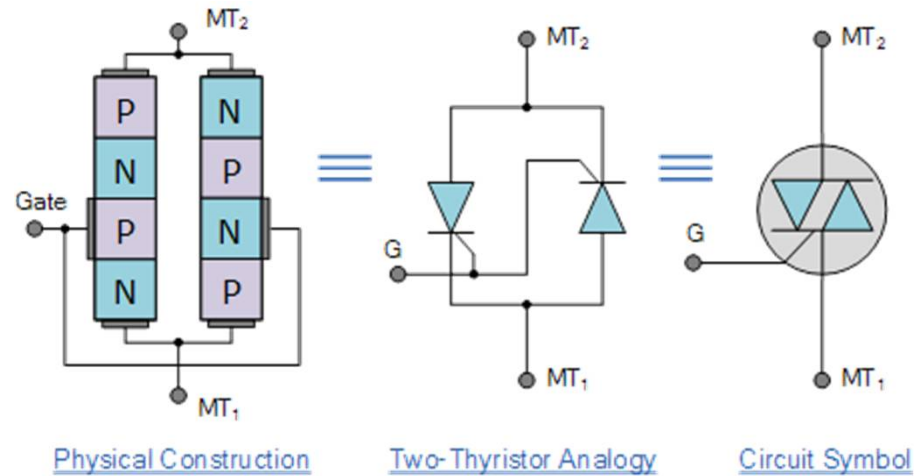


Sterowniki napięcia przemienneego

TRIAC (triode for alternating current)

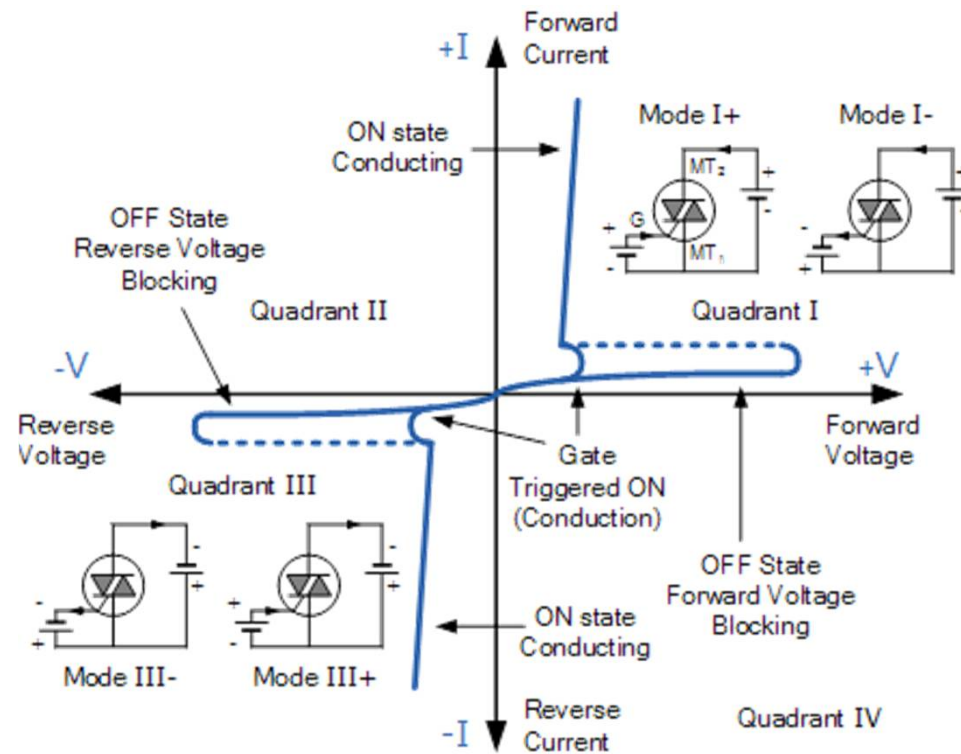
Triak (symistor)



