

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

НАДІЙНІСТЬ СИТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки до виконання модульного курсового проєкту

СУМИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки до виконання модульного курсового проєкту

**для здобувачів вищої освіти 1м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
другого рівня вищої освіти
ступеня вищої освіти «Магістр»**

СУМИ 2024

УДК 621.3.002

Н 34

Укладачі: **Сіренко В. Ф.**, к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем; **Савойський О. Ю.**, ст. викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем; **Вольвач Т. С.**, асистент кафедри енергетики та електротехнічних систем; **Лисенко В. В.**, завідувач навчально-методичним кабінетом кафедри енергетики та електротехнічних систем; **Василенко М. В.**, завідувач навчальною лабораторією кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Надійність систем електропостачання. Методичні вказівки до виконання модульного курсового проєкту для здобувачів вищої освіти 1м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого рівня вищої освіти, ступеня вищої освіти «Магістр». – Суми, 2024. – 38 с.

Рецензенти:

Лобода В. Б., к.ф.-м.н., професор кафедри охорони праці та фізики Сумського НАУ;

Кравченко В. О., к.ф.-м.н., старший викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем Сумського НАУ.

Відповідальний за випуск: Чепіжний А. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою ІТФ СНАУ.

Протокол № 6 від «22» травня 2024 року.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	7
1.1. Загальні положення	7
1.2. Структура проєкту	7
1.3. Вимоги до змісту проєкту	8
1.3.1. Титульний лист	8
1.3.2. Завдання	8
1.3.3. Відомість курсового проєкту	8
1.3.4. Реферат (анотація)	8
1.3.5. Зміст	9
1.3.6. Основна частина	9
1.3.7. Список літератури	10
1.3.8. Оформлення додатків	10
1.3.9. Вимоги до оформлення графічного матеріалу	10
2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	11
2.1. Розрахунок показників надійності схеми	11
2.1.1. Основні умови при складанні структур систем електропостачання	11
2.1.2. Послідовне з'єднання елементів структури СЕП	12
2.1.3. Урахування навмисних відключень	14
2.1.4. Структури СЕП з паралельним з'єднанням елементів	16
2.1.5. Урахування навмисних відключень при паралельному з'єднанні елементів	18
2.1.6. Складне з'єднання елементів структури СЕП	18
2.2. Визначення середнього часу безвідмовної роботи	23
2.3. Визначення імовірності відмови системи на протязі одного року	23
3. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	24
3.1. Визначення складових приведених витрат	24
3.2. Визначення очікуваного недовідпуску електроенергії	25
3.3. Збиток від недовідпуску електроенергії	25
3.4. Таблиця результатів розрахунків системи	26

	6
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	27
Додаток А	29
Додаток Б	30
Додаток В	32
Додаток Г.....	33
Додаток Д	34
Додаток З.....	35

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1.1. Загальні положення

Курсове проєктування ставить перед собою за мету надати студенту навички самостійного вирішення конкретних інженерних задач, на основі придбаних знань при вивченні загальнотехнічних та профільюючих дисциплін. Воно повинно сприяти закріпленню, поглибленню і узагальненню знань, які отримані студентом за час навчання. Системою курсового проєкту студент готується до виконання більш складної інженерної задачі – дипломного проєктування.

При роботі над проєктом студент, у відповідності з завданням на проєктування, вирішує конкретні конструкторські, технологічні та організаційно-економічні задачі. В процесі проєктування він повинен проявити вміння користуватися довідковою літературою, стандартами, табличними матеріалами, номограмами, кошторисними нормами, періодичною та іншою літературою.

Курсове проєктування – заключний етап навчального процесу підготовки інженера-дослідника з даної дисципліни. Воно передбачає систематизацію, закріплення і розширення теоретичних знань по спеціальності та застосування їх при вирішенні конкретних наукових, технічних, економічних і виробничих задач.

Курсовий проєкт є першою самостійною роботою, у якій студент повинен проявити не тільки здібність до використання матеріалів по розрахунку надійності систем електропостачання, але і вміння аналізувати варіанти рішень з точки зору їх технічної та економічної доцільності.

За прийняті у проєкті технічні рішення і достовірність різних розрахунків відповідає автор проєкту (студент).

Конкретну тематику, зміст розрахунково-пояснювальної записки і перелік графічних робіт уточнює кафедра у відповідності з програмою курсу.

Розрахунково-пояснювальна записка і графічні роботи виконуються у відповідності з діючими стандартами ДСТУ.

1.2. Структура проєкту

Розрахунково-пояснювальна записка проєкту повинна містити: титульний лист; завдання; відомість проєкту; реферат (анотацію); зміст; перелік скорочень, символів

и спеціальних термінів з їх визначеннями (при необхідності); основну частину проєкту; список літератури; додатки (при необхідності).

1.3. Вимоги до змісту проєкту

1.3.1. Титульний лист

Титульний лист є першим листом документу. Він виконується на листі формату А4 (210x297 мм). Загальний вид та приклад заповнення титульного листа для курсового проєкту наведено у Додатку А.

1.3.2. Завдання

Вихідним документом на виконання проєкту є завдання, яке затверджено завідувачем кафедри. У завданні, яке надається студенту, чітко формулюється назва теми, наводяться необхідні вихідні дані, вказуються структура розрахунково-пояснювальної записки і зміст графічних робіт, а також вказуються терміни виконання розділів та всього проєкту. Приклад заповнення завдання на виконання курсового проєкту наведено у Додатку Б.

1.3.3. Відомість курсового проєкту

Приклад заповнення першого листа відомості наведено у Додатку Б.

1.3.4. Реферат (анотація)

Реферат призначено для ознайомлення з пояснювальною запискою. Він повинен бути стислим, інформативним. Реферат повинен бути розміщений безпосередньо після відомості курсового проєкту, починаючи з нової сторінки.

Реферат повинен містити:

- відомості про об'єм пояснювальної записки, кількості розділів, кількості ілюстрацій, таблиць, додатків, кількості джерел згідно переліку посилань (наводять усі відомості, включно дані додатків);

- текст реферату;

- перелік ключових слів.

Текст реферату повинен відображати наведену у проєкті інформацію і, як правило, у такій послідовності:

- об'єкт дослідження або розробки;

- мету роботи;

- методи дослідження і апаратура;
- результати та їх новизна;
- основні конструктивні, технологічні і техніко- експлуатаційні характеристики та показники;
- ступень впровадження;
- взаємозв'язок з іншими роботами; рекомендації відносно використання результатів роботи;
- область застосування;
- економічна ефективність;
- значення роботи та висновки;

Реферат необхідно виконувати об'ємом не більше 500 слів, і, бажано, щоб він умістився на одній сторінці формату А4 (210х297 мм).

Ключові слова, які є визначними для розкриття суті пояснювальної записки, розміщуються після тексту реферату.

Перелік ключових слів містить від 5 до 15 слів (словосполучень), надрукованих прописними (великими) буквами у іменному відмінку в строку через коми.

Анотація об'ємом 1, 2 сторінки повинна включати: конкретні відомості, які розкривають зміст основної частини проєкту; короткі висновки відносно особливостей, ефективності, можливості та області застосування отриманих результатів. Приклад реферату до курсового проєкту наведено в Додатку Г.

1.3.5. Зміст

В текстових документах об'ємом більш 10 сторінок розміщують зміст. Він містить найменування та номери початкових сторінок усіх розділів, підрозділів і пунктів (якщо вони мають заголовки). Приклад реферату до курсового проєкту наведено в Додатку Д.

1.3.6. Основна частина

Основна частина записки повинна починатися зі вступу. У вступі кратко характеризують сучасний стан питання, якому присвячується робота, а також мета проєкту. У вступі слід чітко сформулювати, у чому заключається новизна та

актуальність наданої роботи, та обґрунтовують необхідність її проведення. Об'єм вступу 1...2 сторінки.

