

Transformatory

- Transformator idealny
- Budowa transformatora
- Prostowanie prądu
- Transformator trójfazowy

Transformatory

Transformator idealny - założenia

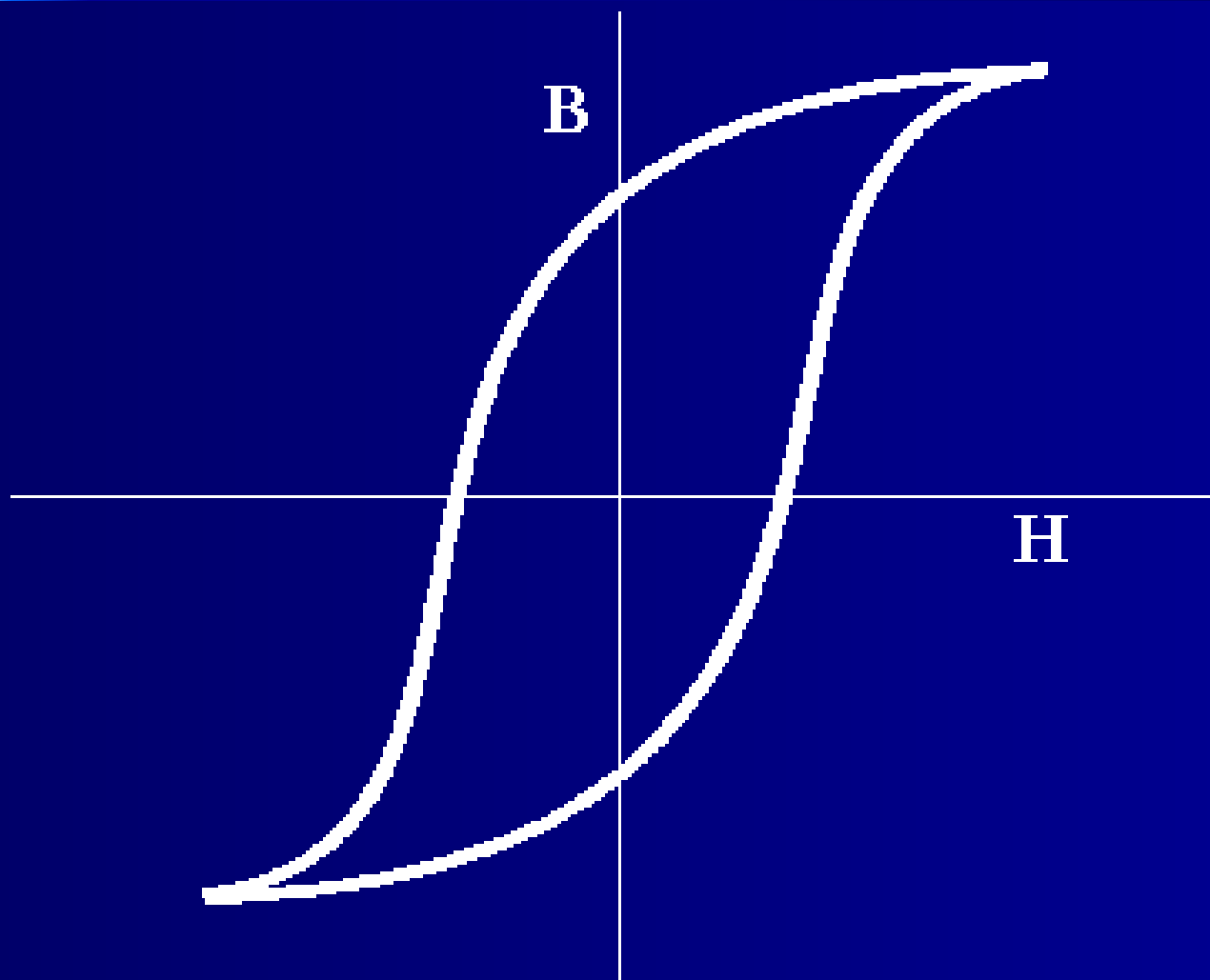
- Opór uzwojeń pomijalnie mały
- Strumień magnetyczny taki sam dla obu uzwojeń

$$\left(M = \sqrt{L_1 \cdot L_2} \right)$$

- Namagnesowanie rdzenia proporcjonalne do natężenia pola magnetycznego

$$\left(L = n \cdot \frac{\Phi}{i} = n \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot \frac{n \cdot S}{l} = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot \frac{S}{l} \right)$$

