

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
Сміщук Максим Денисович
Посилання на GitHub репозиторій:
<https://github.com/VallDrous/WebBasics>

Перевірив:
Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

Практична робота №4

Завдання:

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

Завдання 1

Вибрати кабелі для живлення двотрансформаторної підстанції системи внутрішнього електропостачання підприємства напругою 10 кВ.

Завдання 2

Визначити струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП.

Завдання 3

Визначити струми КЗ для підстанції Хмельницьких північних електричних мереж (ХПнЕМ), яка може мати три режими: нормальний режим; мінімальний режим; аварійний Режим.

1.Короткий теоретичний матеріал

Завдання 1

Основний алгоритм:

Основним алгоритмом задачі є розрахувати струм для нормального і післяаварійного режимів, після чого обчислити економічний переріз і в кінці обчислюємо $s \geq s_{\min}$.

Порядок розрахунку:

1.Розраховуємо струм для нормального і післяаварійного режимів:

$$I_M = \frac{S_M / 2}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}$$
$$I_{M.\text{па}} = 2 I_M$$

2.Розраховуємо економічний переріз

$$s_{\text{ек}} = \frac{I_M}{j_{\text{ек}}}$$

2.1 Розраховуємо значення економічної густини

Провідники/ Кількість годин використання максимуму навантаження в рік	більше 1000 до 3000	більше 3000 до 5000	більше 5000
алюмінієвими	1,6	1,4	1,2

3.Розраховуємо $s \geq s_{\min}$

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_K \sqrt{t_{\Phi}}}{C_T}$$

Постановка задачі:

1.Введення вхідних даних користувачем.

2.Покрокове обчислення всіх даних.

3.Проведення можливих перевірок для того, щоб впевнитися у правильності розрахунків.

4.Отримання результатів.

Завдання 2

Основний алгоритм:

Основним алгоритмом задачі є знаходження опори заступної схеми, після знаходження сумарного опору для точки та в кінці обчислення початкового діючого значення струму трифазного КЗ.

Порядок розрахунку:

1.Розраховуємо опори елементів заступної схеми

$$X_c = \frac{U_{с.н}^2}{S_K}$$

$$X_T = \frac{U_{к\%}}{100} \cdot \frac{U_{с.н}^2}{S_{ном.т}}$$

2.Обчислення сумарного опору для точки

$$X_{\Sigma} = X_c + X_T$$

3.Обчислення початкового діючого значення струму трифазного КЗ

$$I_{п0} = \frac{U_{с.н}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}}$$

Постановка задачі:

1.Введення вхідних даних користувачем.

2.Покрокове обчислення всіх даних.

3.Проведення можливих перевірок для того, щоб впевнитися у правильності розрахунків.

4.Отримання результатів.

Завдання 3

Основний алгоритм:

Основним алгоритмом задачі є знаходження опори на шинах в нормальному та мінімальному режимах, після чого розраховуємо струми трифазного та двофазного КЗ на шинах в нормальному та мінімальному режимах, далі обчислюємо коефіцієнт приведення, що дає у подальшому розрахувати опори на шинах в нормальному та мінімальному режимах, які дають змогу знайти дійсні струми трифазного та двофазного КЗ на шинах в нормальному та мінімальному режимах.

Наступним кроком буде знаходження резистанси та реактанси відрізка, попередньо знайшовши його довжину, далі розраховуємо опори в точці в нормальному та мінімальному режимах. Після чого знаходимо струми для трифазного та двофазного КЗ в точці в нормальному та мінімальному режимах.