Подальший зміст основної частини проєкту повинен строго відповідати завданню на проєктування і закінчуватися заключенням.

У висновку наводиться підсумок відпрацьованої роботи. В заключенні повинно міститися: оцінка результатів роботи; висновки по відпрацьованій роботі; пропозиції по використанню отриманих результатів; шляхи та мета подальшої роботи у цій області або обґрунтовано недоцільність її продовження. Об'єм розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту до 40 сторінок машинописного тексту.

1.3.7. Список літератури

Список повинен містити перелік літератури, яка використана при виконанні проєкту. Виконується список у відповідності до ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» і даними рекомендаціями.

1.3.8. Оформлення додатків

Додатки оформляються як продовження пояснювальної записки. Оформлення додатків виконується по ДСТУ 4163:2020 «Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів».

1.3.9. Вимоги до оформлення графічного матеріалу

Обсяг графічної частини курсових проєктів регламентується методичними вказівками із виконання цих робіт, визначається та уточнюється лише керівником проєкту під час виконання курсового проєктування і має точно відповідати переліку, вказаному у завданні.

Графічні матеріали курсових проєктів виконують за допомогою графічного редактора. Студент обирає формат залежно від реальних розмірів, прийнятого масштабу та з урахуванням коефіцієнта заповнення аркуша. Креслення курсових проєктів рекомендується виконувати на аркушах форматів А4, А3, А2 або А1 залежно від розмірів виробів, необхідного масштабу, вважаючи, що їх буде складено до розміру формату А4 і підшито до пояснювальної записки. Приклад виконання графічної частини курсового проєкту наведено в Додатку 3.

2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1. Розрахунок показників надійності схеми

2.1.1. Основні умови при складанні структур систем електропостачання

Визначення показників надійності для структур систем електропостачання (СЕП) відрізняється від визначення тих самих показників для елементів тим, що в структурі показники надійності елементів або відомі, або задаються. При цьому на розглядувану систему накладаються деякі умови:

- 1) система розглядається як деяка абстрактна структура і незалежна від її фізичної природи;
- 2) структура має вхід x і вихід y ;
- 3) показники надійності структури СЕП визначаються на виході;
- 4) елементи структури знаходяться тільки в двох станах: роботоздатному або нероботоздатному;
- 5) відмови елементів структури розглядаються як незалежні дії;
- 6) потік відмов та відновлення елементів є простими діями;
- 7) пропускна здатність елементів структури необмежена.

Для здійснення розрахунків показників надійності СЕП необхідно:

- 1) розглядувану систему представити у вигляді структурної схеми, на якій кожен елемент дається у вигляді еквівалентного прямокутника із своїми значеннями розрахункових або заданих показників надійності x_i (рисунок 2.1). Показники надійності деяких елементів СЕП наведені у таблиці 2.1;

- 2) провести еквівалентування всієї структурної схеми, тобто сукупність елементів привести до загального елементу з сумарним значенням показників надійності. При цьому необхідно дотримуватись правил еквівалентування послідовно, паралельно та змішано з'єднаних елементів схем;

- 3) визначити проміжні та загальні показники надійності.

Нижче наведені правила еквівалентування та розрахунку показників надійності для різних схем з'єднання елементів структури СЕП.

2.1.2. Послідовне з'єднання елементів структури СЕП

Послідовним з'єднанням називається така структура, відмова якої трапляється при виході з ладу хоча б одного елемента, тобто послідовна структура роботоздатна, коли усі її елементи роботоздатні.

Прикладом такої структури може бути схема, яка наведена на рисунку 2.1а. При виході з ладу хоча б одного із вимикачів Q1 – Q4 або ділянки лінії 10 кВ (елемент 4), шин 10 або 0,4 кВ (елементи 2, 6, 9), будь якого трансформатора (TV1 або TV4) вся мережа становиться недієздатною, тобто споживачі не будуть отримувати електричну енергію. Структурна схема системи електропостачання з послідовним з'єднанням елементів наведена на рисунку 2.1б. В результаті еквівалентування схеми необхідно визначити еквівалентні показники надійності X_{1-10i} , формули для розрахунку яких (при послідовному з'єднанні елементів) наведені у таблиці 2.2.

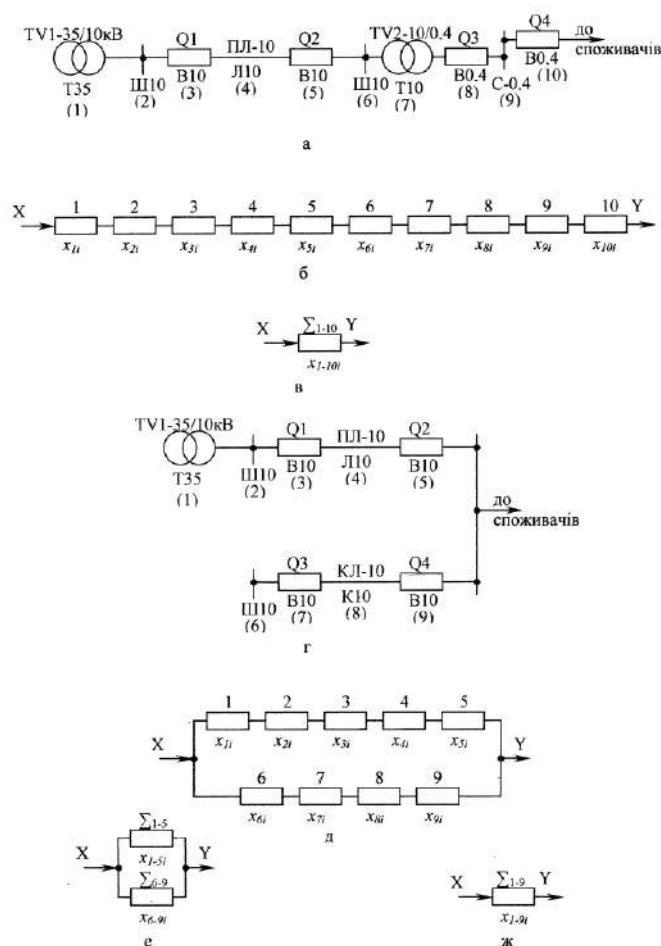


Рис. 2.1. Приклади структур СЕП з послідовним і паралельним з'єднаннями елементів та їх перетворювання (еквівалентування):