Transformatory



Transformatory

Uzwojenie pierwotne

Liczba zwojów N_1

Prąd pierwotny I_1

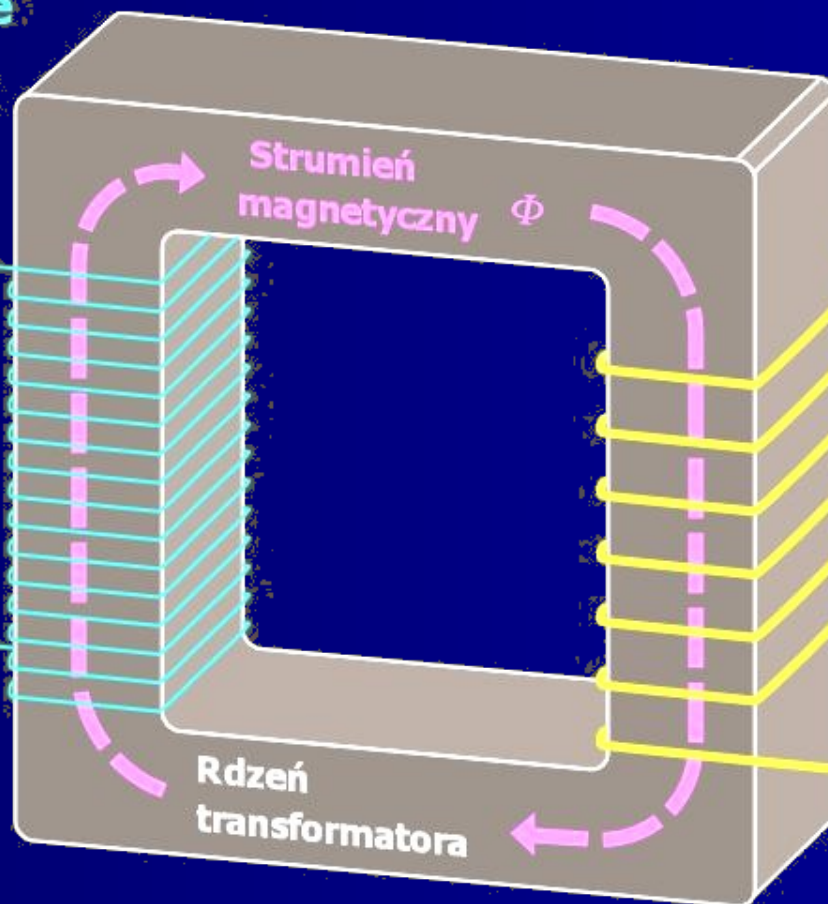
Napięcie pierwotne U_1

Uzwojenie wtórne

Liczba zwojów N_2

Prąd wtórny I_2

Napięcie wtórne U_2



Transformatory

Uzwojenie wtórne rozwarte

$$U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) - L_1 \cdot \frac{di_0}{dt} = 0$$

$$\frac{di_0}{dt} = \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$di_0 = \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t) dt$$

Transformatory

Prąd jałowy

$$i_0 = - \frac{U_0}{L_1 \cdot \omega} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$i_0 = - \frac{U_1}{L_1 \cdot \omega}$$

Transformatory

Napięcie uzwojenia wtórnego (rozwarne)

$$U_2 = - \sqrt{L_1 \cdot L_2} \cdot \frac{di_0}{dt}$$

$$U_2 = - \sqrt{L_1 \cdot L_2} \cdot \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$U_2 = - \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \cdot U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) = - \frac{n_2}{n_1} \cdot U_1$$

Transformatory

Przekładnia transformatora

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Transformatory

Uzwojenie pierwotne (wtórne zwarte)

$$- L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} - M \cdot \frac{di_2}{dt} + U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0$$

$$\frac{di_1}{dt} = - \frac{M}{L_1} \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Transformatory

Uzwojenie wtórne (zwarte)

$$- L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} - M \cdot \frac{di_1}{dt} - i_2 \cdot R = 0$$

$$- L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} - M \cdot \left(- \frac{M}{L_1} \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right) - i_2 \cdot R = 0$$

Transformatory

$$\begin{aligned}
 & - L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{M^2}{L_1} \cdot \frac{di_2}{dt} + \\
 & - \frac{M}{L_1} \cdot U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) - i_2 \cdot R = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1} \cdot \frac{di_2}{dt} + \\
 & - \frac{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}{L_1} \cdot U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) - i_2 \cdot R = 0
 \end{aligned}$$

Transformatory

$$i_2 = - \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Transformatory

$$di_1 = \left(\frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) + \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right) dt$$
$$i_1 = \int \left(\frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) + \frac{U_0}{L_1} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right) dt$$

Transformatory

$$R_{L_1} = L_1 \cdot \omega$$

$$i_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \sin(\omega \cdot t) - \frac{U_0}{R_{L_1}} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Transformatory

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Transformatory

Uzwojenie wtórne zwarte - uzwojenie pierwotne

$$U_1 = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \sin(\omega \cdot t) - \frac{U_0}{R_{L_1}} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \frac{U_1}{R} - \frac{U_1}{R_{L_1}}$$

Transformatory

Uzwojenie wtórne zwarte - uzwojenie wtórne

$$U_2 = - \frac{n_2}{n_1} \cdot U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$U_2 = - \frac{n_2}{n_1} \cdot U_1$$

$$i_2 = - \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{U_0}{R} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_2 = - \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{U_1}{R}$$

Transformatory

Stosunek natężeń prądów

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{-\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{U_1}{R}}{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot \frac{U_1}{R} - \frac{U_1}{R_{L_1}}} \approx \frac{n_1}{n_2}$$

Transformatory

Regulacja obciążenia

$$i_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \frac{U_1}{R} - \frac{U_1}{R_{L_1}}$$

$$R \uparrow \Rightarrow i_1 \downarrow$$

$$R \rightarrow 0 \Rightarrow i_1 \uparrow \rightarrow \textit{zwarcie}$$

Transformatory

Prąd jałowy $i_0 = 3 \div 12\% i_n$

$$\frac{i_n}{i_0} = \frac{\frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{U_1}{R_n} - \frac{U_1}{L_1 \cdot \omega}}{\frac{U_1}{L_1 \cdot \omega}} = \frac{L_2}{R_n \cdot \omega} - 1$$