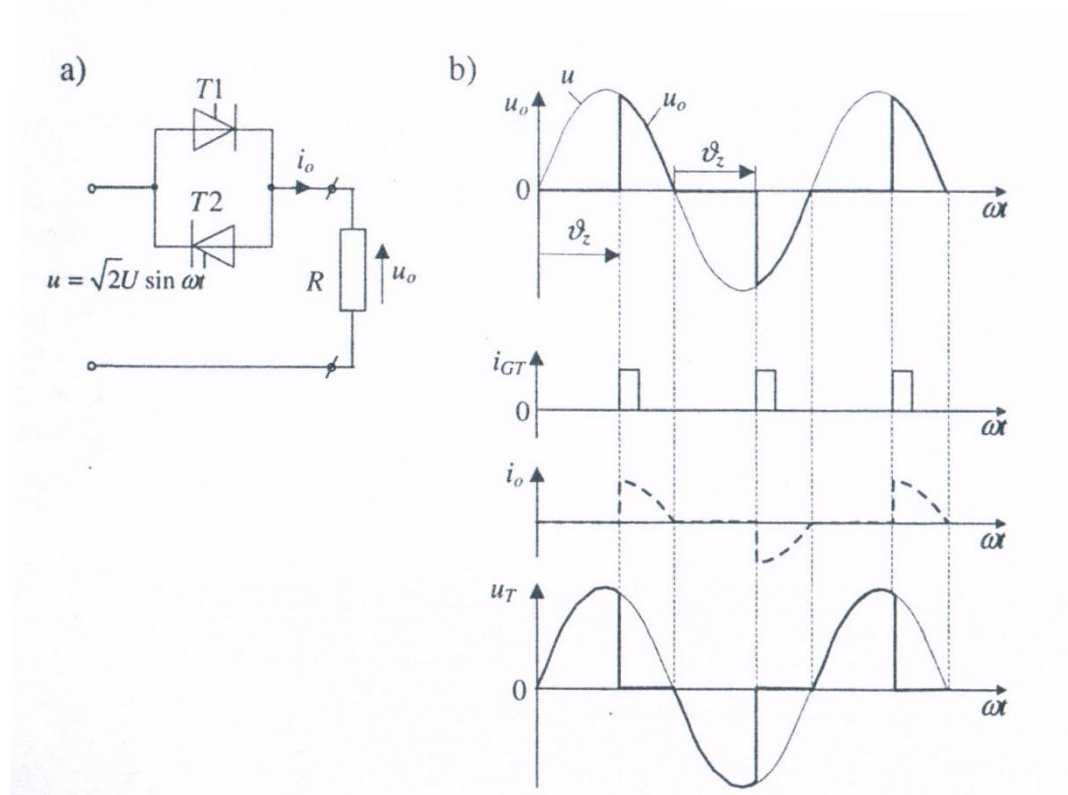
Physical Construction

Two-Thyristor Analogy

Circuit Symbol



Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu R

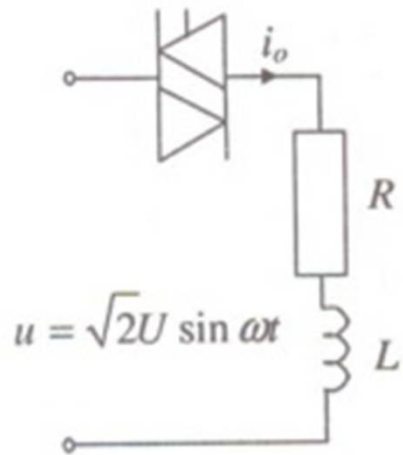


$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{\pi - \vartheta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_z}{2\pi}}$$

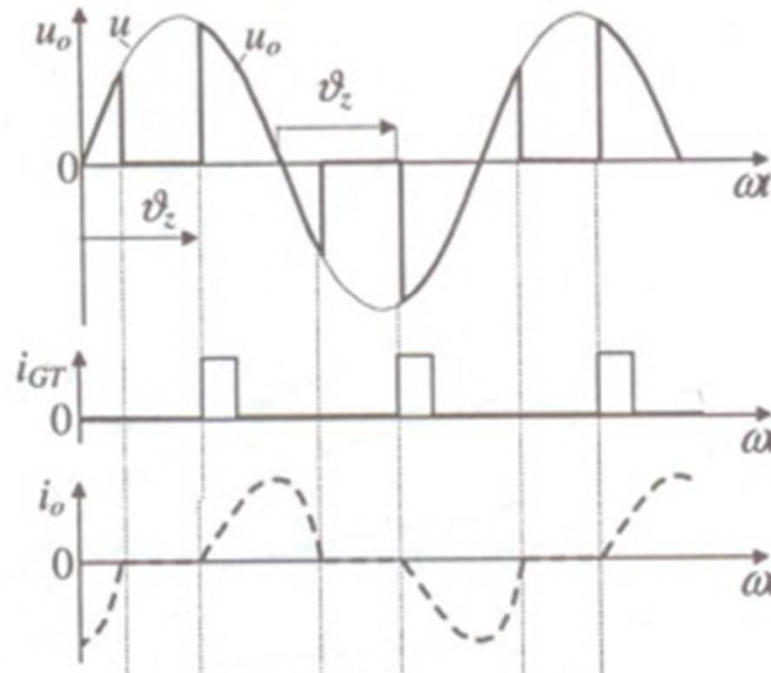
$$I_{sk} = |I_{wy}| = \frac{|U_{wy}|}{R}$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu RL

a)



b)



$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{\vartheta_W - \vartheta_Z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_Z - \sin 2\vartheta_W}{2\pi}}$$

$$i = \frac{\sqrt{2}U}{Z} \left[\sin(\omega t - \varphi) - \sin(\vartheta_z - \varphi) e^{-\frac{R}{\omega L}(\omega t - \vartheta_z)} \right]$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu RL

Obliczenie wartości skutecznej napięcia (wyjściowego)

$$U_{sk} = |U| = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

$$U(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$T = \omega T = 2\pi$$

Obciążenie RL

$$|U| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot d\omega t}$$

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot d\omega t = 2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot d\omega t$$

RL

$$|U_{wy}| = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\omega_z}^{\omega_w} U_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot d\omega t}$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu RL

Obliczenie wartości skutecznej napięcia (wyjściowego)

$$U_{sc} = \sqrt{2} |U|$$

$$|U_{wy}| = \sqrt{\frac{2|U|^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\omega} \sin^2 \omega t \, d\omega t} = |U| \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi} \int_{\alpha}^{\omega} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \, d\omega t}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$$

$$\int_{\alpha}^{\omega} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \, d\omega t = \frac{1}{2} \left[\omega t \right]_{\alpha}^{\omega} - \frac{1}{2} \left[\frac{\sin 2\omega t}{2} \right]_{\alpha}^{\omega} =$$

$$= \frac{1}{2} (\omega - \alpha) + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\omega}{4}$$

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{2} (\omega - \alpha) + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\omega}{4} \right]}$$

RL

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{\omega - \alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\omega}{2\pi}}$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu R i L

RL

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{U_w - \vartheta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_z - \sin 2\vartheta_w}{2\pi}}$$

Dla obciążenia R

R

$$U_w = \pi$$

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{\pi - \vartheta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_z}{2\pi}}$$

$$|I_{wy}| = \frac{|U_{wy}|}{R}$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu R i L

RL

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{U_w - \theta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\theta_z - \sin 2\theta_w}{2\pi}}$$

Dla obciążenia R

R

$$\theta_w = \pi$$

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{\pi - \theta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\theta_z}{2\pi}}$$

$$|I_{wy}| = \frac{|U_{wy}|}{R}$$

Dla obciążenia L

$$\theta_w = 2\pi - \theta_z$$

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{\frac{2\pi - \theta_z - \theta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\theta_z - \sin 2(2\pi - \theta_z)}{2\pi}}$$

$$\sin(4\pi - 2\theta_z) = -\sin 2\theta_z$$

L

$$|U_{wy}| = |U| \cdot \sqrt{2 \frac{\pi - \theta_z}{\pi} + \frac{\sin 2\theta_z}{\pi}}$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu L obliczenie wartości skutecznej prądu

$$L \frac{di}{dt} = U_m \cdot \sin \omega t$$
$$\int_0^{i} di = \frac{U_m}{L} \int_{\vartheta_2}^{\omega t} \sin \omega t \cdot dt = \frac{U_m}{\omega L} \int_{\vartheta_2}^{\omega t} \sin \omega t \, d\omega t$$

