

## Obliczanie napięć uszkodzenia w sieci elektroenergetycznej typu TN Ostroga znak nawigacyjny projektowany ZN2.2

$m := 3$

$$Z := \begin{pmatrix} 0.0663 + i \cdot 0.011 & 0.15 & 0. \\ 0.497 + i \cdot 0.0815 & 1.99 & 0. \\ 1.29 + i \cdot 0.13 & 1.002 & 0. \\ 0.0686 + i \cdot 0.015 & 4.5 & 0. \end{pmatrix}$$

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

$I_a := 82.3$       Wartość prądu samoczynnego wyłączenia w [A]

```

H(Z, Ia, m) :=
  B(m+1) ← identity(3)
  INm+1 ← Ia
  IZm+1 ← 0
  for n ∈ 0..m
    k ← m - n
    A(k) ←
      ⎛
      1 +  $\frac{Z_{k,0} + Z_{k,2}}{Z_{k,1}}$   -Zk,0  Zk,2
       $\frac{-1}{Z_{k,1}}$            1      0
       $\frac{1}{Z_{k,1}}$            0      1
      ⎞
    B(k) ← A(k) · B(k+1)
    Um ←  $\frac{-[B_{(0)}]_{2,1} \cdot I_a}{[B_{(0)}]_{2,0}}$ 
    for i ∈ 0..(m - 1)
      l ← m - i
      C(l) ←
        ⎛
        Ul
        INl+1
        IZl+1
        ⎞
  
```

$A_{(k)}$  - 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	-13.824-1.272i	82.3	0	0
	1	-8.367-0.367i	82.3	0	-55.781-2.445i
	2	5.012+0.58i	26.519-2.445i	55.781+2.445i	2.519+0.291i
	3	42.752+1.576i	29.038-2.154i	53.262+2.154i	42.666+1.573i
	4	47.679+2.612i	71.705-0.58i	10.595+0.58i	10.595+0.58i
	5	47.679+2.612i	82.3	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

$$ZLL_0 := 0$$

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

$$ZLL_1 = 66.25 + 10.875i$$

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

$$ZLL_2 = 496.875 + 81.562i$$

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

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

$$l_4 := 293 \quad r := 0.375 \quad x := 0.0847 \quad ZLL_4 := 1.25 \cdot (r + i \cdot x) \cdot l_4$$

$$ZLL_4 = 137.344 + 31.021i$$

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

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

$$ZL = 1.99 + 0.254i$$

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

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

$$U_0 = 61.503 + 3.884i$$

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

$$X_T := 40.3$$

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

$$Z_T = 0.02 + 0.04i$$

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

$$Z_{Th} = 0.747 + 0.047i$$

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

$$Z_S = 2.758 + 0.341i$$

$$U_f := 230$$

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

$$I_k = 82.769$$

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

$$k = 1.006$$

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

## Tabela rozwiązań dla $I=I_{K1}$

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

	i	$U_F$	$I_N$	$I_Z$	$I_{RZ}$
	0	13.961	82.769	0	0
	1	8.423	82.769	0	-56.098-2.459i
S =	2	5.074	26.671-2.459i	56.098+2.459i	2.533+0.293i
	3	43.024	29.204-2.166i	53.565+2.166i	42.909+1.582i
	4	48.023	72.113-0.584i	10.656+0.584i	10.656+0.584i
	5	48.023	82.769	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]

$X := S \langle 0 \rangle$

$Y := S \langle 1 \rangle$







