

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»
Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці

Практична робота № 4
з курсу: «*Основи Веб-програмування*»

Виконала:
студентка 2-го курсу,
групи ТВ-33
Непомяща Валерія Олександрівна
Посилання на GitHub репозиторій: <https://github.com/Valleriiaa/Basics-of-Web-programming-labs>

Перевірив:
Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Теоретичний матеріал

4.1.1. Схеми внутрішньозаводського електропостачання

При виборі напруги розподільних мереж промислових підприємств перевагу віддають напрузі 10 кВ [12, 13]. Допускається застосування напруги 6 кВ, але вибір в кожному конкретному випадку повинен бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками. Застосування напруги 6 кВ може бути доцільним у двох випадках:

- а) при живленні підприємства від ТЕЦ генераторною напругою 6 кВ;
- б) при значній кількості електродвигунів 6 кВ в загальному навантаженні підприємства.

Заводські розподільні мережі виконуються радіальними або магістральними (рис. 7.1). Радіальна схема (рис. 7.1,а) використовується у разі розміщення ТП в різних напрямках від ГПП. Магістральна схема (рис. 7.1,б) використовується, якщо ТП розміщені в одному напрямку від ГПП. До магістралі не рекомендується приєднувати більше трьох...чотирьох ТП.

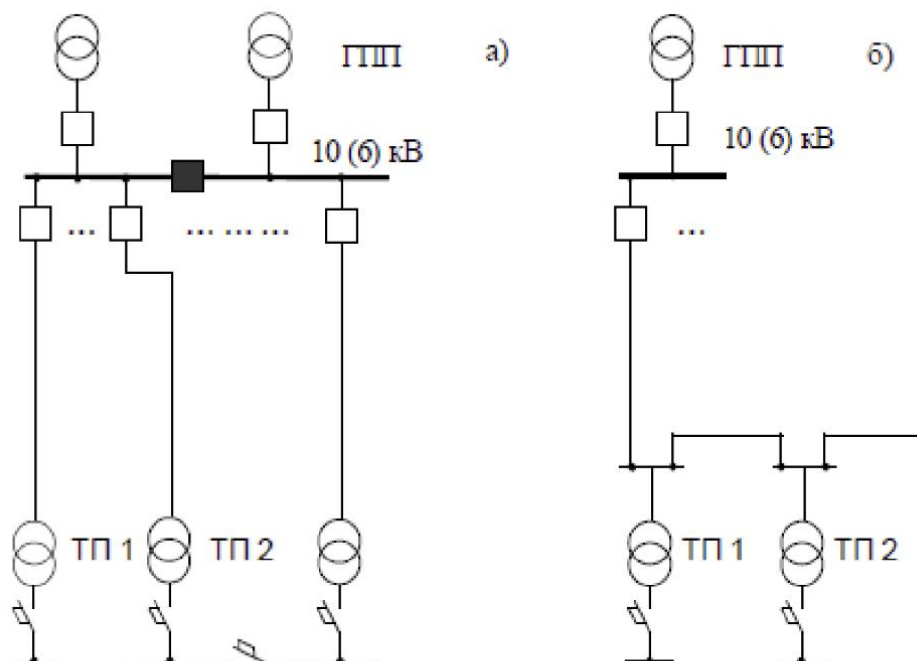


Рисунок 7.1 – Схеми одноступеневих заводських мереж:
а – радіальна; б – магістральна

На великих підприємствах використовуються двоступеневі мережі, в яких передбачаються проміжні розподільні підстанції РП – 10 (6) кВ. Від РП – 10 (6) кВ живляться ТП і високовольтні електродвигуни номінальною напругою 10 (6) кВ (рис. 7.2, а). Схема РП для живлення споживачів особливої групи I категорії за надійністю зображена на рис. 7.2, б [13].

