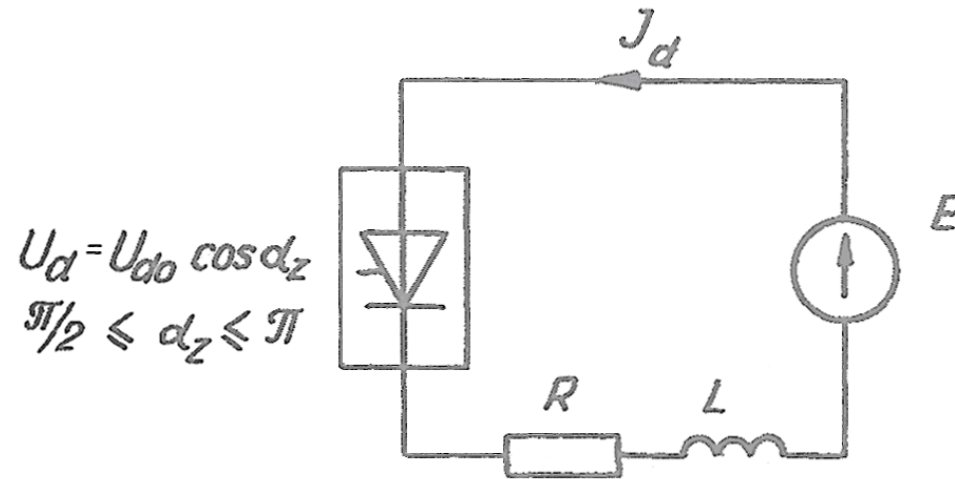


# WYKŁAD 6

# Praca falownikowa układów prostownikowych



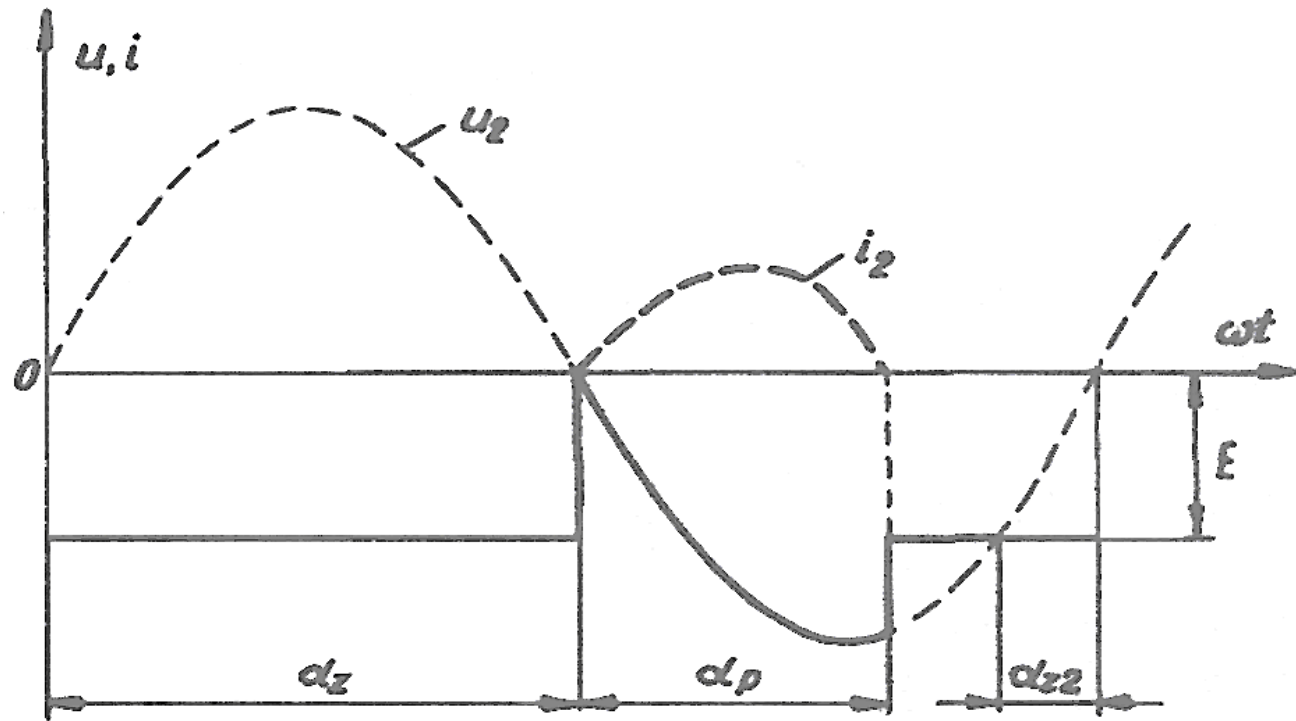
1. Układ prostownikowy powinien być układem bez odcięcia zerowego, tzn.

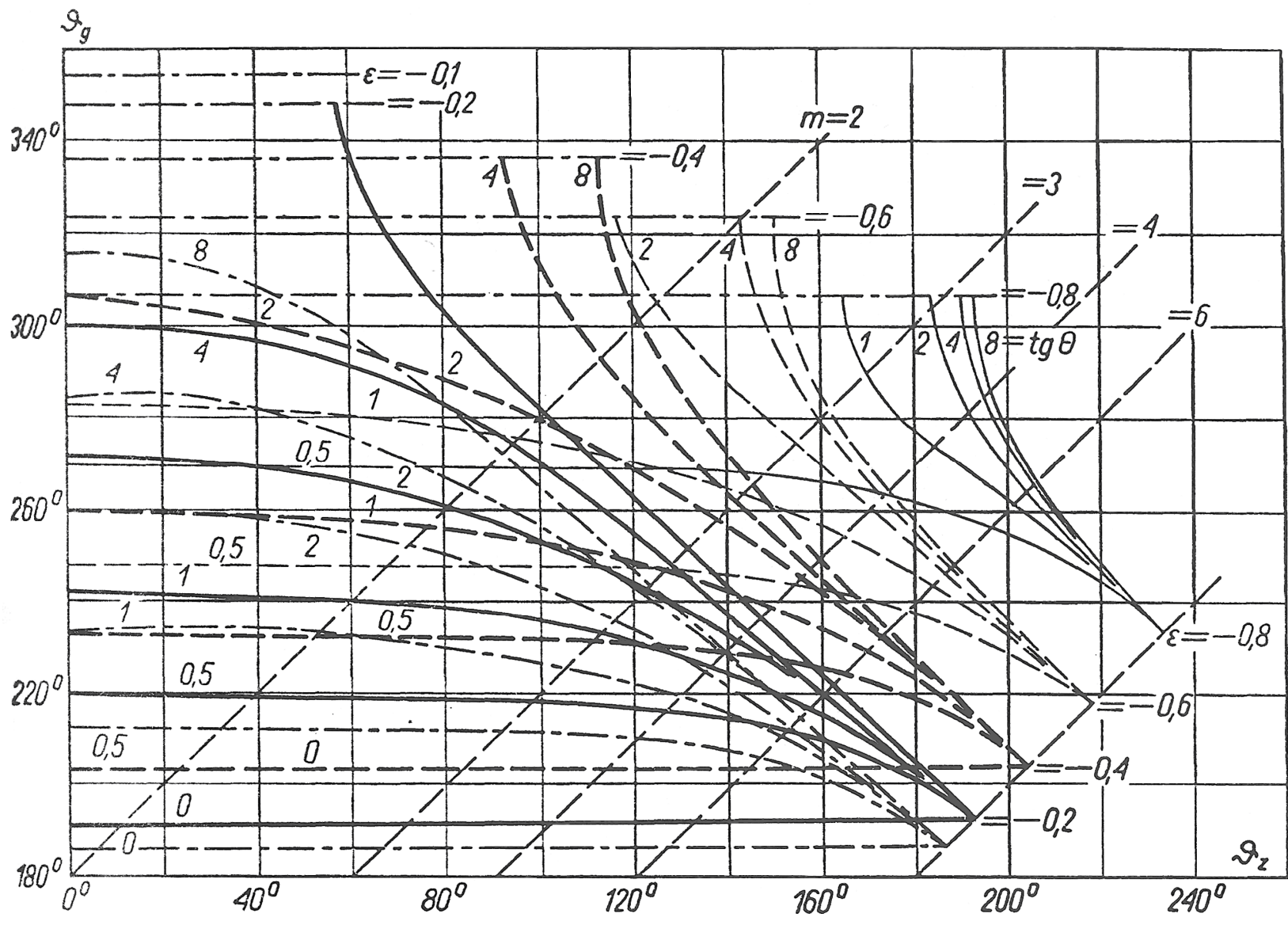
$$U_d < 0$$

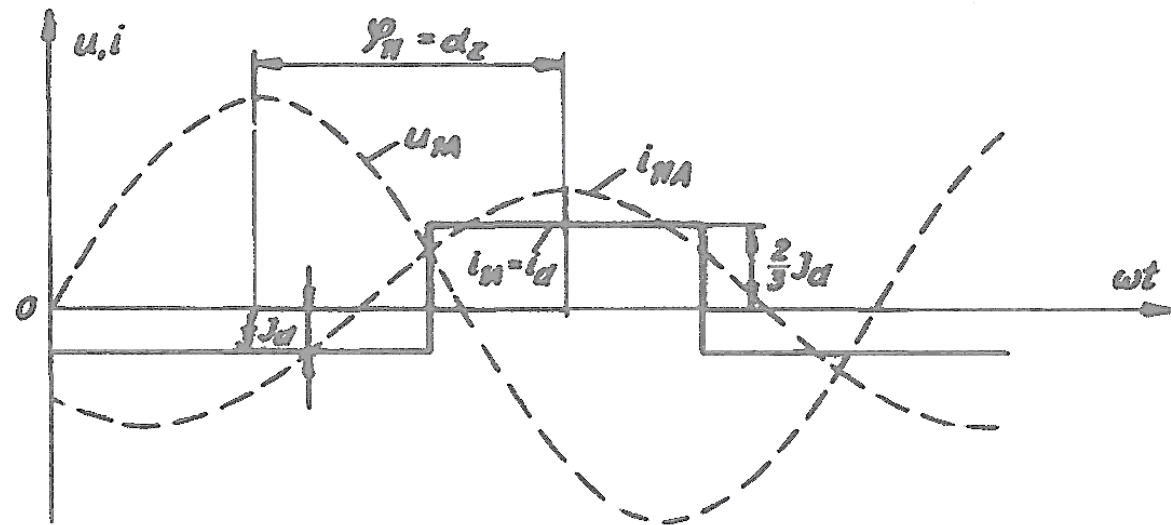
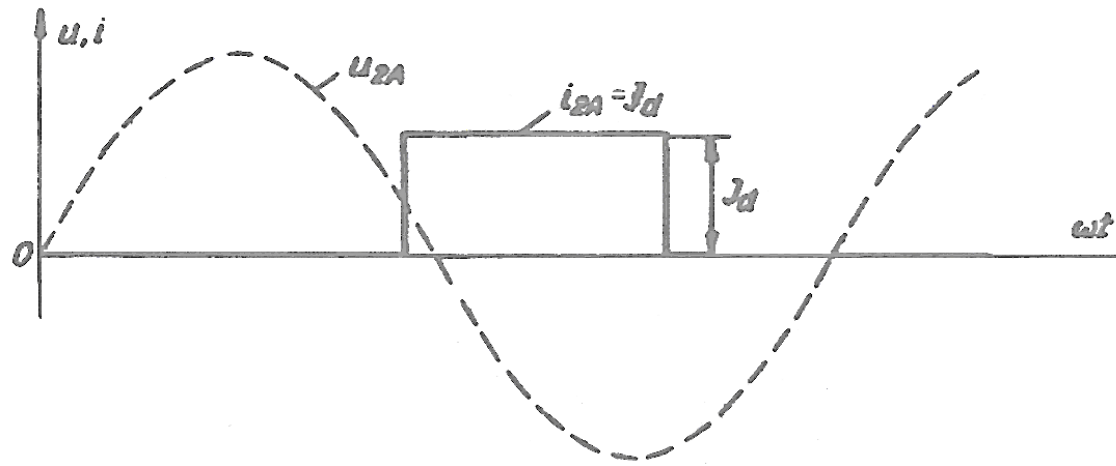
2. Wartość bezwzględna SEM  $E$  musi być większa od wartości bezwzględnej napięcia średniego prostownika:

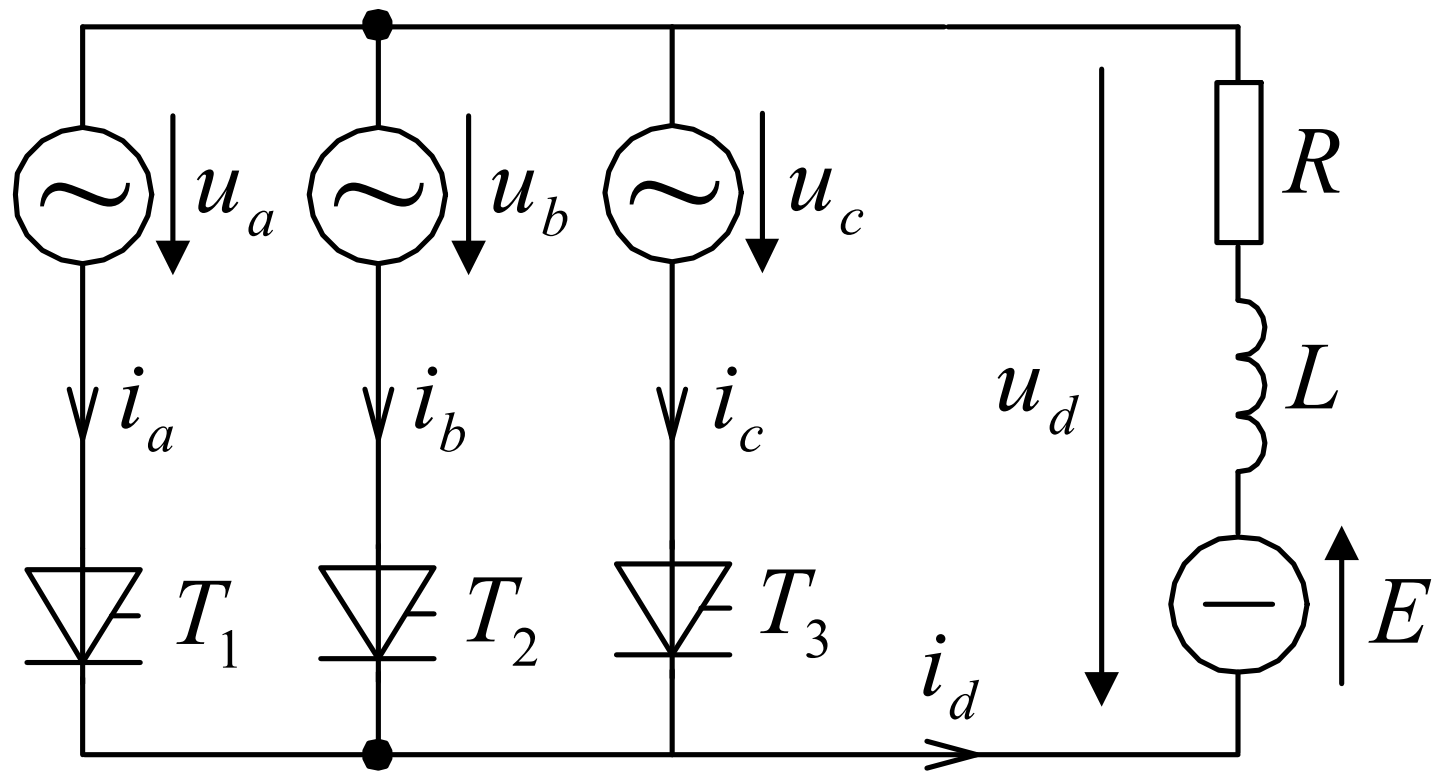
$$|E| > |U_d|$$

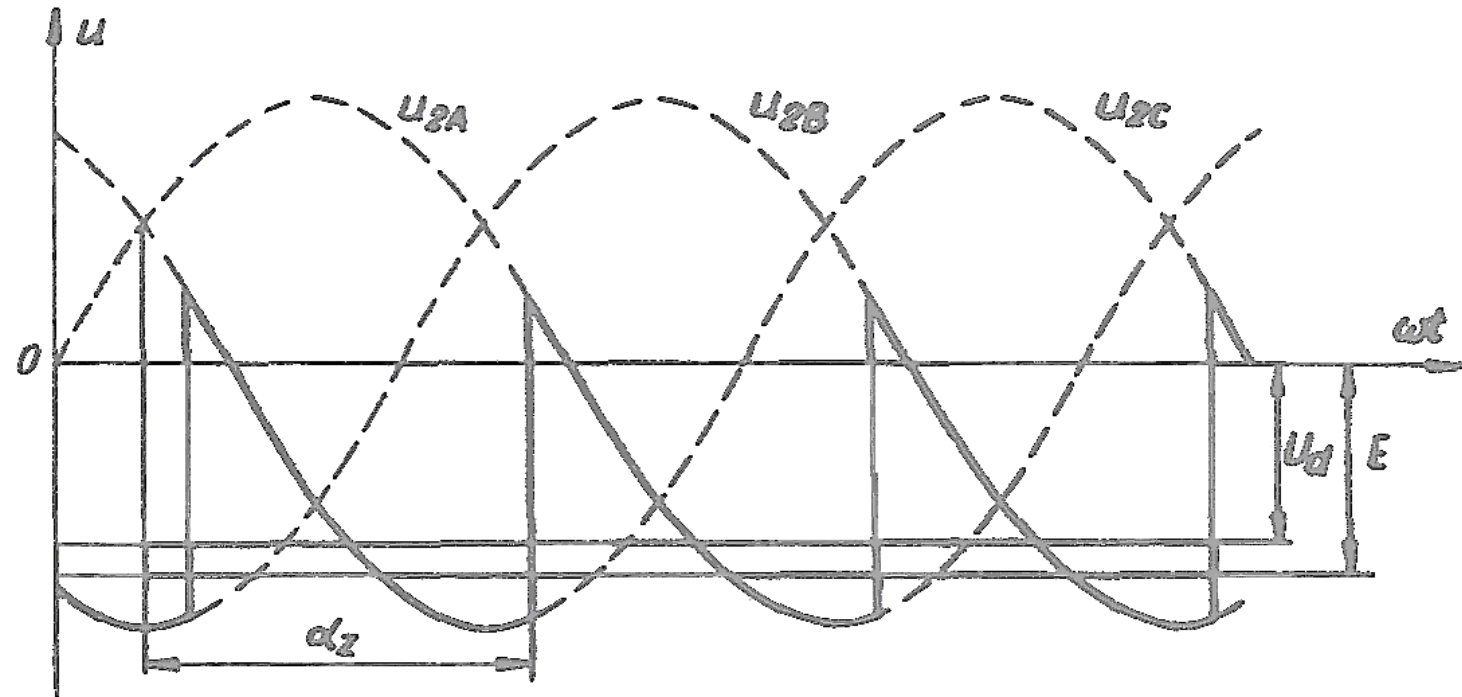
3. Zwrot SEM  $E$  musi być zgodny z kierunkiem przewodzenia zaworów.