Порядок розрахунку:

1. Обчислення опори на шинах в нормальному та мінімальному режимах.

$$X_T = \frac{U_{к. max} \cdot U_{в. н}^2}{100 \cdot S_{ном. т}}$$

$$X_{ш} = X_{с. н} + X_T$$

$$Z_{ш} = \sqrt{(R_{ш})^2 + (X_{ш})^2}$$

$$X_{ш. min} = X_{с. min} + X_T$$

$$Z_{ш. min} = \sqrt{(R_{ш. min})^2 + (X_{ш. min})^2}$$

2. Обчислення струму трифазного та двофазного КЗ на шинах в нормальному та мінімальному режимах.

$$I_{ш}^{(3)} = \frac{U_{в. н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{ш}}$$

$$I_{ш}^{(2)} = I_{ш}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$I_{ш. min}^{(3)} = \frac{U_{в.н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{ш. min}}$$

$$I_{ш. min}^{(2)} = I_{ш. min}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

3.Обчислення коефіцієнту приведення

$$k_{пр} = \frac{U_{н.н}^2}{U_{в.н}^2}$$

4.Обчислення опори на шинах в нормальному та мінімальному режимах, які дають змогу знайти дійсні струми трифазного та двофазного КЗ на шинах в нормальному та мінімальному режимах.

$$R_{ш.н} = R_{ш} \cdot k_{пр}$$

$$X_{ш.н} = X_{ш} \cdot k_{пр}$$

$$Z_{ш.н} = \sqrt{(R_{ш.н})^2 + (X_{ш.н})^2}$$

$$R_{ш.н. min} = R_{ш. min} \cdot k_{пр}$$

$$X_{ш.н. min} = X_{ш. min} \cdot k_{пр}$$

$$Z_{ш.н. min} = \sqrt{(R_{ш.н. min})^2 + (X_{ш.н. min})^2}$$

5.Обчислення дійсних струмів трифазного та двофазного КЗ на шинах в нормальному та мінімальному режимах.

$$I_{ш.н}^{(3)} = \frac{U_{н.н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{ш.н}}$$

$$I_{ш.н}^{(2)} = I_{ш.н}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$I_{ш.н. min}^{(3)} = \frac{U_{н.н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{ш.н. min}}$$

$$I_{ш.н. min}^{(2)} = I_{ш.н. min}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

6.Обчислення резистанси та реактанси відрізка

$$R_{\Sigma} = l_{\Sigma} \cdot R_0$$

$$X_{\Sigma} = l_{\Sigma} \cdot X_0$$

7.Обчислення опори в точці в нормальному та мінімальному режимах.

$$R_{\Sigma.н} = R_{\Sigma} + R_{ш.н}$$

$$X_{\Sigma.н} = X_{\Sigma} + X_{ш.н}$$

$$Z_{\Sigma.н} = \sqrt{(R_{\Sigma.н})^2 + (X_{\Sigma.н})^2}$$

$$R_{\Sigma.н.min} = R_{\Sigma} + R_{ш.н.min}$$

$$X_{\Sigma.н.min} = X_{\Sigma} + X_{ш.н.min}$$

$$Z_{\Sigma.н.min} = \sqrt{(R_{\Sigma.н.min})^2 + (X_{\Sigma.н.min})^2}$$

8.Обчислення струму для трифазного та двофазного КЗ в точці в нормальному та мінімальному режимах.

$$I_{\Sigma.н}^{(3)} = \frac{U_{н.н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma.н}}$$

$$I_{\Sigma.н}^{(2)} = I_{\Sigma.н}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$I_{\Sigma.н.min}^{(3)} = \frac{U_{н.н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma.н.min}}$$

$$I_{\Sigma.н.min}^{(2)} = I_{\Sigma.н.min}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Постановка задачі:

- 1.Введення вхідних даних користувачем.
- 2.Покрокове обчислення всіх даних.
- 3.Проведення можливих перевірок для того, щоб впевнитися у правильності розрахунків.
- 4.Отримання результатів.

2.Опис програмної реалізації з необхідними поясненнями та скріншотами програмного коду

Спочатку були створені елементи та стилі для веб-калькулятора.

Далі був написаний код для обчислення всіх даних, які потрібні для остаточного результату, який потрібно знайти.

