

Obliczanie napięć uszkodzenia w sieci elektroenergetycznej typu TN Ostroga skrzynka znak ZN2.1

$m := 3$

$$Z := \begin{pmatrix} 0.0663 + i \cdot 0.011 & 0.15 & 0. \\ 0.497 + i \cdot 0.0815 & 1.99 & 0. \\ 1.29 + i \cdot 0.13 & 1. & 0. \\ 0.1075 + i \cdot 0.1011 & 3.99 & 0 \end{pmatrix}$$

Macierz Z - obwodów ziemnowrotnych

- impedancje przewodu ochronnego PE (PEN) w $[\Omega]$ 1 kolumna
- rezystancje uzimień w $[\Omega]$ 2 kolumna
- impedancje wzajemne pętli ziemnowrotnych przewodów L i PE (PEN) w $[\Omega]$ 3 kolumna

$I_a := 74$ Wartość prądu samoczynnego wyłączenia w [A]

$$H(Z, I_a, m) := \begin{array}{l} B_{(m+1)} \leftarrow \text{identity}(3) \\ IN_{m+1} \leftarrow I_a \\ IZ_{m+1} \leftarrow 0 \\ \text{for } n \in 0..m \\ \quad k \leftarrow m - n \\ \quad A_{(k)} \leftarrow \begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_{k,0} + Z_{k,2}}{Z_{k,1}} & -Z_{k,0} & Z_{k,2} \\ \frac{-1}{Z_{k,1}} & 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{k,1}} & 0 & 1 \end{pmatrix} \\ \quad B_{(k)} \leftarrow A_{(k)} \cdot B_{(k+1)} \\ U_m \leftarrow \frac{-[B_{(0)}]_{2,1} \cdot I_a}{[B_{(0)}]_{2,0}} \\ \text{for } i \in 0..(m-1) \\ \quad l \leftarrow m - i \\ \quad C_{(l)} \leftarrow \begin{pmatrix} U_l \\ IN_{l+1} \\ IZ_{l+1} \end{pmatrix} \end{array}$$

$A_{(k)}$ - kt-a macierz impedancyjna czwórnikowa typu odwrócone C - k-tego ogniwa

$$\begin{array}{l}
D_{(1)} \leftarrow ([A_{(1)}]^T)^{\langle 0 \rangle} \\
M_{(1)} \leftarrow ([A_{(1)}]^T)^{\langle 1 \rangle} \\
F_{(1)} \leftarrow ([A_{(1)}]^T)^{\langle 2 \rangle} \\
U_{i-1} \leftarrow D_{(1)} \cdot C_{(1)} \\
IN_1 \leftarrow M_{(1)} \cdot C_{(1)} \\
IZ_1 \leftarrow F_{(1)} \cdot C_{(1)} \\
IN_0 \leftarrow Ia \\
IZ_0 \leftarrow 0 \\
U_{m+1} \leftarrow U_m \\
Z_{m+1,1} \leftarrow \infty \\
V \leftarrow Ia \cdot \left[[B_{(0)}]_{0,1} - [B_{(0)}]_{0,0} \cdot \frac{[B_{(0)}]_{2,1}}{[B_{(0)}]_{2,0}} \right] \\
P_{0,0} \leftarrow 0 \\
P_{0,1} \leftarrow V \\
P_{0,2} \leftarrow Ia \\
P_{0,3} \leftarrow 0 \\
P_{0,4} \leftarrow 0 \\
\text{for } i \in 1..m+2 \\
\begin{array}{l}
P_{i,0} \leftarrow i \\
P_{i,1} \leftarrow U_{i-1} \\
P_{i,2} \leftarrow IN_{i-1} \\
P_{i,3} \leftarrow IZ_{i-1} \\
P_{i,4} \leftarrow \frac{U_{i-1}}{Z_{i-1,1}}
\end{array}
\end{array}$$