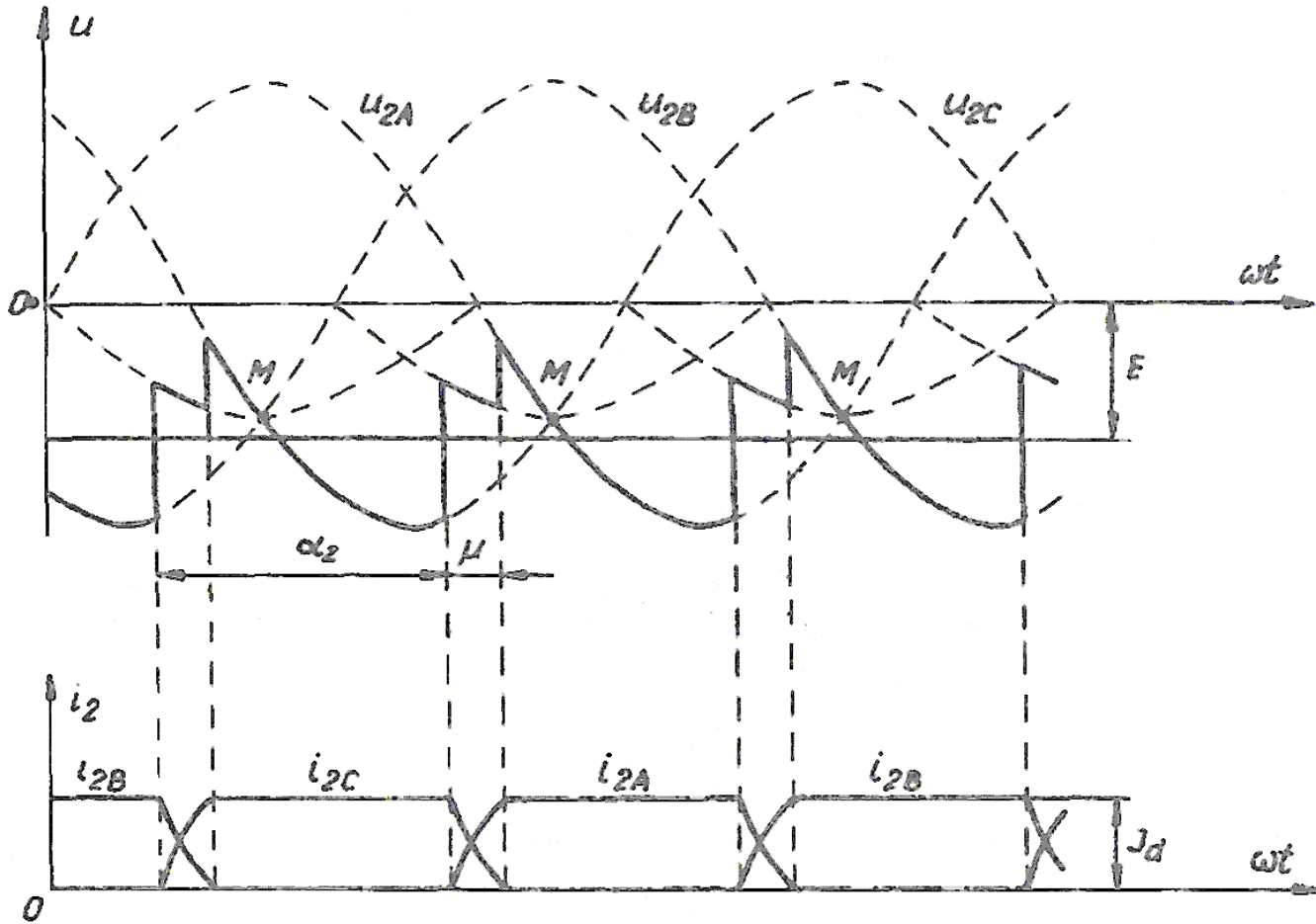






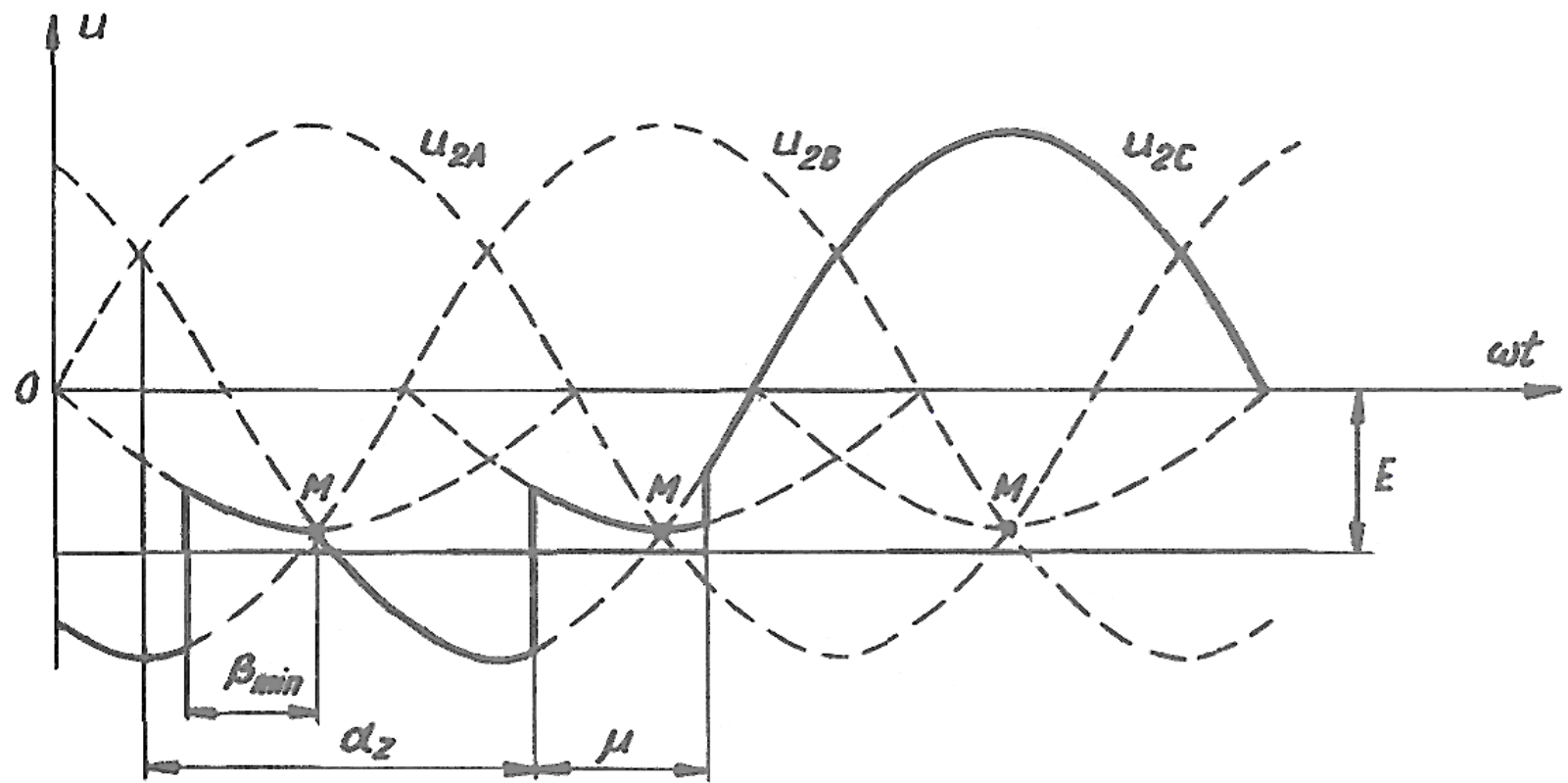
$$U_d = U_{d0} \cos \alpha_z$$

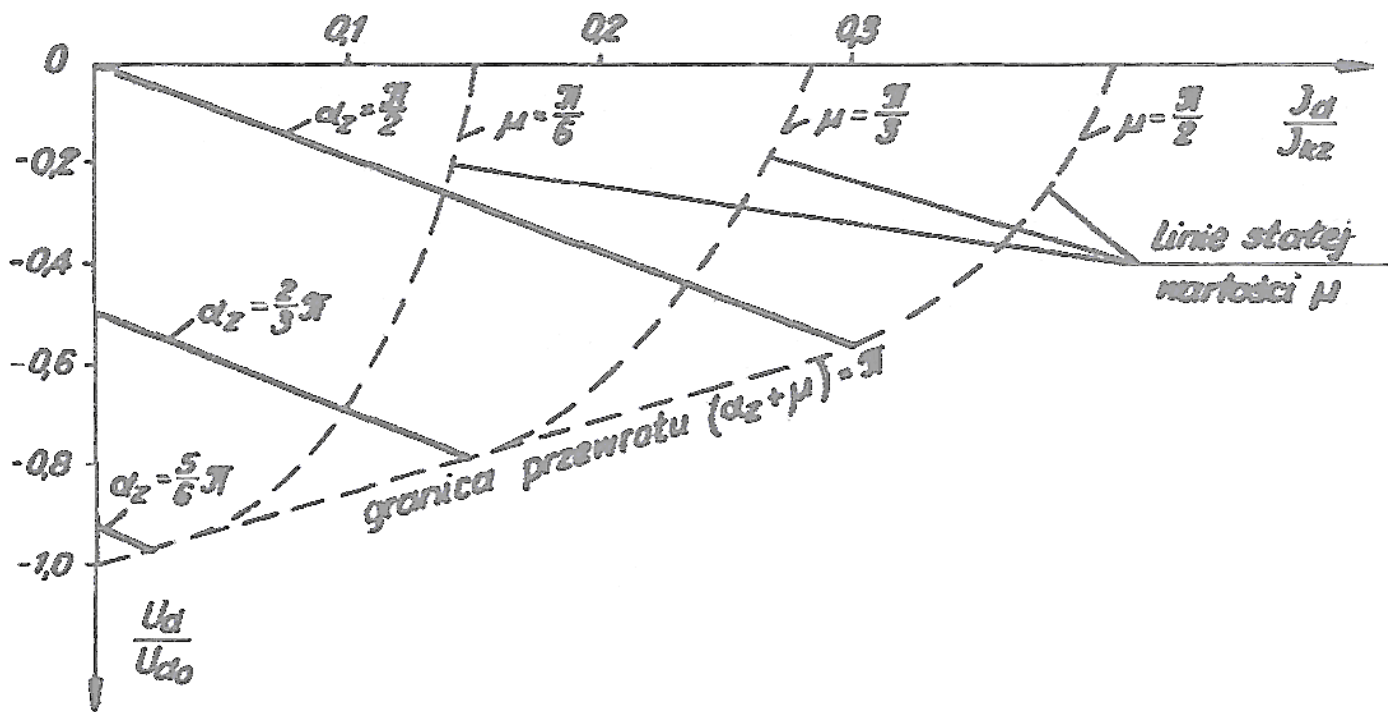
$$I_d = \frac{E - U_d}{R}$$

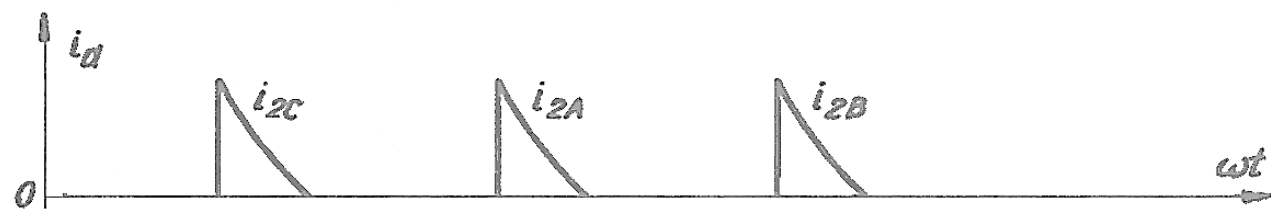
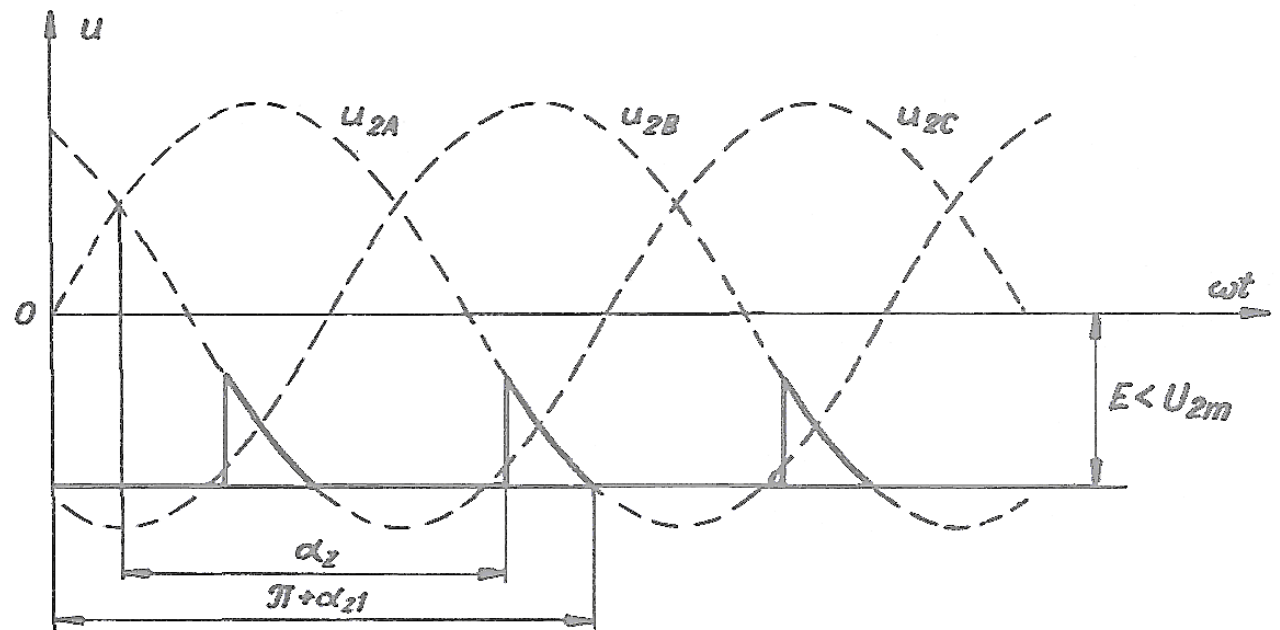