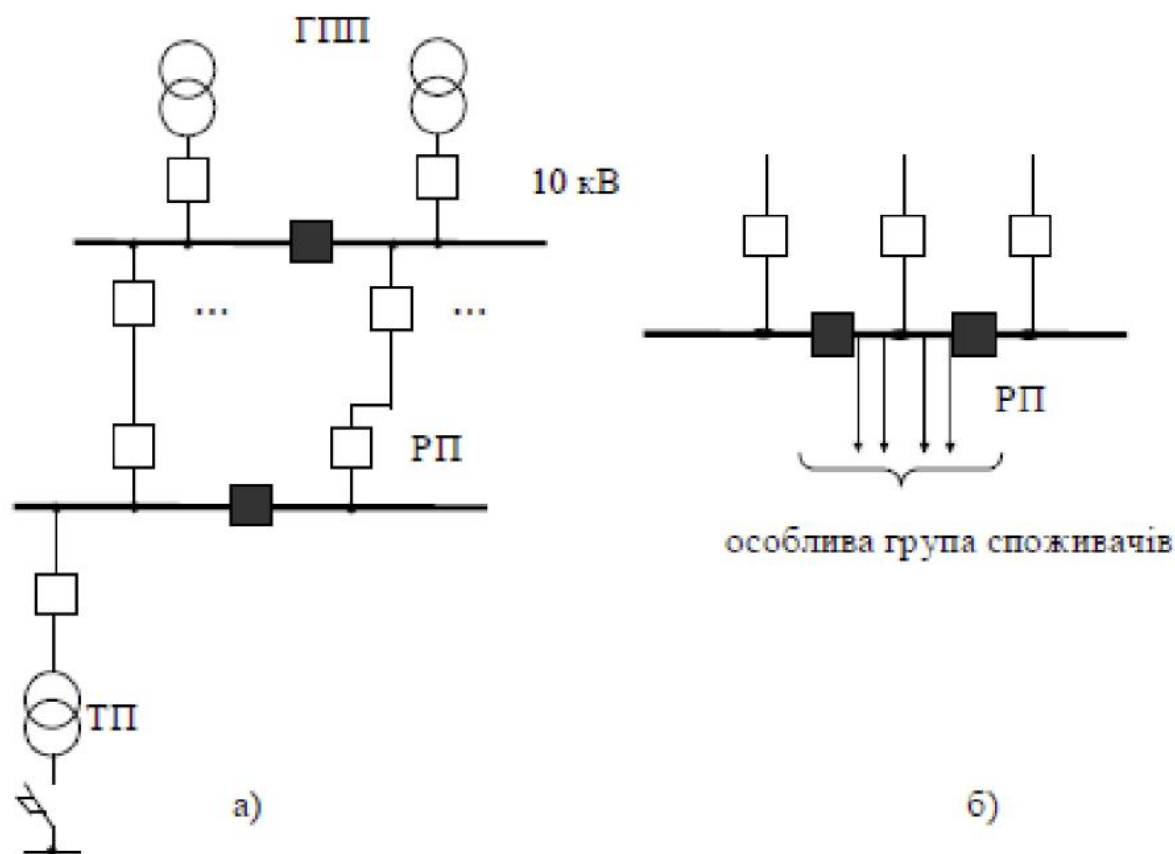


Рисунок 7.2 – Схеми двоступеневих мереж

За наявності електродвигунів з номінальною напругою 6 кВ можуть бути прийняті різні схеми заводських мереж (рис. 7.3) [13]:

а) схема з використанням індивідуальних трансформаторів (схема “блок трансформатор-електродвигун”) – у разі невеликої кількості ЕД 6 кВ;

б) схема з використанням розподільної мережі напругою 6 кВ – у разі переважання ЕД – 6 кВ в загальному навантаженні;

в) схема з використанням групових трансформаторів 10/6 кВ, що встановлюються на РП – для територіально-концентрованої групи ЕД;

г) схема з двома секціонованими системами збірних шин напругою 10 і 6 кВ – за приблизно однакового навантаження на обох напругах.

