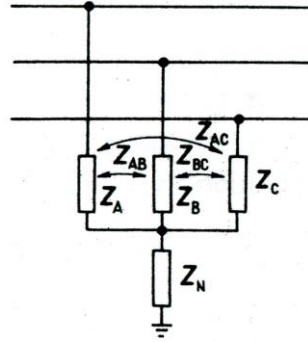


# PJS – Přednáška číslo 5

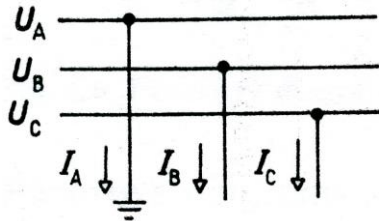
## Řešení nesymetrických stavů v ES metodou souměrných složkových soustav

### Místní poruchy

#### Nesymetrický příčný článek



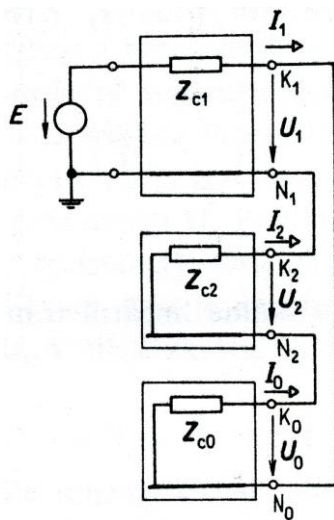
Jednofázový zkrat:



$$U_A = 0 \quad I_B = 0 \quad I_C = 0$$

$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = \mathbf{F}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} I_A \\ I_A \\ I_A \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = \mathbf{F}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} aU_B + a^2U_C \\ a^2U_B + aU_C \\ U_B + U_C \end{bmatrix}$$



$$I^{(1)} = I^{(2)} = I^{(0)} = \frac{1}{3} I_A$$

$$U^{(1)} + U^{(2)} + U^{(0)} = 0$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$$

$$I^{(2)} = I^{(1)} \quad I^{(0)} = I^{(1)}$$

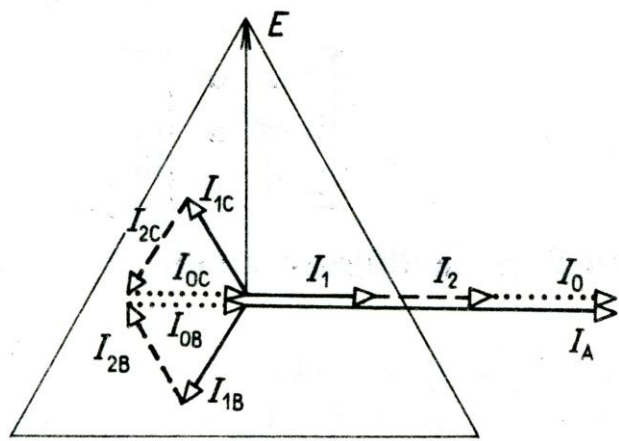
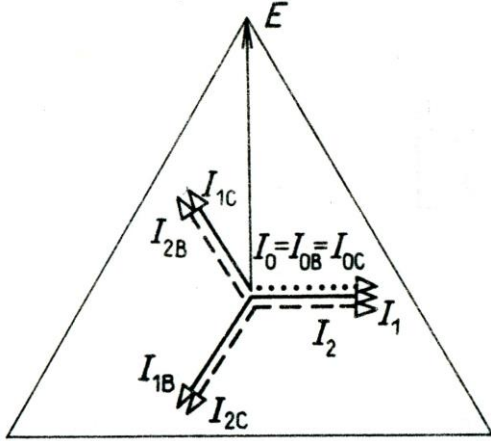
$$U^{(0)} = -Z_C^{(0)} I^{(0)}$$