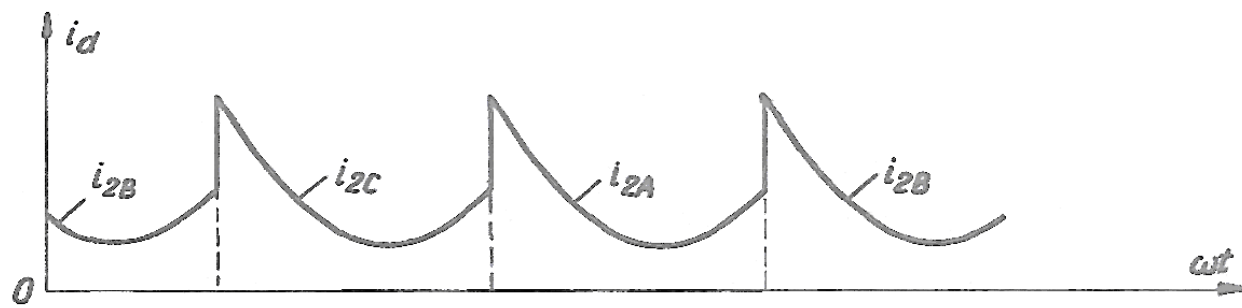
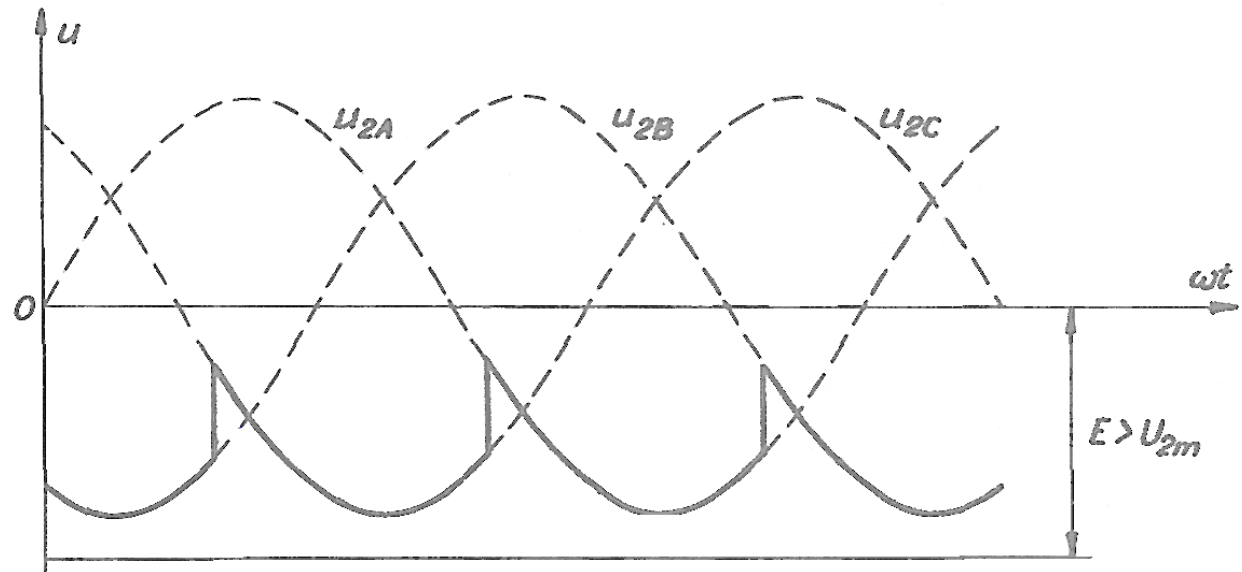
$$\alpha_z \leq \alpha_{z \max} = \pi - \beta_{\min}$$







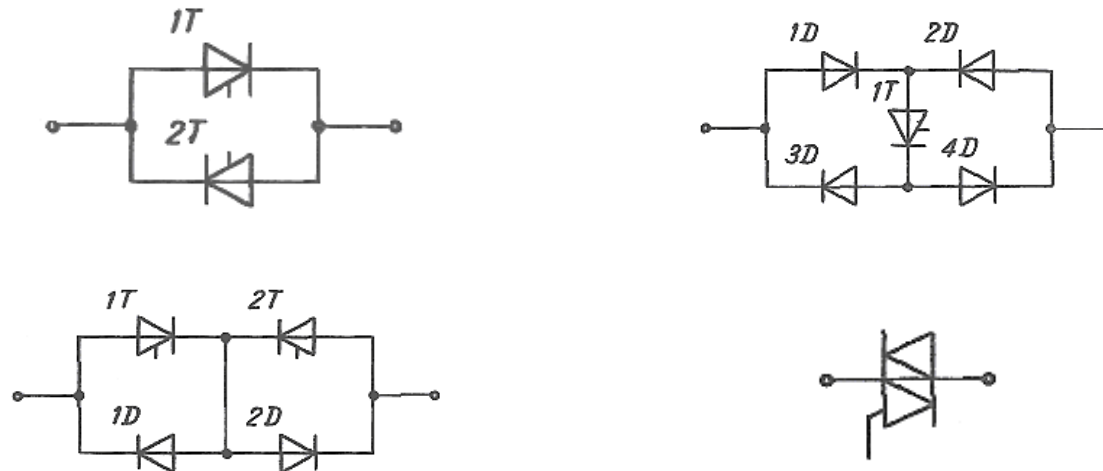




# Sterowniki napięcia przemiennego

## Układy 1-fazowe

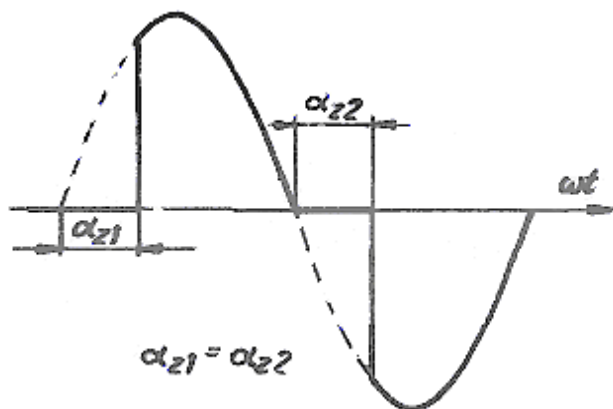
**Tyristorowy sterownik napięcia przemiennego jest przekształtnikiem tyristorowym służącym do regulacji wartości skutecznej napięcia, a tym samym wartości skutecznej prądu i mocy czynnej odbiornika**