$$i(t) = \frac{U_m}{\omega L} \left[-\cos \omega t \right]_{\vartheta_2}^{\omega t} = \frac{U_m}{\omega L} (\cos \vartheta_2 - \cos \omega t)$$

$$|I_L| = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{\vartheta_2}^{\omega t} i^2 d\omega t}$$

$$i^2(t) = \frac{U_m^2}{(\omega L)^2} \cdot (\cos \vartheta_2 - \cos \omega t)^2 = \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left(\cos^2 \vartheta_2 - 2 \cos \vartheta_2 \cos \omega t + \cos^2 \omega t \right)$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu L obliczenie wartości skutecznej prądu

$$i(t)^2 = \frac{U_m^2}{(\omega L)^2} \cdot (\cos \theta_2 - \cos \omega t)^2 = \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} (\cos^2 \theta_2 - 2 \cos \theta_2 \cos \omega t + \cos^2 \omega t)$$

$$\cos^2 \omega t = \frac{1 + \cos 2\omega t}{2}$$

$$\int_{\theta_2}^{\theta_w} i^2(t) dt = \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left\{ \cos^2 \theta_2 \left[\omega t \right]_{\theta_2}^{\theta_w} - 2 \cos \theta_2 \left[\sin \omega t \right]_{\theta_2}^{\theta_w} + \frac{1}{2} \left[\omega t \right]_{\theta_2}^{\theta_w} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \left[\frac{\sin 2\omega t}{2} \right]_{\theta_2}^{\theta_w} \right\} =$$

$$= \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left\{ \cos^2 \theta_2 (\theta_w - \theta_2) - 2 \cos \theta_2 (\sin \theta_w - \sin \theta_2) + \frac{1}{2} (\theta_w - \theta_2) + \frac{1}{4} (\sin 2\theta_w - \sin 2\theta_2) \right\}$$

$$= \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left[\cos^2 \theta_2 \cdot 2(\pi - \theta_2) + 4 \sin \theta_2 \cos \theta_2 + (\pi - \theta_2) - \frac{1}{2} \sin 2\theta_2 \right]$$

$$\underline{\underline{2 \cdot 2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 = 2 \sin 2\theta_2}}$$

$$\sin \theta_w = \sin(2\pi - \theta_2) = -\sin \theta_2$$

$$\sin 2\theta_w = \sin(4\pi - 2\theta_2) = -\sin 2\theta_2$$

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu L obliczenie wartości skutecznej prądu

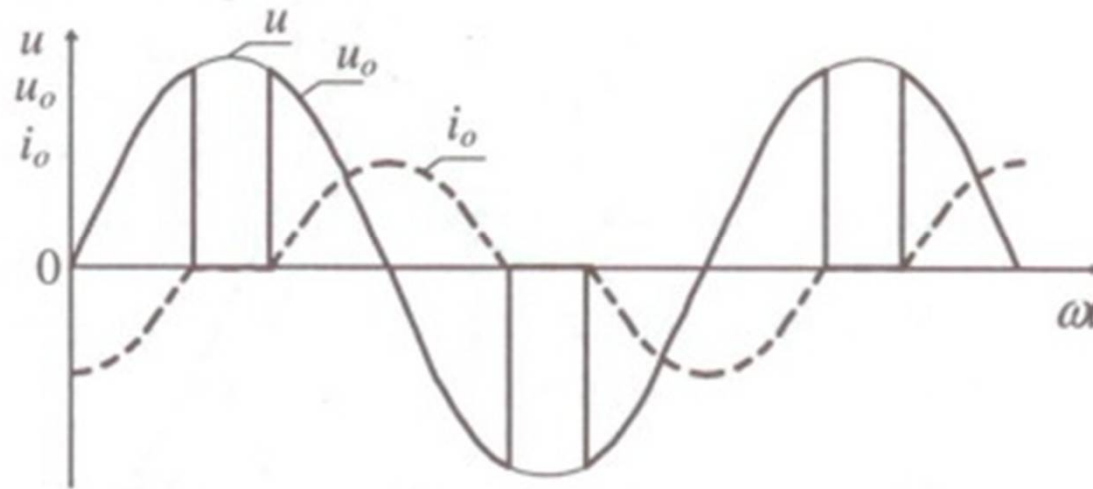
$$|I_L| = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{\vartheta_2}^{\omega} i^2 dt}$$

$$\int_{\vartheta_2}^{\omega} i^2 dt = \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left[(\pi - \vartheta_2) (2\cos^2 \vartheta_2 + 1) + \frac{3}{2} \sin 2\vartheta_2 \right]$$

$$|I_L| = \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \frac{2|U|^2}{(\omega L)^2} \left[(\pi - \vartheta_2) (2\cos^2 \vartheta_2 + 1) + \frac{3}{2} \sin 2\vartheta_2 \right]}$$

$$|I_L| = \frac{|U|}{\omega L} \cdot \sqrt{\frac{2(\pi - \vartheta_2)}{\pi} (2\cos^2 \vartheta_2 + 1) + \frac{3}{\pi} \sin 2\vartheta_2}$$