Prawa Kirchhoffa dla "l-tego
ogniwa" odwrócone C

U_{i-1} - napięciowe

IN_1 - prądowe dla l-tego
górnego węzła

IZ_1 - prądowe dla l-tego
dolnego węzła

$$P := H(Z, Ia, m)$$

Tabela rozwiązań dla I=Ia

	i	U_F	I_N	I_Z	I_{RZ}
	0	1	2	3	4
P =	0	-12.501-1.185i	74	0	0
	1	-7.595-0.371i	74	0	-50.633-2.475i
	2	4.22+0.303i	23.367-2.475i	50.633+2.475i	2.121+0.152i
	3	37.401+0.62i	25.488-2.323i	48.512+2.323i	37.401+0.62i
	4	44.334+6.795i	62.889-1.703i	11.111+1.703i	11.111+1.703i
	5	44.334+6.795i	74	0	0

i - numer węzła obliczeniowego

U_F - napięcie uszkodzenia w i-tym węźle w [V]

I_N - prąd w i-tym odcinku przewodu ochronnego w [A]

I_Z - prąd ziemnopowrotny i-tego odcinka w [A]

I_{RZ} - prąd i-tego uziomu w [A]

Parametry linii zasilającej

$$ZLL_0 := 0$$

$$l_1 := 100 \quad r := 0.53 \quad x := 0.087 \quad ZLL_1 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_1$$

$$ZLL_1 = 66.25 + 10.875i$$

$$l_2 := 750 \quad r := 0.53 \quad x := 0.087 \quad ZLL_2 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_2$$

$$ZLL_2 = 496.875 + 81.562i$$

$$l_3 := 1200 \quad r := 0.86 \quad x := 0.087 \quad ZLL_3 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_3$$

$$ZLL_3 = 1.29 \times 10^3 + 130.5i$$

$$l_4 := 100 \quad r := 0.86 \quad x := 0.087 \quad ZLL_4 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_4$$

$$ZLL_4 = 107.5 + 10.875i$$

$$ZL := (ZLL_0 + ZLL_1 + ZLL_2 + ZLL_3) \cdot 10^{-3}$$

ZL - impedancja przewodu fazowego w [Ω]

$$ZL = 1.853 + 0.223i$$

$$H(I_a, Z, P, m) := \begin{cases} U_0 \leftarrow 0 \\ \text{for } k \in 0..m \\ U_0 \leftarrow U_0 + Z_{k,0} \cdot P_{k+1,2} \\ U_0 \end{cases}$$

$$U_0 := H(I_a, Z, P, m)$$

$$U_0 = 56.835 + 7.98i$$

$$R_T := 20 \quad \text{Parametry podłużne transformatora - transformator 160kVA}$$

$$X_T := 40.3$$

$$Z_T := (R_T + i \cdot X_T) \cdot 10^{-3}$$

$$Z_T = 0.02 + 0.04i$$

$$Z_{Th} := \frac{U_0}{I_a} \quad \text{Impedancja Thevenina widziana z węzłów krańcowych przewodu ochronnego (PE (PEN) , M)}$$

$$Z_{Th} = 0.768 + 0.108i$$

$$Z_S := Z_{Th} + Z_L + Z_T$$

$$Z_S = 2.641 + 0.371i$$

$$U_f := 230$$

$$I_k := \frac{U_f}{|Z_S|}$$

$$I_k = 86.236$$

$$k := \frac{I_k}{I_a}$$

$$k = 1.165$$

$$G(P, m, k) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..m+2 \\ S_{i,0} \leftarrow i \\ S_{i,1} \leftarrow |P_{i,1}| \cdot k \\ S_{i,2} \leftarrow P_{i,2} \cdot k \\ S_{i,3} \leftarrow P_{i,3} \cdot k \\ S_{i,4} \leftarrow P_{i,4} \cdot k \\ S \end{array} \right.$$

Tabela rozwiązań dla $I=I_{K1}$

$S := G(P, m, k)$

	i	U_F	I_N	I_Z	I_{RZ}
	0	14.634	86.236	0	0
	1	8.861	86.236	0	-59.005-2.884i
S =	2	4.931	27.231-2.884i	59.005+2.884i	2.471+0.177i
	3	43.591	29.702-2.707i	56.534+2.707i	43.585+0.722i
	4	52.268	73.287-1.985i	12.948+1.985i	12.948+1.985i
	5	52.268	86.236	0	0

i - numer węzła obliczeniowego

U_F - napięcie uszkodzenia w i-tym węźle w [V]

I_N - prąd w i-tym odcinku przewodu ochronnego w [A]

I_Z - prąd ziemnopowrotny i-tego odcinka w [A]

I_{RZ} - prąd i-tego uziomu w [A]

$X := S \langle 0 \rangle$

$Y := S \langle 1 \rangle$