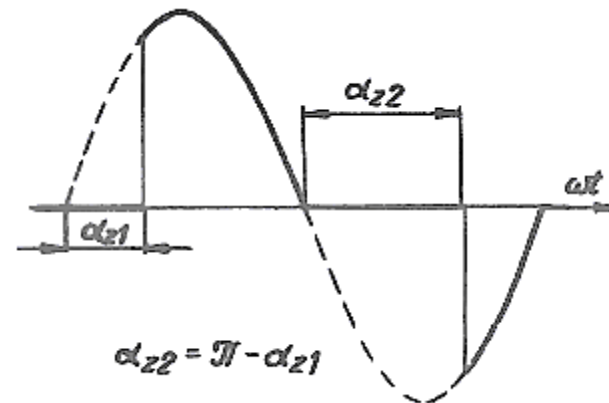
# Rodzaje sterowania

## 1. fazowe

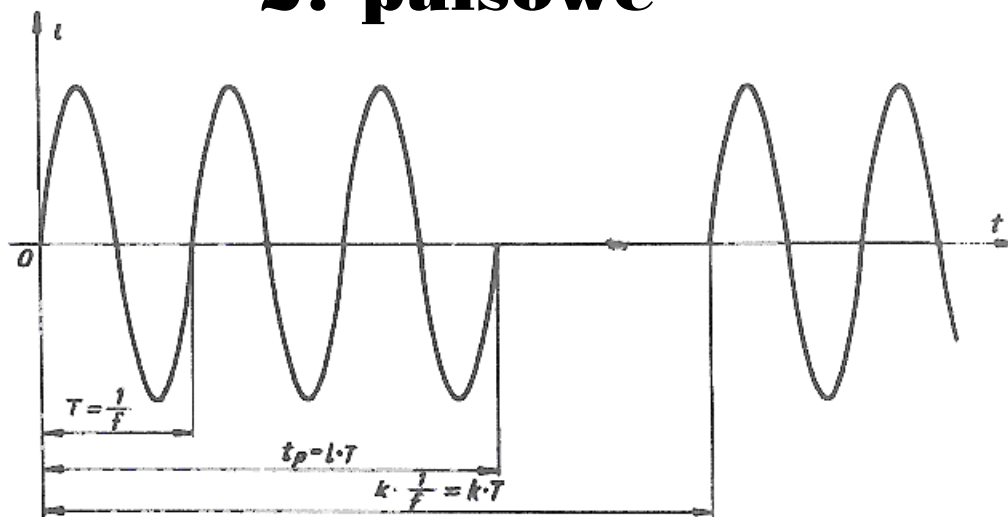
**symetryczne**



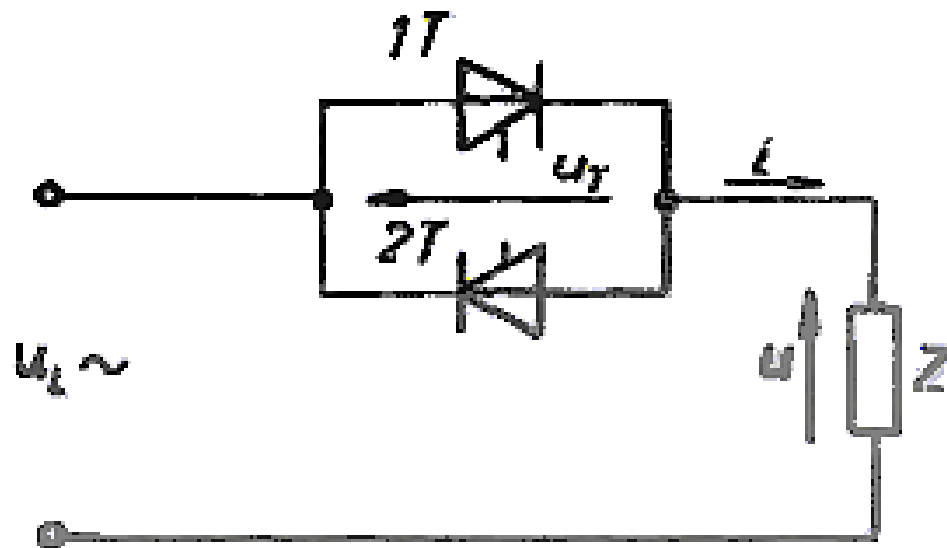
**niesymetryczne**



## 2. pulsowe



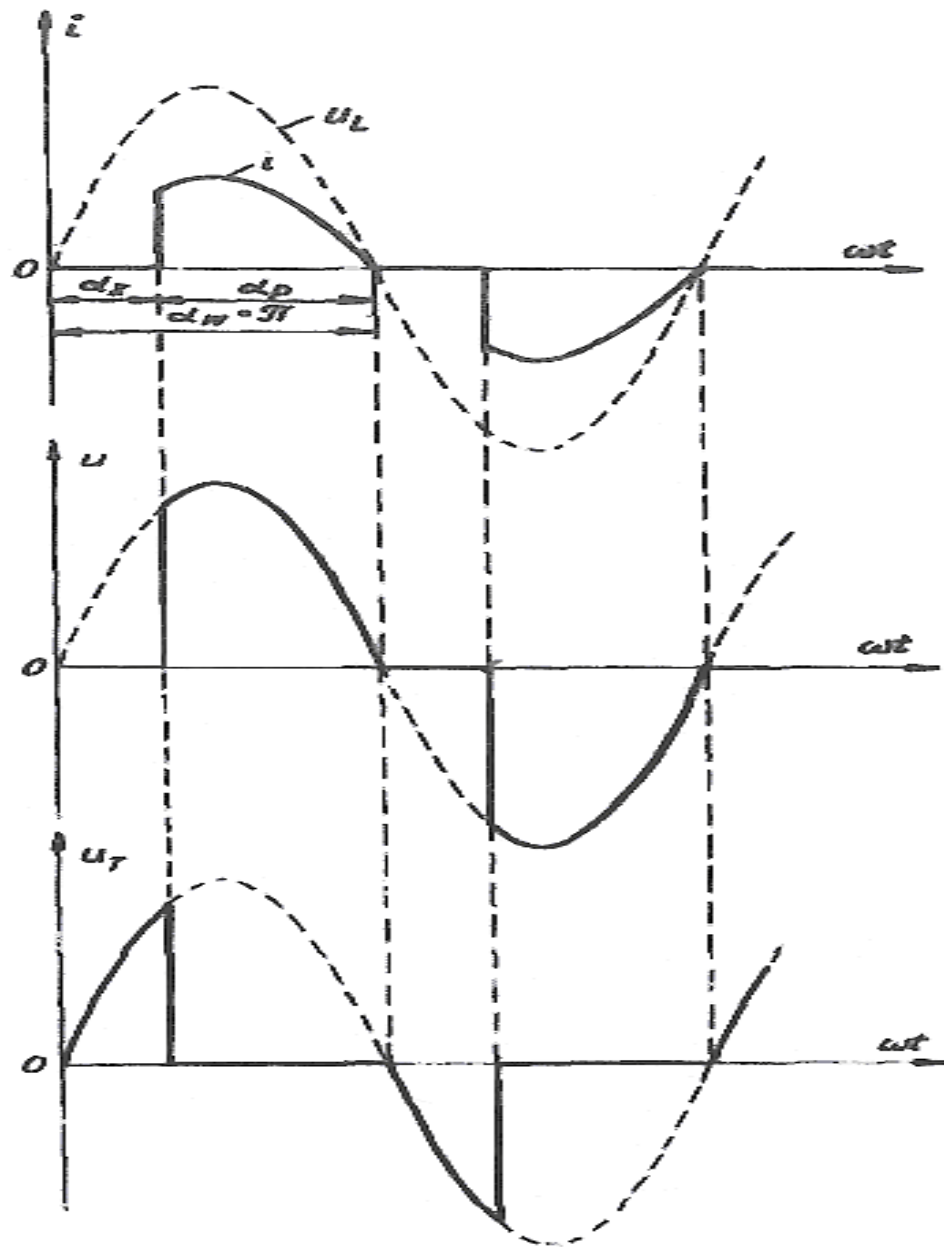
## 3. kluczowe



$$Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} = U_{Lm} \sin(\omega t + \alpha_z)$$

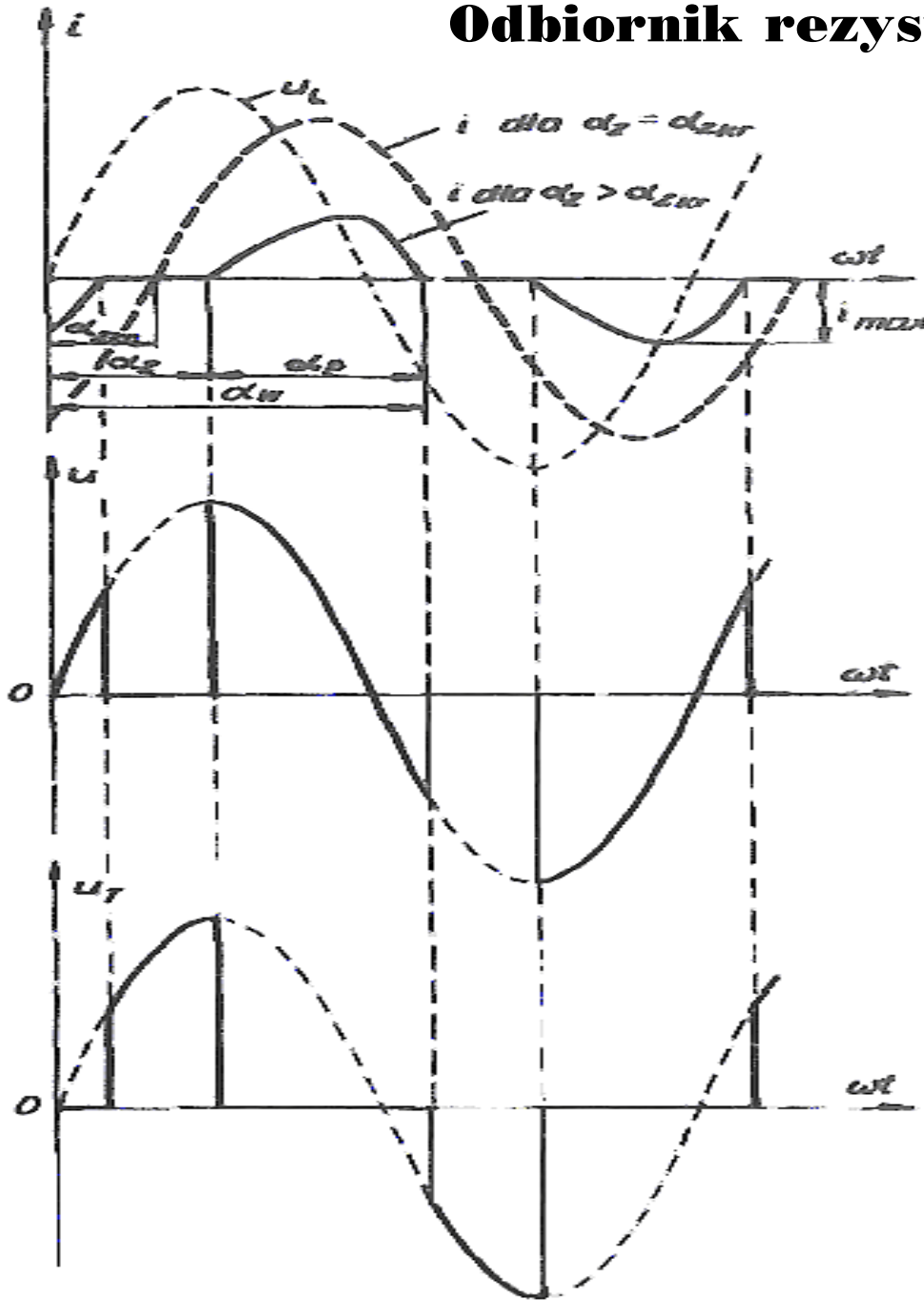
$$i(t) = \frac{U_{Lm}}{Z} \left[ \sin(\omega t + \alpha_z - \varphi) - \sin(\alpha_z - \varphi) e^{-ctg\varphi \omega t} \right]$$

# Odbiornik rezystancyjny





# Odbiornik rezystancyjno-indukcyjny



$$\alpha_{p \max} = \pi$$

$$\alpha_z = \alpha_{zkr}$$

$$\alpha_{zkr} = \varphi$$

$$\alpha_{zkr} \leq \alpha_z \leq \pi$$

$$U, I, P = f(\alpha_z)$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha_p} U_{Lm}^2 \sin^2(\omega t + \alpha_z) d\omega t} = U_L \sqrt{\frac{1}{\pi} [\alpha_p - \sin \alpha_p \cos(2\alpha_z + \alpha_p)]}$$

$$i(t) \approx i_{\max} \sin\left(\frac{\pi}{\alpha_p} \omega t\right)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha_p} i_{\max}^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{\alpha_p} \omega t\right) d\omega t} = \sqrt{\frac{\alpha_p}{2\pi}} \cdot i_{\max}$$

$$P_p = R I^2 = \frac{\alpha_p}{2\pi} R \cdot i_{\max}^2$$

**Współczynnik mocy układu**

$$\lambda = \frac{P_{pL}}{P_{sL}}$$

## Odbiornik rezystancyjny

$$i(t) = \frac{U_{Lm}}{R} \sin(\omega t + \alpha_z)$$

$$\alpha_p = \pi - \alpha_z$$

$$I_{\max} = \begin{cases} \frac{U_{Lm}}{R} & \text{dla } \alpha_z \leq \pi/2 \\ \frac{U_{Lm}}{R} \sin \alpha_z & \text{dla } \alpha_z > \pi/2 \end{cases}$$

$$U = U_L \sqrt{\frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha_z + \frac{1}{2} \sin 2\alpha_z \right)}$$

$$I = \frac{U}{R} \quad P_p = R I^2 = \frac{U^2}{R}$$

## Odbiornik indukcyjny

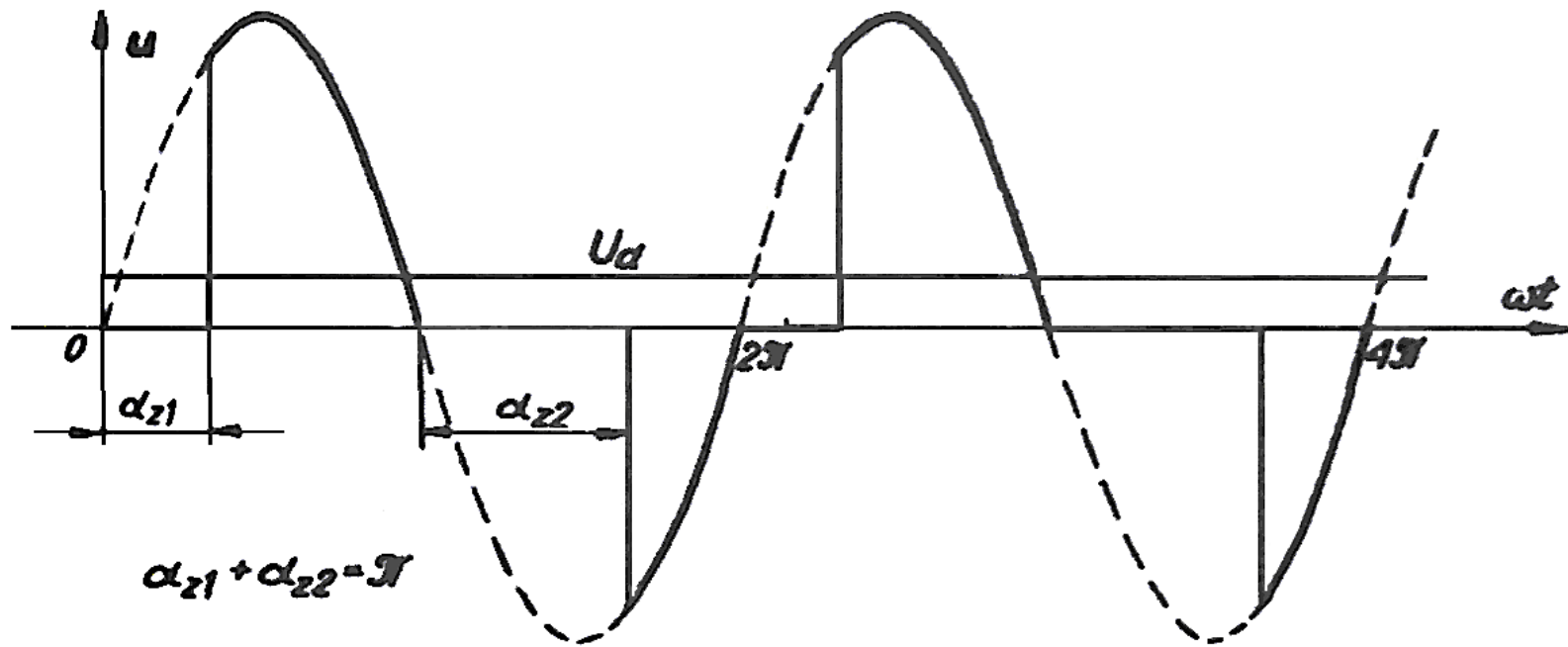
$$i(t) = \frac{U_{Lm}}{\omega L} [\cos \alpha_z - \cos(\omega t + \alpha_z)]$$