4.1.2. Вибір кабелів

Кабелі призначені для передачі і розподілу електричної енергії в електричних мережах напругою 0,38 кВ; 6 та 10 кВ.

Типи кабелів [14]. Для силових кабелів з паперовою ізоляцією в свинцевій або алюмінієвій оболонці до 1 кВ допустимою є температура нагрівання жил 80 °С, для кабелів напругою 10 кВ – 70 °С. У разі перевищення цієї температури можливе утворення пустот всередині кабелю. Нагрівання кабелю пов'язано з розширенням кабельної протитягучої маси, яка має більший коефіцієнт температурного розширення, ніж папір. У разі недопустимого нагрівання кабелю розвивається тиск, який викликає залишкову деформацію герметичної оболонки кабелю. Під час охолодження кабелю всередині оболонки утворюються вакуумні і заповнені газом пустоти. Електрична міцність ізоляції на границях таких утворених газових пустот знижується, що кінець кінцем приводить до аварії кабелю.

Конструкцію кабелів з паперовою ізоляцією зображено на рис. 7.4 та рис. 7.5. Основними конструктивними елементами кабелю є:

- жила – алюмінієвий або мідний дріт;
- ізоляція – папір, просочений оливоканіфольною сумішшю;
- поясна ізоляція – папір, просочений оливоканіфольною сумішшю;
- оболонка – пресований алюміній;
- захисний шар – подушка з крепованого паперу і пластмасових стрічок, дві сталеві стрічки і зовнішній шар із склопрядива;
- панцир – виконаний сталевими смугами або оцинкованими дротами;
- зовнішнє захисне покриття з кабельного прядива.

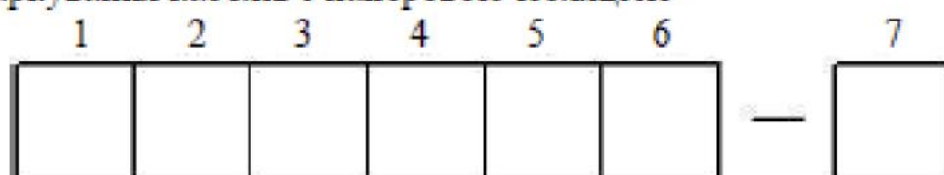


Рисунок 7.4 – Конструкція паперових кабелів типу ААБ



Рисунок 7.5 – Зовнішній вигляд кабелів типу ААБ і ЦААБ

Маркування кабелів з паперовою ізоляцією



- 1-е місце: А – алюмінієва жила;
 - – мідна жила;
- 2-е місце: А – алюмінієва оболонка; С – свинцева оболонка;
- 3-е місце: Б – броня з плоских сталевих смуг;
 П – броня з сталевих оцинкованих плоских дротів;
 К – броня з круглих оцинкованих дротів;
 Г – без броні і без захисного покриття;
- 4-е місце: - – паперова подушка;
 л – паперова подушка з пластмасовою смutoю;
 2л – паперова подушка з двома пластмасовими смутами;
 в – випресований полівінілхлоридний шланг;
 п – випресований поліетиленовий шланг;
 б – без подушки;
- 5-е місце: - – зовнішнє покриття з кабельного прядива;
 н – з негорючого скляного прядива;

Шв – полівінілхлоридний шланг;
 Шп – поліетиленовий шланг;
 Шпс – шланг із самозгасного поліетилену;
 Г – без зовнішнього покриття на броні;

- 6-е місце: - – паперова ізоляція жил з в'язким просоченням;
 У – паперова з підвищеною температурою нагрівання;
 В – паперова зі збідненим просоченням;
- 7-е місце: Т – застосування в тропіках;
 С – застосування в сільському господарстві.

Завдання:

Створіть Веб-калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість у складі:

1. Вибрати кабелі для живлення двотрансформаторної підстанції системи внутрішнього електропостачання підприємства напругою 10 кВ;
2. Визначити струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП;
3. Визначити струми КЗ для підстанції Хмельницьких північних електричних мереж (ХПнЕМ), яка може мати три режими: нормальний режим; мінімальний режим; аварійний режим.