а – в – послідовне з'єднання; г – ж – паралельне з'єднання елементів

Таблиця 2.1 – Показники надійності елементів систем електропостачання

Елемент	Умовне позначення	Частота відмов ω , рік ⁻¹	Середній час відновлення, τ , год	Частота навмисних відключень ν , рік ⁻¹	Середній час обслуговування η , год
Повітряна лінія 35, 110 кВ одноколова, на 1 км	Л110	0,08	6/8*	0,1/0,15*	6,5/8*
Обидва кола повітряної лінії 35, 110 кВ, на 1 км	2Л110	0,008	10/-	0,01/-	8/-
Повітряна лінія 6, 10 кВ одноколова, на 1 км	Л10	0,25	5/6	0,2/0,25	5/5,8
Кабельна лінія 6, 10 кВ, на 1 км	К10	0,10	15/50-25**	0,3/0,5-1**	3/30-10**
Дві кабельні лінії 6, 10 кВ у одній траншеї, на 1 км	2К10	0,005	15/-	0,05/-	3/-
Повітряна лінія 0,38 кВ, на 1 км	Л0,4	0,20	4/3	0,25/0,30	4/6
Трансформатор 35, 110 кВ	Т110	0,03	25/30	0,3/0,5	10/12
Трансформатор 6, 10 кВ	Т10	0,035	6/8	0,25/0,30	6/8
Чарунка вимикача 35, 110 кВ	В110	0,02	5,5/7	0,2/0,3	5/6
Чарунка вимикача 6, 10 кВ внутрішнього встановлення	В10	0,015	5/6	0,15/0,25	4/7
Чарунка вимикача 6, 10 кВ КРПН зовнішнього встановлення	В010	0,05	4,5/5,5	0,25/0,35	4/7
Чарунки ВД (КЗ) 35, 110 кВ	ВД(КЗ)	0,05	3,5/5	0,25/0,35	4/6
Чарунка роз'єднувача 35, 110 кВ	Р110	0,005	3/4,5	0,2/0,3	3/5
Чарунка роз'єднувача 6, 10 кВ внутрішнього встановлення	РВ10	0,002	2,5/4	0,15/0,25	2,5/5
Чарунка роз'єднувача 6, 10 кВ КРПН зовнішнього встановлення	РЗ10	0,01	2,5/4	0,15/0,25	2,5/5
Чарунка ПК 6, 10 кВ	ПК	0,05	2,5/3	0,15/0,25	2,5/4
Лінійний роз'єднувач 6 і 10 кВ	ЛР10	0,08	3,5/6	-	-
Шини ВРП 35, 110 кВ (на 1 приєднання)	Ш110	0,001	4/6	0,1/0,2***	5/7***
Шини РП 6, 10 кВ (на 1 приєднання)	Ш10 кВ	0,001	3,5/5	0,12/0,2***	4/6***
Збірка НН – 0,4 кВ ТП	С0,4	0,007	3/5	0,15/0,25	4/6

Примітка: * - у чисельнику – для нерезервованих систем, а у знаменнику – для резервованих;

** - 25/01 – величини, які наведені для живлячих мереж 6, 10 кВ;

*** - показники для усієї системи (секції) шин

Таблиця 2.2 – Номенклатура показників надійності структур СЕП при послідовному з'єднанні елементів

Найменування показників надійності	Математичний вираз для розрахунку показника надійності структури СЕП	Розшифрування символів, які входять до математичного виразу
1	2	3
Без урахування навмисних відключень		
1. Частота відмов $\omega_c^{()}$	$\omega_c^{(n)} = \sum_{i=1}^n \omega_i$	ω_i - частота відмов і-го елемента, рік ⁻¹ ; n - кількість елементів схеми
2. Середній час без відмовної роботи $T_c^{()}$	$T_c^{(n)} = (\omega_c^{(n)})^{-1} = \left[\sum_{i=1}^n (T_i)^{-1} \right]^{-1}$	T_i - середній час безвідмовної роботи і-го елемента структури, год (рік)
3. Середній час відновлення $\tau_c^{()}$	$\tau_c^{(n)} = (\omega_c^{(n)})^{-1} \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \tau_i$	τ_i - середній час відновлення і-го елемента, год (рік)
Тільки при навмисному відключенні		
4. Частота навмисних відключень $\nu_c^{()}$	$\nu_c^{(n)} = \sum_{i=1}^n \nu_i$ з урахуванням коефіцієнту збіжності $g_{\delta i}$ (при нееквівалентованій структурі) $\nu_c^{(n)'} = \nu_{\delta} + \sum_{i=1, i \neq \delta}^n \nu_i (1 - g_{\delta i})$	ν_i - частота навмисних відключень і-го елемента, рік ⁻¹ ; ν_{δ} - частота навмисних відключень базового елемента, рік ⁻¹ ; $g_{\delta i}$ - коефіцієнт збіжності і-го елемента; береться з таблиці 3.3
5. Середній час обслуговування $\eta_c^{()}$	$\eta_c^{(n)} = (\nu_c^{(n)})^{-1} \sum_{i=1}^n \nu_i \eta_i$ з урахуванням коефіцієнту збіжності $\eta_c^{(n)} = (\nu_c^{(n)})^{-1} [\nu_{\delta} \eta_{\delta} + \nu_{max} \times (\eta_{max} - \eta_{\delta}) + \sum_{i=1, i \neq \delta}^n \nu_i (1 - g_{\delta i}) \eta_i]$	η_i, η_{δ} - середній час обслуговування і-го та базового елементів, год; ν_{max} - частота навмисного відключення елемента, у якого цей показник найбільший, рік ⁻¹ ; η_{max} - середній час обслуговування елемента, у якого цей показник має найбільше значення, год; n - кількість елементів схеми
З урахуванням навмисних відключень		
6. Частота відмов $\omega_c^{()}$	$\omega_c^{(n)} = \sum_{i=1}^n \omega_i$	ω_i - частота відмов елемента, який не підлягає навмисному відключенню, рік ⁻¹ ;
7. Середній час відновлення $\tau_c^{()}$	$\tau_c^{(n)} = (\omega_c^{(n)})^{-1} \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \tau_i$	τ_i - середній час відновлення елемента, який не підлягає навмисному відключенню, год (рік);

2.1.3. Урахування навмисних відключень

Як позначено раніше, навмисне відключення – це відключення, яке передбачено навмисно і виконується експлуатаційним персоналом. При цих відключеннях

виконуються роботи, які направлені на підвищення надійності СЕП. Але з іншого боку, навмисні відключення знижують надійність електропостачання, так як створюють нерезервовані схеми. Тобто навмисні відключення тим чи іншим чином впливають на показники надійності СЕП, і їх необхідно враховувати як при проєктуванні, так і при експлуатації електричних систем.

При послідовному з'єднанні елементів частота навмисних відключень ν_c і середній час обслуговування η_c для окремих елементів розраховується по виразах 4 і 5 таблиці 2.2.

Але ж треба відмітити, що при ремонті електрообладнання звичайно відключаються декілька взаємопов'язаних елементів. Це означає, що сумарне значення частоти навмисних відключень цих елементів менше, ніж сума частот окремих елементів. Тому для даного випадку прийнято наступне. Один з елементів схеми, який найчастіше відключається, приймають за *базовий*, а частоту навмисних відключень останніх елементів розраховують по відношенню до базового за допомогою коефіцієнту збігу:

$$g_{\delta i} = \frac{m(\Delta t_n)_{\delta i}}{M_{ci}(t)}, \quad (2.1)$$

де $m(\Delta t_n)_{\delta i}$ - кількість навмисних відключень i -го елементу, які виконані сумісно з навмисними відключеннями базового елементу, за період часу Δt_n ;

$M_{ci}(t)$ - загальна кількість навмисних відключень i -го елементу.

Значення коефіцієнту збігу для основних елементів систем електропостачання наведені в таблиці 2.3.

З урахуванням коефіцієнту збігу вирази для визначення показників навмисних відключень також наведені у таблиці 2.2 (вирази 4 і 5). Слід відмітити, що ці формули дійсні, коли система не еквівалентована. Після проведення еквівалентування елементів ці показники розглядаються як незалежні події, тому розрахунок ведеться по формулам без урахування коефіцієнту збігу.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів збіжності основних елементів систем електропостачання

Елемент системи	Базові елементи			
	ПЛ (КЛ) 35, 110 кВ	ПЛ (КЛ) 6, 10 кВ	трансформатор 110, 35/ 10 кВ	трансформатор 6, 10/ 0,4 кВ
1. ПЛ 6, 10 кВ	0,7	1,0	0,6	-
2. КЛ 6, 10 кВ	0,6	1,0	0,5	-
3. Чарунка РП-35, 110 кВ	0,8	-	0,6	-
4. Чарунка вимикача 6, 10 кВ	0,85	0,8	0,7	-
5. Чарунка РП-6, 10 кВ	0,3	0,6	0,4	1,0
6. Трансформатор 35, 110/ 10 кВ	0,6	-	1,0	-
7. Трансформатор 6, 10/ 0,4 кВ	0,3	0,6	0,4	1,0
8. Шини 35, 110 кВ	0,6	-	0,8	-
9. Шини 6, 10 кВ	0,75	-	0,7	0,8
10. Збірка НН ТП	-	0,4	-	0,8

2.1.4. Структури СЕП з паралельним з'єднанням елементів

Паралельним з'єднанням називається така структура, відмова якої може наступити тільки при відмові усіх елементів структури. Прикладом такої системи може служити схема електричної мережі, яка наведена на рисунку 2.1 г і більш наочно (після її еквівалентування) на рисунку 2.1 е.