$$\alpha_p = 2(\pi - \alpha_z)$$

$$I_{\max} = \frac{U_{Lm}}{\omega L} (1 + \cos \alpha_z)$$

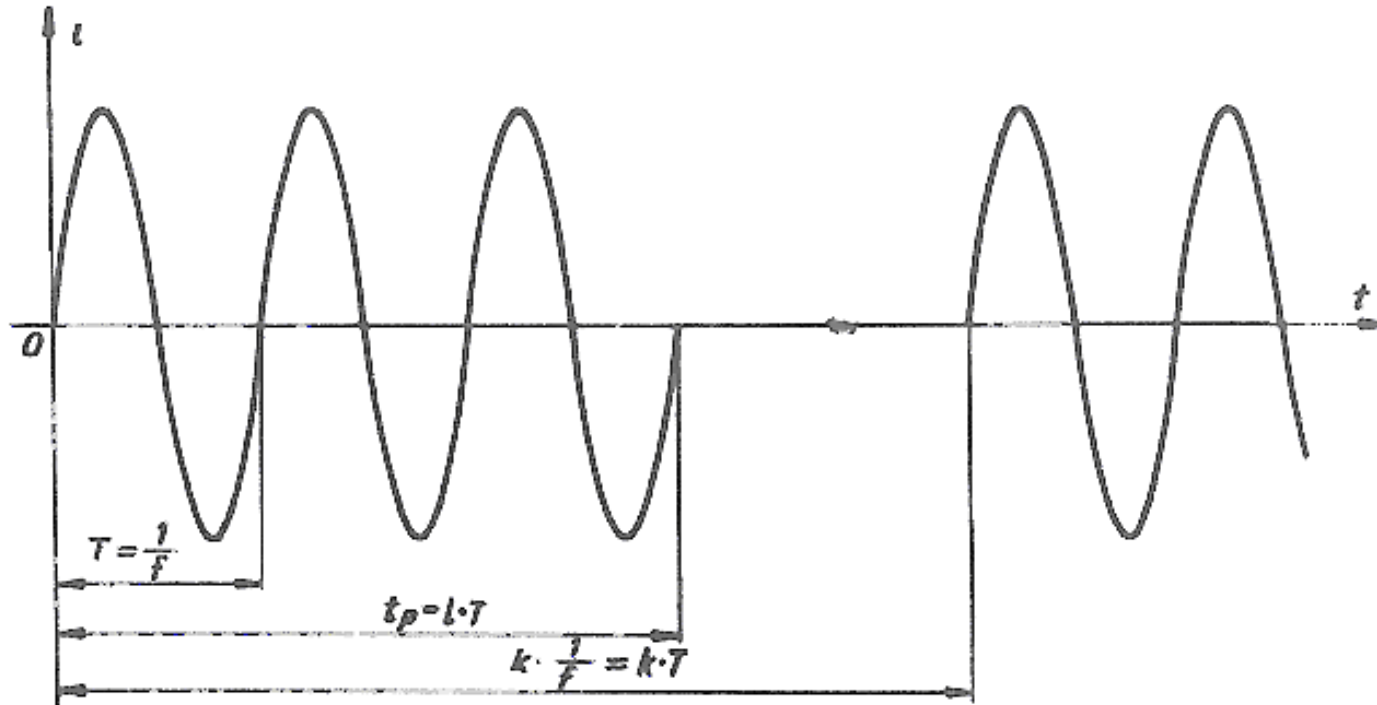
$$U = U_L \sqrt{\frac{2}{\pi} \left( \pi - \alpha_z + \frac{1}{2} \sin 2\alpha_z \right)}$$

$$I = \frac{U_L}{\omega L} \sqrt{\frac{2}{\pi} (\pi - \alpha_z)(2 + \cos 2\alpha_z) + \frac{3}{2} \sin 2\alpha_z}$$



$$U_d = \frac{1}{2\pi} U_{Lm} (\cos \alpha_{z1} - \cos \alpha_{z2}) = \frac{1}{\pi} U_{Lm} \cos \alpha_{z1}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_L}{R} \sqrt{\frac{1}{2\pi} (\pi + \sin 2\alpha_{z1})}$$



**1. okres impulsowania jest równy całkowitej wielokrotności okresu napięcia zasilającego**

$$k/f \quad k = \text{const}$$

**2. załączanie tyristorów jest synchroniczne, tzn. występuje w chwili przejścia prądu przez zero**

$$\alpha_z = \varphi$$

**3. czas przewodzenia tyrystorów jest równy całkowitej liczbie okresów napięcia zasilającego**

$$t_p = l/f = \delta_p \cdot k/f$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, k$$

$\delta_p = l/k$  - **współczynnik wypełnienia**

$$I(\delta_p) = \sqrt{\frac{l}{k} \int_0^{t_p} I_{Lm}^2 \sin^2 \omega t dt} = I \sqrt{\delta_p}$$

$$U(\delta_p) = U_L \sqrt{\delta_p}$$

$$i_{L1}(t) = I_m \delta_p \sin \omega t$$

$$P_p(\delta_p) = U_L I_{L1} \cos \varphi_{L1}$$

$$P_p(\delta_p) = U_L I \delta_p \cos \varphi$$

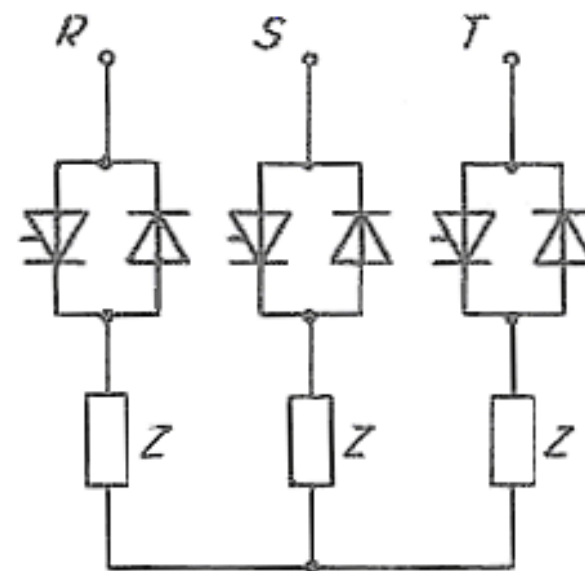
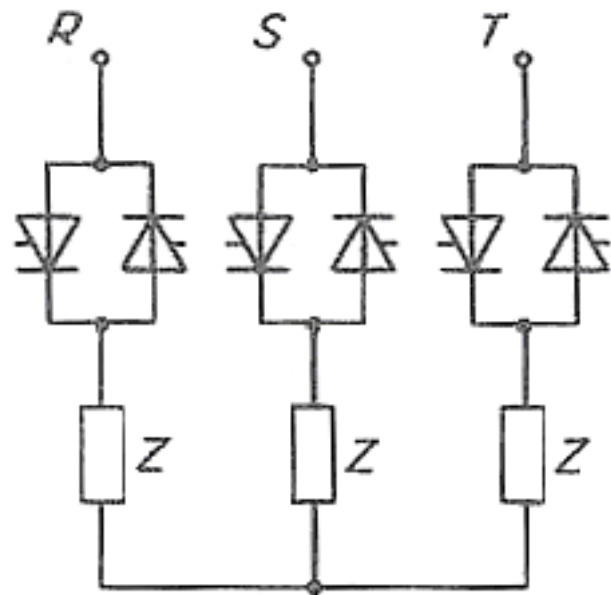
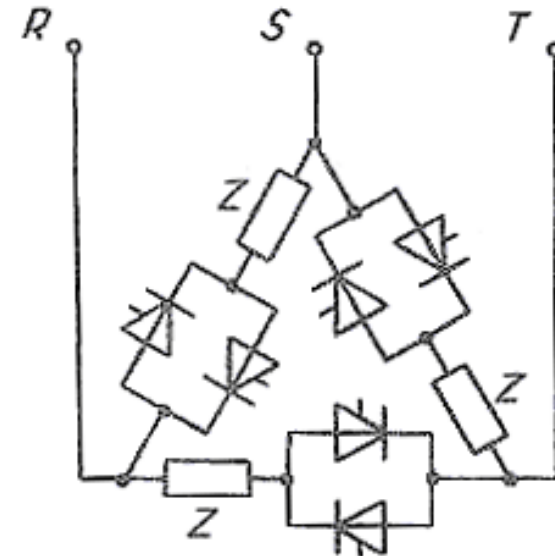
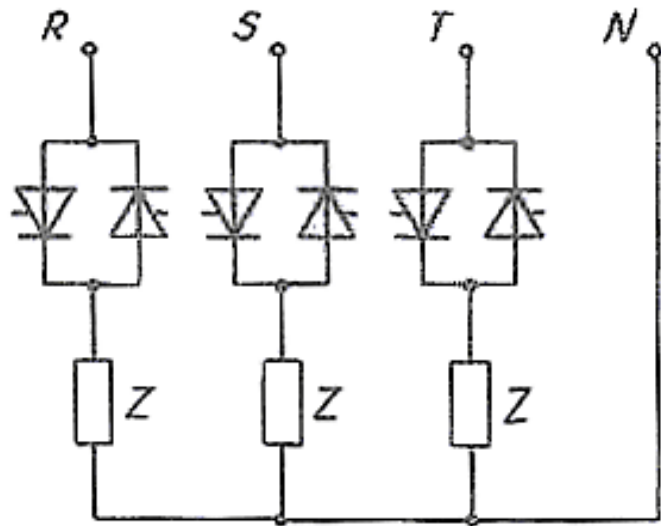
$$P_{sL}(\delta_p) = U_L I(\delta_p) = U_L I \sqrt{\delta_p}$$

