

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»

Виконав:
студент 2-го курсу,
групи ТВ-31
Дєдов Данило Романович
<https://github.com/diebymyhand/web-practice>

Перевірив:
Недашківський О.Л.

Київ 2025

Короткий теоретичний матеріал

Вибір перерізу кабелів 10(6) кВ. Переріз кабелів 10(6) кВ вибирають за економічною густиною струму для нормального режиму роботи

$$s_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{ек}}},$$

де $j_{\text{ек}}$ – економічна густина струму. Значення економічної густини струму для різних типів кабельних та повітряних ЛЕП в залежності від часу використання максимального навантаження $T_{\text{м}}$ наведено в ПУЕ (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Значення економічної густини струму, А/мм²

Провідники/ Кількість годин використання максимуму навантаження в рік	більше 1000 до 3000	більше 3000 до 5000	більше 5000
Неізолювані проводи та шини:			
мідні	2,5	2,1	1,8
алюмінієві	1,3	1,1	1,0
Кабелі з паперовою і проводи з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з жилами:			
мідними	3,0	2,5	2,0
алюмінієвими	1,6	1,4	1,2
Кабелі з гумовою та пластмасовою ізоляцією з жилами:			
мідними	3,5	3,1	2,7
алюмінієвими	1,9	1,7	1,6

Перевірка на термічну стійкість до дії струмів КЗ виконується за умовою:

$$s \geq s_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{ф}}}}{C_{\text{т}}},$$

де $I_{\text{к}}$ – струм КЗ в А; $t_{\text{ф}}$ – фіктивний час вимикання струму КЗ, який визначається витримкою часу основного захисту лінії (0,5...2 с), часом спрацювання високовольного вимикача та відношенням струму КЗ в початковий момент виникнення КЗ до його усталеного значення; $C_{\text{т}}$ – термічний коефіцієнт, А×с^{1/2}/мм², значення якого становить 92...100 для паперових кабелів, 75 – для пластмасових, 65 – для гумових [15] (регламентується ГОСТ 30323-95).

Опори елементів ЕПС визначають за формулами:

$$X_c = \frac{U_{c.n}^2}{S_k}; \quad X_l = X_0 l \left(\frac{U_{c.n}}{U_{c.n.l}} \right)^2;$$
$$X_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_{c.n}^2}{S_{ном.т}}; \quad X_D = \frac{X_D''\%}{100} \cdot \frac{U_{c.n}^2}{S_{ном.д}},$$

де $U_{c.n}$ – середня номінальна напруга точки, в якій виникає КЗ (6,3; 10,5; 37; 115; 230 кВ); $U_{c.n.l}$ – середня номінальна напруга лінії; $U_{k\%}$ – напруга короткого замикання трансформатора; $X_D''\%$ – надперехідний опір ЕД; $S_{ном.т}$, $S_{ном.д}$ – номінальні потужності трансформатора та ЕД.

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_{п0.c} = \frac{U_{c.n}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}},$$

де X_{Σ} – сумарний опір до точки КЗ.

Практична робота № 4

Завдання 1. 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.

Опис програмної реалізації

У HTML документі було створено 2 div контейнери. Перший відповідає за відображення полів введення даних, другий – за виведення результатів. При отриманні результатів розрахунків перший контейнер скривається, а другий

з'являється на його місці. У контейнері для інпутів створено 3 під-контейнери, кожен з яких відповідає за своє завдання, а користувачу надається можливість перемикатись між вкладками. Приклад коду наведено на рисунку 1.

```
<main>
  <div id="result" class="container hidden"></div>

  <div id="inputs" class="container">
    <div class="title">Калькулятор</div>
    <span class="tab" onclick="showCategory('cat7.1')">7.1</span>
    <span class="tab" onclick="showCategory('cat7.2')">7.2</span>
    <span class="tab" onclick="showCategory('cat7.4')">7.4</span>

    <!-- 7.1 -->
    <div id="cat7.1" class="category hidden">
      <label>Струм КЗ Ік (А):</label>
      <input type="number" id="Ik" class="input" value="2500">

      <label>Фікт. час вимикання струму tф (с):</label>
      <input type="number" id="tf" class="input" value="2.5">

      <label>Розрахункове навантаження Sm (кВА):</label>
      <input type="number" id="Sm" class="input" value="1300">

      <label>Час експлуатації Тм (год):</label>
      <input type="number" id="Tm" class="input" value="4000">

      <button class="button" onclick="calculate_71()">Розрахувати</button>
    </div>
  </div>
```

Рисунок 1 – код розмітки сторінки

Завдяки CSS стилям полям калькулятора було надано приємного вигляду. Частину CSS коду зображено на рисунку 2.

```

.container {
  border: 3px solid;
  border-radius: 16px;
  height: 360px;
  width: 20%;
  margin-left: 10px;
  max-width: 300px;
  font-family: "Lucida Console", cursive;
  font-size: 17px;
  margin-left: 100px;
  margin-top: 35px;
}

.hidden {
  display: none;
}

.title {
  font-family: "Lucida Console", cursive;
  font-size: 20px;
  text-align: center;
  margin-top: 15px;
  margin-bottom: 15px;
  text-decoration: underline 2px blue 2px;
}

.button {
  border: solid 2px;
  font-size: 17px;
  font-family: "Lucida Console", cursive;
  background-color: white;
  border-radius: 7px;
  margin-top: 15px;
  margin-left: 17px;
}

```

Рисунок 2 – частина CSS коду

Загалом калькулятор має наступний вигляд (рис. 3).