Transformatory

Napięcie zwarcia

$$U_z = 4 \div 15\% U_n$$

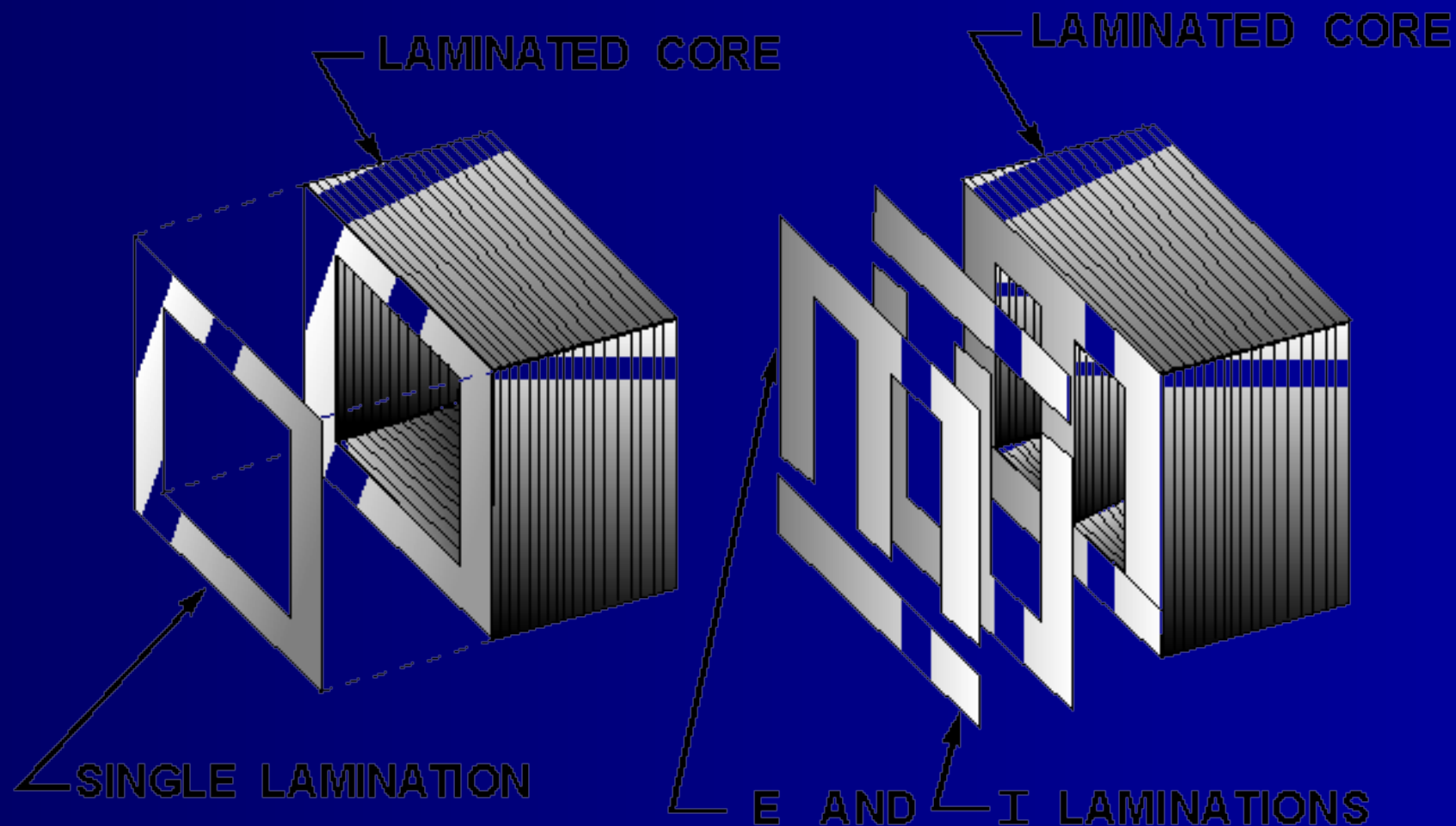
Prąd zwarcia

$$i_z = 7 \div 25 i_n$$

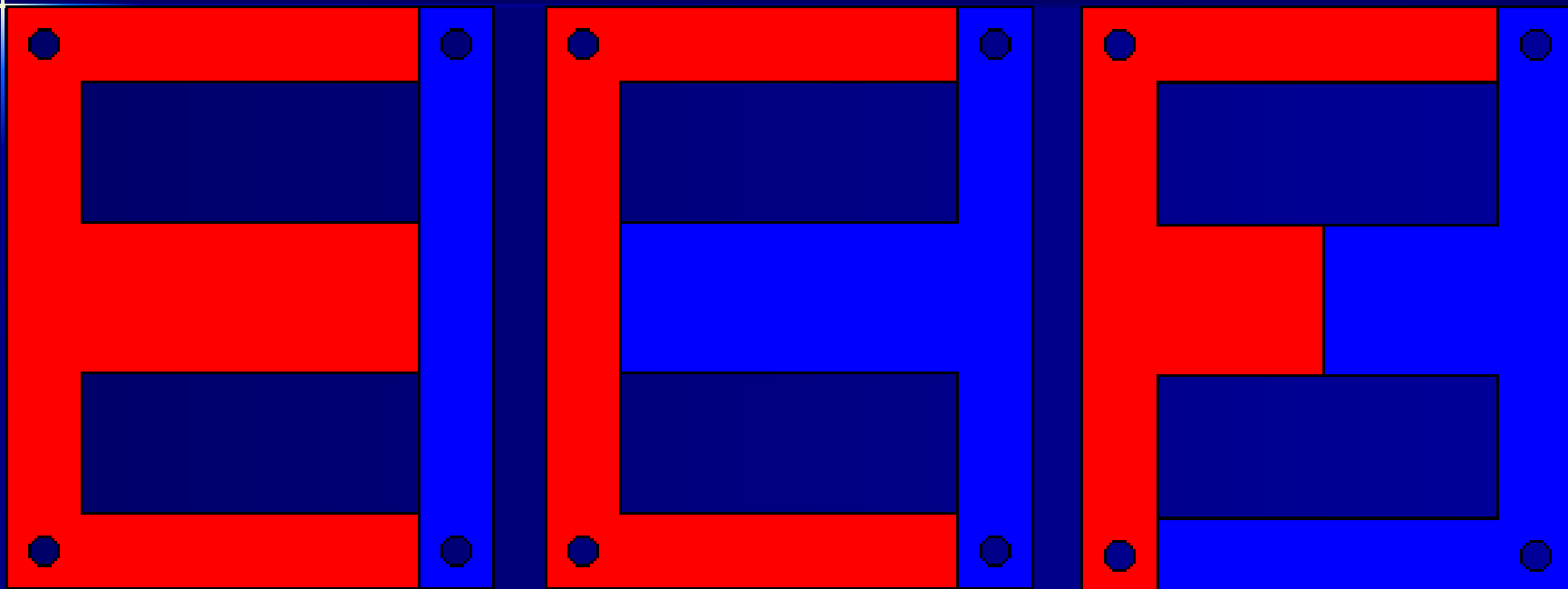
Prąd zwarciovyy udarowy $i_{ud} = 1,2 \div 1,8 i_z$