Ця система забезпечує споживачів енергією від двох незалежних джерел (рисунок 2.1 г) TV1 – 35/10 кВ (елемент 1) і шин 10 кВ Ш10 (елемент 6) та по двох лініях ПЛ-10 кВ (елемент 4) і КЛ-10 кВ (елемент 8). На схемі заміщення (рисунок 2.1 д) структура представляє собою два ланцюга з послідовним з'єднанням елементів $x_{1i} - x_{5i}$ та $x_{6i} - x_{9i}$. Після еквівалентування (по правилах для послідовних з'єднань) отримаємо схему з паралельним з'єднанням двох еквівалентованих елементів $x_{1i} - x_{5i}$ і $x_{6i} - x_{9i}$ (рисунок 2.1 е) з сумарними значеннями показників надійності. Споживач буде отримувати електричну енергію до тих пір, поки не вийдуть з ладу одночасно елементи x_{1-5i} і x_{6-9i} . При виході тільки одного із цих еквівалентних елементів живлення споживачів не порушиться. Воно буде здійснюватися через другий еквівалентований елемент. Для розрахунку показників надійності для усієї структури,

схема рисунку 2.1 є повинна бути еквівалентована до сумарного елементу X_{1-9i} .

Розрахункові формули для цього випадку наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Номенклатура показників надійності структур СЕП при паралельному з'єднанні елементів

Найменування показників надійності	Математичний вираз для розрахунку показника надійності структури СЕП	Розшифрування символів, які входять до математичного виразу
Без урахування навмисних відключень		
1. Частота відмов $\omega_c^{()}$	$\omega_c^{(m)} = \left(\prod_{j=1}^m \omega_j \cdot \tau_j \right) \left(\sum_{j=1}^m \tau_j^{-1} \right)$ $\omega_c^{(m)} = 8760^{1-m} \times$ $\times \left(\prod_{j=1}^m \omega_j \cdot \tau_j \right) \left(\sum_{j=1}^m \tau_j^{-1} \right)$ для системи з рівнонадійними елементами: $\omega_c^{(m)} = m \omega^m \tau^{m-1}$	ω_j - частота відмов j-го елементів у паралельній схемі з'єднань, рік ⁻¹ ; τ_j - середній час відновлення j-го елементу у схемі з паралельним з'єднанням, год (рік)
2. Середній час без відмовної роботи $T_c^{()}$	$T_c^{(m)} = (\omega_c^{(m)})^{-1}$	T_i - середній час безвідмовної роботи i-го елементу структури, год (рік)
3. Середній час відновлення $\tau_c^{()}$	$\tau_c^{(m)} = \left(\sum_{j=1}^m \tau_j^{-1} \right)^{-1}$ для системи з рівнонадійними елементами: $\tau_c^{(m)} = m^{-1} \tau$	τ_j - середній час відновлення j-го елементів при паралельному з'єднанні відповідно, год (рік) n, m - кількість елементів схеми
З урахуванням навмисних відключень		
4. Частота відмов $\omega_c^{()}$	$\omega_c^{(m)} = (\omega_0 + \sum_{k=1}^m \omega_k) \cdot 8760^{1-m}$ $\omega_0 = \left(\prod_{i=1}^m \omega_i \cdot \tau_i \right) \left(\sum_{i=1}^m \tau_i^{-1} \right)$ $\omega_k = \nu_k \eta_k \times$ $\times \left(\prod_{j=1}^m \omega_j \cdot \tau_j \right) \left(\sum_{j=1}^m \tau_j^{-1} \right)$ $k = 1, 2, \dots, m; k \neq j$	ω_i, ω_j - частота відмов елементів, які не підлягають навмисному відключенню, рік ⁻¹ ; τ_i, τ_j - середній час відновлення елементів, які не підлягають навмисному відключенню, год (рік); ω_k - частота відмов паралельних елементів, серед яких є ті, що підлягають навмисному відключенню, рік ⁻¹ ; $\nu_k; \eta_k$ - показники надійності елементів, для яких передбачено навмисне відключення
5. Середній час відновлення $\tau_c^{()}$	$\tau_c^{(m)} = (\omega_c^{(m)})^{-1} \times$ $\times \left(\omega_0 \tau_0 + \sum_{k=1}^m \omega_k \tau_k \right)$ $\tau_0 = \left(\sum_{i=1}^m \tau_i^{-1} \right)^{-1}$ $\tau_k = (\eta_k^{-1} + \sum_{j=1}^m \tau_j^{-1})^{-1}$	τ_0 - сумарний середній час відновлення елементів, які не передбачають навмисного відключення, год; τ_k - сумарний середній час відновлення елементів, серед яких є ті, що передбачають навмисне відключення, год (рік); η_k - середній час обслуговування елементу навмисного відключення, рік ⁻¹

2.1.5. Урахування навмисних відключень при паралельному з'єднанні елементів

При паралельному з'єднанні двох і більше елементів у випадку простою одного із елементів інші не виводяться з роботи і живлення споживачів не порушується. В процесі експлуатації СЕП можливий такий випадок, коли один з елементів простоює, а другий – відмовляє (для системи із двох паралельно з'єднаних елементів). В цьому випадку система відмовляє. Тому, чим частіші і більш тривалі навмисні відключення, тим нижче надійність системи. В загальному випадку для системи, яка складається із m паралельно з'єднаних елементів, частота відмов та середній час відновлення системи повинні розраховуватися з урахуванням показників надійності, що характеризують навмисні відключення. Розрахункові формули показників надійності при паралельному з'єднанні елементів системи наведені у таблиці 2.4 (вирази 4, 5).

2.1.6. Складне з'єднання елементів структури СЕП

Реальні системи електропостачання не завжди представляють сукупність послідовно та паралельно з'єднаних елементів. Існують і більш складні структури, наприклад, схема електропостачання частини району, яка наведена на рисунку 2.2 а. У таких структурах елементи з'єднані таким чином, що їх подальше спрощення неможливе (рисунок 2.2 в). Для цих випадків вживаються деякі методи спрощення. Одним з ефективних методів є метод *мінімального перерізу*. Сутність методу полягає в наступному.

Існують деякі групи елементів, одночасна відмова яких приводить до *роз'єднування (розриву)* усіх шляхів, які зв'язують вхід X та вихід Y структури. Набір елементів, відмова яких призводить до відмови структури (тобто розриву усіх зв'язків між входом і виходом) в теорії надійності називається **перерізом**. Якщо виявити усі перерізи, які має досліджувана структура і визначити їх надійність, то взагалі можна визначити надійність усієї структури.

Чим складніша структура і чим більше елементів вона містить, тим складніше визначити усі можливі перерізи. Для структури, яка містить n елементів, необхідно

розглянути $2^n - 1$ сполучень. Але серед безлічі перерізів складних структур є такі, що утворені мінімальним набором елементів тобто – **мінімальні перерізи**.