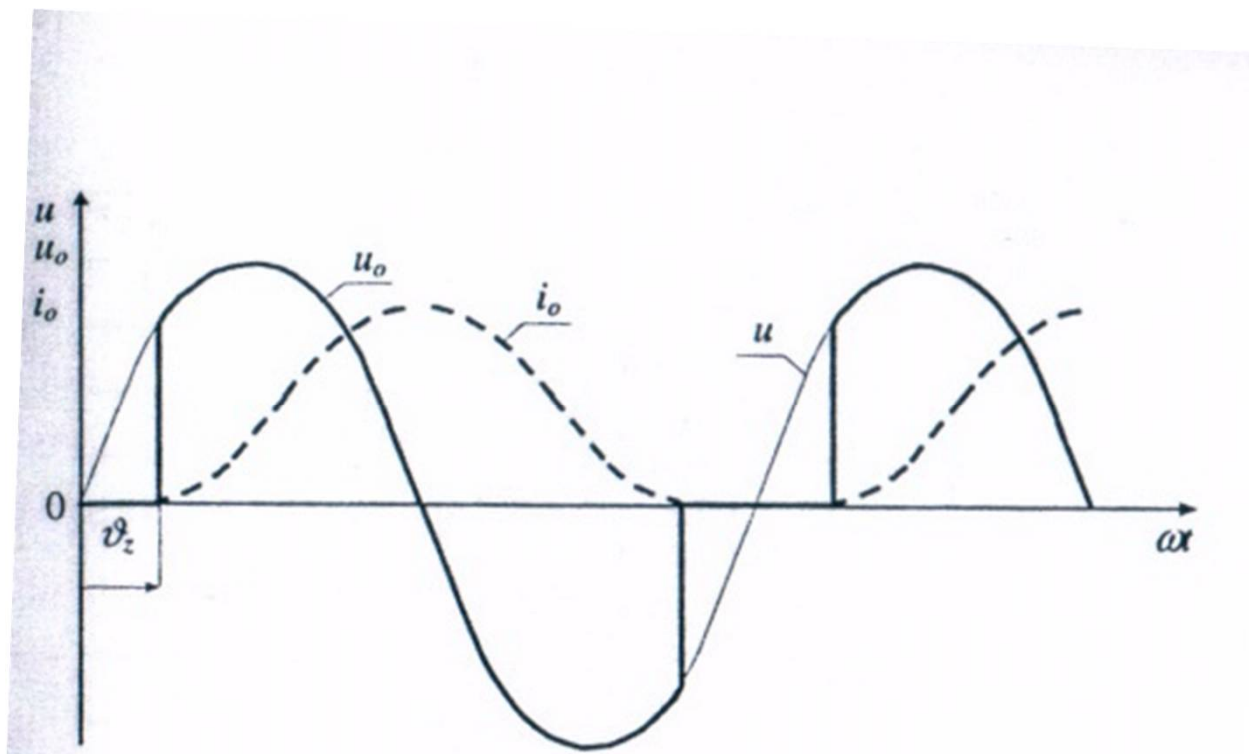
Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu L

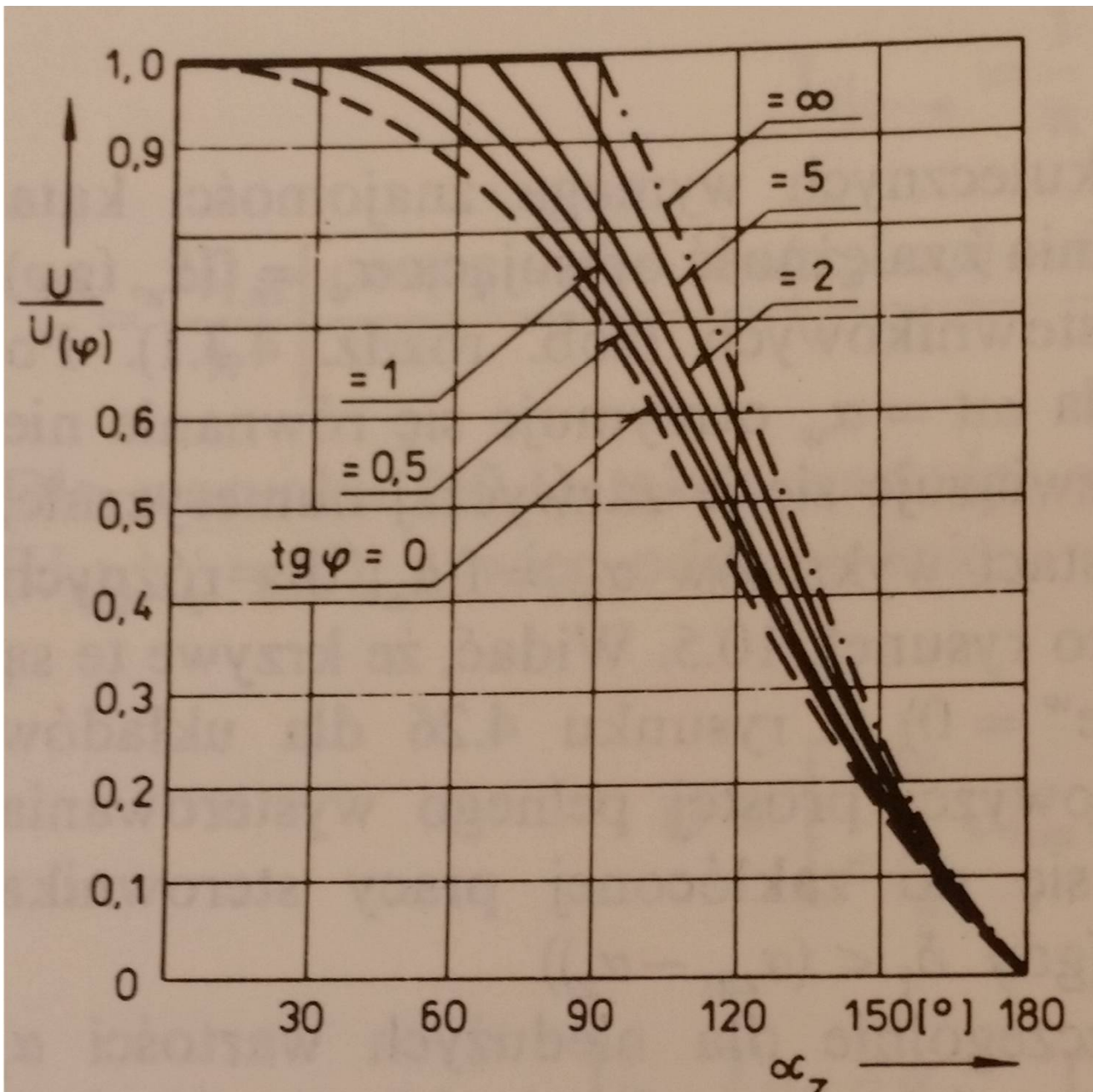


$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{2\pi - 2\vartheta_Z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_Z}{\pi}}$$

$$I_{sk} = |I_{wy}| = \frac{|U|}{\omega L} \sqrt{\frac{2(\pi - \vartheta_Z)}{\pi} (2(\cos \vartheta_Z)^2 + 1) + \frac{3}{\pi} \sin 2\vartheta_Z}$$