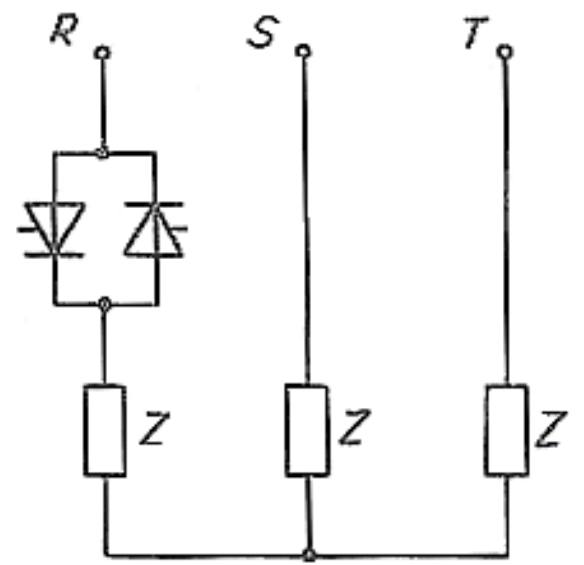
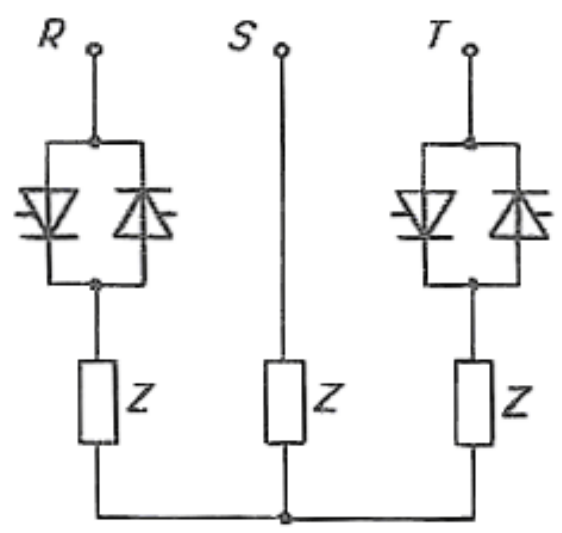
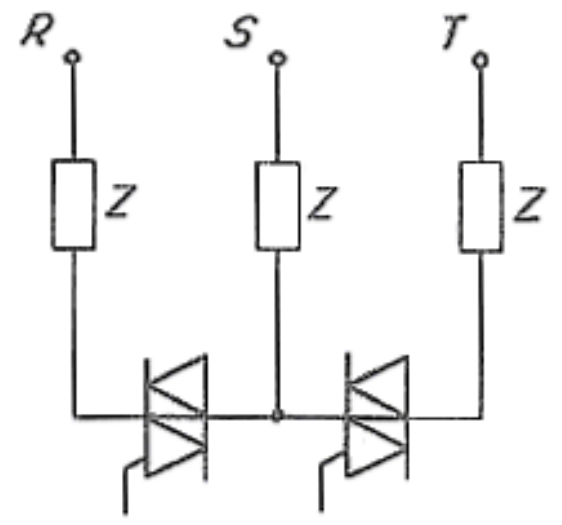
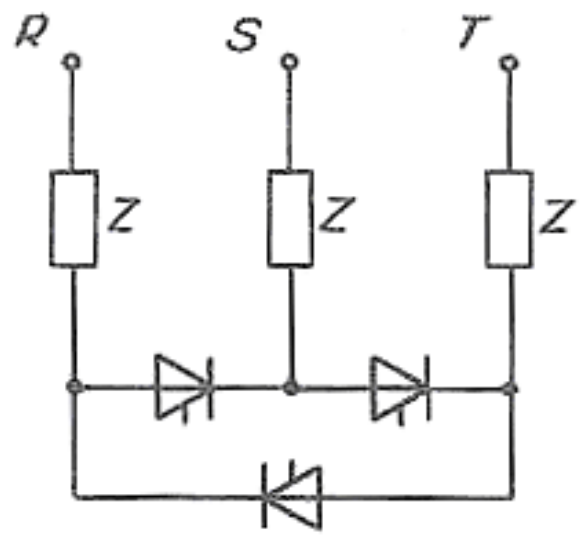
$$\lambda = \frac{P_p(\delta_p)}{P_{sL}(\delta_p)} = \sqrt{\delta_p} \cos \varphi$$



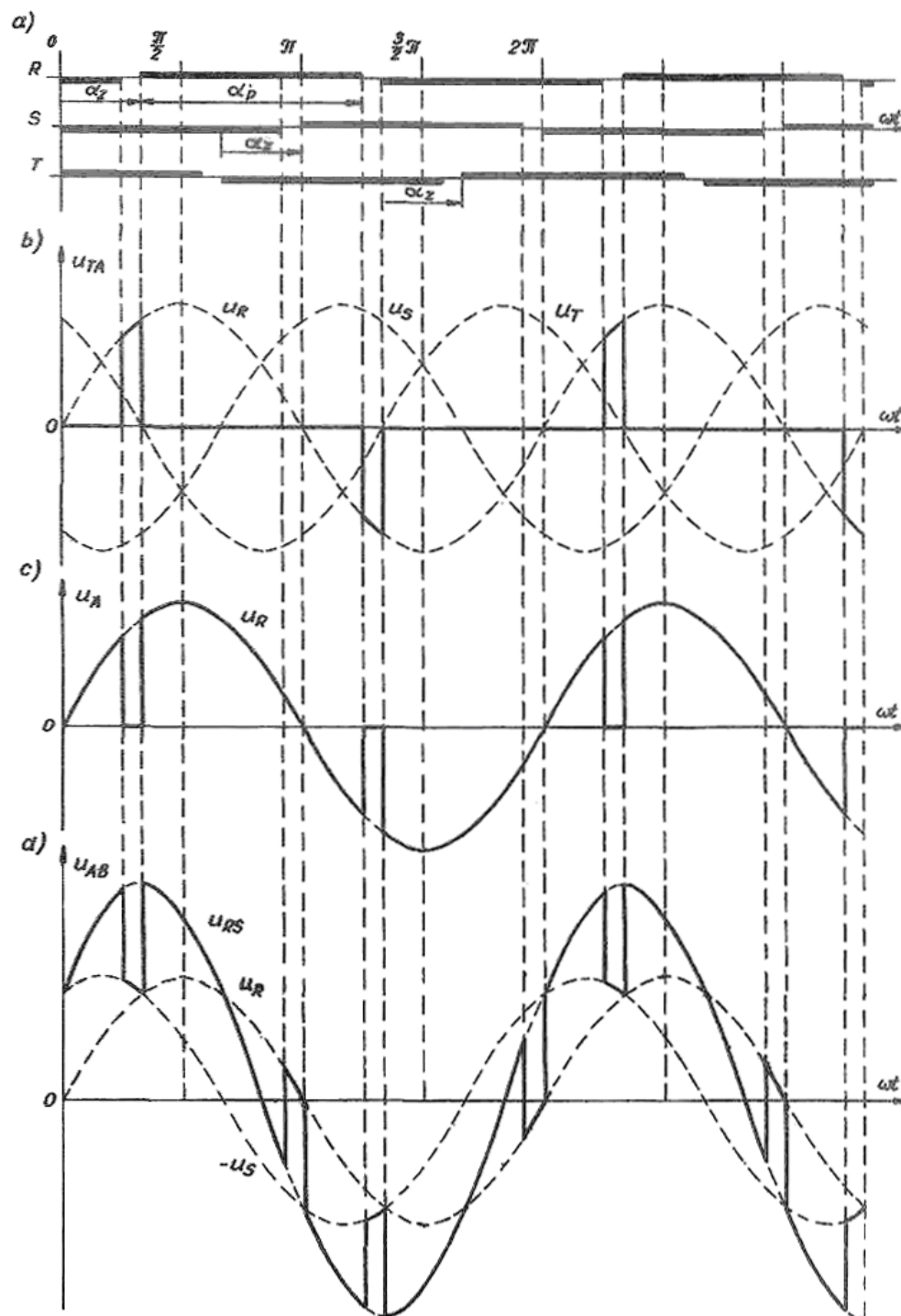
# Sterowniki napięcia przemiennego

## Układy 3-fazowe





**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
z przewodem zerowym  
i odbiornikiem *RL***



### **a) dla obciążenia R**

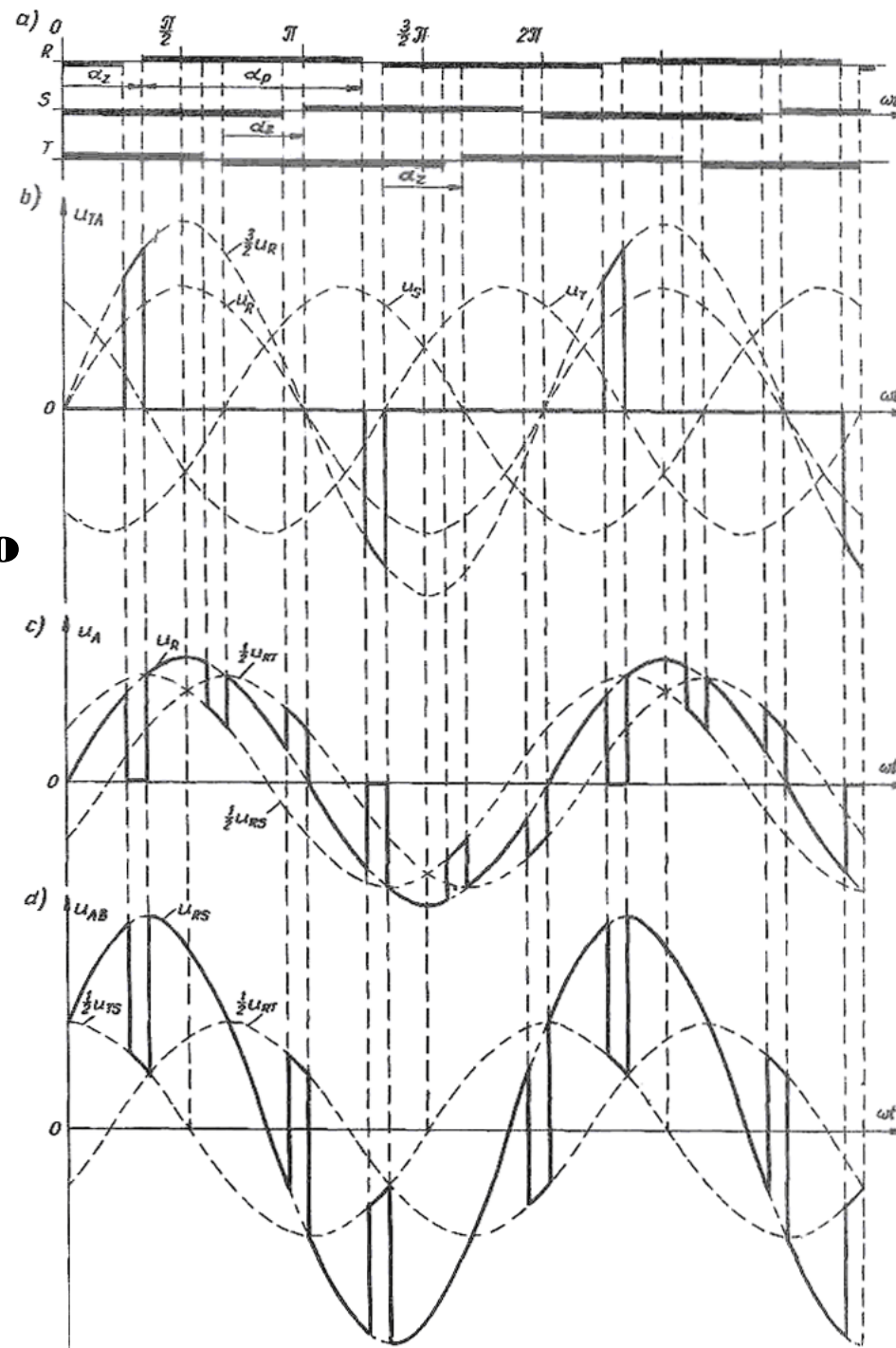
- praca 3-2 fazowa  $0^\circ \leq \alpha_z \leq 60^\circ$
- praca 2-1 fazowa  $60^\circ \leq \alpha_z \leq 120^\circ$
- praca 1-0 fazowa  $120^\circ \leq \alpha_z \leq 180^\circ$

### **b) dla obciążenia L**

- praca 3-2 fazowa  $0^\circ \leq \alpha_z \leq 120^\circ$
- praca 2-1 fazowa  $120^\circ \leq \alpha_z \leq 150^\circ$
- praca 1-0 fazowa  $150^\circ \leq \alpha_z \leq 180^\circ$