$$U^{(2)} = -Z_C^{(2)} I^{(2)}$$

$$U^{(1)} = (Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}) I^{(1)}$$

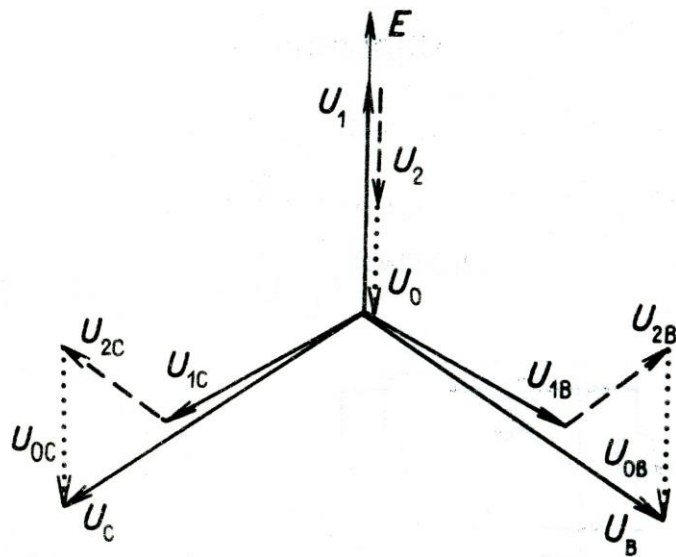
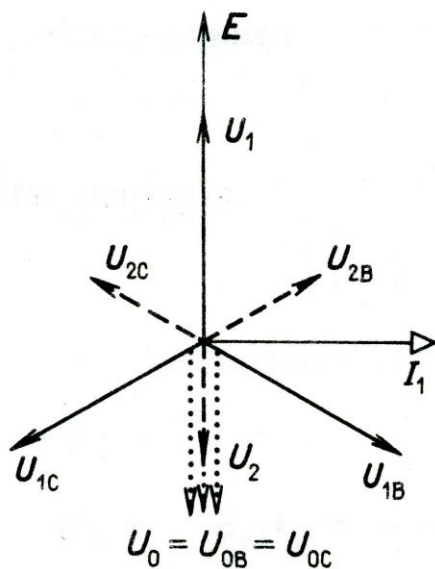
$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(1)} \\ I^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3I^{(1)} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Při zanedbání činných odporů lze odhadnout fázový posuv proudů:

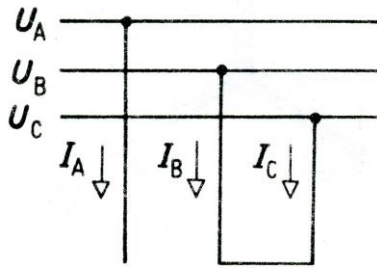


$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} (Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)})I^{(1)} \\ -Z_C^{(2)}I^{(2)} \\ -Z_C^{(0)}I^{(0)} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ (a^2 - a)Z_C^{(2)} + (a^2 - 1)Z_C^{(0)} \\ (a - a^2)Z_C^{(2)} + (a - 1)Z_C^{(0)} \end{bmatrix} I^{(1)}$$



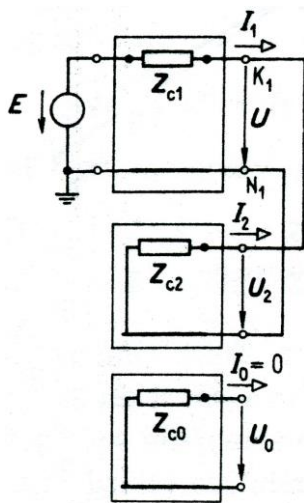
Dvoufázový zkrat:



$$U_B = U_C \quad I_A = 0 \quad I_B = -I_C$$

$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ I_B \\ -I_B \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} j\sqrt{3}I_B \\ -j\sqrt{3}I_B \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_B \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} U_A + aU_B + a^2U_B \\ U_A + a^2U_B + aU_B \\ U_A + 2U_B \end{bmatrix}$$