$$\frac{U_z}{U_n} = \frac{i_n}{i_z}$$

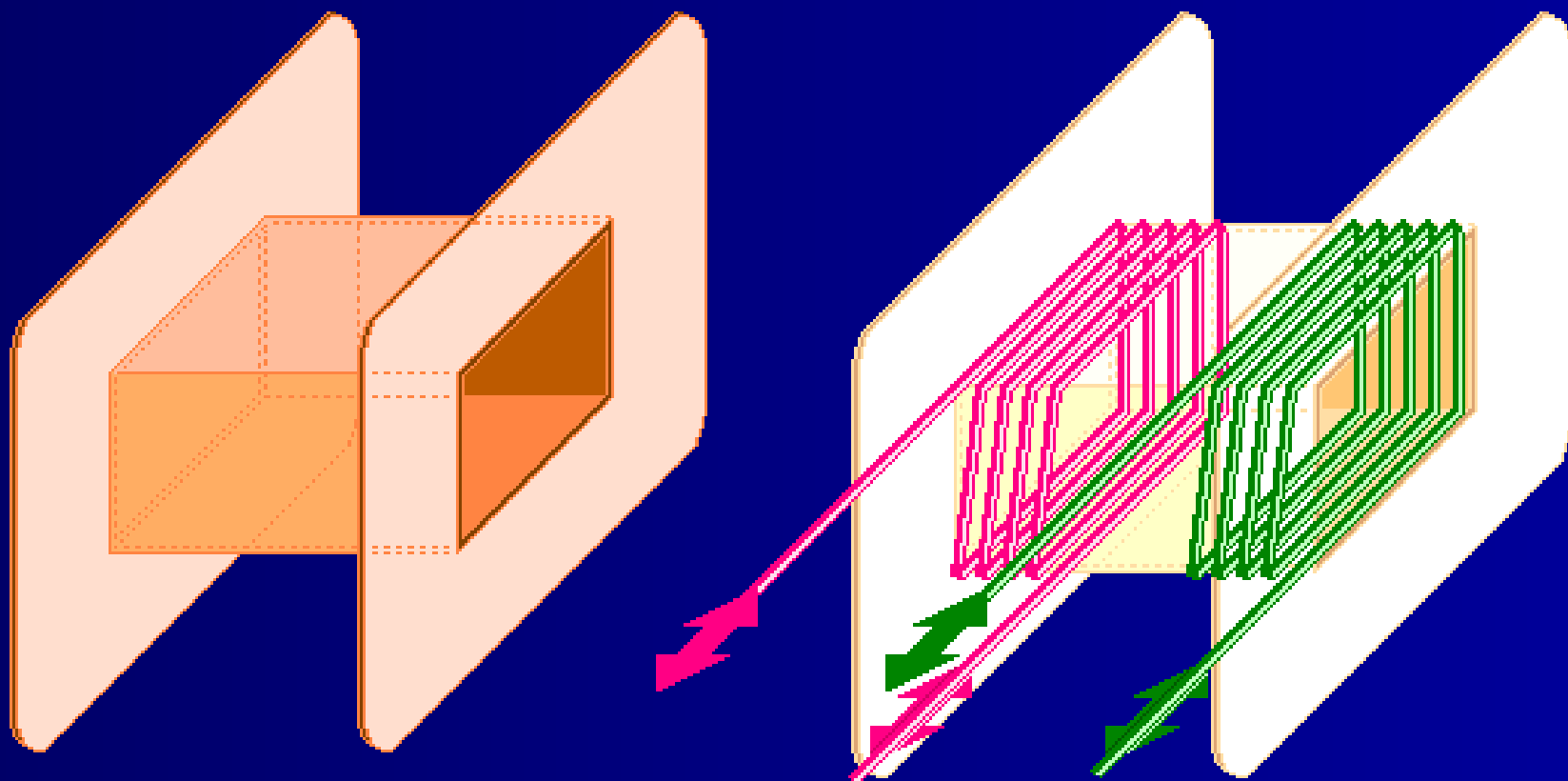
Transformatory



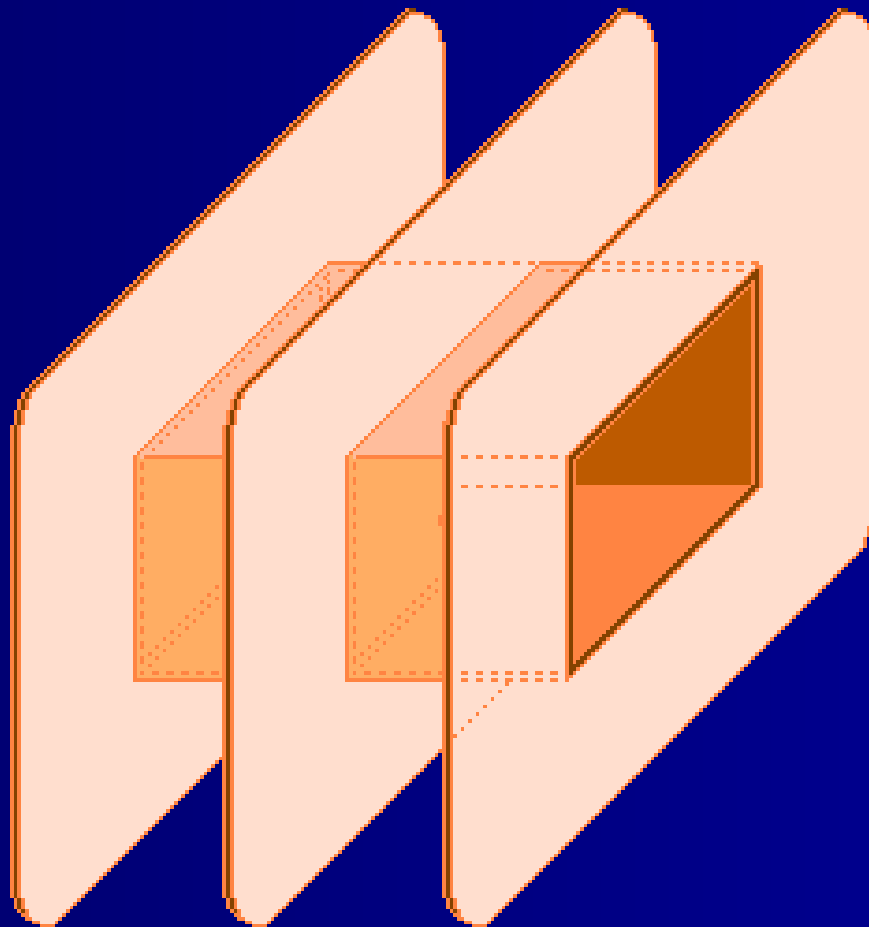
Transformatory



Transformatory



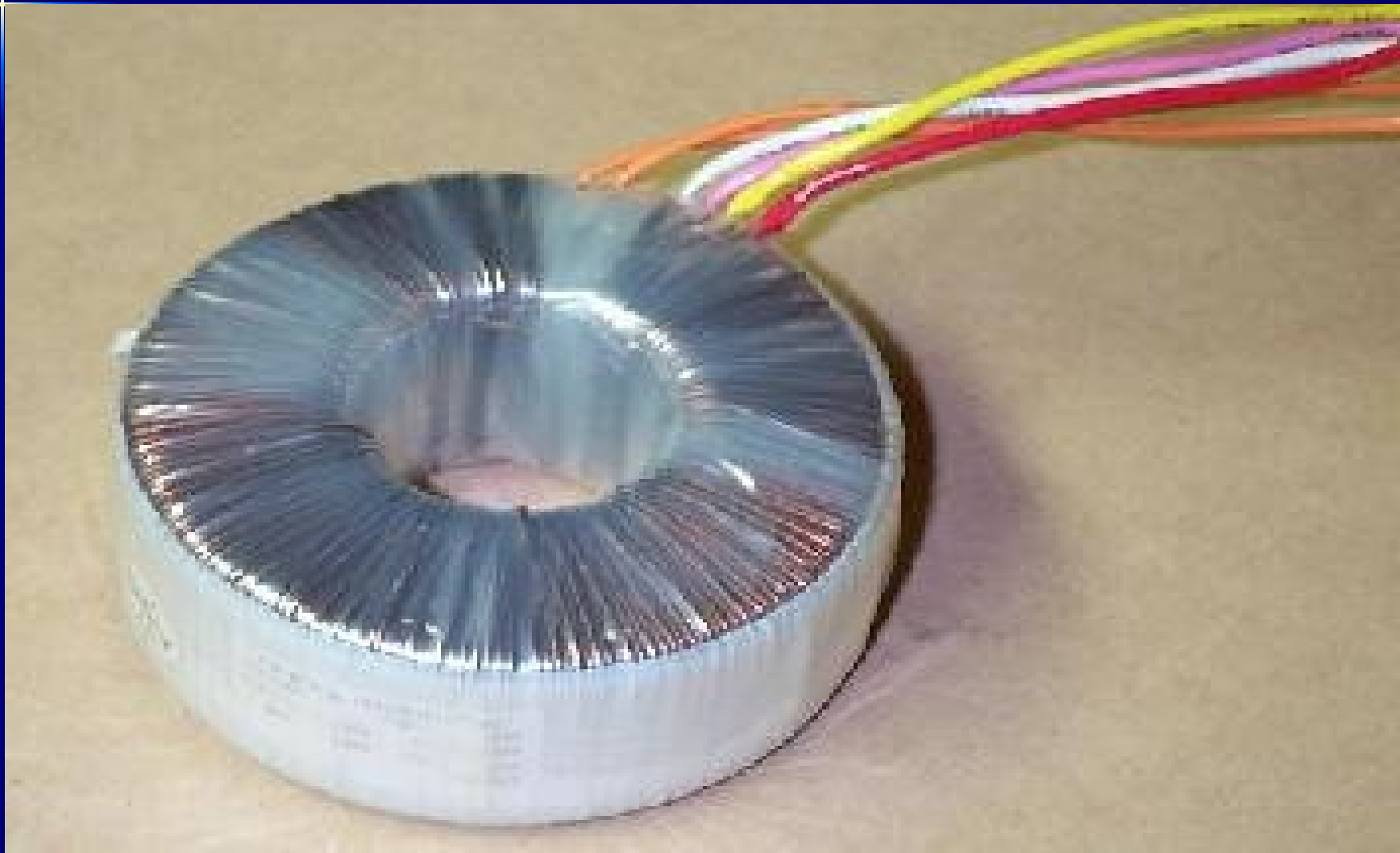
Transformatory



Transformatory



Transformatory



Transformatory

Autotransformator

- Uzwojenie wtórne połączone elektrycznie z uzwojeniem pierwotnym
- W części wspólnej uzwojenia płynie różnica prądu pierwotnego i wtórnego
- Duży prąd zwarcia

Transformatory

Uprozczone wzory empiryczne do obliczania transformatora jednofazowego małej mocy

Pole przekroju rdzenia
(ferromagnetycznego)

