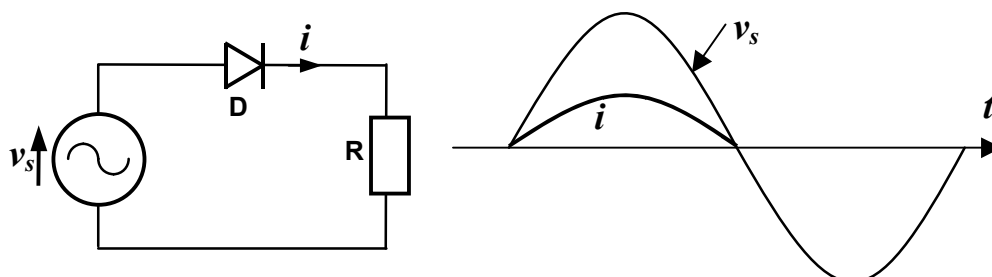


## Podstawowe układy prostownikowe

### **Prostowniki jednofazowe.**

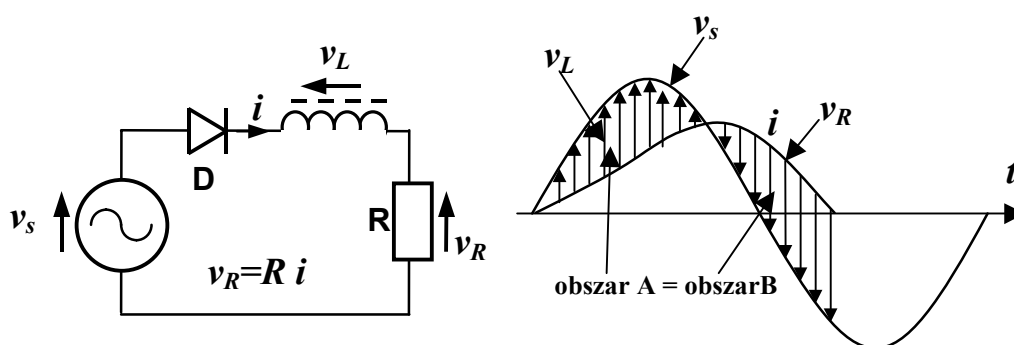
W najprostszym prostowniku diodowym z obciążeniem rezystancyjnym prąd jest proporcjonalny do napięcia wejściowego, jak pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Prostownik jednopołówkowy z obciążeniem rezystancyjnym.

*Zadanie: Oblicz wartość średnią i skuteczną przebiegu prądu.*

Przy obciążeniu indukcyjno-rezystancyjnym prąd płynie jeszcze, gdy napięcie zasilające jest ujemne jak pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Prostownik jednopołówkowy z obciążeniem indukcyjno-rezystancyjnym.

Wynika to z właściwości magazynowania energii w indukcyjności. Zależność prądu od napięcia opisana jest zależnością:

$$di = \frac{1}{L} v_L \cdot dt$$

Tak więc prąd opisany jest zależnością:

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_i}^t v_L dt$$

W stanie ustalonym, po czasie okresu  $T$  przebiegu, prąd powinien być taki sam, a przy nieciągłym przepływie prądu powinien zaczynać się od zera. Prąd osiąga maksimum, gdy napięcie na indukcyjności zmienia znak. Wartość prądu jest całką napięcia na indukcyjności. Dlatego powierzchnia **obszaru A** odpowiadająca narostowi prądu jest równa powierzchni **obszaru B** odpowiadającemu opadaniu prądu.

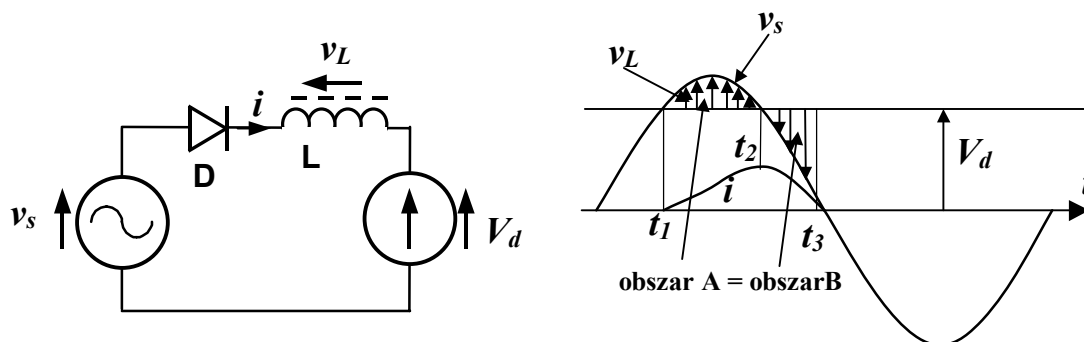
Zadanie: Określ zależność na  $i(t)$  rozwiązując równanie różniczkowe

$$V_s \cdot \sin \omega t = R \cdot i + L \frac{di}{dt} \quad i = 0 \quad \text{przy} \quad t = 0$$

$$\text{Odpowiedź: } i(t) = \frac{V_s}{Z} \left[ \sin(\omega t - \varphi) + \sin \varphi \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

$$\text{gdzie } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad i \quad \varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$$