$$I^{(1)} = -I^{(2)} = \frac{j}{\sqrt{3}} I_B \quad I^{(0)} = 0$$

$$U^{(1)} = U^{(2)}$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)}}$$

$$I^{(2)} = -I^{(1)} \quad I^{(0)} = 0$$

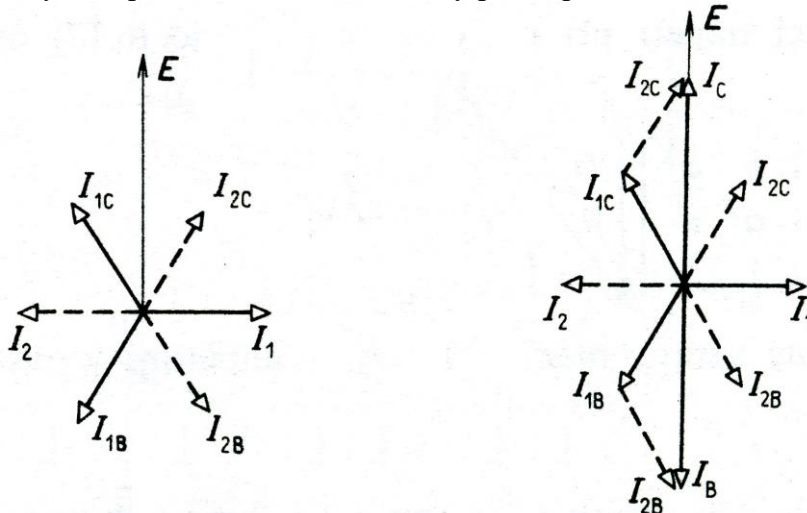
$$U^{(0)} = -Z_C^{(0)} I^{(0)} = 0$$

$$U^{(2)} = -Z_C^{(2)} I^{(2)} = Z_C^{(2)} I^{(1)}$$

$$U^{(1)} = U^{(2)} = Z_C^{(2)} I^{(1)}$$

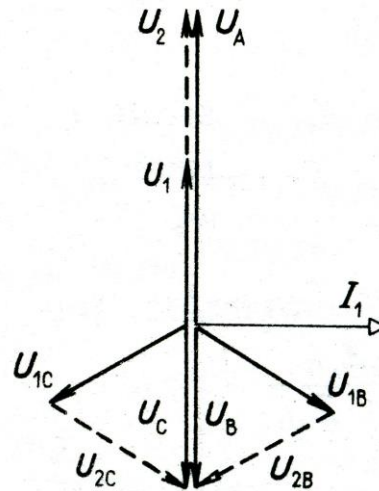
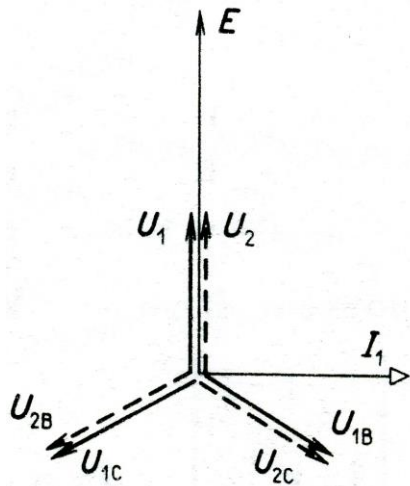
$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{(1)} \\ -I^{(1)} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -j\sqrt{3}I^{(1)} \\ j\sqrt{3}I^{(1)} \end{bmatrix}$$

Při zanedbání činných odporů lze odhadnout fázový posuv proudů:

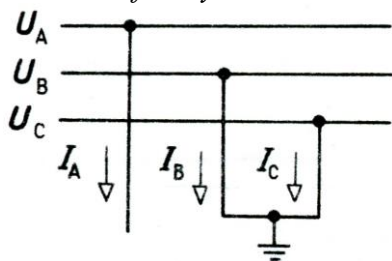


$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_C^{(2)} I^{(1)} \\ Z_C^{(2)} I^{(1)} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2Z_C^{(2)} \\ -Z_C^{(2)} \\ -Z_C^{(2)} \end{bmatrix} I^{(1)}$$