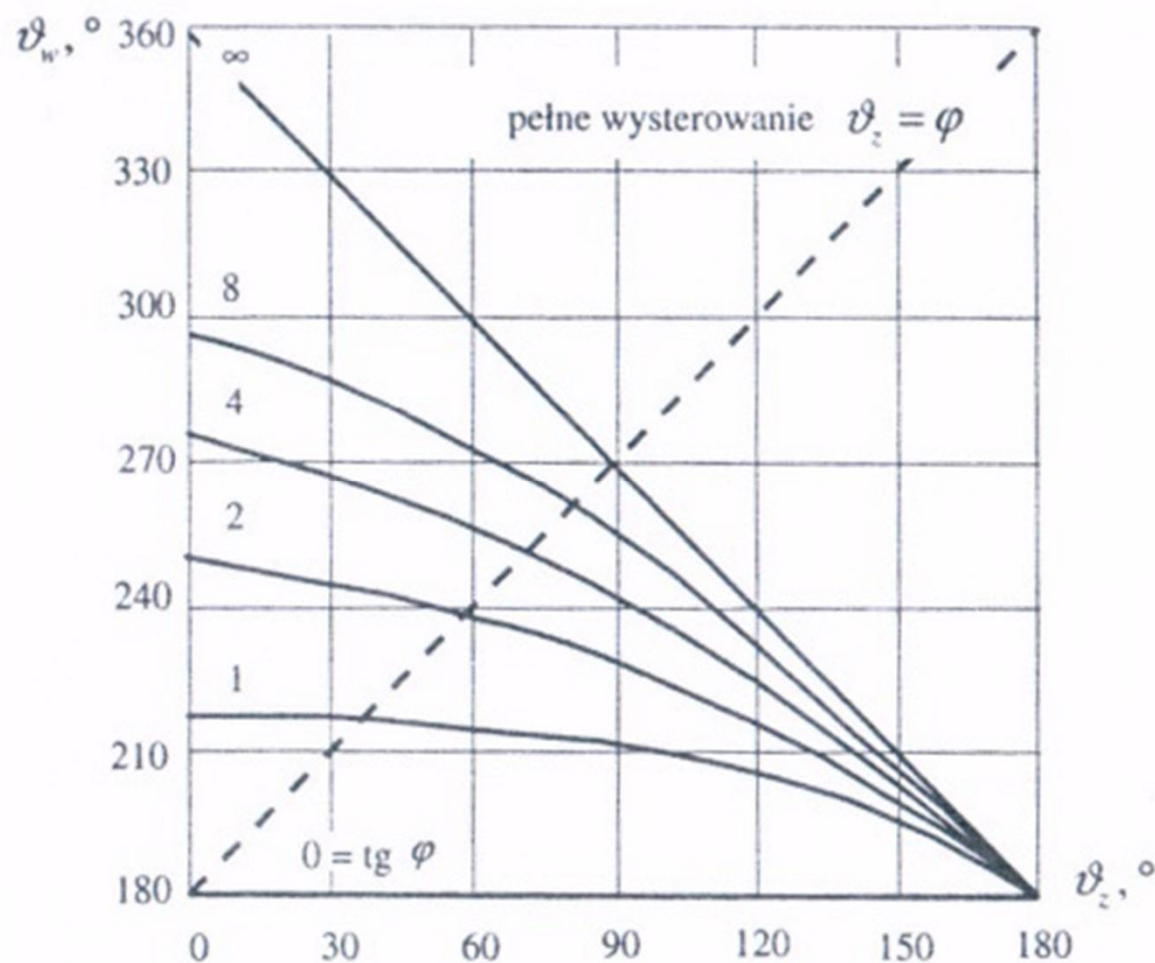
Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu L
kąt wysterowania $\vartheta_z < 90^\circ$