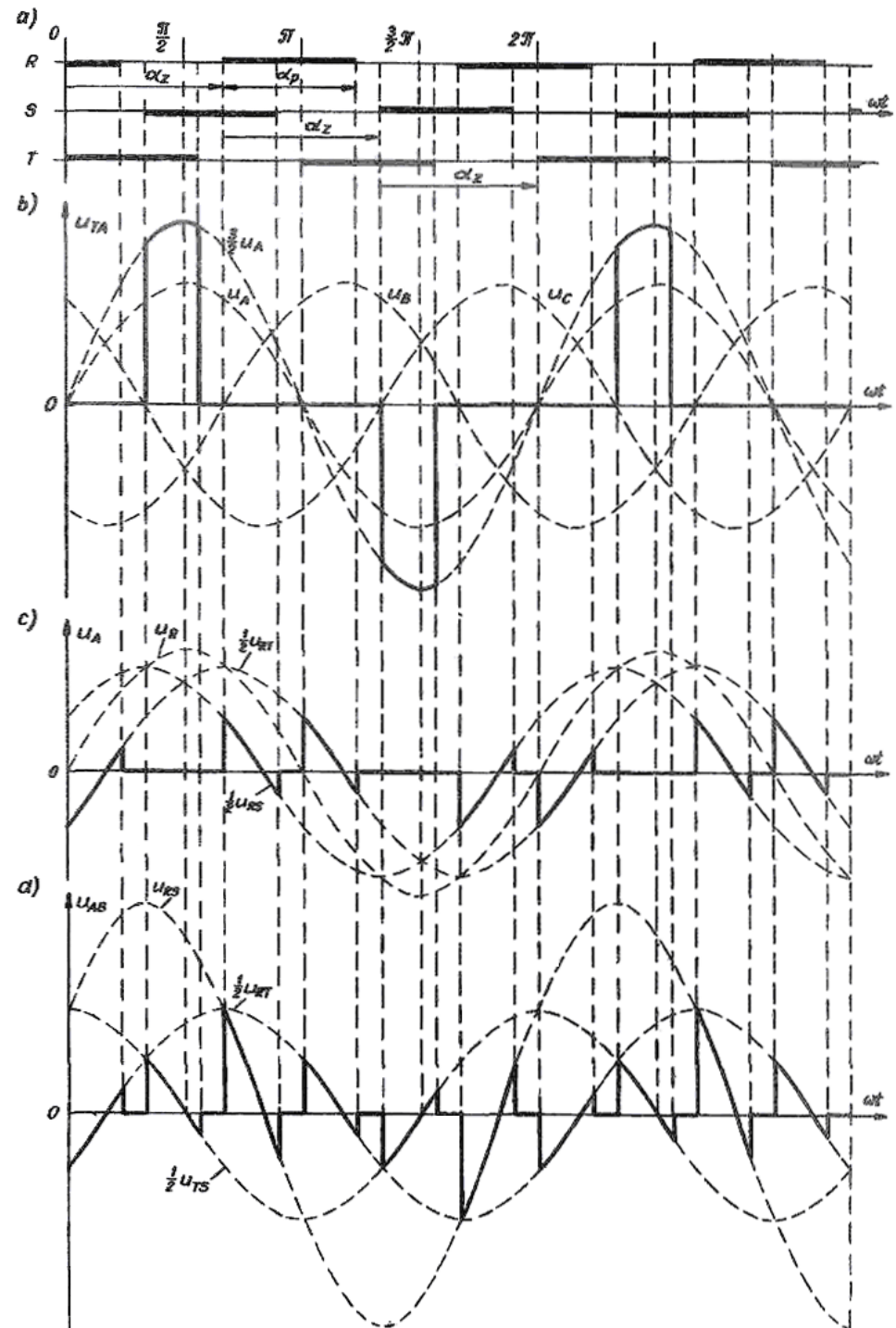
**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
bez przewodu zerowego  
i odbiornikiem *RL***

$$\alpha_z = 60^\circ$$



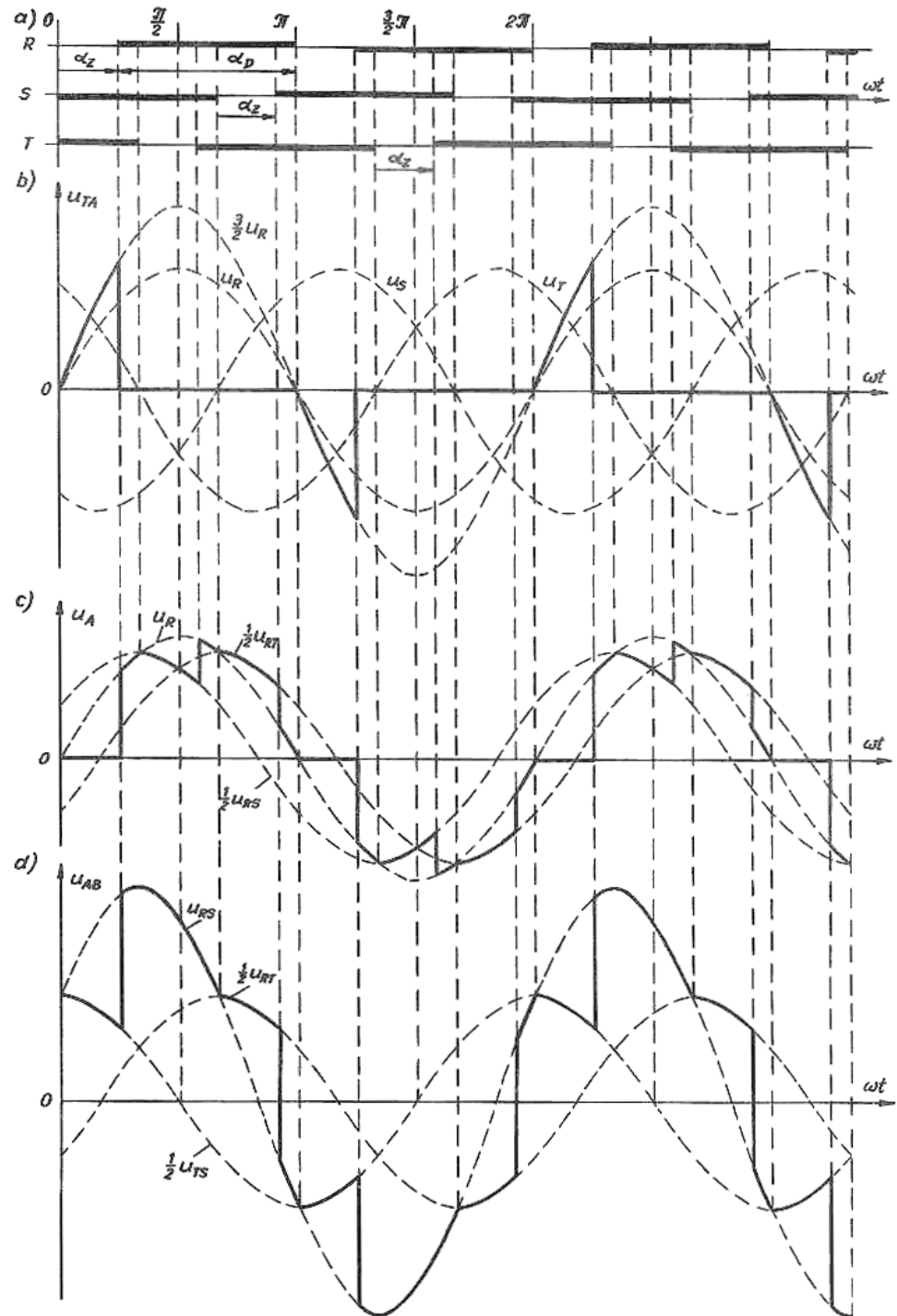
**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
bez przewodu zerowego  
i odbiornikiem *RL***

$$\alpha_z = 105^\circ$$



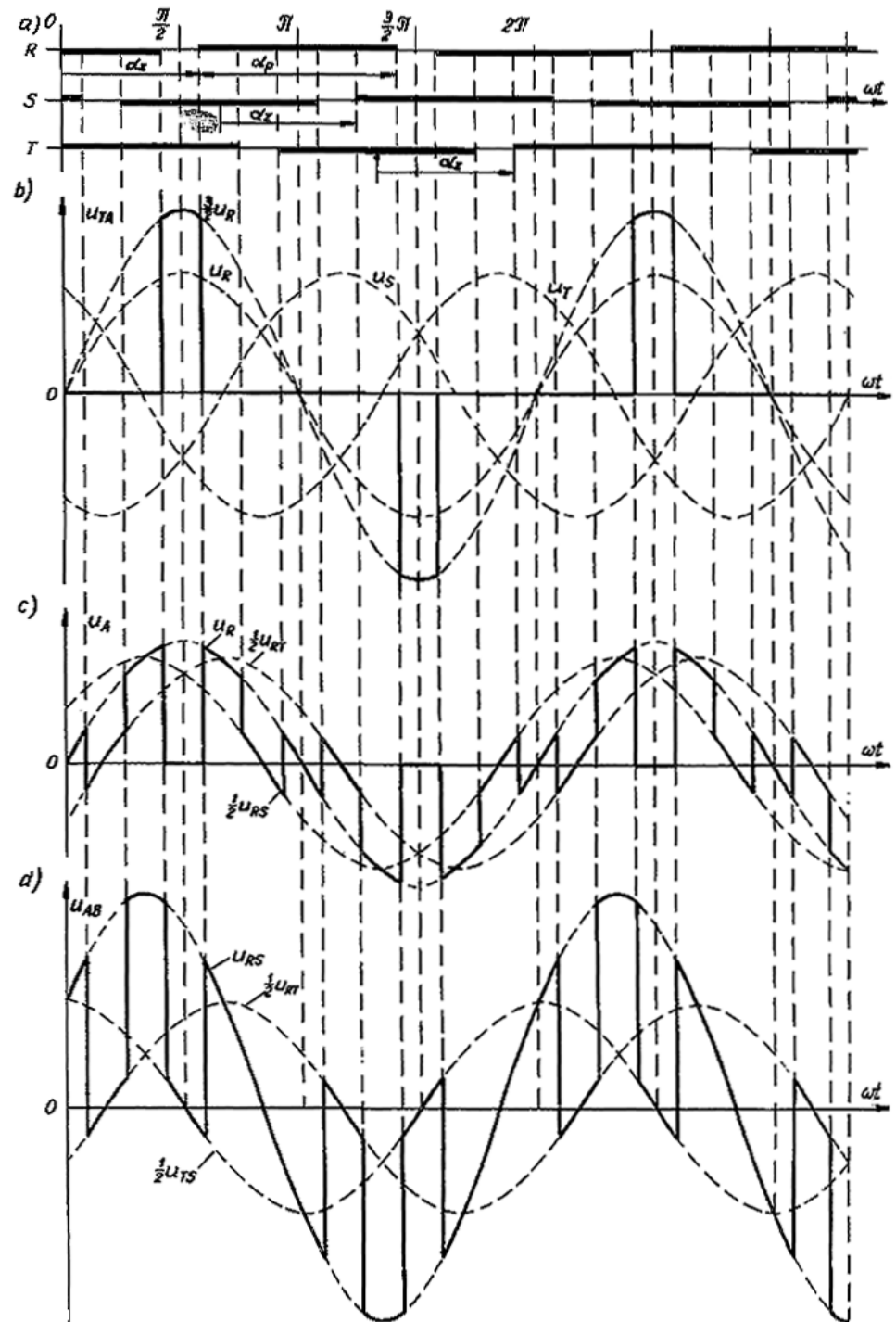
**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
bez przewodu zerowego  
i odbiornikiem  $R$**

$\alpha_z = 45^\circ$



**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
bez przewodu zerowego  
i odbiornikiem  $L$**

$\alpha_z = 105^\circ$





**Układ 3-fazowy  
gwiazdowy  
tyrystorowo-diodowy  
bez przewodu zerowego  
i odbiornikiem *RL***

$\alpha_z = 60^\circ$