Хід виконання:

Завдання складається з трьох основних файлів:

script.js – відповідає за обробку події натискання кнопки «Розрахувати», отримує введені значення, викликає необхідні функції для розрахунків і повертає результати у HTML.

style.css – містить стиль сторінки.

index.html – містить структуру веб-сторінки.

Завдання 1:


```

function calculateCables(e) {
    e.preventDefault();
    // Отримання вхідних даних
    const sm = +document.getElementById('sm').value;
    const unom = +document.getElementById('unom').value;
    const tm = +document.getElementById('tm').value;
    const ik = +document.getElementById('ik').value;
    const tphi = +document.getElementById('tphi').value;
    const output = document.getElementById('cable-results');

    // Розрахунок струмів
    const im = (sm / 2) / (Math.sqrt(3) * unom);
    const impa = 2 * im;

    // Економічний переріз
    const jek = 1.4;
    const sek = im / jek;

    // Перевірка на термічну стійкість
    const ct = 92;
    const smin = (ik * 1000 * Math.sqrt(tphi)) / ct;

    // Відображення результатів
    output.innerHTML = `
    <h3>1. Розрахункові струми</h3>
    <p>Розрахунковий струм для нормального режиму, I<sub>M</sub>: ${im.toFixed(1)} А</p>
    <p>Розрахунковий струм для післяаварійного режиму, I<sub>M,ПА</sub>: ${impa.toFixed(0)} А</p>

    <h3>2. Вибір кабелю за економічною густиною струму</h3>
    <p>Економічна густина струму для T<sub>m</sub> = ${tm} год, j<sub>ек</sub>: 1.4 А/мм²</p>
    <p>Економічний переріз, s<sub>ек</sub>: ${sek.toFixed(1)} мм²</p>
    <p>Попередньо вибраний кабель: <strong>ААБ 10 3×25</strong> з I<sub>дон</sub> = 90 А</p>

    <h3>3. Перевірка за термічною стійкістю</h3>
    <p>Мінімальний переріз за термічною стійкістю, s<sub>min</sub>: ${Math.round(smin)} мм²</p>
    <p>Де C<sub>T</sub> = 92 А·с<sup>0.5</sup>/мм² для кабелів з алюмінієвими жилами, паперовою ізоляцією</p>
    <p>Остаточний вибір кабелю: <strong>ААБ 10 3×50</strong> (переріз збільшено до 50 мм²)</p>
    `
}

```

Завдання 2:

```

function calculateShortCircuit(e) {
    e.preventDefault();
    // Отримання вхідних даних
    const ucn = +document.getElementById('ucn').value;
    const sk = +document.getElementById('sk').value;
    const ukPercent = +document.getElementById('ukPercent').value;
    const sNomT = +document.getElementById('sNomT').value;
    const output = document.getElementById('short-circuit-results');

    // Розрахунок опорів в іменованих одиницях
    const xc = Math.pow(ucn, 2) / sk;
    const xt = (ukPercent / 100) * Math.pow(ucn, 2) / sNomT;
    const xsum = xc + xt;

    // Розрахунок струму КЗ в іменованих одиницях
    const ipo = ucn / (Math.sqrt(3) * xsum);

    // Відображення результатів
    output.innerHTML = `
    <h3>1. Опори елементів заступної схеми</h3>
    <p>Опір системи,  $X_{C}$ : ${xc.toFixed(2)} Ом</p>
    <p>Опір трансформатора,  $X_{T}$ : ${xt.toFixed(2)} Ом</p>
    <p>Сумарний опір для точки К1,  $X_{\Sigma}$ : ${xsum.toFixed(2)} Ом</p>

    <h3>2. Струм трифазного КЗ</h3>
    <p>Початкове діюче значення струму трифазного КЗ,  $I_{\Pi 0}$ : ${ipo.toFixed(2)} кА</p>
    `;
}

