

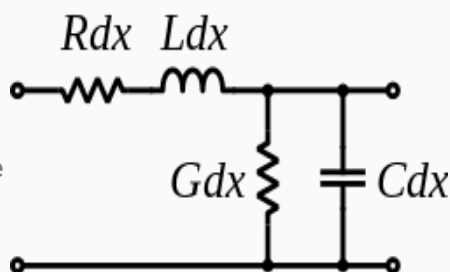
Tápvonalak



A rádiótechnikában gyakran előfordul, hogy az antenna nem azonos helyen található az adó-vevő berendezéssel. Ennek oka lehet, hogy fizikailag nem fér oda az erősítő ki/bemenetéhez az antenna, vagy az eszközünket védett helyen szeretnénk elhelyezni. A gyakorlatban természetesen jóformán mindig találunk átviteli hálózatot az antenna és az eszköz között. Ekkor jöhet szóba a tápvonal (angolul feedline vagy transmission line).

Mi is az a tápvonal?

- Kapcsolat az adó-vevő és az antenna között
- Elvárások:
 - Veszteségmentes átvitel
 - Ne sugározzon
- Hullámhosszal összemérhető méretek
Szükséges a hullámjelenségek figyelembevétele
→ Távvezeték
- Elosztott paraméterű hálózat



Egy tápvonal feladata a kapcsolatlétesítés az adó-vevő és az antenna között.

Lehetőleg tegye ezt úgy, hogy minél kisebb veszteségünk legyen és ne sugározzon, ez ugyanis ronthatja az antenna karakterisztikáját.

A rádiófrekvenciás hullámok hossza gyakran összemérhető a tápvonal hosszával, így itt már szükséges, hogy figyelembe vegyük a hullámjelenségeket. (Pl.: 145MHz-es rádióamatőr sávnak kb. 2m-es a szabadtéri hullámhossza.)

Elosztott paraméterű hálózatról beszélhetünk, a tápvonal elméletben az ábrán látható elemekből építhető fel, ezeket sorban egymás után kapcsolva kapjuk meg a tápvonal helyettesítő képét.

Hullámterjedés a tápvonalon

- Szabadtéri terjedés: $\lambda = \frac{c}{f}$
- Rövidülési tényező:
 - Az EM hullám dielektrikumban halad, nem vákuumban
 - Lassabb a hullám terjedési sebessége

Rel. velocity ratio
RG58c/u

V rel

%

67,0

- Illesztett tápvonal:
 - Az üzemi hullámhossz felének egész számú többszöröse
 - Mindkét végén azonos feszültség - áram viszonyok: 1:1 impedancia transzformáció

Hullámimpedancia

- Végtelen hosszú vezetéken kialakuló feszültség és áram aránya

- Tápvonal hullámimpedanciája:

- R: Vezetőkön mérhető soros ellenállás
- G: Két vezető között mérhető szivárgási vezetés
- Tápvonal csillapítása lineárisan nő
- Rádióhullámos csillapítása logaritmikusan nő
- Ezek elhanyagolhatók

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + L}{G + C}}$$

- Ideális tápvonal esetén:

- Nincs veszteség a tápvonalon
- Gyakorlatban is jó közelítés

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

A tápvonal legfontosabb paramétere annak hullámimpedanciája, ez lényegében a végtelen hosszú tápvonalon létrejövő feszültség és áram aránya.

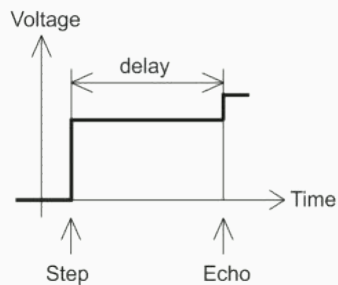
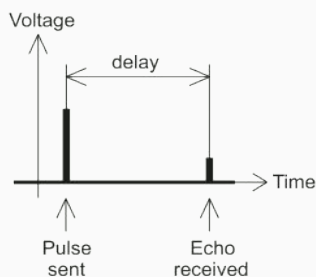
Egy valós tápvonal hullámimpedanciája a felső képlet szerinti. Ebben R a vezetők soros ellenállása, G a két vezető közötti szivárgási feszültség, L a vezetők induktivitása, C a vezetők között kialakuló kapacitás.

Ideális távvezeték esetén R és G elhanyagolható, így az alsó képletet kapjuk, ekkor valós a hullámimpedancia. Ez a számítás is jó közelítés a tápvonal valós hullámimpedanciájára.