Калькулятор

7.1
7.2
7.4

Струм КЗ Ік (А):

Фікт. час вимикання струму t_f (с):

Розрахункове навантаження S_m (кВА):

Час експлуатації T_m (год):

Рисунок 3 – зображення калькулятора

За перемикання між калькуляторами відповідає функція `showCategory()` (рис. 4).

```
function showCategory(category) {
    document.querySelectorAll(".category").forEach(div => div.classList.add('hidden'));
    document.getElementById(category).classList.remove('hidden');

    document.querySelectorAll(".tab").forEach(tab => tab.classList.remove('active-tab'));
    document.querySelector(`.tab[onclick="showCategory('${category}')]`).classList.add('active-tab');
}
```

Рисунок 4 – код функції `showCategory()`

Для обчислення першого завдання створено наступний джаваскрипт код (рис. 5):

```
function calculate_71() {
    const voltage = 10;
    const Sm = parseFloat(document.getElementById("Sm").value);
    const Tm = parseFloat(document.getElementById("Tm").value);
    const Ik = parseFloat(document.getElementById("Ik").value);
    const tf = parseFloat(document.getElementById("tf").value);
    const Jek = checkJek(Tm);

    // розрахунок струмів
    const IM = (Sm / 2) / (Math.sqrt(3) * voltage);
    const IMpa = 2 * IM;

    // економічний переріз
    const Sek = IM / Jek;

    const Ct = 92;
    const Smin = (Ik * Math.sqrt(tf)) / Ct;

    const Srecommended = Math.ceil(Math.max(Sek, Smin));

    document.getElementById("inputs").classList.add("hidden");
    let resultContainer = document.getElementById("result");
    resultContainer.classList.remove("hidden");

    resultContainer.innerHTML = `
    <div class="title">Результати розрахунку 7.1</div>
    <div class="result-text">Розрахунковий струм Im: <strong>${IM.toFixed(2)} A</strong></div>
    <div class="result-text">Післяаварійний струм Im.па: <strong>${IMpa.toFixed(2)} A</strong></div>
    <div class="result-text">Обрана густина струму Jek: <strong>${Jek.toFixed(2)} A/мм²</strong></div>
    <div class="result-text">Економічний переріз Sek: <strong>${Sek.toFixed(2)} мм²</strong></div>
    <div class="result-text">Мінімальний переріз по термостійкості Smin: <strong>${Smin.toFixed(2)} мм²</strong></div>
    <div class="result-text">
        <strong>Рекомендований переріз кабелю:</strong> <span style="font-size: 1.2em;">${Srecommended} мм²</span>
    </div>
    <br>
    <button class="button" onclick="reset()">Скинути</button>
    `;
}
```

Рисунок 5 – код функції `calculate_71()`

Всі інші завдання виконано аналогічним способом.

Результати перевірки на контрольному прикладі

Калькулятор

[7.1](#) [7.2](#) [7.4](#)

Струм КЗ Ік (А):

Фікт. час вимикання струму t_ф (с):

Розрахункове навантаження S_m (кВА):

Час експлуатації T_m (год):

Результати розрахунку 7.1

Розрахунковий струм I_m: 37.53 А

Післяаварійний струм I_{m.па}: 75.06 А

Обрана густина струму J_{ек}: 1.40 А/мм²

Економічний переріз S_{ек}: 26.81 мм²

Мінімальний переріз по термостійкості S_{мін}: 42.97 мм²

Рекомендований переріз кабелю: 43 мм²

Калькулятор

7.1 7.2 7.4

Напруга (U):

Потужність (Sk):

Розрахувати

Результати розрахунку 7.2

Опір системи X_C : **0.55 Ом**

Опір трансформатора X_T : **1.84 Ом**

Сумарний опір X_Σ : **2.39 Ом**

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

Скинути

Калькулятор

7.1 7.2 7.4

Опір в нормальному режимі ($R_{c,n}$),
Ом:

Опір в нормальному режимі ($X_{c,n}$),
Ом:

Опір в мінімальному режимі
($R_{c,min}$), Ом:

Опір в мінімальному режимі
($X_{c,min}$), Ом:

Розрахувати

Результати розрахунку 7.4

На шинах 10 кВ

Нормальний режим:

Повний опір $Z_{\Sigma,н}$: **2.35 Ом**

Струм трифазного КЗ $I_{кз(3)}$: **2698.25 кА**

Струм двофазного КЗ $I_{кз(2)}$: **2336.76 кА**

Мінімальний режим:

Повний опір $Z_{\Sigma,н,мін}$: **2.75 Ом**

Струм трифазного КЗ $I_{кз(3)}$: **2308.22 кА**

Струм двофазного КЗ $I_{кз(2)}$: **1998.98 кА**

В кінці лінії 10 кВ

Нормальний режим:

Повний опір $Z_{\Sigma,л}$: **10.54 Ом**

Струм трифазного КЗ $I_{кз(3)}$: **602.69 кА**

Струм двофазного КЗ $I_{кз(2)}$: **521.94 кА**

Мінімальний режим:

Повний опір $Z_{\Sigma,л,мін}$: **10.95 Ом**

Струм трифазного КЗ $I_{кз(3)}$: **579.74 кА**

Струм двофазного КЗ $I_{кз(2)}$: **502.07 кА**

Скинути

Висновок

У процесі написання практичної роботи було написано веб калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість. Було покращено навички роботи з HTML та CSS. Також покращено роботу з мовою програмування Javascript. Код працює коректно та виконує свої функції.