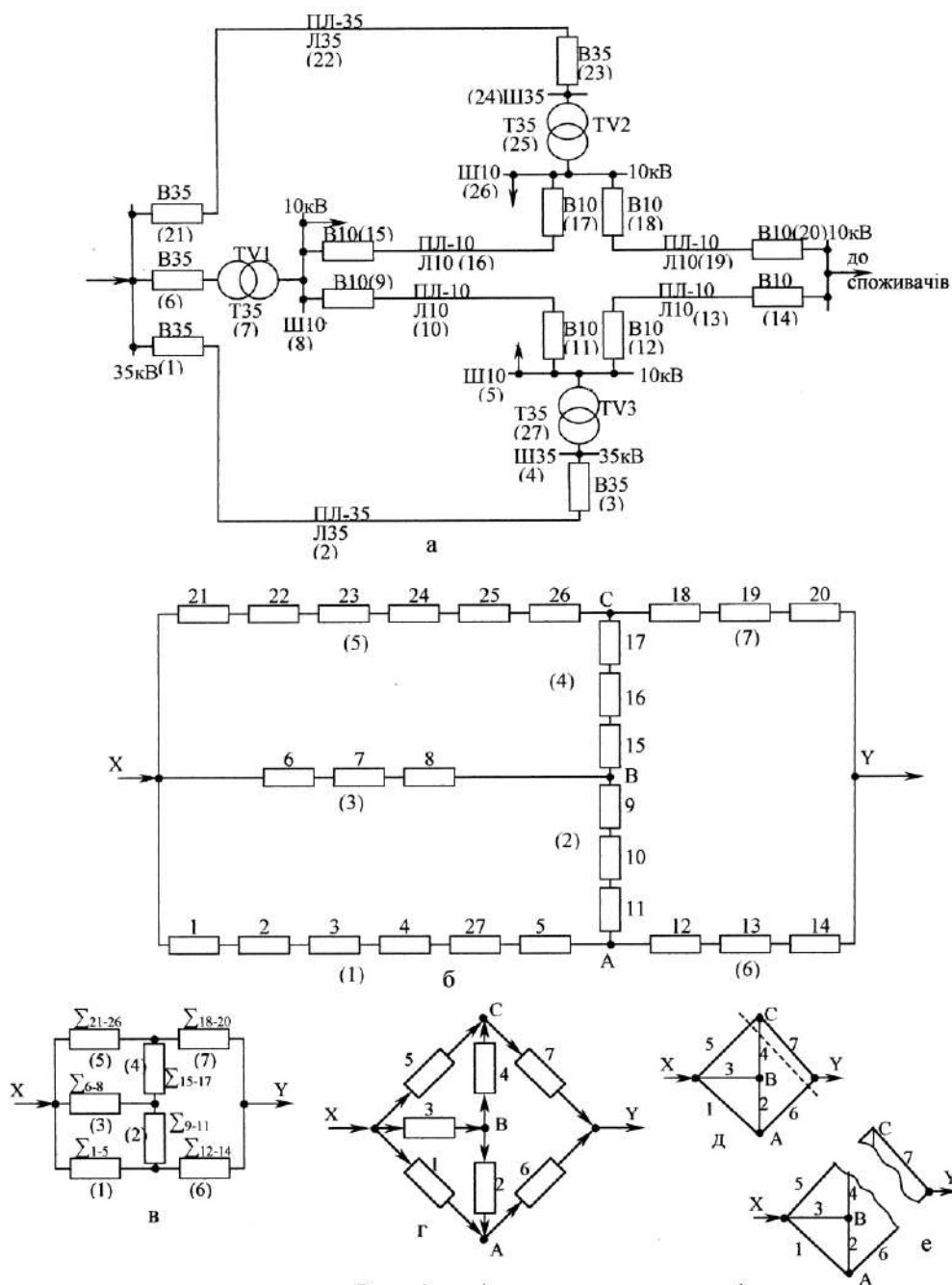


Рисунок 2.2 – Приклад складного з'єднання елементів СЕП та її перетворення (еквівалентування): а – принципова схема; б, в – хід еквівалентування схеми а; г – е – визначення мінімальних перерізів

В теорії надійності доведено, що складну структуру можна перетворити в схему з послідовно з'єднаних мінімальних перерізів, кожен з яких являє собою паралельне з'єднання елементів, що входять до складу кожного з цих мінімальних перерізів.

Для спрощення дії по вибору мінімальних перерізів використовують елементи теорії графів.

Графом називається схема, на якій позначена сукупність вузлів (**вершин** X, A, B, C, Y – рисунок 2.2 г – е), з'єднуючі їх вітки (**ребра**) (1 – 7) і наведена інформація про передачу кожної вітки (**ребра**). Вузли і вітки графа відповідають вузлам і віткам початкової електричної схеми (рисунок 2.2 а). Тобто, граф представляє собою топологічне відображення самої електричної схеми.

Застосування положень теорії графів в даному випадку полягає в наступному. Структуру представляють у вигляді замкненого графа. **Замкненим графом** називається граф, який не має елементів, по яким не проходить хоча б один шлях, зв'язуючий вхід графа з його виходом. **Ребрами** такого графа служать елементи, надійність яких відома. Для розгляду цього питання звернемося до рисунку 2.2 д. Допустимо, що ми маємо граф, який містить z ребер і m вершин. Розірвемо графу таким чином, щоб частина вершин n була приєднана тільки до входу X графа, а інші $(m - n)$ вершин – до виходу Y графа (рисунок 2.2 е). Тим самим порушується зв'язок між входом та виходом графа і утворюються дві структури, які називаються **деревами**: n -дерево (тобто дерево, яке містить n вершин X, A, B , приєднаних до входу X графа) та $(m - n)$ -дерево з вершинами C, Y , які приєднані до виходу графа. При цьому обірвані ребра утворюють мінімальні перерізи. На рисунку 2.2 е мінімальні перерізи утворюють елементи 5, 4, 6.

Таким чином, задача пошуку мінімальних перерізів зводиться до задачі побудови можливих дерев графа. Для цього до однієї із вершин графа (входу або виходу) послідовно приєднується одна за другою вершини, які безпосередньо зв'язані з попереднім деревом. Порядок визначення мінімальних перерізів виконується в наступній послідовності:

- 1) складається матриця безпосередніх зв'язків вершин-ребер графу;
- 2) складається масив n -дерев графа послідовним приєднанням до n -дерева вершин, які безпосередньо зв'язані з однією із вершин, яка належить n_{i-1} -дереву;
- 3) для кожного n -дерева вибирається переріз;
- 4) складається масив перерізів, з яких вибираються мінімальні.

Згідно цього порядку визначаємо мінімальні перерізи для графу, наведеного на рисунку 2.2 г – е.

1. Вершина X безпосередньо пов'язана з ребрами 1, 3, 5; вершина A – з ребрами

1, 2, 6 і так далі. Матриця можливих зв'язків вершин з ребрами для даного випадку наведена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків вершин графа з ребрами

Вершина	Ребра, які пов'язані з вершиною
<i>X</i>	<i>1 3 5</i>
<i>A</i>	<i>1 2 6</i>
<i>B</i>	<i>2 3 4</i>
<i>C</i>	<i>4 5 7</i>
<i>Y</i>	<i>6 7</i>

2. До першого n -дерева відноситься вершина X . До неї безпосередньо приєднуються вершини A, B, C , які в свою чергу є послідовними n -деревами XA, XB, XC . Далі до дерева XA приєднуємо вершину C і отримуємо дерево XAC . Потім до дерева XA приєднуємо вершину B і отримуємо дерево XAB і так далі поки не будуть розглянуті усі вершини, крім Y - вихід графа (в цьому випадку утворюється замкнена структура). Таким чином, із розглянутого графа отримуємо масив n -дерев: $X; XA; XB; XC; XAB; XAC; XBC; XABC$, які утворюються сукупністю відповідних ребер. Ці дані заносимо до таблиці 2.6.

3. Для кожного n_i -дерева визначаємо переріз. Тобто, згідно матриці „ребра-вершини” (таблиця 2.5) виписуємо усі ребра, які безпосередньо пов'язані з вершинами n -дерев. Наприклад, для n -дерева XA перерізами будуть ті, що пов'язані як з вершиною X , так і з вершиною A , тобто $1 3 5$ і $1 2 6$. Ці дані заносимо в графу 2 таблиці 2.6. напроти відповідного n -дерева.

Ребра, які входять у сукупність n_i -дерева парне число разів, перекреслюються (таблиця 2.6, графа 2). Ребра, які залишилися, виписуються у графу 3 таблиці 2.6 у порядку зростання номера елементу.

