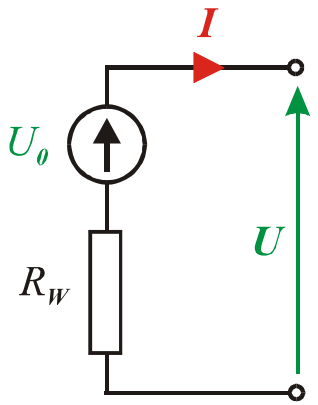
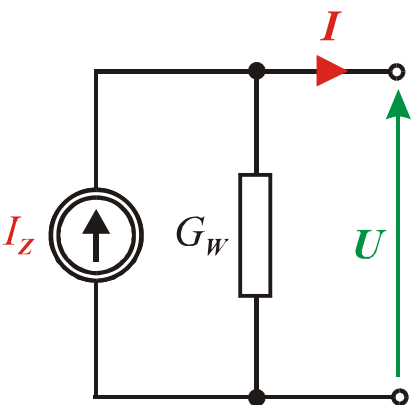


4. OBWODY LINIOWE PRĄDU STAŁEGO

4.1. ŹRÓDŁA RZECZYWISTE

Z zależności (2.19) oraz (2.20) wynika teoretyczna możliwość oddawania przez źródła idealne do obwodu dowolnie dużej mocy chwilowej. Aby uniknąć tej rozbieżności z rzeczywistością uwzględnia się straty występujące w każdym realnym elemencie źródłowym. Prowadzi to do pojęcia **źródła rzeczywistego**.

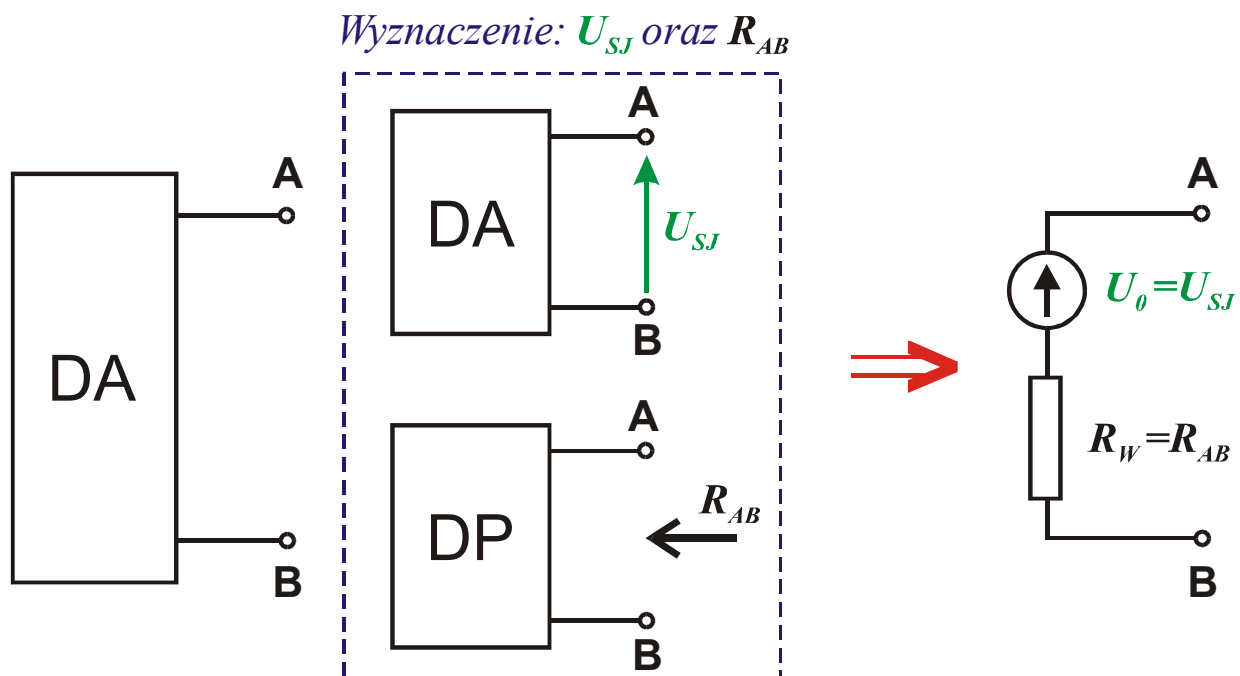
RZECZYWISTE ŹRÓDŁO NAPIĘCIA	RZECZYWISTE ŹRÓDŁO PRĄDU
<p>jest elementem o równaniu:</p> $U = U_0 - R_w I \quad (4.1)$ <p>U_0 – siła elektromotoryczna źródła R_w – rezystancja wewnętrzna źródła</p>	<p>jest elementem o równaniu:</p> $I = I_Z - G_w U \quad (4.2)$ <p>I_Z – wydajność prądowa źródła G_w – konduktancja wewnętrzna źródła</p>
<p>Traktuje się je jako połączenie szeregowe idealnego źródła napięcia i rezystora R_w. Gdy $R_w=0$ otrzymuje się idealne źródło napięciowe.</p> 	<p>Traktuje się je jako połączenie równoległe idealnego źródła prądu i rezystora R_w. Gdy $R_w=\infty$ ($G_w=0$) otrzymuje się idealne źródło prądowe.</p> 
<p>Źródła te są równoważne, gdy ich rezystancje wewnętrzne są sobie równe i gdy $U_0 = R_w I_Z$</p>	

