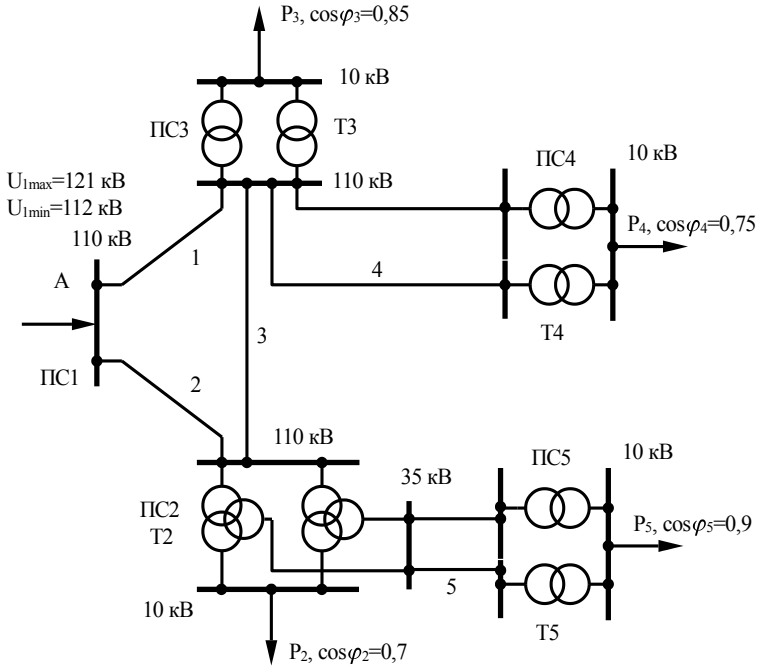


Рисунок Г.3 – Схема електрична принципова (варіант №3)

Таблиця Г.3 – Вихідні дані для схеми (рис. Г.3)

№ вар.	Довжина ліній, км					Номінальний переріз, мм ²					Навантаження підстанцій, МВт			
	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
1	40	50	40	25	15	120	185	70	70	120	22	12	20	8
2	50	70	40	30	10	185	150	95	70	95	14	17	18	10
3	30	50	40	20	17	185	120	95	70	95	16	16	15	6
4	38	63	42	25	12	150	120	70	70	50	18	14	10	7
5	31	70	45	30	10	185	150	70	70	70	20	15	12	10
6	30	35	25	35	10	185	120	120	95	70	23	21	20	8
7	29	30	35	30	8	150	120	95	70	120	22	20	28	12
8	28	45	38	40	12	150	185	150	95	95	21	14	26	10
9	27	48	36	35	14	185	120	95	70	120	20	15	24	8
10	26	40	34	40	10	150	185	120	70	95	19	16	22	8

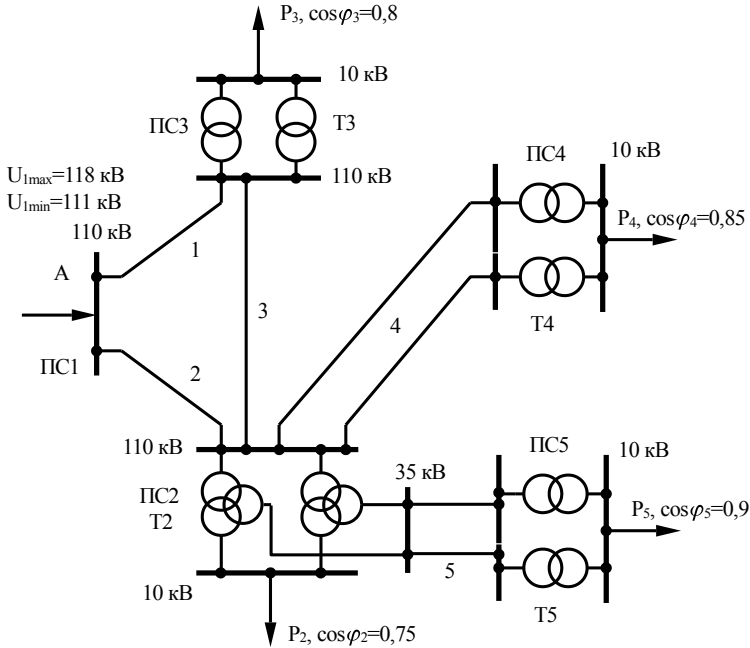


Рисунок Г.4 – Схема електрична принципова (варіант №4)