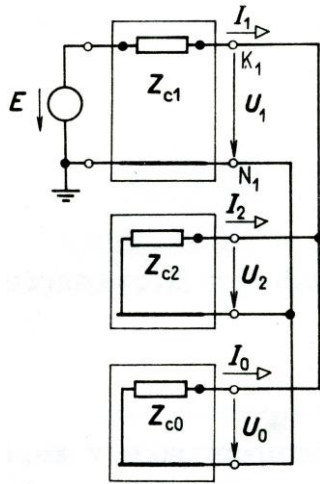
Dvoufázový zemní zkrat:



$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} aI_B + a^2I_C \\ a^2I_B + aI_C \\ I_B + I_C \end{bmatrix}$$

$U_B = U_C = 0 \quad I_A = 0$

$$\begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} U_A \\ U_A \\ U_A \end{bmatrix}$$



$$I^{(1)} + I^{(2)} + I^{(0)} = 0$$

$$U^{(1)} = U^{(2)} = U^{(0)} = \frac{1}{3}U_A$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + \frac{Z_C^{(2)}Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$$

$$I^{(2)} = -\frac{Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

$$I^{(0)} = -\frac{Z_C^{(2)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

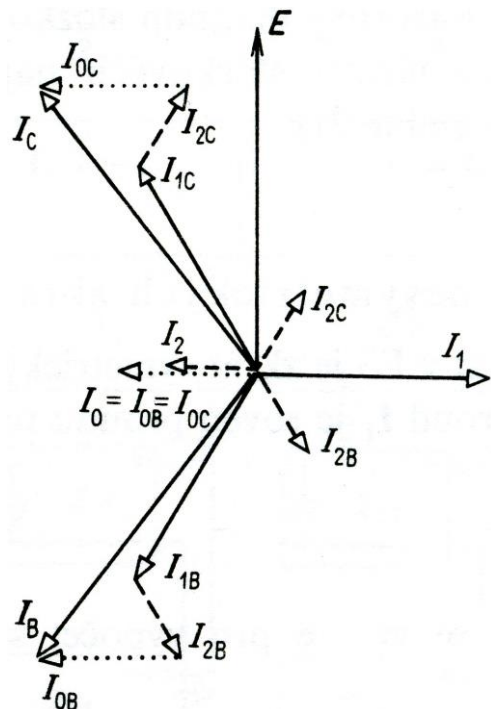
$$U^{(1)} = U^{(2)} = U^{(0)} = -Z_C^{(2)} I^{(2)}$$

$$U^{(1)} = U^{(2)} = U^{(0)} = \frac{Z_C^{(2)}Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} \\ -\frac{Z_C^{(2)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} \end{bmatrix} I^{(1)}$$

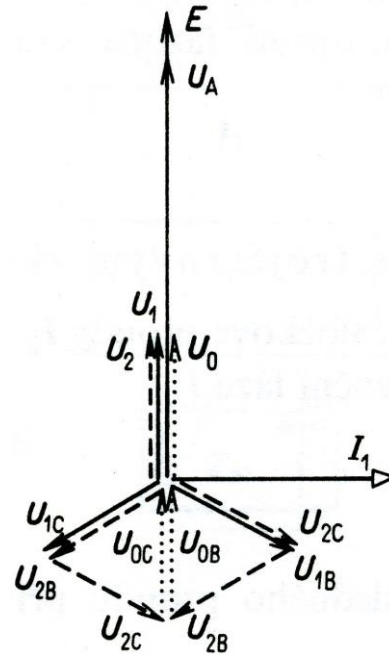
$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{(a^2 - 1)Z_C^{(2)} + (a^2 - a)Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} \\ \frac{(a - 1)Z_C^{(2)} + (a - a^2)Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} \end{bmatrix} I^{(1)}$$

Při zanedbání činných odporů lze odhadnout fázový posuv proudů:



$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -Z_C^{(2)} I^{(2)} \\ -Z_C^{(2)} I^{(2)} \\ -Z_C^{(2)} I^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3Z_C^{(2)} I^{(2)} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \frac{Z_C^{(2)} Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



#### Ekvivalence nesymetrických zkratů s trojfázovým:

Typ	3f	2f zemní	2f	1f
$I^{(1)}$	$\frac{E}{Z_C^{(1)}}$	$\frac{E}{Z_C^{(1)} + \frac{Z_C^{(2)} Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}}$	$\frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)}}$	$\frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$
$I_F$	$I_A = I^{(1)}$	$I_B = \frac{(a^2 - 1)Z_C^{(2)} + (a^2 - a)Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$ $I_C = \frac{(a - 1)Z_C^{(2)} + (a - a^2)Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$	$I_B = -j\sqrt{3}I^{(1)}$ $I_C = j\sqrt{3}I^{(1)}$	$I_A = 3I^{(1)}$
$Z_\Delta$	0	$\frac{Z_C^{(2)} Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$	$Z_C^{(2)}$	$Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}$

#### Porovnání velikosti jednotlivých druhů zkratů:

Trojfázový zkrat  $I_{K3f} = I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)}}$

Jednofázový zkrat  $I_{K1f} = 3I^{(1)} = \frac{3E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} \approx \frac{3}{2 + \frac{Z_C^{(0)}}{Z_C^{(1)}}} I_{K3f}$

Protože může být v krajním případě  $Z_C^{(0)} / Z_C^{(1)} \in 0 \div \infty$ , potom  $I_{K1f} = (0 \div 1.5) I_{K3f}$ .

Dvoufázový zkrat 
$$I_{K2f} = \sqrt{3}I^{(1)} = \frac{\sqrt{3}E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)}} \approx \frac{\sqrt{3}}{2}I_{K3f}$$

Pro případy blízkosti velkých točivých strojů, kdy  $Z_C^{(2)} \ll Z_C^{(1)}$  je  $I_{K2f} \approx \sqrt{3}I_{K3f}$ .

Dvoufázový zemní zkrat 
$$I_{K2fZ} = \sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{Z_C^{(2)}Z_C^{(0)}}{(Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)})^2}} I^{(1)}$$

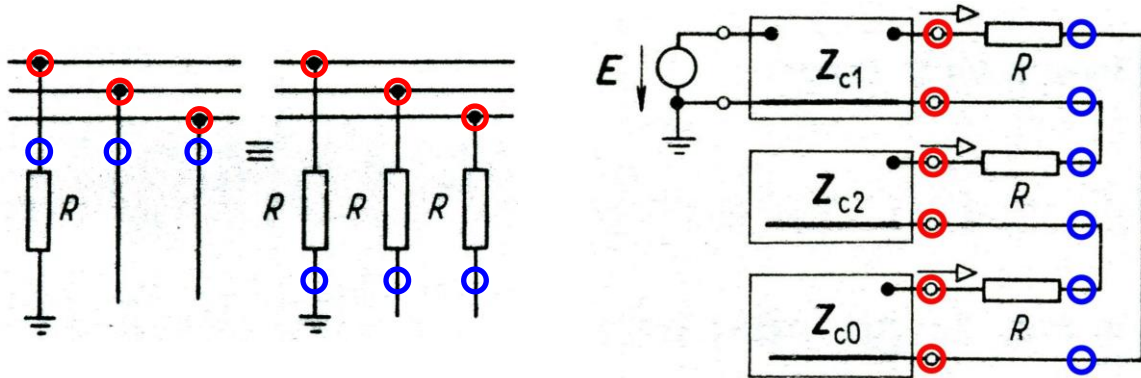
$$I_{K2fZ} \approx \sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{Z_C^{(2)}Z_C^{(0)}}{(Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)})^2}} \frac{E}{Z_C^{(1)} + \frac{Z_C^{(2)}Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$$

Pro  $Z_C^{(0)} / Z_C^{(1)} \rightarrow 0$  je  $I_{K2fZ} \approx \sqrt{3}I_{K3f}$ ,

pro  $Z_C^{(0)} / Z_C^{(1)} \rightarrow \infty$  je  $I_{K2fZ} \approx \frac{\sqrt{3}}{2}I_{K3f}$  (vlastně běžný dvoufázový zkrat).