4.2. TWIERDZENIE THEVENINA I TWIERDZENIE NORTONA DLA OBWODÓW PRĄDU STAŁEGO

Twierdzenie Thevenina (o zastępczym źródle/generatorze napięciowym)

Dowolny aktywny dwójnik rezystancyjny klasy SLS można zastąpić równoważnym rzeczywistym źródłem napięciowym o napięciu źródłowym U_0 i rezystancji wewnętrznej R_W , przy czym:

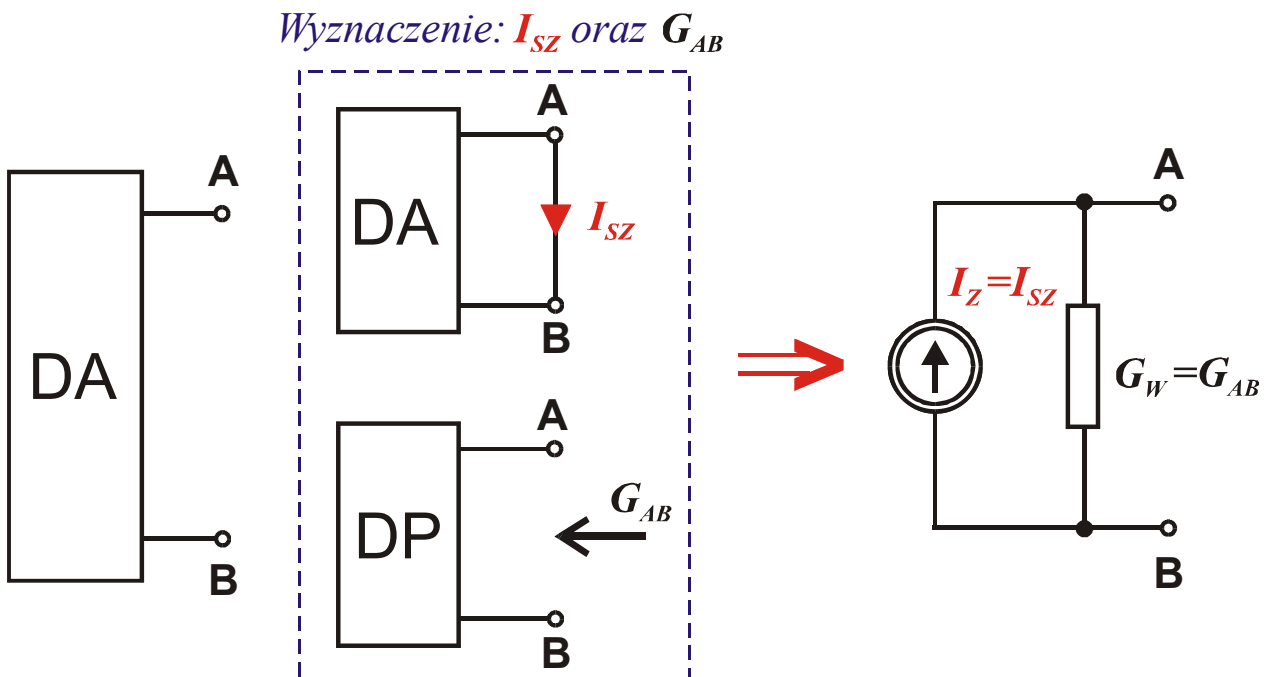
- napięcie źródłowe U_0 jest równe napięciu na rozwartych zaciskach dwójnika (napięciu stanu jałowego U_{SJ})
- rezystancja wewnętrzna R_W , jest równa rezystancji zastępczej (rezystancji wejściowej R_{AB}) dwójnika pasywnego (beźźródłowego) otrzymanego po wyzerowaniu w wewnętrznej strukturze dwójnika aktywnego wszystkich autonomicznych źródeł energii (zastąpieniu idealnych źródeł napięcia zwarciami a idealnych źródeł prądowych rozwarciem).