Із отриманої кількості перерізів з більшим числом елементів визначаються ті, що мають в собі перерізи з меншим числом елементів. У даному випадку переріз, який утворений деревом XAC містить переріз, який утворений деревом $XABC$. Тому даний переріз виключається з переліку. Ті перерізи, що залишилися, являють собою мінімальні перерізи (графа 4 таблиці 2.6).

Таблиця 2.6 – Визначення мінімальних перерізів графа

n -дерево	Ребра	Переріз	Мінімальний переріз
X	$1\ 3\ 5$	$1\ 3\ 5$	$1\ 3\ 5$
XA	$\cancel{1}\ 3\ 5, \cancel{1}\ 2\ 6$	$2\ 3\ 5\ 6$	$2\ 3\ 5\ 6$
XB	$1\ \cancel{3}\ 5, 2\ \cancel{3}\ 4$	$1\ 2\ 4\ 5$	$1\ 2\ 4\ 5$
XC	$1\ 3\ \cancel{5}, 4\ \cancel{5}\ 7$	$1\ 3\ 4\ 7$	$1\ 3\ 4\ 7$
XAB	$\cancel{1}\ \cancel{3}\ 5, \cancel{1}\ 2\ 6, 2\ \cancel{3}\ 4$	$4\ 5\ 6$	$4\ 5\ 6$
XAC	$\cancel{1}\ \cancel{3}\ 5, \cancel{1}\ 2\ 6, 4\ \cancel{5}\ 7$	$2\ 3\ 4\ 6\ 7$	-
XBC	$1\ \cancel{3}\ 5, 2\ \cancel{3}\ 4, 4\ \cancel{5}\ 7$	$1\ 2\ 7$	$1\ 2\ 7$
$XABC$	$\cancel{1}\ \cancel{3}\ 5, \cancel{1}\ 2\ 6, 2\ \cancel{3}\ 4, 4\ \cancel{5}\ 7$	$6\ 7$	$6\ 7$

4. На схемі рисунку 2.3 кожне n_i -дерево позначається, як паралельно з'єднані елементи, з кількістю i номерами відповідно кількості i номерам ребер n_i -дерева.

Усі n_i -дерева між собою з'єднуються послідовно. Таким чином, для наведеної структури СЕП схема заміщення буде мати сім мінімальних перерізів (рисунок 2.3 а).

Слід підкреслити, що чим більше елементів входить до мінімального перерізу, тим менше вони впливають на загальну надійність системи. Тому перерізами з числом елементів *більше трьох* можна знехтувати.

Враховуючи цю рекомендацію, отриману схему заміщення можна дещо спростити. Кінцева еквівалентована схема для розрахунку показників надійності наведена на рисунку 2.3 б.

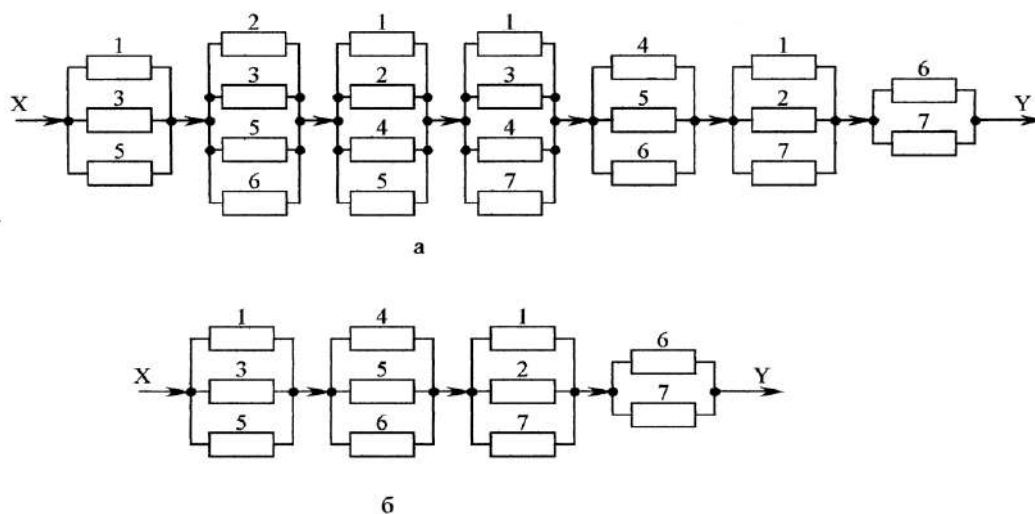


Рисунок 2.3 – Еквівалентна схема для розрахунку показників надійності системи електропостачання, яка наведена на рисунку 2.2 а: а – схема з повним набором мінімальних перерізів; б – спрощена схема

2.2. Визначення середнього часу безвідмовної роботи

Середній час безвідмовної роботи $T_{c,i}$ знаходиться за виразом:

$$T_{c,i} = \omega \sum_i^{-1} \quad (2.2)$$

2.3. Визначення імовірності відмови системи на протязі одного року

Імовірність відмови системи на протязі одного року

$$F_c(1) = 1 - e^{-\omega \sum_i \cdot t} \quad (2.3)$$

3. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1. Визначення складових приведених витрат

Щорічні відрахування від капіталовкладень 3^{iT} :

$$3^{iT} = K^{iT} \cdot (E_n + P_a + P_o), \quad (3.1)$$

де K^{iT} – капіталовкладення по варіанту, тис. грн;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,12$;

P_a, P_o – відповідно відрахування на амортизацію та на обслуговування, $P_a = 6,3\%$, $P_o = 3\%$.

Капіталовкладення по варіанту:

$$K^{iT} = K_{\bar{om}} + K_{ob} \quad (3.2)$$

де $K_{\bar{om}}$ – витрати на будівельно-монтажні роботи, $K_{\bar{om}} = 0,60 K^{iT}$.

K_{ob} – витрати на обладнання, $K_{ob} = 0,40 K^{iT}$.

Змінні втрати I_{TKi} трансформатора:

$$I_{TKi} = P_i \left(\frac{S_{\max}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau_{\max} \cdot c, \quad (3.3)$$

де P_{Ki} – втрати к.з. трансформатора, кВт;

$S_{\max}, S_H$ – відповідно максимальна розрахункова та номінальна потужність трансформатора кВА;

$\tau_{\max}$ – час максимальних втрат, год;

c – вартість 1 кВт·год змінних втрат, $c = 0,017$ грн/кВт·год.

Постійні втрати I_{TXi} трансформатора:

$$I_{TXi} = P_{xx} \cdot T_{TP} \cdot C_x,$$

де P_{xx} – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

T_{TP} – річне число годин роботи трансформатора, $T_{TP} = 8760$ год;

C_x – вартість 1 кВт·ч постійних втрат, $C_x = 0,011$ грн/кВт·год.

Сумарні втрати в трансформаторі:

$$I_{\sum i} = I_{TKi} + I_{TXi}, \quad (3.5)$$

3.2. Визначення очікуваного недовідпуску електроенергії

Для варіанту схеми:

$$W_{ав} = S \cdot \cos \varphi \cdot T_{\max} / T_{\text{год}} \cdot \omega \cdot \tau \quad (3.6)$$

$$W_{пр} = S \cdot \cos \varphi \cdot T_{\max} / T_{\text{год}} \cdot v \cdot \eta \quad (3.7)$$

3.3. Збиток від недовідпуску електроенергії

Збиток при відмовах:

$$Y_{ав.i} = y_{ав} \cdot W_{ав.i} \quad (3.8)$$

де $y_{від}$ – питомий збиток від недовипуску електроенергії при відмовах, грн/кВт год;

Збиток при навмисних відключеннях:

$$Y_{пр.i} = y_{пр} \cdot W_{пр.i} \quad (3.9)$$

де $u_{\text{нав}}$ – питомий збиток від недовипуску електроенергії при навмисних відключеннях, грн/кВт год.