Często spotykanym obciążeniem jest połączenie indukcyjności  $L$  i źródła napięcia stałego  $V_d$ , co pokazane jest na rysunku 3 i odpowiada w uproszczeniu silnikowi DC.



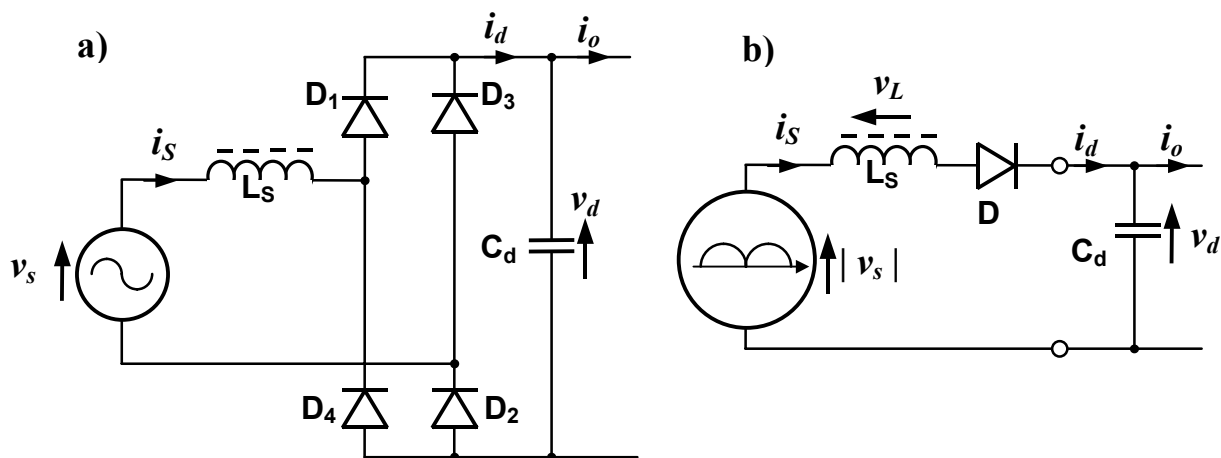
Rys. 3. Prostownik jednopołówkowy z obciążeniem indukcyjnością i źródłem napięciowym.

Przy małej wartości  $V_d$  względem  $V_s$  prąd maleje do zera dopiero w ujemnym półokresie napięcia zasilającego.

Zadanie: Określ zależność  $i(t)$  przy zadanych wartościach  $v_s$ ,  $V_d$  i  $L$ .

### Prostowniki jednofazowe - mostkowe

Typowym rozwiązaniem zasilania urządzeń napięciem stałym jest prostownik mostkowy, obciążony kondensatorem, jak pokazano na rys. 4.



Rys. 4. a) Prostownik mostkowy obciążony kondensatorem, b) układ równoważny.

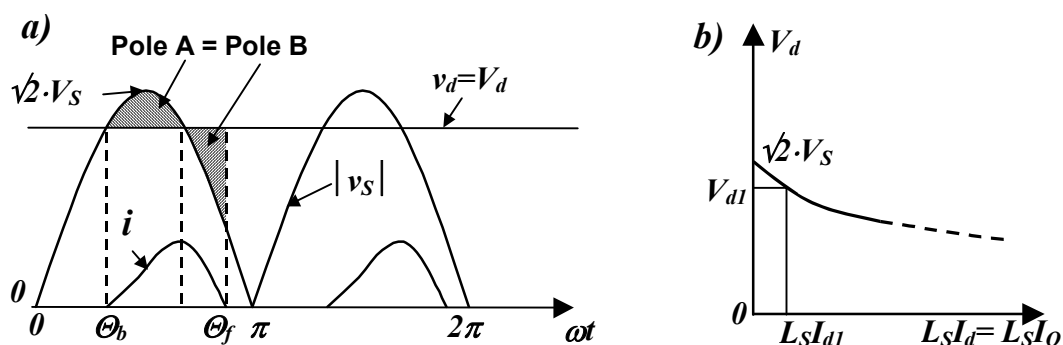
Impedancję sieci zasilającej i dławika filtrującego reprezentuje indukcyjność zastępcza  $L_S$ . Schemat zastępczy takiego układu zamieszczono na rys. 4.b. Słuszny on jest tylko dla nieciągniętego prądu w obwodzie.