$$S_{Fe} [cm^2] = \sqrt{P [VA]}$$

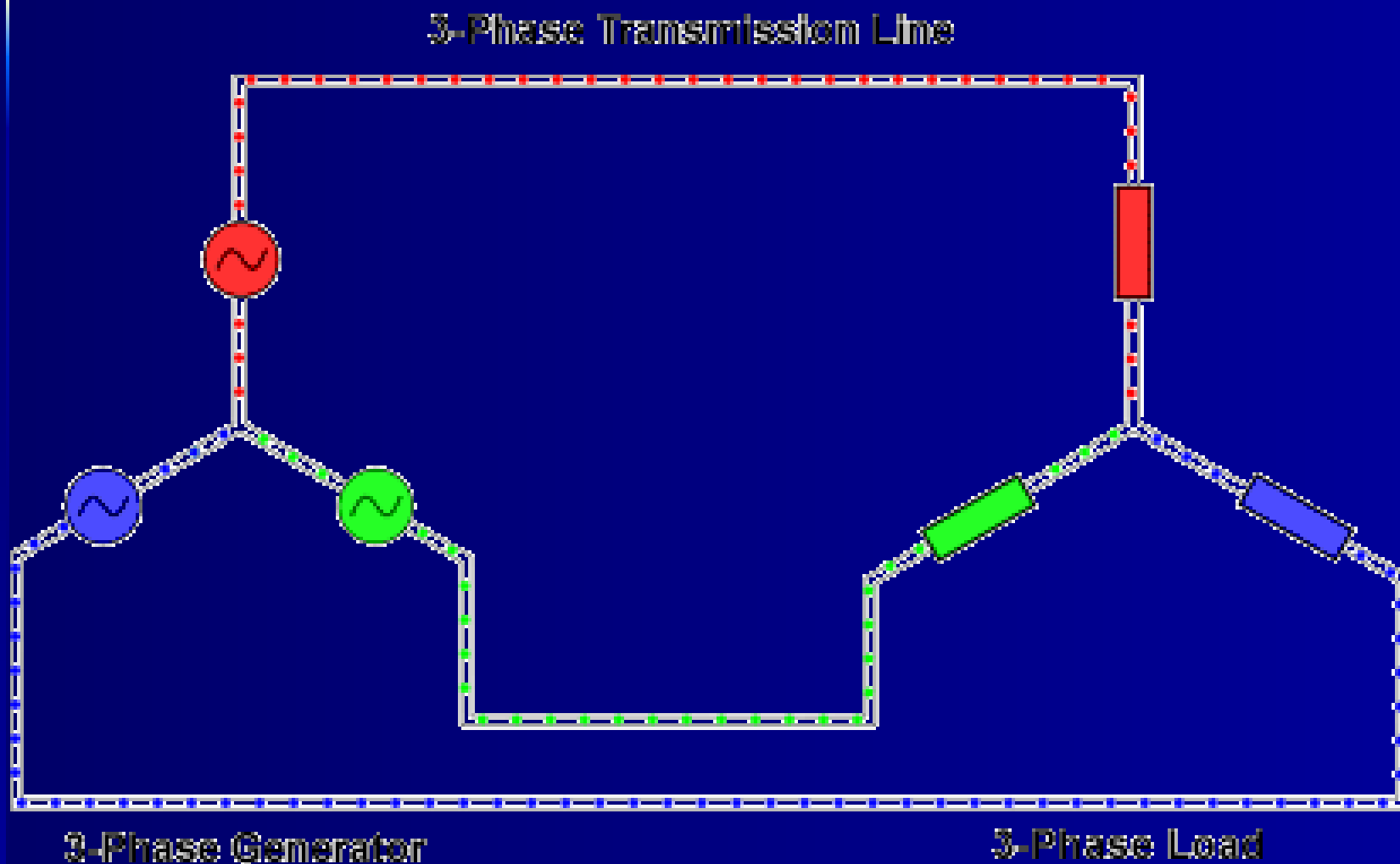
Liczba zwojów
przypadająca na 1[V]