3.4. Таблиця результатів розрахунків системи

Розраховані техніко-економічні показники необхідно звести в загальну таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Техніко–економічні показники та показники надійності запропонованої схеми

Показники	Значення показника
Відрахування від капітальних вкладень, тис. грн.	
Витрати на відшкодування втрат ел.енергії, грн	
Збиток від відмов, грн	
Збиток від навмисних відключень, грн	
Сумарні приведенні витрати, тис. грн.	
Частота відмов ω , рік ⁻¹	
Час відновлення τ , год.	
Частота навмисних відключень ν , рік ⁻¹	
Середній час обслуговування η , год	
Середній час безвідмовної роботи T_c років	
Імовірність відмови системи F_c	

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення: Видання офіційне. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
2. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А.В. Журахівський, С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, О.Р. Пастух. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 456 с. – Бібліогр.: с. 450-452. – ISBN 978-966-622-862-1.
3. Казанський С.В., Матеєнко Ю.П., Сердюк Б.М. Надійність електроенергетичних систем: навчальний посібник / С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – ISBN 978-966-622-453-1.
4. Журахівський А.В., Кінаш Б.М., Пастух О.Р. Надійність електричних систем і мереж: навчальний посібник. / А.В. Журахівський, Б.М. Кінаш, О.Р. Пастух. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с. – ISBN 978-617-607-293-5.
5. Яковлєв В. Ф., Савойський О. Ю., Вольвач Т. С. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти 1м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого рівня вищої освіти, ступеня вищої освіти «Магістр». – Суми, 2023. – 100 с.
6. Яковлєв В. Ф., Савойський О. Ю., Вольвач Т. С. Методичні вказівки до виконання практичних занять для здобувачів вищої освіти 1м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого рівня вищої освіти, ступеня вищої освіти «Магістр». – Суми, 2023. – 70 с.
7. Рожков П.П. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність електричних мереж» для магістрів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Електротехнічні системи електроспоживання (освітньо-наукова)») / П.П. Рожков, С.Е. Рожкова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 85 с

8. Технологія наукових досліджень електроенергетичних систем в аграрному виробництві: Навчальний посібник / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський. За ред. Г.Б. Іноземцеві. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011– 198 с.

9. Дистанційний курс з дисципліни «Надійність систем електропостачання» в середовищі Moodle. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cdn.snau.edu.ua/moodle/enrol/index.php?id=2128>.

10. ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» і даними рекомендаціями.

11. ДСТУ 4163:2020 «Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів».

Додаток А

Приклад заповнення титульного листа курсового проєкту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Допускається до захисту:

(Підпис, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2024 р.

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни «Надійність систем електропостачання»
на тему «ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПЕРВИННИХ КІЛ КОМУТАЦІЇ
ПІДСТАНЦІЙ»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

КП 06.3.НСЕ. **XXX** ПЗ (*XX – номер варіанту згідно завдання*)Здобувач групи _____ ЕТЕС **XXXXXXX** **Прізвище, ініціали**

Керівник _____ О.Ю. Савойський, ст. викладач

Курсовий проєкт захищений з оцінкою _____

Підписи:

(Підпис, прізвище, ініціали, дата)

(Підпис, прізвище, ініціали, дата)

Суми 2024

Додаток Б

Приклад заповнення завдання на курсовий проєкт

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Завдання на курсовий проєкт з дисципліни: «Надійність систем електропостачання»

Варіант 1

Студенту Петренку Р. В. групи ЕТЕС 2301-2м, 1м курсу.

Тема курсового проєкту: *«Обґрунтування схеми первинних кіл комутації підстанції»*

Структура та зміст пояснювальної записки

Титульний лист

Завдання на курсовий проєкт

Відомість проєкту

РЕФЕРАТ

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СХЕМИ РТП 35/10 КВ.

1.1. Аналіз схеми первинних кіл комутації підстанції.

1.2. Опис принципу роботи схеми.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПІДСТАНЦІЇ.

2.1 Розрахунок показників надійності схеми

2.2. Визначення середнього часу безвідмовної роботи

2.3. Визначення імовірності відмови системи на протязі одного року

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.

3.1 Визначення складових приведених витрат.

3.2 Визначення очікуваного недовідпуску електроенергії.

3.3. Збиток від недовідпуску електроенергії.

3.4. Таблиця результатів розрахунків системи.

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

Лист 1 – “Еквівалентування схем та показники надійності. Таблиця”. На листі у вигляді таблиці необхідно привести: вихідні схеми по варіантам та схеми їх еквівалентування; показники надійності; таблицю порівняння результатів розрахунків схем.

Лист 2 – “Кола первинної комутації трансформаторної підстанції. Схема електрична принципова”. На листі приводиться принципова електрична схема обґрунтованого варіанту підстанції. На листі також необхідно привести таблицю з результатами техніко-економічних розрахунків.

Розрахунково-пояснювальна записка та графічна частина проєкту повинні бути виконані у відповідності з вимогами ДСТУ.

Основні вихідні дані для розрахунків

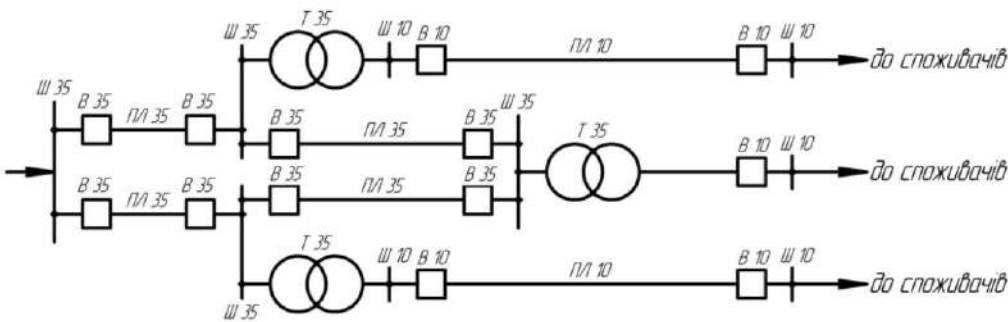


Рис. 1 – Схема первинних кіл комутації

Таблиця 1 – Вихідні дані для системи електропостачання

Елемент	Умовне позначення	Частота відмов ω , рік ⁻¹	Середній час відновлення, τ , год	Частота навмисних відключень ν , рік ⁻¹	Середній час обслуговування η , год	Вартість одиниці, тис. грн	Кількість, шт.
1	2	3	4	5	6	7	8
Шини ВРП 35 (на 1 приєднання)	Ш35	0,001	4/6	0,1/0,2***	5/7***	0,7	4
Комірка вимикача 35 кВ	В35	0,02	5,5/7	0,2/0,3	5/6	32	8
Повітряна лінія 35 кВ одноколова, на 1 км	ЛЛ35	0,08	6/8*	0,1/0,15*	6,5/8*	5	60
Трансформатор 35/10 кВ	Т35	0,03	25/30	0,3/0,5	10/12	200	3
Шини РП 10 кВ (на 1 приєднання)	Ш10	0,001	3,5/5	0,12/0,2***	4/6***	0,5	-
Комірка вимикача 10 кВ КРПН зовнішнього встановлення	В10	0,05	4,5/5,5	0,25/0,35	4/7	4	5
Повітряна лінія 10 кВ одноколова, на 1 км	Л10	0,25	5/6	0,2/0,25	5/5,8	1	24

Примітка:

* - у чисельнику – для нерезервованих систем, а у знаменнику – для резервованих;

** - 25/01 – величини, які наведені для живлячих мереж 10 кВ;

*** - показники для усієї системи (секції) шин.

Термін виконання та подачі на кафедру до «_____» _____ 2024 року.