Twierdzenie Nortona (o zastępczym źródle/generatorze prądowym)

Dowolny aktywny dwójnik rezystancyjny klasy SLS można zastąpić równoważnym rzeczywistym źródłem prądowym o prądzie źródłowym I_Z i konduktancji wewnętrznej G_W , przy czym:

- prąd źródłowy I_Z jest równy prądowi płynącemu przez zwarte zaciski dwójnika (prądowi stanu zwarcia I_{SZ})
- konduktancja wewnętrzna G_W , jest równa konduktancji zastępczej (konduktancji wejściowej G_{AB}) dwójnika pasywnego (beźźródłowego) otrzymanego po wyzerowaniu w wewnętrznej strukturze dwójnika aktywnego wszystkich autonomicznych źródeł energii (zastąpieniu idealnych źródeł napięcia zwarciami a idealnych źródeł prądowych rozwarciem).



4.3. DOPASOWANIE OBCIĄŻENIA DO ŹRÓDŁA

MOCE W OBWODACH PRĄDU STAŁEGO

Zgodnie z definicją ogólną (1.4) wszystkie moce w obwodach prądu stałego są stałymi funkcjami czasu.

W odniesieniu do obwodu rezystancyjnego prądu stałego zasada Tellegena (3.3) przyjmuje postać:

$$\sum_{k=1}^n P_k = 0 \quad (4.3)$$

gdzie $P_k = U_k I_k$ jest mocą pobieraną przez k -ty element obwodu

Pamiętając, że niektóre elementy obwodu faktycznie pobierają moc ($P_k > 0$) a inne ją faktycznie oddają ($P_k < 0$) z powyższej zależności wynika, że:

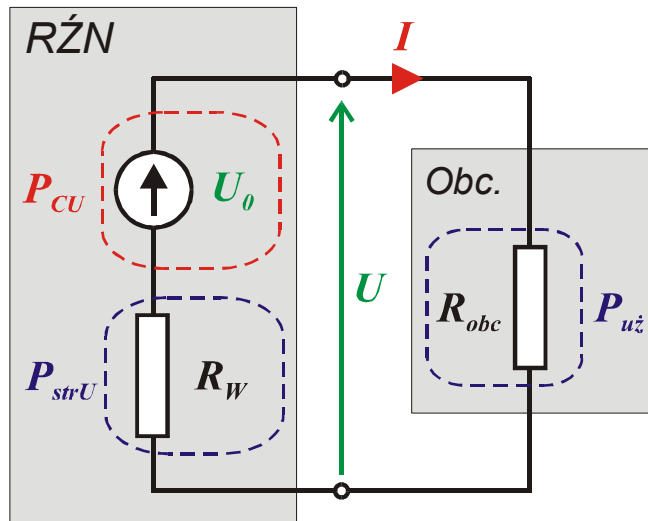
suma mocy pobieranych przez elementy obwodu jest równa sumie mocy oddawanych przez pozostałe elementy obwodu.