Спочатку користувач вводить значення залежачи від задачі та після натискає на кнопку для обчислення результатів окремої задачі.

Для кожної задачі був написаний окремий клас в якому описані методи для обчислення значень.

```
> class Pr4CalculationThirst{ ...  
    }  
  
> class Pr4CalculationSecond{ ...  
    }  
  
> class Pr4CalculationThird{ ...  
    }
```



```

class Pr4CalculationThirst{
    //Нормальний струм
    NormalCur(sM){
        return (sM/2)/(Math.sqrt(3)*highVoltage);
    }
    //Після аварійний струм
    AfterEmergencyCur(iM){
        return 2*iM;
    }
    //Економічний перебіз
    EconomCross(iM, tM){
        return iM/aluminum[this.CheckOnJek(tM)];
    }
    //s>= smin
    SSmin(iK,tF){
        return (iK*1000*Math.sqrt(tF))/92;
    }
    CheckOnJek(tM){
        if(tM > 1000 && tM <= 3000){
            return 0;
        }
        else if(tM > 3000 && tM <=5000){
            return 1;
        }
        else{
            return 2;
        }
    }
}

```

```

class Pr4CalculationSecond{
    //Опори елементів ЕПС
    CalculationXc(sK){
        return 10.5**2/sK;
    }
    CalculationXt(){
        return (10.5/100)*(10.5**2/6.3);
    }
    //сумарний опір для точки К1
    CalculationXE(xC, xT){
        return xC + xT;
    }
    //Початкове діюче значення струму трифазного КЗ
    CalcCurIpo(xE){
        return 10.5/(Math.sqrt(3)*xE);
    }
}

```

```

class Pr4CalculationThird{
    //Обчислення реактивного опору трансформатора
    CalcXt(){
        return (ukMax*115**2)/(100*6.3);
    }
    //Додавання значень для подальшого обчислення опору на шинах та опору в точці 10
    // у нормальному та мінімальному режимах.
    CalcSumValue(vF, vS) {
        return vF + vS;
    }

    //Обчислення повного опору
    CalcZ(r, x) {
        return Math.sqrt(r ** 2 + x ** 2);
    }
    //Обчислення струму трифазного короткого замикання
    CalcI3(u,z) {
        return (u * 1000) / (Math.sqrt(3) * z);
    }
    //Обчислення струму двофазного короткого замикання
    CalcI2(i3) {
        return i3 * Math.sqrt(3) / 2;
    }
    //Коефіцієнт приведення
    CalcKpr() {
        return (11 ** 2) / (115 ** 2);
    }
    //Множення значень для обчислення
    //активного та реактивного опору шини, а також
    //резистанси та реактанси.
    CalcMultValue(vF, vS){
        return vF * vS;
    }
}

```

Кожен метод для обчислення після на тискання на кнопку має один стиль. Спочатку відбувається очищення лейблів, після чого створюється екземпляр класу та відбувається обчислення всіх потрібних значень для подальшого виведення їх. Приклад першої задачі.

```
// Функція обчислення потрібних значень та вивід при натискані на кнопку
function pressFirst(){
    clearLabel();
    let task = new Pr4CalculationThirst();
    let iK = Number(document.getElementById("Ik").value);
    let tF = Number(document.getElementById("Tf").value);
    let sM = Number(document.getElementById("Sm").value);
    let tM = Number(document.getElementById("Tm").value);
    let im = task.NormalCur(sM,highVoltage);
    let impa = task.AfterEmergencyCur(im);
    let sek = task.EconomCross(im,tM);
    let sSmin = task.SSmin(iK,tF);
    showAnswersFirst(im, impa, sek, sSmin);
}
```

```
//Вивід результатів
function showAnswersFirst(im, impa, sek, sSmin){
    answer11.innerHTML = "IM = " + im.toFixed(2) + " А";
    answer12.innerHTML = "IM.па = " + impa.toFixed(2) + " А";
    answer13.innerHTML = "sсек = " + sek.toFixed(2) + " мм2";
    answer14.innerHTML = "s > smin = " + sSmin.toFixed(2) + " мм2";
}
```