Dla analizy układu przyjmujemy założenia:

1. Wartość pojemności  $C_d$  jest na tyle duża, że napięcie na nim jest bez tętnień i można go zastąpić źródłem napięcia  $v_d(t)=V_d$ .
2. Prąd w obwodzie maleje do zera przed następnym półokresem prądu.
3. Analizujemy stan ustalony, czyli wartość średnia prądu w kondensatorze  $C_d$  jest równa zeru, a wartość średnia prądu obciążenia  $i_o$  jest równa wartości średniej prądu  $i_d$ .

Obliczenia układu są utrudnione, gdyż napięcie wyjściowe  $V_d$  jest funkcją prądu obciążenia  $i_o$ , źródła napięcia  $V_s$  i indukcyjności  $L_S$ . Proces obliczeniowy jest iteracyjny, a wynik zamieszczony w podręcznikach jest często w postaci wykresów, nomogramów.

Sposób obliczeń przedstawiono na podstawie przebiegów pokazanych na rys. 5.



Rys. 5. Jednofazowy prostownik: a) przebiegi napięć i prądów, b) charakterystyka.

1. Zakładamy wartość napięcia wyjściowego  $V_d$  mniejszą od wartości szczytowej napięcia  $V_s$ . Chwila początkowa  $\theta_b$  przepływu prądu  $i_d$  może być wyznaczona z zależności:

$$V_d = \sqrt{2} V_s \cdot \sin \theta_b$$

2. Napięcie  $v_L$  na indukcyjności  $L_S$  jest :

$$v_L = \sqrt{2} V_s \cdot \sin \omega t - V_d$$

w czasie przepływu prądu  $i_d$ , który wyliczamy z zależności :

$$L_S \cdot i_d(\omega t) = \frac{1}{\omega} \int_{\theta_b}^{\omega t} v_L d(\omega t) \quad \theta_b < \omega t < \theta_f$$

Obliczamy wartości  $i_d$ , aż osiągnie zero w chwili  $\theta_f$ . Całka napięcia dodatniego na indukcyjności (Pole A) musi być równa całce napięcia ujemnego (Pole B).

Gdyby otrzymana wartość  $\theta_f$  była większa od  $\pi$ , należy przyjąć większą wartość  $V_d$  i zacząć od punktu 1.

3. Znając  $\theta_f$  iloczyn  $L_S I_d$  może być wyliczony jako wartość średnia  $L_S i_d(\omega t)$  w półokresie pomiędzy  $\omega t = 0$  i  $\pi$  :

$$L_S \cdot I_d = \frac{1}{\pi} \int_{\theta_b}^{\theta_f} L_S \cdot i_d \cdot (\omega t) d(\omega t)$$

Postępując powyższą metodą otrzymujemy zależność napięcia wyjściowego  $V_d$  jako funkcję iloczynu  $L_S I_d$ . Dla większych wartości  $L_S I_d$  gdzie  $\theta_f > \pi$  funkcja została zaznaczona linią przerywaną (patrz zadanie). W praktyce zmiany napięcia wyjściowego  $V_d$

*Sterowanie tyrystorowe silników komutatorowych prądu stałego(DC) - prostowniki jednofazowe w funkcji prądu obciążenia  $I_O (= I_{d1})$  odczytujemy z wykresów otrzymanych na drodze symulacji komputerowej. Wartość tętnień napięcia wyjściowego  $V_d$  może być wyliczona ze znajomości  $i_d$ ,  $I_d$  i  $C$ .*

*Zadanie: Opisz metodę wyznaczania wartości tętnień napięcia wyjściowego  $V_d$ .*

*Zadanie: Oblicz wartość  $L_S I_d$ , dla zadanego  $V_S$ , przy którym  $\Theta_f = \pi$  (prąd przestaje płynąć przed następnym okresem). Oblicz wartość  $V_d$ .*

*Zadanie: Oblicz wartość  $L_S I_d$ , dla zadanego  $V_S$ , przy którym  $\Theta_f = \Theta_b + \pi$  (granica nieciągłego przepływu prądu przez indukcyjność). Oblicz wartość  $V_d$ .*

*Zadanie: Co się dzieje w układzie przy wzrastającym obciążeniu mostka prostowniczego lub dodaniu dużej indukcyjności filtrującej pomiędzy mostkiem a pojemnością. Odpowiada to wzrostowi  $L_S I_d$  ponad wartość graniczną obliczoną w poprzednim zadaniu. Narysuj przebieg prądu w układzie.*