Mówimy, że w obwodzie spełniony jest **bilans mocy**.

SPRAWNOŚĆ ŹRÓDEŁ

➤ SPRAWNOŚĆ RZECZYWISTEGO ŹRÓDŁA NAPIĘCIA

Rozpatrujemy rzeczywiste źródło napięcia $R\acute{Z}N$ o napięciu źródłowym U_0 i rezystancji wewnętrznej R_W obciążone dwójnikiem o rezystancji R_{obc} .



Z obwodem tym związane są następujące moce:

P_{CU} - moc całkowita (moc oddawana przez idealne źródło napięcia do obwodu);

P_{strU} - moc tracona (moc pobierana przez rezystancję wewnętrzną źródła);

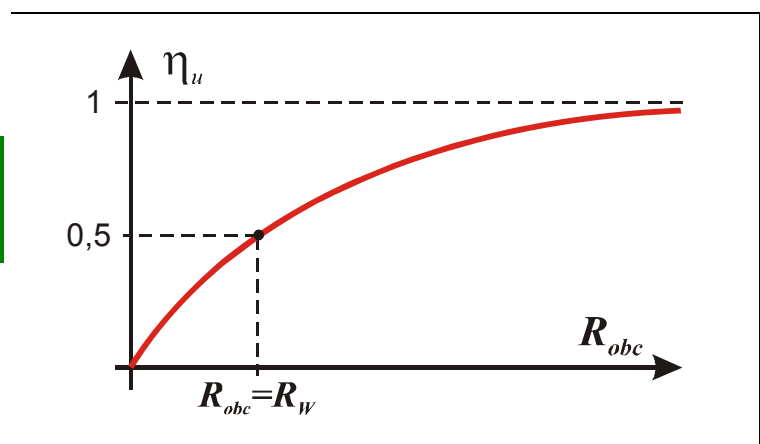
$P_{uż}$ - moc użyteczna (moc pobierana przez obciążenie, inaczej moc oddawana przez $R\acute{Z}N$ do $Obc.$)

Sprawność rzeczywistego źródła napięcia, definiuje się jako:

$$\eta_u = \frac{P_{uż}}{P_{CU}} = \frac{U}{U_0} \quad (4.4)$$

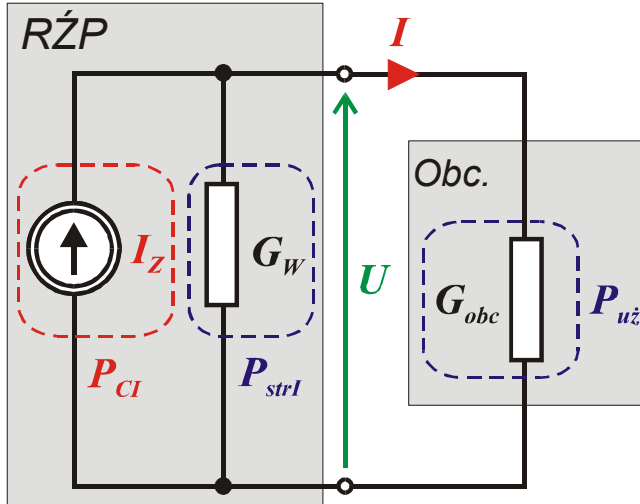
Ponieważ, zgodnie z zasadą Tellegena: $P_{CU} = P_{strU} + P_{uż}$ (4.5)

$$\eta_u = \frac{P_{uż}}{P_{strU} + P_{uż}} = \frac{R_{obc}}{R_W + R_{obc}} \quad (4.6)$$