$$N \left[\frac{zwoje}{V} \right] = \frac{45}{S_{Fe} [cm^2]}$$

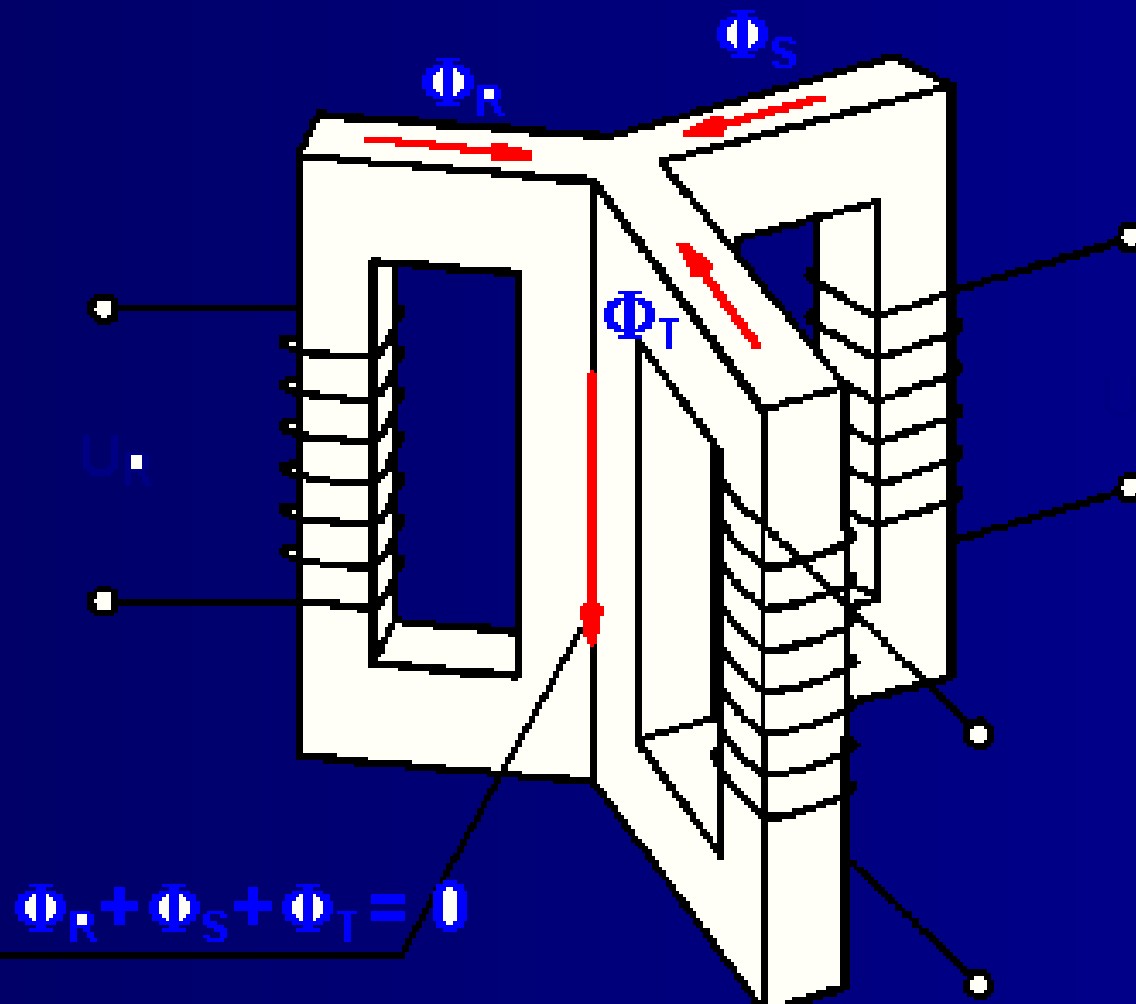
Średnica drutu
nawojowego

$$d [mm] = \sqrt{\frac{i [A]}{2}}$$

Transformatory

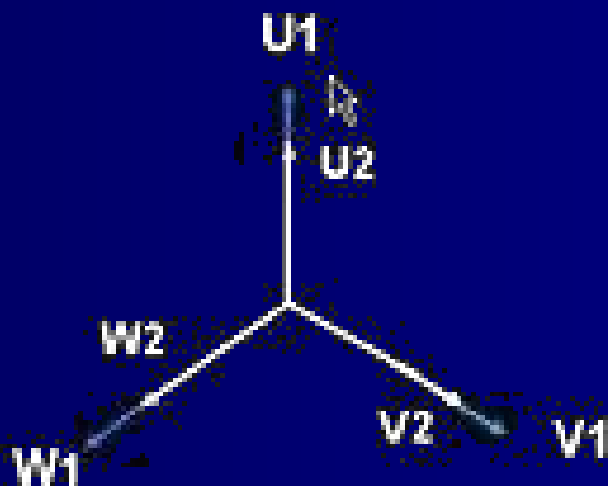


Transformatory



- Symetryczny strumień magnetyczny
- Duży koszt wykonania rdzenia

Transformatory

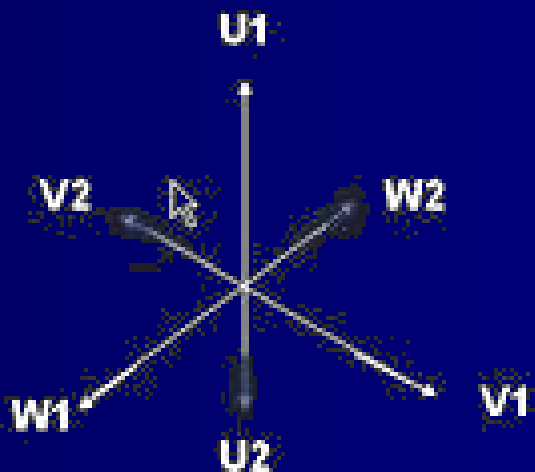


Yy 0

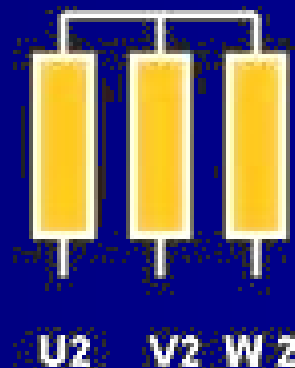
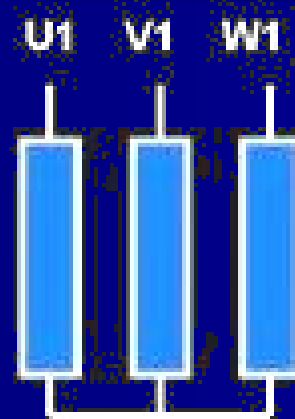


Star – Star Transformer

Transformatory

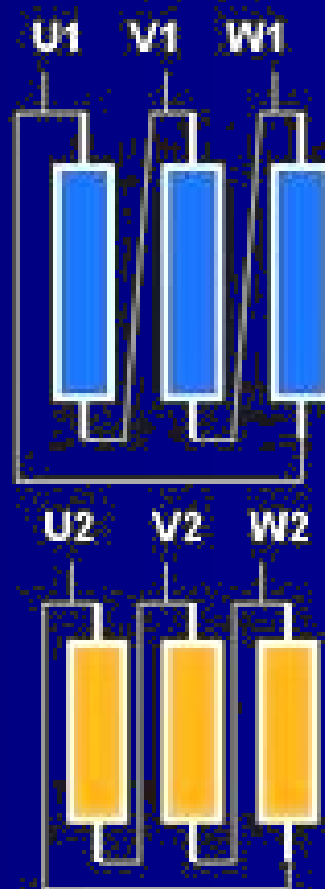
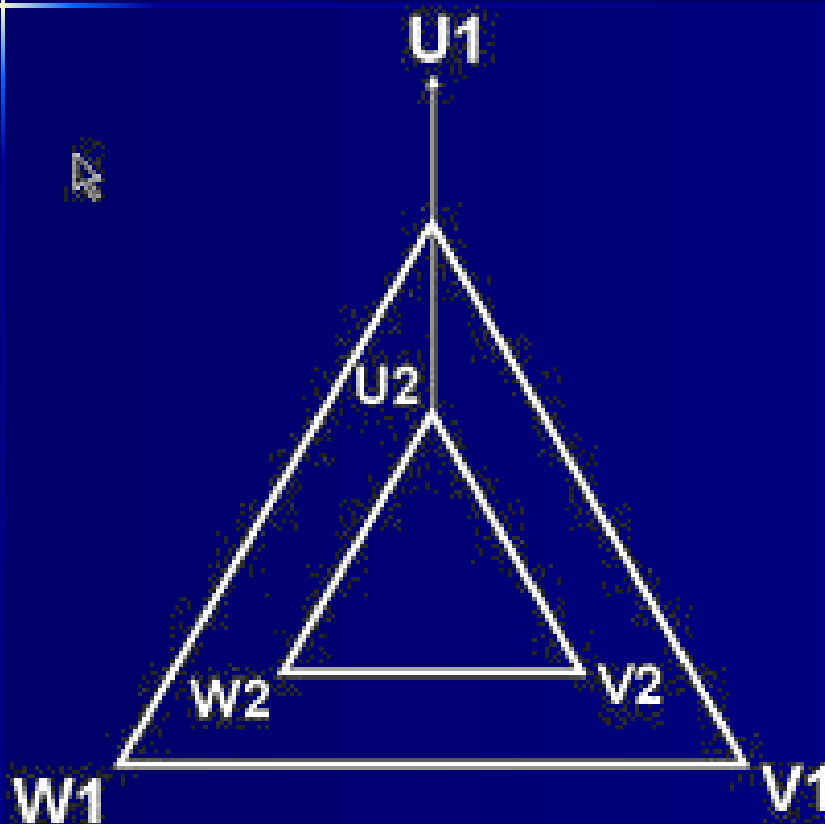