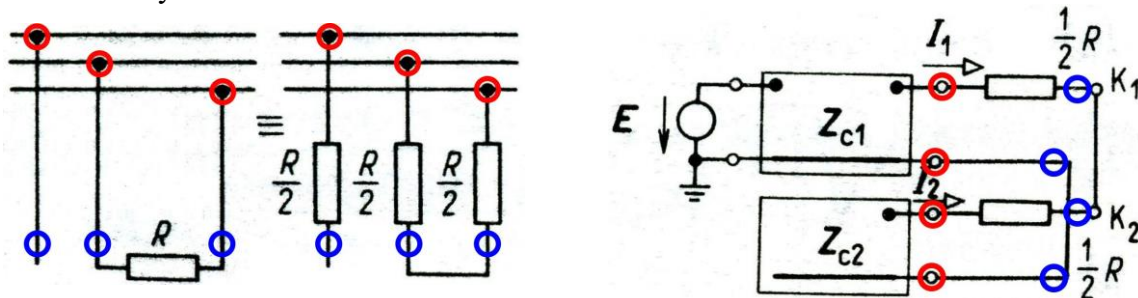
**Vliv oblouku při zkratu:**

Pro orientační výpočty lze nahradit náhradním činným odporem. Pro jednofázový zkrat:



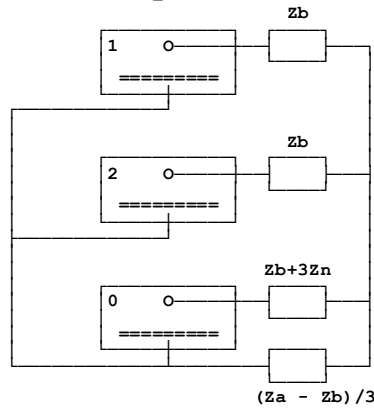
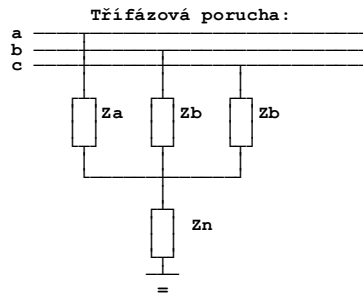
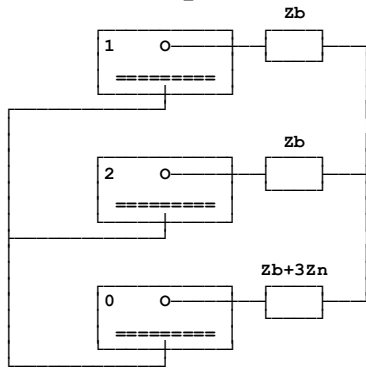
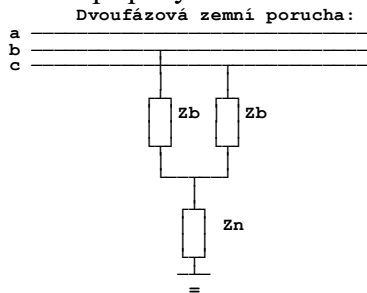
Po aplikaci transformace je pak: 
$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)} + 3R}$$

Pro dvoufázový zkrat:

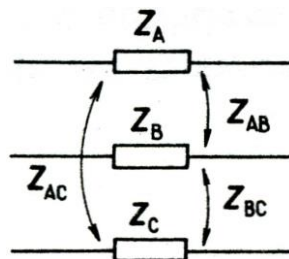


Opět po aplikaci transformace je pak: 
$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + R}$$