Таблиця Г.4 – Вихідні дані для схеми (рис. Г.4)

№ вар.	Довжина ліній, км					Номінальний переріз, мм ²					Навантаження підстанцій, МВт			
	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	Л-5	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
1	45	52	55	20	12	120	150	70	70	95	21	16	10	8
2	47	50	50	25	10	120	150	70	70	95	14	20	14	10
3	50	45	45	30	10	185	120	70	70	95	19	12	19	10
4	37	60	50	35	18	120	185	95	70	70	18	15	18	6
5	35	50	45	35	15	150	240	70	70	120	27	19	17	8
6	32	35	40	25	10	150	185	70	70	95	15	24	16	10
7	30	45	40	30	12	185	150	70	70	95	16	22	25	10
8	42	55	35	25	14	185	150	70	70	120	25	17	14	6
9	45	75	50	30	8	185	150	70	70	70	26	15	13	10
10	50	60	30	20	5	185	150	95	70	70	24	16	11	15

Додаток Д

Підготовка вихідних даних

Д.1 Нумерація вузлів мережі

Відповідно до принципової схеми мережі (рис. А.1) складається схема заміщення електричної мережі (рис. А.2) та розрахункова схема мережі (рис. А.3). Кожна вітка задається номером вузла початку та номером вузла кінця, активним (R) та індуктивним (X) опорами (повздовжні елементи віток схеми заміщення), поперечними активною (G) та реактивною (B) провідностями (які для ліній електропередач моделюють відповідно втрати на корону та генерацію реактивної потужності Q_c , а для трансформаторів і автотрансформаторів - втрати потужності в сталі на перемагнічування та струми Фуко (ΔP_x) та втрати потужності на намагнічування (ΔQ_x).

Всі вітки і вузли схеми заміщення і розрахункової схеми нумеруються таким чином.

1 Вузлом 1 завжди є вузол джерела живлення мережі.

2 Інші вузли розрахункової схеми нумеруються згідно з порядком введення підстанцій (ПС).

3 Першими треба вводити ПС, клас напруги яких співпадає з класом напруги джерела живлення. Потім наступного (нижчого) класу напруги.

4 У двообмоткових трансформаторів першим нумерується вузол приєднання обмотки вищої напруги (ВН), другим - нижчої (НН).

5 У триобмоткових трансформаторів та автотрансформаторів першим нумерують вузол з'єднання обмоток, другим – вузол приєднання обмотки ВН, третім – обмотки СН, четвертим - обмотки НН (див. рис. А.1 – А.3).

Параметри ЛЕП визначаються за формулами [1] і перевіряються за даними відповідних таблиць, наведених у довідниках [1 – 3]. Результати параметрів схеми заміщення ліній зводяться в таблицю. Параметри схеми заміщення трансформаторів визначаються за даними відповідних таблиць, наведених у довідниках [1 – 3]. Результати розрахунків зводяться у відповідну таблицю. Навантаження задається

розрахунковими активними потужностями та $\cos\varphi_n$, а також повною потужністю $S_n = P_n + jQ_n$.

Крім цього задаються: кількість ПС без базової (ДЖ), кількість ліній та напруга ДЖ для відповідного режиму роботи мережі.

Всі активні потужності задають у МВт, реактивні - МВар, номінальні та задані напруги - кВ, довжин ліній - км, опори активний та індуктивний - Ом, провідності - См.

Для студентів, які вперше виконують розрахунок параметрів усталеного режиму мережі на комп'ютері підготовка вихідних даних є обов'язковою.

Д.2 Створення файлу з вихідними даними

Перед виконанням розрахунку усталеного режиму необхідно створити файл з вихідними даними, порядок формування якого на комп'ютері дається нижче.

В цей файл заноситься інформація про мережу (додаток В).

Введення даних до таблиці «ДАННЫЕ ПОДСТАНЦИЙ» здійснюються таким чином: кожен рядок відповідає одній ПС, де вказують номер ПС, тип трансформатора, кількість трансформаторів, активне навантаження та косинус φ . Приклад введення даних наведений у вигляді таблиці у додатку Д.

Кожний рядок таблиці «ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ» відповідає одній лінії. До нього вводять номер лінії, тип проводу, кількість кіл, номінальну напругу. Кожна лінія задається номером початкової та кінцевої ПС. Приклад введення параметрів ліній детально наведений у додатку Д, порядок введення вихідних даних детально описано у «ІНСТРУКЦІЇ КОРИСТУВАЧА».