➤ **SPRAWNOŚĆ RZECZYWISTEGO ŹRÓDŁA PRĄDU**

Rozpatrujemy rzeczywiste źródło prądu $R\acute{Z}P$ o prądzie źródłowym I_Z i konduktancji wewnętrznej G_W obciążone dwójnikiem o konduktancji G_{obc}



Z obwodem tym związane są następujące moce:

- P_{CI} - moc całkowita (moc oddawana przez idealne źródło prądu do obwodu);
- P_{strI} - moc tracona (moc pobierana przez konduktancję wewnętrzną źródła);
- $P_{u\acute{z}}$ - moc użyteczna (moc pobierana przez obciążenie, inaczej moc oddawana przez $R\acute{Z}P$ do $Obc.$)

Sprawność rzeczywistego źródła prądu, definiuje się jako:

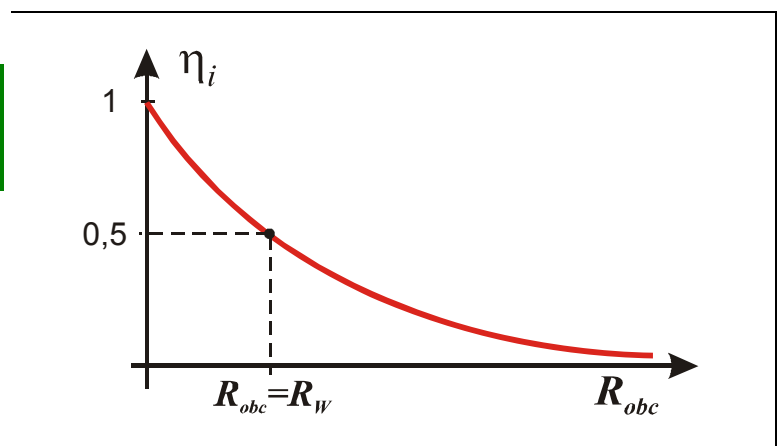
$$\eta_i = \frac{P_{u\acute{z}}}{P_{CI}} = \frac{I}{I_Z} \tag{4.7}$$

Ponieważ, zgodnie z zasadą Tellegena: $P_{CI} = P_{strI} + P_{u\acute{z}}$ (4.8)

$$\eta_i = \frac{P_{u\acute{z}}}{P_{strI} + P_{u\acute{z}}} = \frac{G_{obc}}{G_W + G_{obc}}$$

$$\eta_i = \frac{R_W}{R_W + R_{obc}}$$

(4.9)



WARUNEK DOPASOWANIA

Problem uzyskania wysokiej sprawności przekazywania energii nie zawsze jest problemem najbardziej istotnym.

W układach elektrycznych pierwszoplanowym jest problem uzyskania maksymalnej mocy pobieranej przez odbiornik. Uzyskanie tego efektu nazywamy **DOPASOWANIEM.**

➤ WARUNEK DOPASOWANIA DO ŹRÓDŁA NAPIĘCIA

Rozpatrujemy ponownie rzeczywiste źródło napięcia współpracujące z obciążeniem. Zakładamy, że parametry źródła $U_0 > 0$ i $R_W > 0$ są znane.

Pytanie: Jaka powinna być wartość rezystancji obciążenia $R_{obc} > 0$ aby w obciążeniu wydzielila się maksymalna moc $P_{uż} = P_{użMAX}$?

W tym celu uzależniamy moc $P_{uż}$ wydzieloną w obciążeniu od rezystancji R_{obc} :