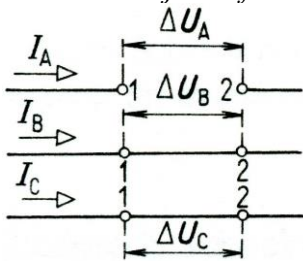
Obecné případy:



Nesymetrický podélný článek



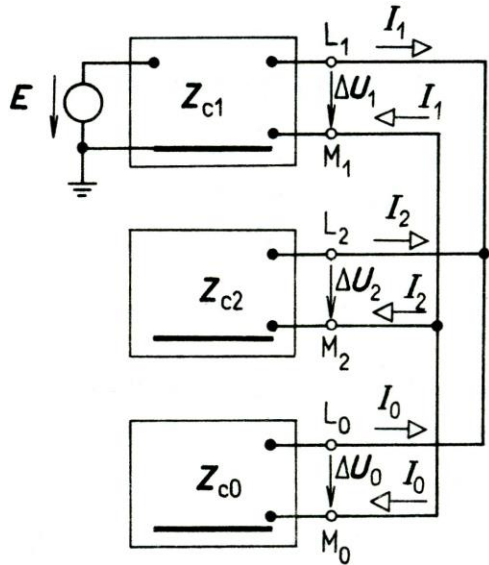
Přerušeni jedné fáze:



$$\begin{aligned}
 I_A = 0 \quad \Delta U_B = 0 \quad \Delta U_C = 0 \\
 \begin{bmatrix} \Delta U^{(1)} \\ \Delta U^{(2)} \\ \Delta U^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_A \\ \Delta U_B \\ \Delta U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \Delta U_A \\ \Delta U_A \\ \Delta U_A \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} aI_B + a^2I_C \\ a^2I_B + aI_C \\ I_B + I_C \end{bmatrix}$$





$$I^{(1)} + I^{(2)} + I^{(0)} = 0$$

$$\Delta U^{(1)} = \Delta U^{(2)} = \Delta U^{(0)} = \frac{1}{3} \Delta U_A$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + \frac{Z_C^{(2)} Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}}$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_\Delta}$$

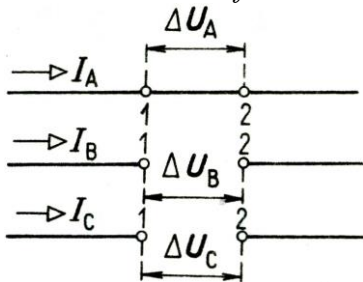
$$I^{(2)} = -\frac{Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

$$I^{(0)} = -\frac{Z_C^{(2)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

$$\Delta U^{(1)} = \Delta U^{(2)} = \Delta U^{(0)} = -Z_C^{(2)} I^{(2)}$$

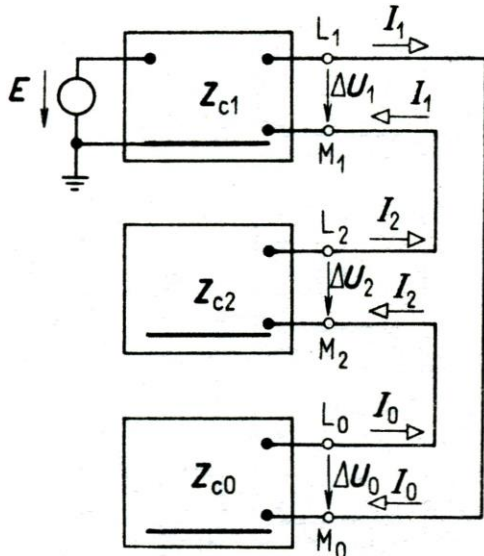
$$\Delta U^{(1)} = \Delta U^{(2)} = \Delta U^{(0)} = \frac{Z_C^{(2)} Z_C^{(0)}}{Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}} I^{(1)}$$

Přerušeni dvou fází:



$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} I_A \\ I_A \\ I_A \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta U^{(1)} \\ \Delta U^{(2)} \\ \Delta U^{(0)} \end{bmatrix} = [\mathbf{F}^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_A \\ \Delta U_B \\ \Delta U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Delta U_B \\ \Delta U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} a\Delta U_B + a^2\Delta U_C \\ a^2\Delta U_B + a\Delta U_C \\ \Delta U_B + \Delta U_C \end{bmatrix}$$



$$I^{(1)} = I^{(2)} = I^{(0)} = \frac{1}{3} I_A$$

$$\Delta U^{(1)} + \Delta U^{(2)} + \Delta U^{(0)} = 0$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}}$$

$$I^{(1)} = \frac{E}{Z_C^{(1)} + Z_\Delta}$$

$$I^{(2)} = I^{(1)} \quad I^{(0)} = I^{(1)}$$

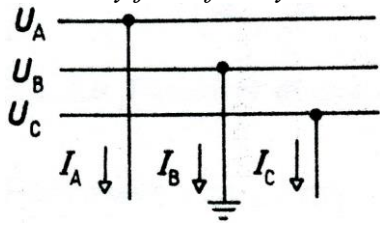
$$\Delta U^{(0)} = -Z_C^{(0)} I^{(0)}$$

$$\Delta U^{(2)} = -Z_C^{(2)} I^{(2)}$$

$$\Delta U^{(1)} = (Z_C^{(2)} + Z_C^{(0)}) I^{(1)}$$

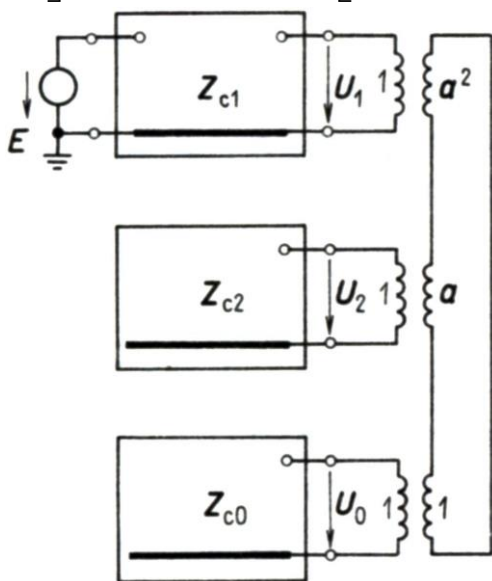
### Vícenásobné nesymetrie

Přídavný jednofázový zkrat ve fázi „B“:



$$\begin{bmatrix} I^{(1)} \\ I^{(2)} \\ I^{(0)} \end{bmatrix} = [F^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ I_B \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} a I_B \\ a^2 I_B \\ I_B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U^{(1)} \\ U^{(2)} \\ U^{(0)} \end{bmatrix} = [F^{-1}] \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_A \\ 0 \\ U_C \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} U_A + a^2 U_C \\ U_A + a U_C \\ U_A + U_C \end{bmatrix}$$



$$U^{(1)} + U^{(2)} + U^{(0)} = U_A$$

$$I^{(0)} = \frac{1}{3} I_B$$

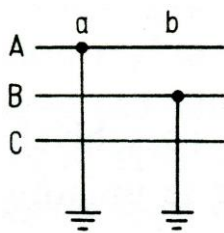
$$I^{(1)} = \frac{1}{3} a I_B = a I^{(0)}$$

$$I^{(2)} = \frac{1}{3} a^2 I_B = a^2 I^{(0)}$$

$$I^{(0)} = \frac{I^{(1)}}{a} = a^2 I^{(1)} = \frac{I^{(2)}}{a^2} = a I^{(2)}$$

$$I^{(0)} = a^2 I^{(1)} = a I^{(2)}$$

Kombinace jednofázového zkratu ve fázích „A“ a „B“:



$$U_{Aa} = 0 \quad I_{Ba} = 0 \quad I_{Ca} = 0$$

$$U_{Bb} = 0 \quad I_{Ab} = 0 \quad I_{Cb} = 0$$

