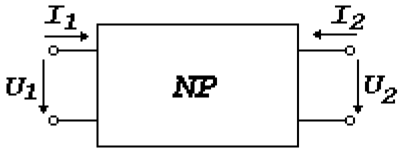
Négypólusok

Négypólusok a telekommunikációs hálózatok leggyakoribb és legfontosabb áramköreihez tartoznak.

A négypólusok *megegyezés szerinti* pozitív áram és feszültség mérőirányai láthatók az alábbi ábrán:



Négypólus paraméterek:

$$U_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \qquad \boldsymbol{U} = \boldsymbol{ZI} \qquad \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$$
$$U_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

A paraméterek megkaphatók:

- A szekunder oldal lezárása szakadással, azaz $I_2 = 0$

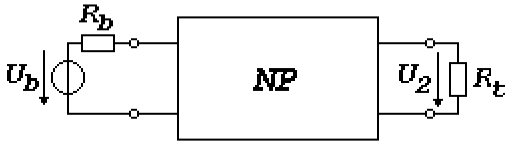
$$Z_{11} = \frac{U_1}{I_1}\Big|_{I_2=0} \qquad \text{És} \qquad Z_{21} = \frac{U_2}{I_1}\Big|_{I_2=0}$$

- a primer oldal lezárása szakadással, azaz $I_1 = 0$

$$Z_{12} = \frac{U_1}{I_2}\Big|_{I_1=0} \qquad \text{és} \qquad Z_{22} = \frac{U_2}{I_2}\Big|_{I_1=0}$$

Négypólus valóságos lezárásai

A gyakorlatban a négypólusok véges értékű ellenállásokkal vannak lezárva.



Hullámimpedancia

A *hullámimpedancia* definíciója:

$Z_{01} = \sqrt{Z_{1ü} Z_{1r}}$ és $Z_{02} = \sqrt{Z_{2ü} Z_{2r}}$ ahol *ü* és *r* indexek az négypólus üresjárási és rövidzárási lezárásaira utalnak.

Reflexiómentes illesztés feltétele: a négypólus szekunder oldalát Z_{02} impedanciával kell lezárni, míg a primer oldali generátor belső impedanciájának Z_{01} értékűnek kell lennie.

Hullámcsillapítás

Az átviteli tényező általában komplex, és a logaritmusát, a *hullámátvitelt* szokás használni:

$$g = \ln \Gamma = \ln |\Gamma| e^{jb} = a + jb$$

ahol:
$a(\omega) = \ln|\Gamma|$ *csillapítás Np-ben,* *és* $b(\omega) = arc|\Gamma|$ *a forgatás rad-ban*

$$\Gamma(s) = \frac{(Z_{11} + R_b)(Z_{22} + R_t) - Z_{12} Z_{21}}{2 Z_{21} \sqrt{R_b R_t}}$$

Szimmetrikus négypólus $R_b = R_t = R$ lezárásokkal:

$$\Gamma(s) = \frac{(Z_I + R)(Z_{II} + R)}{R(Z_{II} - Z_I)}$$

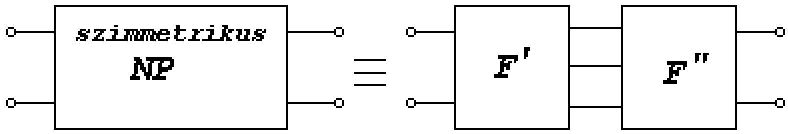
Szimmetrikus négypólusok

A négypólus akkor szimmetrikus villamosan, ha a primer és szekunder kapcsokat felcserélve, a négypólus-paraméterek nem változnak.

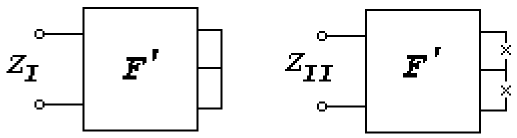
$Z_{11} = Z_{22}$ és $Z_{12} = Z_{21}$ Tehát a szimmetrikus négypólusok jellemzésére két paraméter is elegendő.

A geometrikusan szimmetrikus négypólusok villamosan is mindig szimmetrikusak.

Bartlett –tétel: a geometrikusan szimmetrikus négypólusok megfelezhetők



A fél négypólussal is ellemezhető az eredeti szimmetrikus négypólus:



- a fél NP rövidzárral való lezárásával $Z_I = \dfrac{U}{I} = Z_{11} - Z_{12}$ kapható meg.
- a fél NP üresjárással való lezárásával $Z_{II} = \dfrac{U}{I} = Z_{11} + Z_{12}$ kapható meg.

Szimmetrikus négypólus esetén: $Z_0 = Z_{01} = Z_{02}$, tehát mindkét lezárásnak Z_0 értékűnek kell lenni a reflexió mentességhez.

