

## Obliczanie napięć uszkodzenia w sieci elektroenergetycznej typu TN Projektowana ostroga skrzynki przyłączeniowe S56-S61

$m := 8$

$$Z := \begin{pmatrix} 0.0663 + i \cdot 0.011 & 0.15 & 0. \\ 0.497 + i \cdot 0.0815 & 1.99 & 0. \\ 1.29 + i \cdot 0.13 & 1.788 & 0. \\ 0.0094 + i \cdot 0.0021 & 8.5 & 0. \\ 0.045 + i \cdot 0.0101 & 8.5 & 0. \\ 0.045 + i \cdot 0.0101 & 8.5 & 0. \\ 0.0122 + i \cdot 0.0028 & 8.5 & 0. \\ 0.0277 + i \cdot 0.0014 & 8.5 & 0. \\ 0.0232 + i \cdot 0.00243 & 8.5 & 0. \end{pmatrix}$$

### Macierz Z - obwodów ziemnowrotnych

- impedancje przewodu ochronnego PE (PEN) w [ $\Omega$ ] 1 kolumna
- rezystancje uziemień 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]

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

$A_{(k)}$  -  $k$ -ta macierz impedancyjna czwórnika typu odwrócone C -  $k$ -tego ogniwa

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

Prawa Kirchhoffa dla "l-tego ogniwa" odwrócone C

$U_{i-1}$  - napięciowe

$IN_i$  - prądowe dla l-tego górnego węzła

$IZ_i$  - 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
	0	-12.582-1.146i	74	0	0
	1	-7.675-0.332i	74	0	-51.169-2.213i
	2	3.852+0.429i	22.831-2.213i	51.169+2.213i	1.936+0.216i
	3	36.061+1.073i	24.767-1.997i	49.233+1.997i	20.168+0.6i
P =	4	36.486+1.154i	44.935-1.397i	29.065+1.397i	4.293+0.136i
	5	38.714+1.594i	49.228-1.261i	24.772+1.261i	4.555+0.188i
	6	41.145+2.089i	53.782-1.074i	20.218+1.074i	4.841+0.246i
	7	41.863+2.243i	58.623-0.828i	15.377+0.828i	4.925+0.264i
	8	43.624+2.317i	63.548-0.564i	10.452+0.564i	5.132+0.273i
	9	45.218+2.477i	68.68-0.291i	5.32+0.291i	5.32+0.291i
	10	45.218+2.477i	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

$$ZLL_0 := 0$$

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

$$ZLL_1 = 66.25 + 10.875i$$

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

$$ZLL_2 = 496.875 + 81.562i$$

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

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

$$l_4 := 340 \quad r := 0.375 \quad x := 0.0847 \quad ZLL_4 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_4$$

$$ZLL_4 = 159.375 + 35.998i$$

$$l_5 := 35 \quad r := 1.85 \quad x := 0.097 \quad ZLL_5 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_5$$

$$ZL := (ZLL_0 + ZLL_1 + ZLL_2 + ZLL_3 + ZLL_4 + ZLL_5) \cdot 10^{-3}$$

ZL - impedancja przewodu fazowego w [ $\Omega$ ]

$$ZL = 2.098 + 0.259i$$

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

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

$$U_0 = 57.8 + 3.623i$$

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

$$X_T := 40.3$$

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

$$Z_T = 0.02 + 0.04i$$

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

$$Z_{Th} = 0.781 + 0.049i$$

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

$$Z_S = 2.899 + 0.348i$$

$$U_f := 230$$

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

$$I_k = 78.778$$

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

$$k = 1.065$$

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

### Tabela rozwiązań dla $l=l_{K1}$

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

	i	$U_F$	$I_N$	$I_Z$	$I_{RZ}$
	0	1	2	3	4
0	0	13.449	78.778	0	0
1	1	8.179	78.778	0	-54.473-2.356i
2	2	4.126	24.305-2.356i	54.473+2.356i	2.061+0.23i
3	3	38.406	26.366-2.126i	52.412+2.126i	21.471+0.639i
4	4	38.862	47.837-1.487i	30.941+1.487i	4.57+0.145i
5	5	41.249	52.406-1.343i	26.372+1.343i	4.849+0.2i
6	6	43.858	57.255-1.143i	21.523+1.143i	5.153+0.262i
7	7	44.63	62.408-0.881i	16.37+0.881i	5.243+0.281i
8	8	46.506	67.651-0.6i	11.127+0.6i	5.464+0.29i
9	9	48.21	73.115-0.31i	5.663+0.31i	5.663+0.31i
10	10	48.21	78.778	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]

$X := S \langle 0 \rangle$

$Y := S \langle 1 \rangle$