```

Завдання 3:


```

function calculateKhpenem(e) {
    e.preventDefault();
    // Отримання вхідних даних
    const uHigh = +document.getElementById('uHigh').value;
    const uLow = +document.getElementById('uLow').value;
    const ukMax = +document.getElementById('ukMax').value;
    const sNomTr = +document.getElementById('sNomTr').value;
    const rcn = +document.getElementById('rcn').value;
    const xcn = +document.getElementById('xcn').value;
    const rcmin = +document.getElementById('rcmin').value;
    const xcmin = +document.getElementById('xcmin').value;
    const rcEmerg = +document.getElementById('rcEmerg').value;
    const xcEmerg = +document.getElementById('xcEmerg').value;
    const output = document.getElementById('khpenem-results');

    // Розрахунок реактивного опору трансформатора
    const xt = (ukMax * Math.pow(uHigh, 2)) / (100 * sNomTr);

    // Розрахунок опорів для трьох режимів
    // Нормальний режим
    const riii = rcn;
    const xiii = xcn + xt;
    const ziii = Math.sqrt(Math.pow(riii, 2) + Math.pow(xiii, 2));

    // Мінімальний режим
    const riiiMin = rcmin;
    const xiiiMin = xcmin + xt;
    const ziiiMin = Math.sqrt(Math.pow(riiiMin, 2) + Math.pow(xiiiMin, 2));

    // Аварійний режим
    const riiiEmerg = rcEmerg;
    const xiiiEmerg = xcEmerg + xt;
    const ziiiEmerg = Math.sqrt(Math.pow(riiiEmerg, 2) + Math.pow(xiiiEmerg, 2));

    // Розрахунок струмів КЗ для трьох режимів
    // Нормальний режим
    const i3Norm = (uHigh * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziii);
    const i2Norm = i3Norm * Math.sqrt(3) / 2;