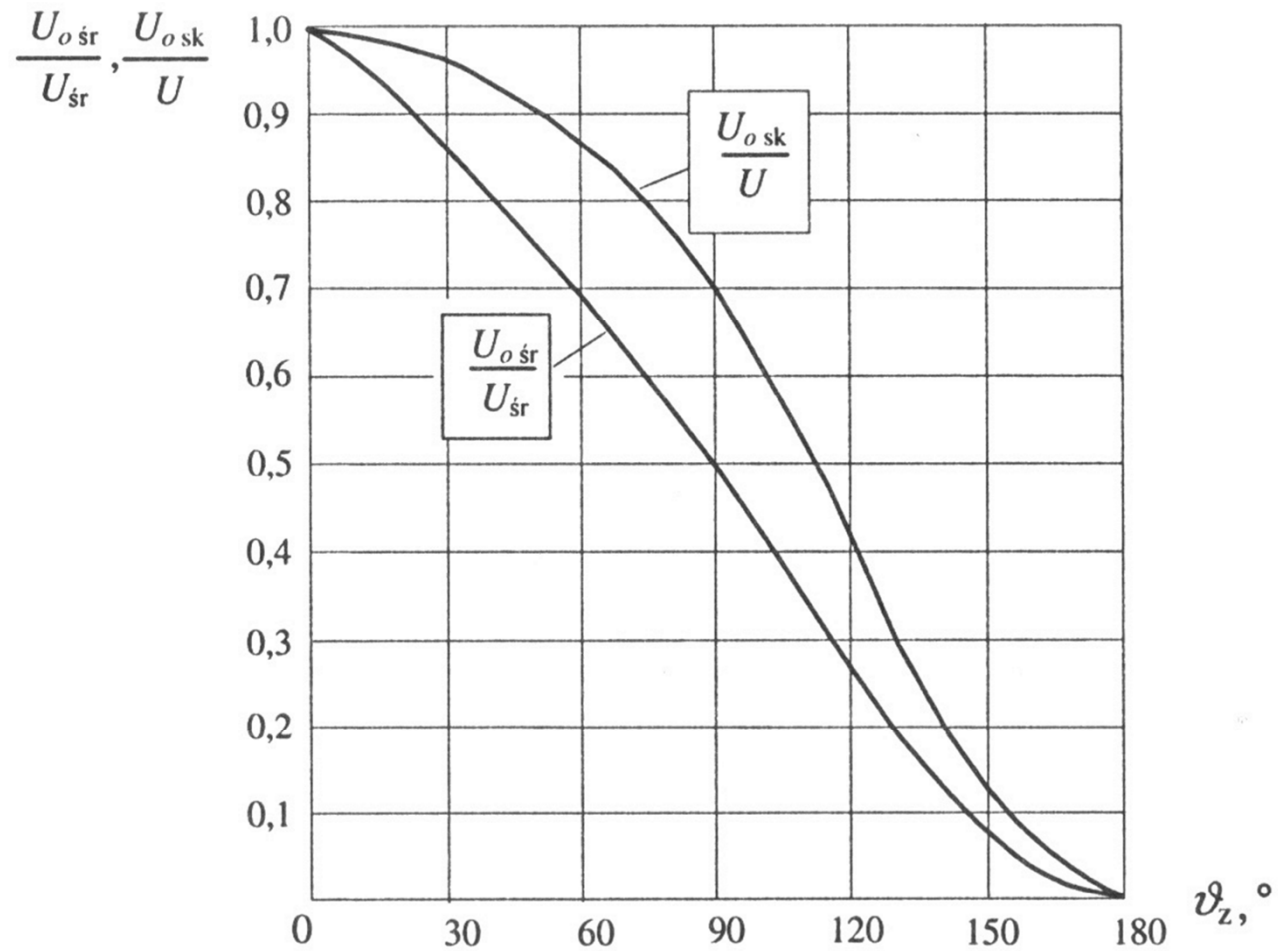


Charakterystyka wartości skutecznej napięcia wyjściowego odniesionej do wartości maksymalnej w funkcji kąta wyzwalania dla obciążenia RL – ster. jednofazowy

Sterownik jednofazowy z obciążeniem typu RL



Charakterystyka kąta wyłączenia napięcia wyjściowego w funkcji kąta wyzwalania i $\tan \varphi$ dla obciążenia RL – ster. jednofazowy



Rys. 2.2. Charakterystyki sterowania układu tyrystorowego odwrotnie równoległego; zależność względnej wartości średniej i skutecznej napięcia odbiornika od kąta załączenia α_z

Jednofazowy sterownik napięcia przemiennego – WZORY

Obciążenie RL

$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{\vartheta_W - \vartheta_Z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_Z - \sin 2\vartheta_W}{2\pi}}$$

Obciążenie R

$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{\pi - \vartheta_Z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_Z}{2\pi}}$$

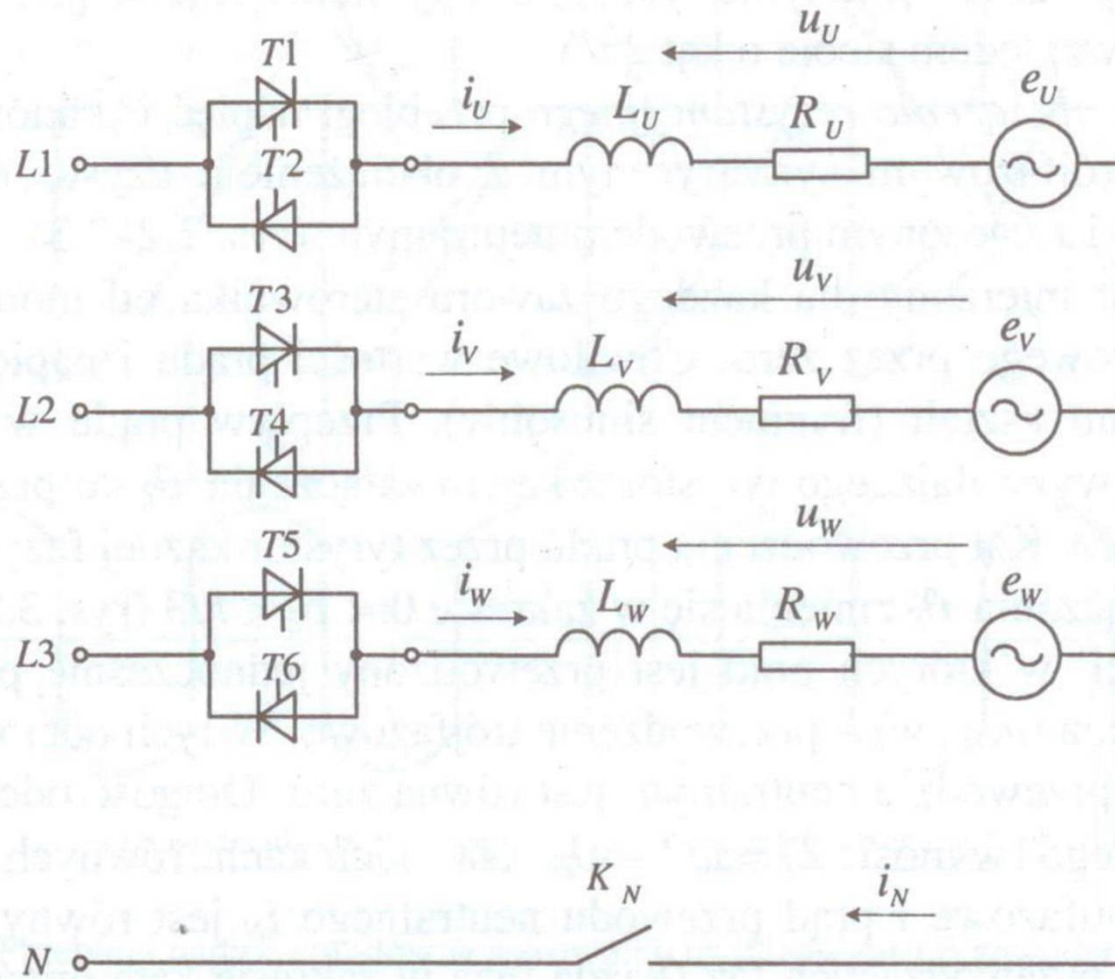
$$I_{sk} = |I_{wy}| = \frac{|U_{wy}|}{R}$$