Yy 6



Star – Star Transformer

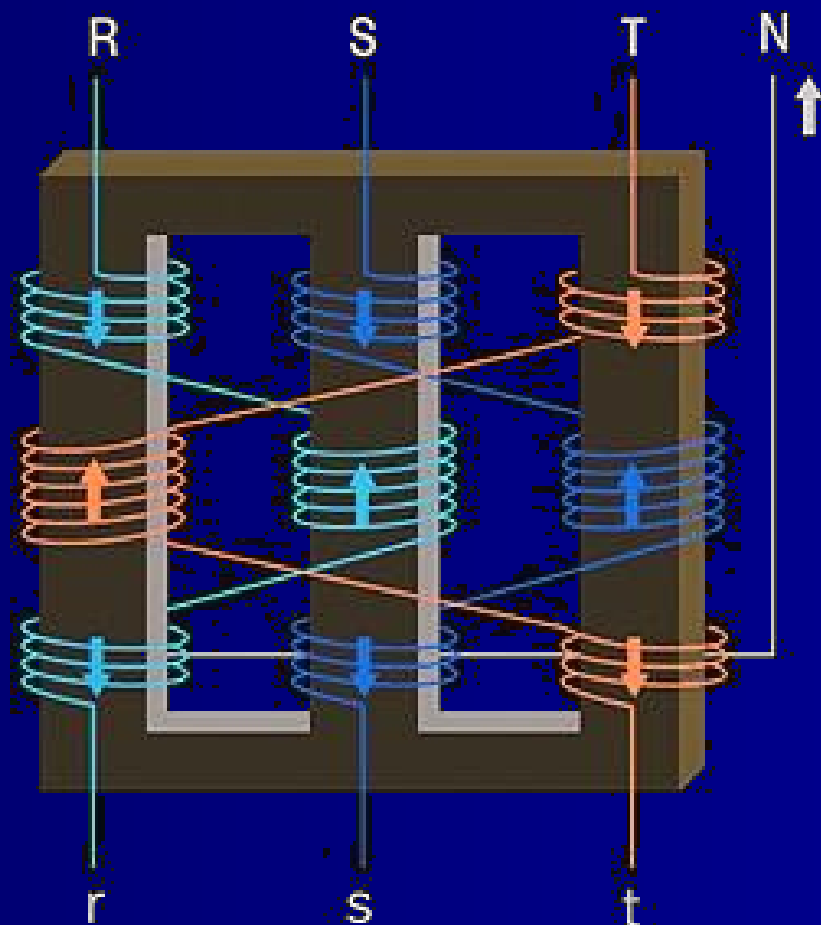
Transformatory



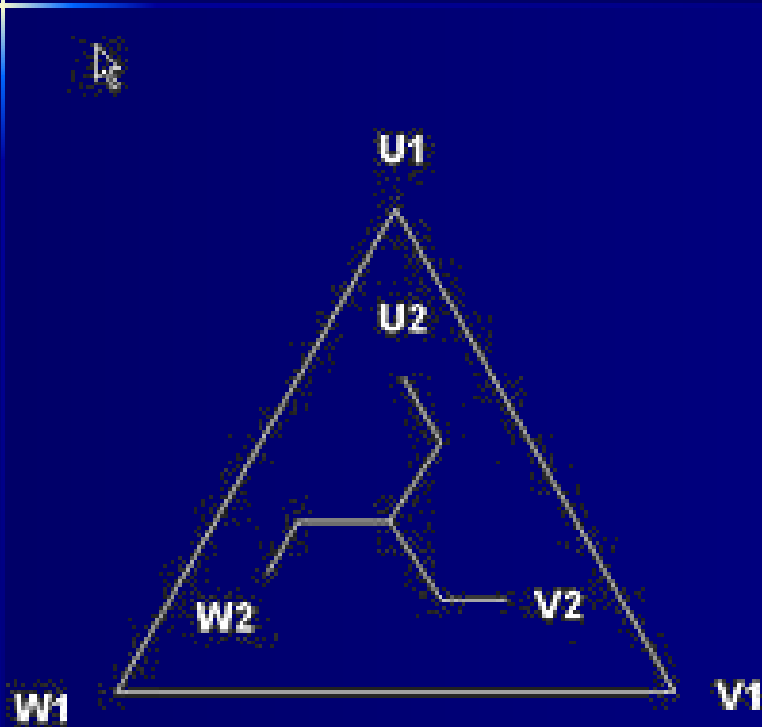
Dd 0

Delta – Delta Transformer

Transformatory

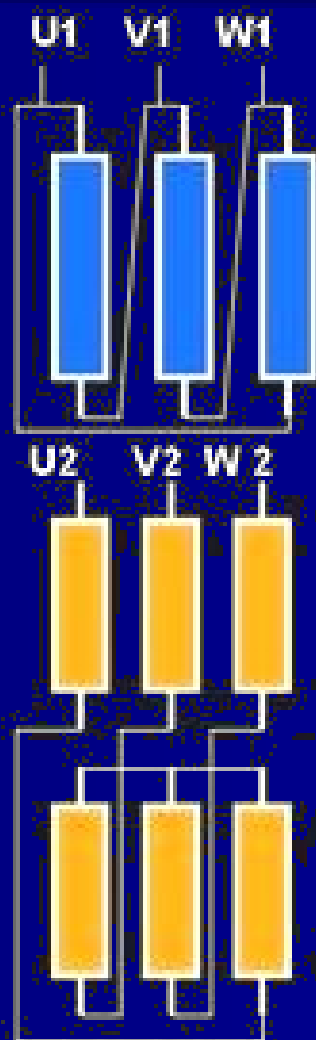


Transformatory



Dz 0

Delta – Zig-zag Transformer



Transformatory

Symbol	Przesunięcie fazowe	Przekładnia
Yy0	0	n_z
Dy5	$\frac{5}{6}\pi$	$\frac{1}{\sqrt{3}}n_z$
Yd5		$\sqrt{3}n_z$
Yz5		$\frac{2}{\sqrt{3}}n_z$
Dy11	$\frac{11}{6}\pi$	$\frac{1}{\sqrt{3}}n_z$
Yd11		$\sqrt{3}n_z$
Yz11		$\frac{2}{\sqrt{3}}n_z$

w12

Transformatory

Podstawy elektrotechniki



Transformatory



Transformatory



Transformatory