$$P_{uż} = I^2 R_{obc} = U_0^2 \frac{R_{obc}}{(R_{obc} + R_W)^2} \quad (4.10)$$

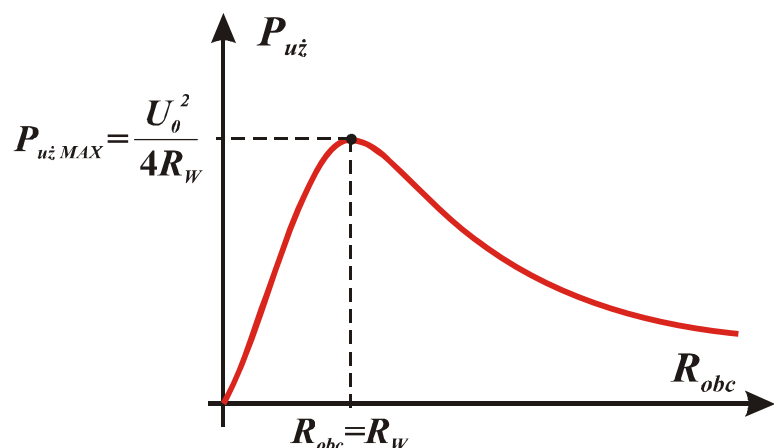
Obliczając pochodną tej funkcji względem R_{obc} i przyrównując ją do zera otrzymujemy równanie:

$$\frac{dP_{uż}}{dR_{obc}} = \frac{U_0^2 (R_W - R_{obc})}{(R_{obc} + R_W)^3} = 0 \quad (4.11)$$

którego jedynym rozwiązaniem spełniającym przyjęte założenie jest:

$$R_{obc} = R_W \quad (4.12)$$

Równość tę nazywamy **warunkiem dopasowania**



➤ WARUNEK DOPASOWANIA DO ŹRÓDŁA PRĄDU

Rozpatrujemy ponownie rzeczywiste źródło prądu współpracujące z obciążeniem. Zakładamy, że parametry źródła $I_Z > 0$ i $G_W > 0$ są znane.

Pytanie: Jaka powinna być wartość konduktancji obciążenia $G_{obc} > 0$ aby w obciążeniu wydzielila się maksymalna moc $P_{uż} = P_{użMAX}$?

W tym celu uzależniamy moc $P_{uż}$ wydzieloną w obciążeniu od konduktancji G_{obc} . Ponieważ napięcie na obciążeniu

$$U = \frac{I_Z}{G_{obc} + G_W} \quad (4.13)$$

stąd moc wydzielona w obciążeniu

$$P_{uż} = U^2 G_{obc} = I_Z^2 \frac{G_{obc}}{(G_{obc} + G_W)^2} \quad (4.14)$$

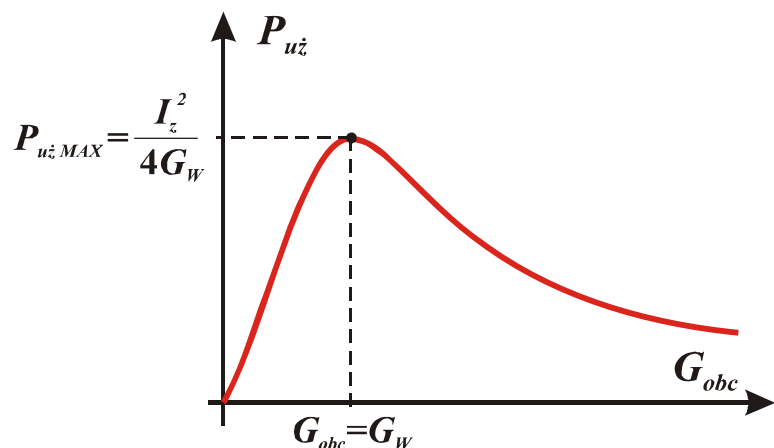
Obliczając pochodną tej funkcji względem G_{obc} i przyrównując ją do zera otrzymujemy równanie:

$$\frac{dP_{uż}}{dG_{obc}} = \frac{I_Z^2 (G_W - G_{obc})}{(G_{obc} + G_W)^3} = 0 \quad (4.15)$$

którego jedynym rozwiązaniem spełniającym przyjęte założenie jest:

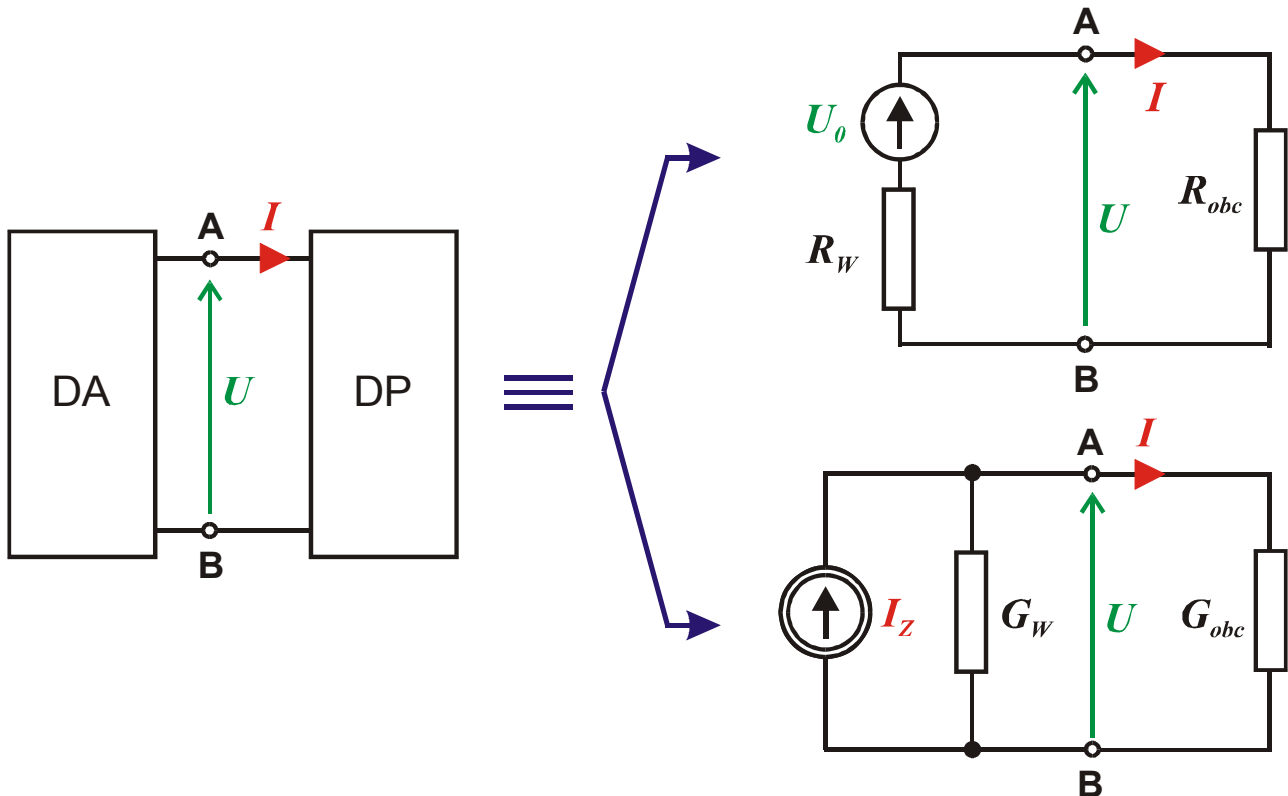
$$G_{obc} = G_W \quad (4.16)$$

Równość tę nazywamy **warunkiem dopasowania**



PODSUMOWANIE

Obwód, w którym dwójnik aktywny (DA) jest połączony z dwójnikiem pasywnym (DP) – można zastąpić obwodem równoważnym.



UWAGI:

- Przy tej samej mocy użytecznej, moce wytwarzane przez źródła w zależności od przyjętego schematu zastępczego są różne, a zatem i ich sprawności są różne i zachodzi między nimi związek

$$\eta_u + \eta_i = 1 \quad (4.17)$$

- Równoważność schematu napięciowego i prądowego danego DA dotyczy wyłącznie napięcia U i prądu I , a zatem mocy użytecznej. Schematy te nie są równoważne w sensie energetycznym.