Obciążenie L

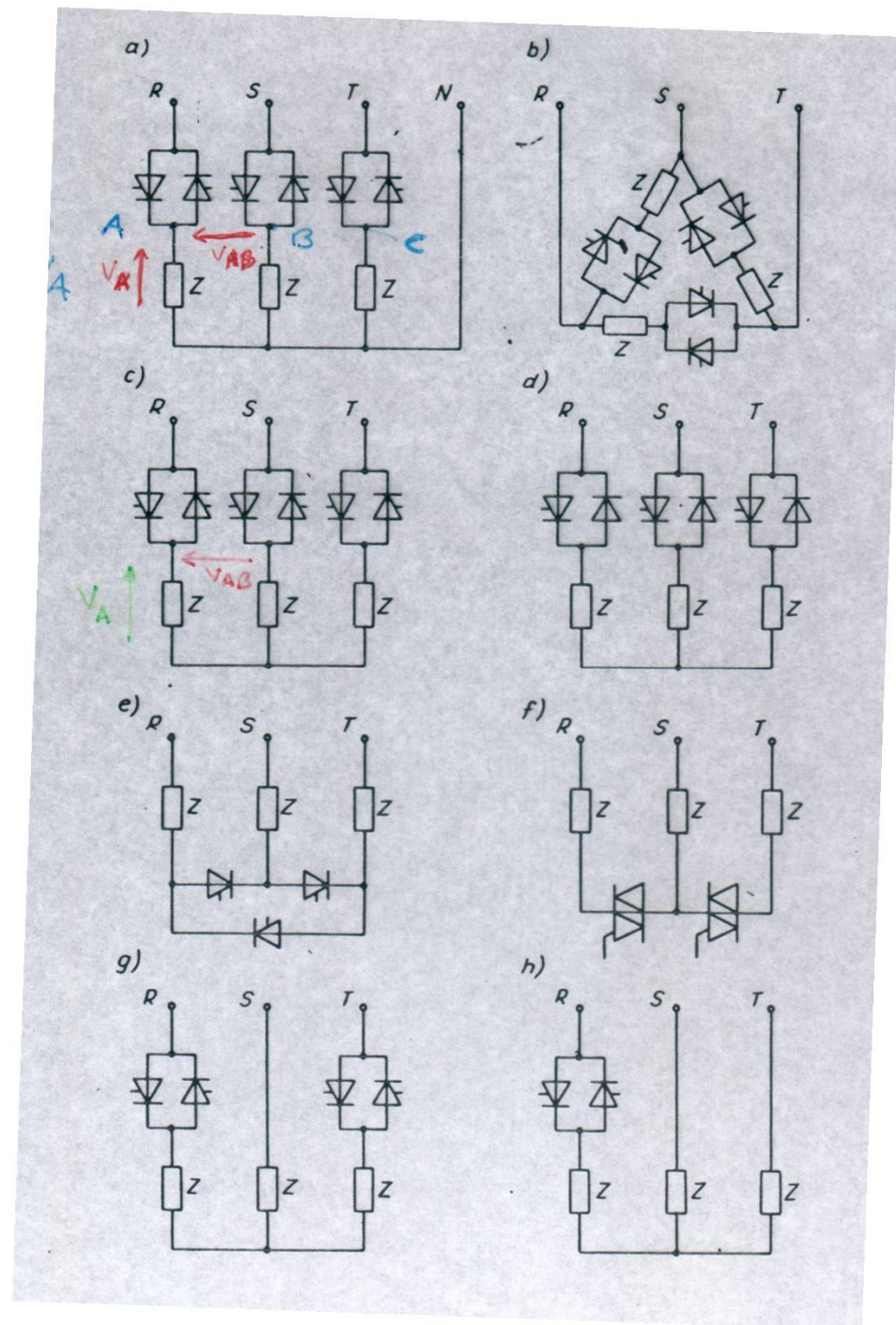
$$U_{sk} = |U_{wy}| = |U| \sqrt{\frac{2\pi - 2\vartheta_Z}{\pi} + \frac{\sin 2\vartheta_Z}{\pi}}$$

$$I_{sk} = |I_{wy}| = \frac{|U|}{\omega L} \sqrt{\frac{2(\pi - \vartheta_Z)}{\pi} (2(\cos \vartheta_Z)^2 + 1) + \frac{3}{\pi} \sin 2\vartheta_Z}$$

Schemat trójfazowego sterownika napięcia przemiennego



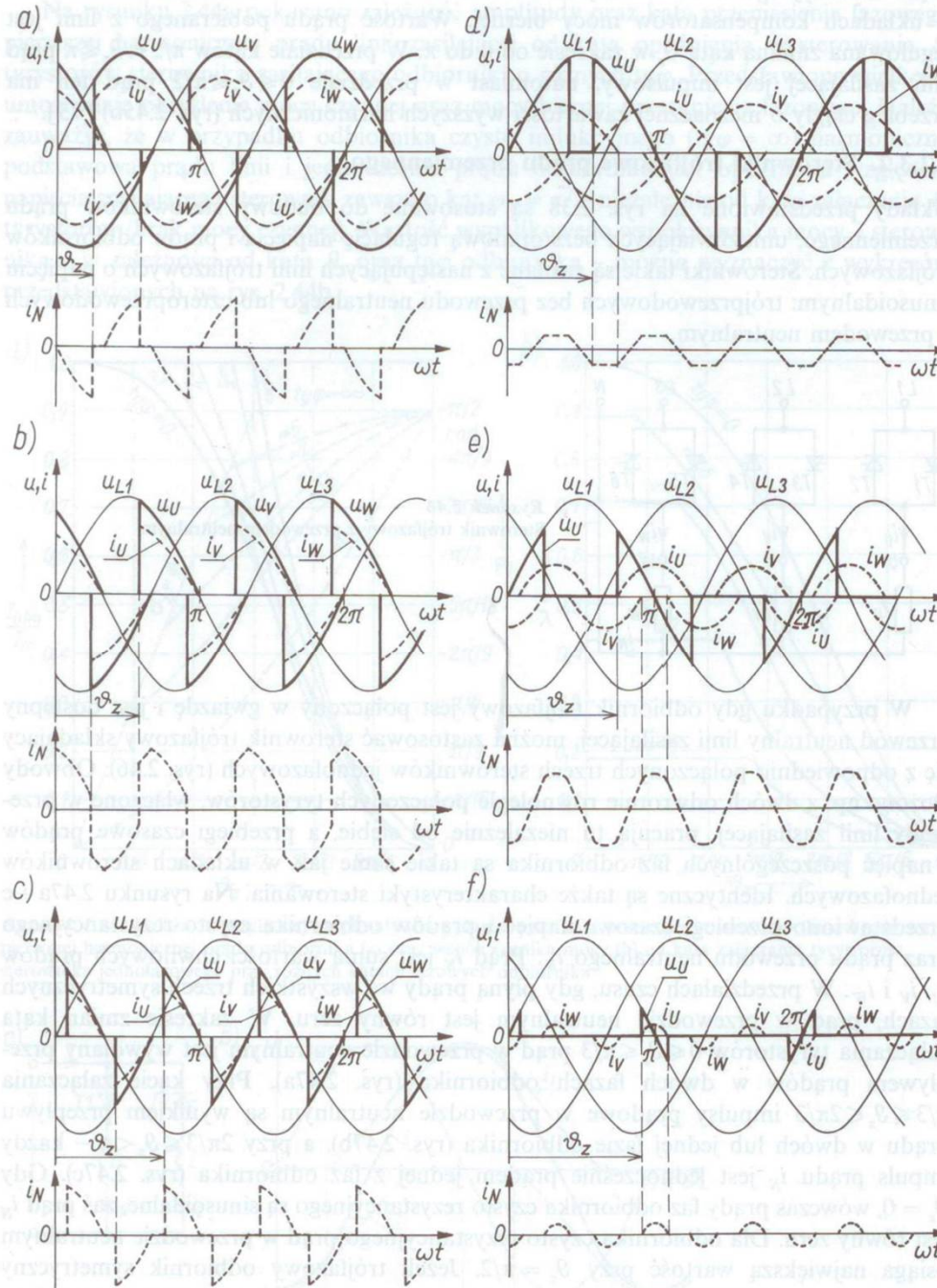
Schematy
różnych struktur
trójfazowego
sterownika napięcia
przemiennego