3. Результати перевірки на контрольному прикладі

Результати програми:

Завдання 1:

Струм КЗ I_k

2.5

Фіктивний час вимикання струму КЗ t_f

2.5

Розрахункове навантаження

1300

Розрахункове навантаження

4000

Отримати відповідь для завдання 1

Потужність КЗ

Отримати відповідь для завдання 2

Отримати відповідь для завдання 3

$I_M = 37.53 \text{ A}$

$I_{M.pa} = 75.06 \text{ A}$

$s_{ек} = 26.81 \text{ мм}^2$

$s > s_{min} = 42.97 \text{ мм}^2$

Завдання 2:

Потужність КЗ

200

Отримати відповідь для завдання 2

Отримати відповідь для завдання 3

$X_c = 0.55 \text{ Ом}$

$X_T = 1.84 \text{ Ом}$

$X_e = 2.39 \text{ Ом}$

$I_{\text{по}} = 2.54 \text{ кА}$

Завдання 3:

Отримати відповідь для завдання 3

$X_T = 233.01 \text{ Ом}$

$X_{\text{ш}} = 257.03 \text{ Ом}$, $Z_{\text{ш}} = 257.25 \text{ Ом}$, $X_{\text{ш.min}} = 298.69 \text{ Ом}$, $Z_{\text{ш.min}} = 300.72 \text{ Ом}$

$I_{3\text{ш}} = 258.09 \text{ А}$, $I_{2\text{ш}} = 223.52 \text{ А}$, $I_{3\text{ш.min}} = 220.79 \text{ А}$, $I_{2\text{ш.min}} = 191.21 \text{ А}$

$k_{\text{пр}} = 0.009$

$R_{\text{шн}} = 0.10 \text{ Ом}$, $X_{\text{шн}} = 2.35 \text{ Ом}$, $Z_{\text{шн}} = 2.35 \text{ Ом}$

$R_{\text{шн.min}} = 0.32 \text{ Ом}$, $X_{\text{шн.min}} = 2.73 \text{ Ом}$, $Z_{\text{шн.min}} = 2.75 \text{ Ом}$

$I_{3\text{шн}} = 2698.25 \text{ А}$, $I_{2\text{шн}} = 2336.76 \text{ А}$, $I_{3\text{шн.min}} = 2308.22 \text{ А}$, $I_{2\text{шн.min}} = 1998.98 \text{ А}$

$L_l = 7.92 \text{ км}$, $R_l = 4.49 \text{ Ом}$

$R_{\text{Ен}} = 8.01 \text{ Ом}$, $X_{\text{Ен}} = 6.84 \text{ Ом}$, $Z_{\text{Ен}} = 10.54 \text{ Ом}$

$R_{\text{Ен.min}} = 8.24 \text{ Ом}$, $X_{\text{Ен.min}} = 7.22 \text{ Ом}$, $Z_{\text{Ен.min}} = 10.95 \text{ Ом}$

$I_{3\text{лн}} = 602.69 \text{ А}$, $I_{2\text{лн}} = 521.94 \text{ А}$, $I_{3\text{лн.min}} = 579.74 \text{ А}$, $I_{2\text{лн.min}} = 502.07 \text{ А}$

Висновок: Створив Веб калькулятор для розрахунку струму трифазного КЗ, струму однофазного КЗ, та перевірки на термічну та динамічну стійкість у складі.

Навчився вибирати кабелі для живлення двотрансформаторної підстанції системи внутрішнього електропостачання підприємства напругою 10 кВ. Обчислювати струми КЗ на шинах 10 кВ ГПП. Знаходити струми КЗ для підстанцій, які можуть мати три режими: нормальний режим; мінімальний режим; аварійний Режим.