При розрахунку мінімального навантаження у файлі з даними для максимального режиму необхідно змінити потужності навантаження у вузлах, косинус φ та напругу джерела живлення. Перед заповненням таблиці необхідно знову ввести кількість ПС без базової, напругу джерела живлення та кількість ліній.

При розрахунку післяаварійних режимів, які виникають внаслідок відключення однієї з ліній мережі, необхідно відредагувати топологію схеми. При вимиканні одного з кіл двоколової лінії необхідно зменшити у відповідному рядку таблиці з параметрами

ліній, кількість ліній на 1. При відключенні однієї з ліній замкненої мережі, параметри схеми вводять знову.

Нумерація вузлів не змінюється. Кількість віток зменшується на одиницю.

Д.3 Результати розрахунку усталеного режиму мережі

Результати розрахунку усталеного режиму мережі виводяться на дисплей та за бажанням користувача можуть бути виведені у файл текстового редактора, підтримуючого формат документів WINDOWS XP.

У файл з даними розрахунку входять тільки результати розрахунку (додаток Б), тобто активна та реактивна потужності на початку та в кінці вітки, модулі та комплекс напруги у вузлах, активна та реактивна потужності у вузлах мережі, зарядні потужності ліній.

Якщо в результаті розрахунку потужність в лінії виходить зі знаком мінус, то це означає, що її напрям не співпадає із заданим напрямом вітки.

Приклад результатів розрахунку максимального режиму роботи мережі у вигляді таблиць поданий у додатку Г.

Д.4 Інструкція користувачу програмою «мережі»

Для введення вихідних даних необхідно із меню «ВВОД» вибрати «Новий ввод». Потім в тому ж меню «ВВОД» вибрати «Ручной ввод».

Ввести число ПС (без базової), напругу ДЖ і число ліній. Після введення числа натиснути клавішею миші «ОК» або «ENTER» на клавіатурі.

Заповнити таблицю даних для трансформаторів використовуючи клавіатуру і клавішу TAB. Спочатку ввести дані у всі графи, крім «Тип трансформатора». Тип трансформатора вводиться в останню чергу таким чином.

1 Курсор переводиться на графу «ПС», для якої вибирається трансформатор.

2 Натиснути «ВЫБРАТЬ».

3 Із наявного списку трансформаторів вибрати необхідний, перевести на нього курсор, натиснути «ОК».

Якщо необхідного трансформатора в списку немає.

1 Перевести курсор на останній рядок таблиці і натиснути «↓».

2 Заповнити рядок даними трансформатора (для введення типу трансформатора необхідно перейти в режим «Російської мови», а потім повернутися в режим «Англійської мови» натиснувши одночасно клавіші Alt+Shift на клавіатурі. Тип трансформатора вводиться без пропусків (ТДН-10000/110).

Після заповнення таблиці даних для трансформаторів натиснути кнопку «V» («Сохранить»). Якщо кнопка не активна (сірого кольору) її натискати не потрібно. Кнопкою «☒» відміняються зміни, які внесені в таблицю. Натиснути кнопку «Далее».

Аналогічно заповнюється таблиця даних для ліній. Базисна ПС (ДЖ) завжди нумерується першою. Якщо лінія відходить від обмотки ВН трансформатора, то в графі «От обмотки ВН» і «К обмотке ВН» вказуємо 1, якщо ні - 0.

Результати подаються двома таблицями. На моніторі з'являється одна з них. Для перегляду другої необхідно користуватися смугою прокрутки та лівою клавішею миші, або клавішами Page up та Page Down на клавіатурі комп'ютера.

Збереження даних таблиць проводиться вибором в меню «Ввод», «Сохранить». Для завантаження файла з диску необхідно вибрати в меню «Ввод», «Ввод данных с диска», ввести ім'я файлу. Натиснути «Ручной ввод» в меню «Ввод», ввести число ПС, напругу ДЖ, число ліній і повторити розрахунок.

Д.5 Література

1 Идельчик В.И. Электрические сети и системы. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.

2 Справочник по проектированию электроэнергетических систем /Под ред. С.С.Рокотяна и И.М.Шапирою - М.: Энергоатомиздат, 1995. -352 с.

3 Петренко Л.И. Электрические сети: Сборник задач. - К.: Вища школа. Головное изд-во, 1985. - 271 с.