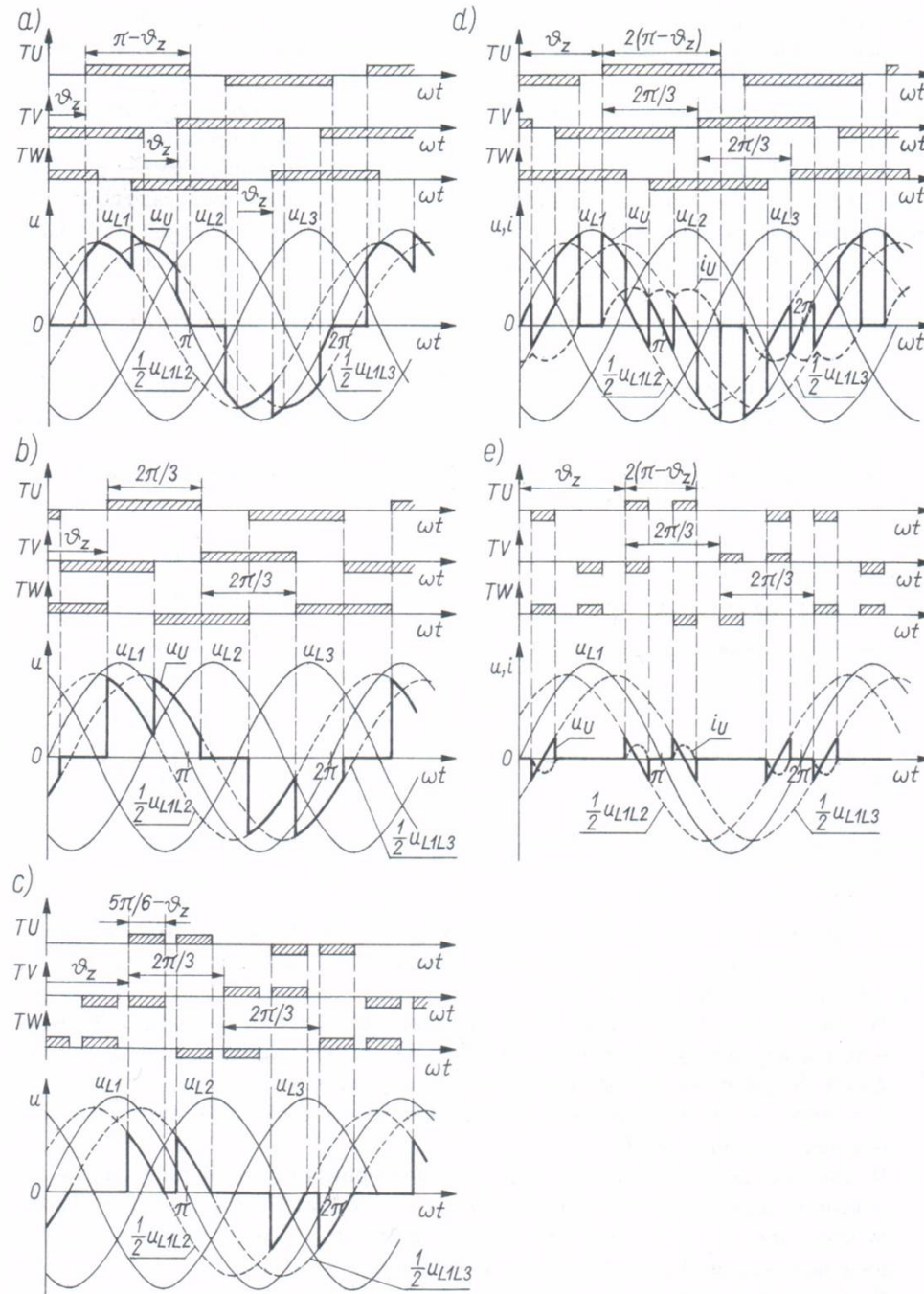
Przebiegi czasowe napięć i prądów w sterowniku trójfazowym z przewodem neutralnym (zerowym)

(a – c) odbiornik rezystancyjny

(d – f) odbiornik indukcyjny



Przebiegi czasowe napięć i prądów oraz diagram przewodzenia tyrystorów w sterowniku trójfazowym bez przewodu neutralnego (zerowego) (a – c) odbiornik rezystancyjny (d – e) odbiornik indukcyjny



Charakterystyki jednofazowego sterownika prądu przemiennego ze sterowaniem integracyjnym