Строк захисту «___» _____ - «___» _____ 2024 року

(згідно затвердженого розкладу).

Завдання видав:

Савойський О. Ю
П.І.Б. _____ (підпис)

«_____» _____ 2024 р.
Дата

Завдання прийняв:

Петренко Р. В.
П.І.Б. _____ (підпис)

«_____» _____ 2024 р.
Дата

Додаток Г

Приклад виконання реферату курсового проєкту

РЕФЕРАТ

Обґрунтування схеми первинних кіл комутації підстанції: Курсовий проєкт /
Петренко Д.І. – Суми, СНАУ, 2024 р – 33 с.

В проєкті на підставі аналізу схеми первинних кіл комутації. Складання схеми заміщення та її еквівалентування розраховані основні показники надійності. В проєкті також проведено техніко – економічне обґрунтування запропонованої схеми, визначено кількість недовідпущеної електричної енергії споживачам у разі аварійних та навмисних відключень, визначено середній час безвідмовної роботи системи та імовірність відмови системи на протязі року експлуатації.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, кола первинної комутації, надійність, відмова, частота відмов, тривалість відновлення, частота навмисних відключень, тривалість обслуговування.

Іл. 2

Табл. 6

Бібл. 2

Додаток Д

Приклад виконання змісту курсового проєкту

ЗМІСТ

С.

ЗАВДАННЯ

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СХЕМИ РТП 35/10 КВ.....

1.1. Принцип роботи схеми.....

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПІДСТАНЦІЇ.....

2.1. Розрахунок показників надійності системи.....

2.2. Визначення середнього часу безвідмовної роботи.....

2.3. Визначення імовірності відмови системи на протязі одного року.....

3. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....

3.1. Визначення складових приведених витрат

3.2. Визначення очікуваного недовідпуску електроенергії

3.3. Збиток від недовідпуску електроенергії.....

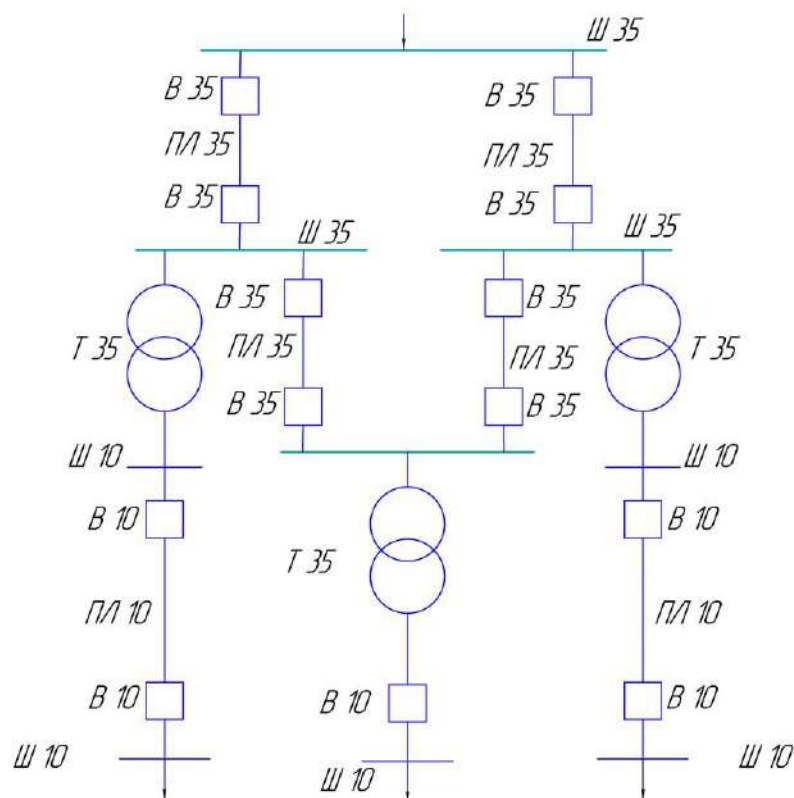
3.4. Таблиця результатів розрахунків системи.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....

					КП 06.3.НСЕ. XXX ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Прізвище			ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПЕРВИННИХ КІЛ КОМУТАЦІЇ ПІДСТАНЦІЇ Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Савойський					2	
Н. контр.						СНАУ, гр. ЕТЕС		
Затв.		Чепіжний						

Схема		Позначення елементів схеми	$\omega, \text{рік}^{-1}$	$t, \text{год}^{-1}$	$v, \text{рік}^{-1}$	$\eta, \text{год}^{-1}$
		Ш35(15,9,22)	0,001	6	0,2	7
		В35(2,4,6,8,10,12,13,15)	0,02	7	0,3	6
		П135(3,7,11,14)	12	120	2,25	120
		Т35(16,23,26)	0,03	30	0,5	12
		Ш10 (17,21,25,27,31)	0,001	5	0,2	6
		В10 (18,20,24,28,30)	0,05	5,5	0,35	7
		П110 (19,29)	3	72	3	70
		15,9,22	0,001	6	0,2	7
		2,4,6,8,10,12,13,15	0,02	7	0,3	6
		3,7,11,14	12	120	2,25	120
		16,23,26	0,03	30	0,5	12
		17,21,25,27,31	0,001	5	0,2	6
		8,20,24,28,30	0,05	5,5	0,35	7
		19,29	3	72	3	70
		1	0,001	6	0,2	7
		32=(6,7,8,9)	1,241	116,2	14	103,7
		33=(2,3,4,5)	1,241	116,2	14	103,7
		34=(13,14,15)	1,24	116,4	1,32	109,6
		35=(10,11,12)	1,24	116,4	1,32	109,6
		36=(26,27,28,29,30,31)	3,13	69,5	1,76	139
		37=(22,23,24,25)	0,082	14,4	0,71	10,4
		38=(16,17,18,19,20,21)	3,13	69,5	1,76	139
		1	0,001	6	0,2	7
		32=(6,7,8,9)	1,241	116,2	14	103,7
		33=(2,3,4,5)	1,241	116,2	14	103,7
		34=(13,14,15)	1,24	116,4	1,32	109,6
		35=(10,11,12)	1,24	116,4	1,32	109,6
		36=(26,27,28,29,30,31)	3,13	69,5	1,76	139
		37=(22,23,24,25)	0,082	14,4	0,71	10,4
		38=(16,17,18,19,20,21)	3,13	69,5	1,76	139
		1	0,001	6	0,2	7
		$X_{32-33}=(32,33)$	$80 \cdot 10^{-3}$	56,4	0	0
		$X_{33-36}=(33,34,36)$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	36,6	1,32	109,6
		$X_{32-38}=(32,35,38)$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	36,6	1,32	109,6
		$X_{36-38}=(36,37,38)$	$34 \cdot 10^{-5}$	9,7	0,71	10,4
		$X_E=(1, X_{32-33}, X_{33-36}, X_{32-38}, X_{36-38})$	0,091	53,5	3,55	84



Показники	Значення показника
Відрахування від капітальних вкладень, тис. грн.	641,8
Витрати на відшкодування втрат електричної енергії, грн	14024
Збиток від відмов, тис. грн	3413
Збиток від навмисних відключень, тис. грн	644,5
Сумарні приведені витрати, тис. грн.	3013,3
Частота відмов ω , рік ⁻¹	0,091
Час відновлення τ , год.	53,5
Частота навмисних відключень ν , рік ⁻¹	3,55
Середній час обслуговування η , год	84
Середній час безвідмовної роботи T_c , років	11
Імовірність відмови системи F_c	0,086

[illegible]

Сіренко Віктор Федорович

Савойський Олександр Юрійович

Вольвач Тетяна Сергіївна

Лисенко Віта Василівна

Василенко Микола Веніамінович

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки до виконання модульного курсового проєкту

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима
Кондратьєва 160.

Підписано до друку: _____ 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж _____ примірників

Замовлення

Ум. друк. арк. 1,6