Így a hullámimpedancia:

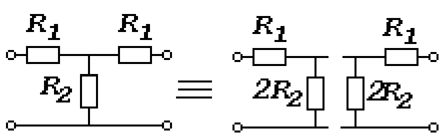
$$Z_{01} = \sqrt{Z_I Z_{II}}$$

És a hullámcsillapítás:

$$a_0 = \ln\left|\frac{1+\sqrt{\dfrac{Z_I}{Z_{II}}}}{1-\sqrt{\dfrac{Z_I}{Z_{II}}}}\right| \text{ Néper} \qquad \text{(1 dB=8.7Néper)}$$

1. Példa

Szimmetrikus T-tagra alkalmazva a Bartlett-tételt:



$$Z_I = R_1$$

$$Z_{II} = R_1 + 2R_2$$

$$Z_0 = \sqrt{Z_I Z_{II}} = \sqrt{R_1^2 + 2R_1R_2}$$

$$a_0 = \ln\left|\frac{1+\sqrt{\frac{Z_I}{Z_{II}}}}{1-\sqrt{\frac{Z_I}{Z_{II}}}}\right| = \ln\left|\frac{1+\sqrt{\frac{R_1}{R_1+2R_2}}}{1-\sqrt{\frac{R_1}{R_1+2R_2}}}\right|$$

Négypólus *tervezése* hullámimpedancia és hullámcsillapítás ismeretében:

Megoldás T-tagra:

$$R_1 = Z_0 \operatorname{th}\frac{a_0}{2}, \qquad \text{és} \qquad R_2 = \frac{Z_0}{\operatorname{sh} a_0}$$

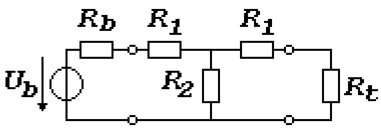
Megoldás Π-tagra:

$$R_1 = Z_0 \operatorname{sh} a_0, \qquad \text{és} \qquad R_2 = \frac{Z_0}{\operatorname{th}\frac{a_0}{2}}$$

2. példa:

Tervezzünk R_0=100 Ω-os hullámellenállással müködő 10-es osztó T-tagot.

$R_0 = R_b = R_t = 100\Omega \qquad a_0 = \ln 10 = 2{,}3\ \mathrm{Np}$

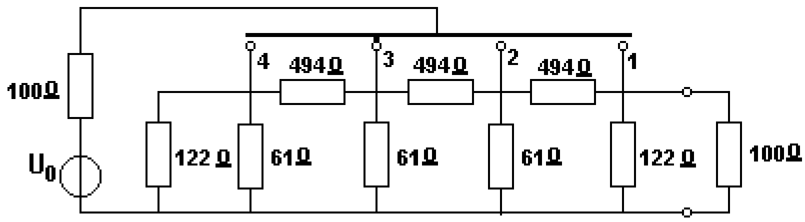


$$R_1 = Z_0 \operatorname{th}\frac{a_0}{2} = 100 \operatorname{th}\frac{2.3}{2} = 100 * 0{,}817 = 81{,}7\Omega$$
$$R_2 = \frac{Z_0}{\operatorname{sh} a_0} = \frac{100}{\operatorname{sh} 2{,}3} = \frac{100}{4{,}94} = 20{,}3\Omega$$

Ellenörzés: $R_0 = \sqrt{R_ü R_r} = \sqrt{82 * 123} = 100\Omega$

3. példa:

Egy négy dekádos kimenti osztó (attenuátor) kapcsolása:

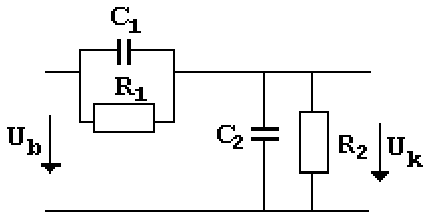


Ahol:

1-es állás: 0 dB
2-es állás: -20 dB
3-as állás: -40 dB
4-es állás: -60 dB

4. példa:

Műszer bemeneti impedanciájának frekvencia függetlenné hangolása:



$$H(s) = \frac{R_2 x \frac{1}{sC_2}}{R_1 x \frac{1}{sC_1} + R_2 x \frac{1}{sC_2}} = \frac{\frac{R_2}{1+sR_2C_2}}{\frac{R_1}{1+sR_1C_1} + \frac{R_2}{1+sR_2C_2}} =$$

$$= \frac{R_2\left(1+sR_1C_1\right)}{R_1\left(1+sR_2C_2\right)+R_2\left(1+sR_1C_1\right)} = \frac{R_2\left(1+sR_1C_1\right)}{R_1+R_2+sR_1R_2\left(C_1+C_2\right)} = \frac{R_1}{R_1+R_2}\frac{\left(1+sR_1C_1\right)}{1+s\frac{R_1R_2\left(C_1+C_2\right)}{R_1+R_2}}$$

ha $\frac{1}{R_1C_1} = \frac{R_1+R_2}{R_1R_2\left(C_1+C_2\right)}$ akkor $H(s) = \frac{R_2}{R_1+R_2}$ frekvenciafüggetlen osztó,

ahol C_1 a hangoló kapacitás.