```

```
// Мінімальний режим
const i3Min = (uHigh * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziiiMin);
const i2Min = i3Min * Math.sqrt(3) / 2;

// Аварійний режим
const i3Emerg = (uHigh * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziiiEmerg);
const i2Emerg = i3Emerg * Math.sqrt(3) / 2;

// Коефіцієнт приведення
const kpr = Math.pow(uLow, 2) / Math.pow(uHigh, 2);

// Розрахунок дійсних опорів на шинах 10 кВ
// Нормальний режим
const riiiN = riii * kpr;
const xiiiN = xiii * kpr;
const ziiiN = Math.sqrt(Math.pow(riiiN, 2) + Math.pow(xiiiN, 2));

// Мінімальний режим
const riiiNMin = riiiMin * kpr;
const xiiiNMin = xiiiMin * kpr;
const ziiiNMin = Math.sqrt(Math.pow(riiiNMin, 2) + Math.pow(xiiiNMin, 2));

// Аварійний режим
const riiiNEmerg = riiiEmerg * kpr;
const xiiiNEmerg = xiiiEmerg * kpr;
const ziiiNEmerg = Math.sqrt(Math.pow(riiiNEmerg, 2) + Math.pow(xiiiNEmerg, 2));

// Розрахунок дійсних струмів КЗ на шинах 10 кВ
// Нормальний режим
const i3ActNorm = (uLow * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziiiN);
const i2ActNorm = i3ActNorm * Math.sqrt(3) / 2;

// Мінімальний режим
const i3ActMin = (uLow * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziiiNMin);
const i2ActMin = i3ActMin * Math.sqrt(3) / 2;
```

```

// Аварійний режим
const i3ActEmerg = (uLow * 1000) / (Math.sqrt(3) * ziiiNEmerg);
const i2ActEmerg = i3ActEmerg * Math.sqrt(3) / 2;

// Відображення результатів
output.innerHTML = `
<h3>1. Реактивний опір трансформатора</h3>
<p>X<sub>T</sub>: ${xt.toFixed(2)} Ом</p>

<h3>2. Опори на шинах 10 кВ (приведені до 110 кВ)</h3>
<h4>Нормальний режим</h4>
<p>R<sub>III</sub>: ${riii} Ом</p>
<p>X<sub>III</sub>: ${xiii.toFixed(2)} Ом</p>
<p>Z<sub>III</sub>: ${ziii.toFixed(2)} Ом</p>
<h4>Мінімальний режим</h4>
<p>R<sub>III.min</sub>: ${riiiMin} Ом</p>
<p>X<sub>III.min</sub>: ${xiiiMin.toFixed(2)} Ом</p>
<p>Z<sub>III.min</sub>: ${ziiiMin.toFixed(2)} Ом</p>
<h4>Аварійний режим</h4>
<p>R<sub>III.emerg</sub>: ${riiiEmerg} Ом</p>
<p>X<sub>III.emerg</sub>: ${xiiiEmerg.toFixed(2)} Ом</p>
<p>Z<sub>III.emerg</sub>: ${ziiiEmerg.toFixed(2)} Ом</p>

<h3>3. Струми КЗ (приведені до 110 кВ)</h3>
<h4>Нормальний режим</h4>
<p>I<sub>III</sub><sup>(3)</sup>: ${Math.round(i3Norm)} A</p>
<p>I<sub>III</sub><sup>(2)</sup>: ${Math.round(i2Norm)} A</p>
<h4>Мінімальний режим</h4>
<p>I<sub>III.min</sub><sup>(3)</sup>: ${Math.round(i3Min)} A</p>
<p>I<sub>III.min</sub><sup>(2)</sup>: ${Math.round(i2Min)} A</p>
<h4>Аварійний режим</h4>
<p>I<sub>III.emerg</sub><sup>(3)</sup>: ${Math.round(i3Emerg)} A</p>
<p>I<sub>III.emerg</sub><sup>(2)</sup>: ${Math.round(i2Emerg)} A</p>

<h3>4. Коефіцієнт приведення</h3>
<p>k<sub>np</sub>: ${kpr.toFixed(4)}</p>

```


Результат виконання на контрольному прикладі:

Калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість

Вибір кабелів

Струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП

Струми КЗ для підстанції ХПНЕМ

1. Вибір кабелів для двотрансформаторної підстанції 10 кВ

Потужність навантаження, S_M (кВА): 1300

Номинальна напруга, $U_{ном}$ (кВ): 10

Число годин використання максимуму, T_m (год): 4000

Струм короткого замикання, I_K (кА): 2.5

Фіктивний час, t_Φ (с): 2.5

Розрахувати

1. Розрахункові струми

Розрахунковий струм для нормального режиму, I_M : 37.5 А

Розрахунковий струм для післяаварійного режиму, $I_{M,ПА}$: 75 А

2. Вибір кабелю за економічною густиною струму

Економічна густина струму для $T_m = 4000$ год, $j_{ек}$: 1.4 А/мм²

Економічний переріз, $s_{ек}$: 26.8 мм²

Попередньо вибраний кабель: **ААБ 10 3×25** з $I_{доп} = 90$ А

3. Перевірка за термічною стійкістю

Мінімальний переріз за термічною стійкістю, s_{min} : 43 мм²

Де $C_T = 92 \text{ А} \cdot \text{с}^{0.5} / \text{мм}^2$ для кабелів з алюмінієвими жилами, паперовою ізоляцією

Остаточний вибір кабелю: **ААБ 10 3×50** (переріз збільшено до 50 мм²)

Калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість

Вибір кабелів

Струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП

Струми КЗ для підстанції ХПнЕМ

2. Розрахунок струмів КЗ на шинах 10 кВ ГПП

Напруга системи, $U_{с.н}$ (кВ): 10.5

Потужність КЗ системи, S_k (МВА): 200

Напруга КЗ трансформатора, U_k (%): 10.5

Номінальна потужність трансформатора, $S_{ном.т}$ (МВА): 6.3

Базисна потужність, S_b (МВА): 1000

Розрахувати

1. Опори елементів заступної схеми

Опір системи, X_C : 0.55 Ом

Опір трансформатора, X_T : 1.84 Ом

Сумарний опір для точки К1, X_{Σ} : 2.39 Ом

2. Струм трифазного КЗ

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ, $I_{п0}$: 2.54 кА

Калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість

Вибір кабелів

Струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП

Струми КЗ для підстанції ХПнЕМ

3. Розрахунок струмів КЗ для підстанції ХПнЕМ

Висока напруга, $U_{в.н}$ (кВ): 115

Низька напруга, $U_{н.н}$ (кВ): 11

Напруга КЗ трансформатора, $U_{к.мах}$ (%): 11.1

Номінальна потужність трансформатора, $S_{ном.т}$ (МВА): 6.3

Нормальний режим

Опір системи, $R_{с.н}$ (Ом): 10.65

Реактивний опір системи, $X_{с.н}$ (Ом): 24.02

Мінімальний режим

Опір системи, $R_{c.min}$ (Ом):

34.88

Реактивний опір системи, $X_{c.min}$ (Ом):

65.68

Аварійний режим

Опір системи, $R_{c.авар}$ (Ом):

45.12

Реактивний опір системи, $X_{c.авар}$ (Ом):

78.45

Розрахувати

1. Реактивний опір трансформатора

X_T : 233.01 Ом

2. Опори на шинах 10 кВ (приведені до 110 кВ)

Нормальний режим

R_{III} : 10.65 Ом

X_{III} : 257.03 Ом

Z_{III} : 257.25 Ом

Мінімальний режим

$R_{III.min}$: 34.88 Ом

$X_{III.min}$: 298.69 Ом

$Z_{III.min}$: 300.72 Ом

Аварійний режим

$R_{III.emerg}$: 45.12 Ом

$X_{III.emerg}$: 311.46 Ом

$Z_{III.emerg}$: 314.71 Ом

3. Струми КЗ (приведені до 110 кВ)

Нормальний режим

$I_{III}^{(3)}$: 258 А

$I_{III}^{(2)}$: 224 А

Мінімальний режим

$I_{III.min}^{(3)}$: 221 А

$I_{III.min}^{(2)}$: 191 А

Аварійний режим

$I_{III.emerg}^{(3)}$: 211 А

$I_{III.emerg}^{(2)}$: 183 А

4. Коефіцієнт приведення

$k_{пр}$: 0.0091

5. Опори на шинах 10 кВ (дійсні значення)

Нормальний режим

$R_{III.H}$: 0.10 Ом

$X_{III.H}$: 2.35 Ом

$Z_{III.H}$: 2.35 Ом

Мінімальний режим

$R_{III.n.min}$: 0.32 Ом

$X_{III.n.min}$: 2.73 Ом

$Z_{III.n.min}$: 2.75 Ом

Аварійний режим

$R_{III.n.emerg}$: 0.41 Ом

$X_{III.n.emerg}$: 2.85 Ом

$Z_{III.n.emerg}$: 2.88 Ом

6. Дійсні струми КЗ на шинах 10 кВ

Нормальний режим

$I_{ш.н}^{(3)}$: 2698 А

$I_{ш.н}^{(2)}$: 2337 А

Мінімальний режим

$I_{ш.н.min}^{(3)}$: 2308 А

$I_{ш.н.min}^{(2)}$: 1999 А

Аварійний режим

$I_{ш.н.emerg}^{(3)}$: 2206 А

$I_{ш.н.emerg}^{(2)}$: 2206 А

ВИСНОВОК

Розроблений веб-калькулятор дозволяє виконувати технічні розрахунки, необхідні для проектування та аналізу електричних мереж.