A hullámimpedancia mérhető például egy tápvonal rövidzárral való lezárásával és az induktivitása mérésével, azonos tápvonal szakadással való lezárása és kapacitásának mérésével, majd ezeknek a képletbe való behelyettesítésével.

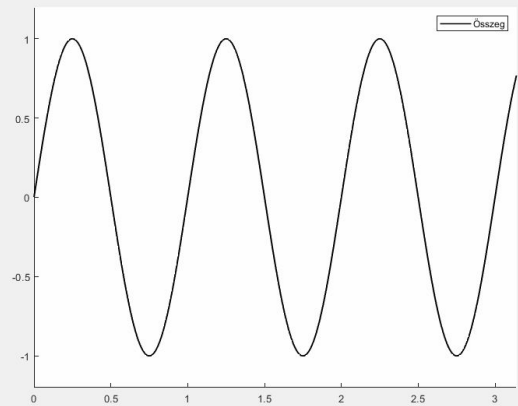
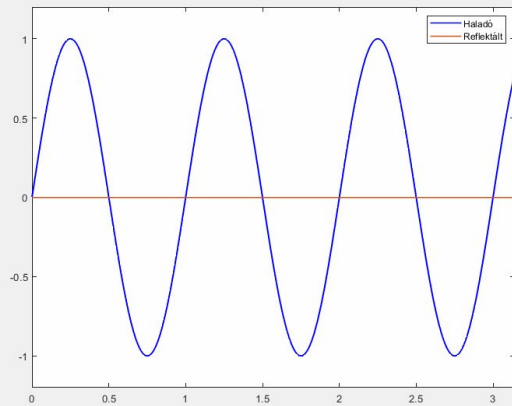
Reflexió

- Teljesítmény visszaverődés
- Illesztetlen lezárásról (adott frekvencián)
- Más hullámimpedanciájú közegről



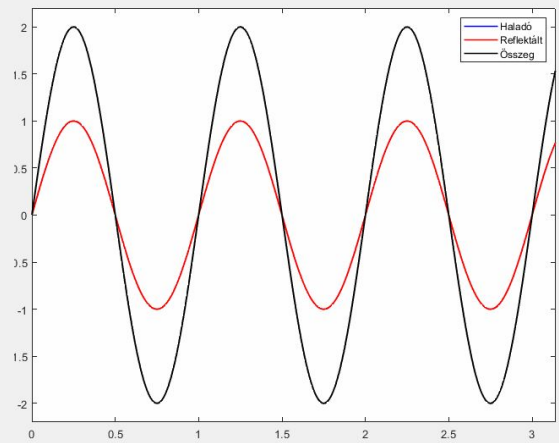
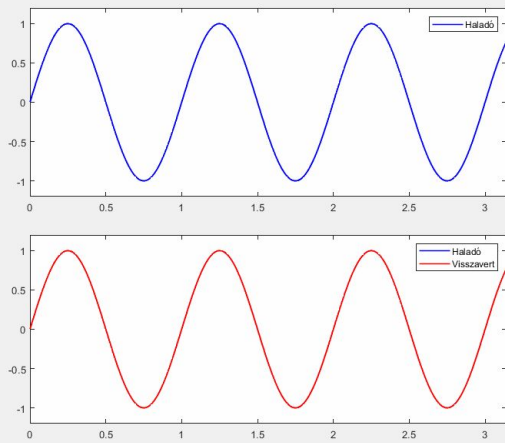
A tápvonal nem megfelelő lezárásánál reflexió keletkezik, azaz teljesítmény verődik vissza. Nekünk ez előnytelen, hiszen szeretnénk minél nagyobb teljesítményt kijuttatni az antennánkból. Ezen kívül viszont más kellemetlen hatása is van, amit a következő diákon részletezek.

Haladó hullám



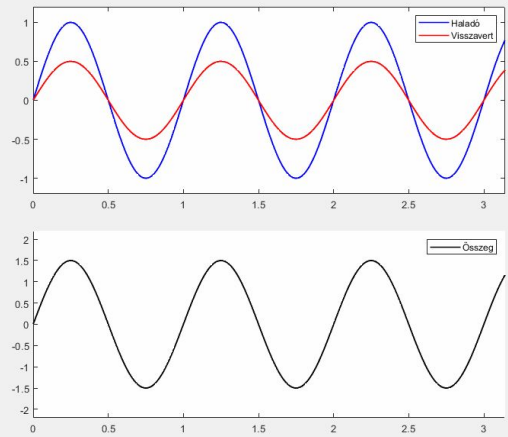
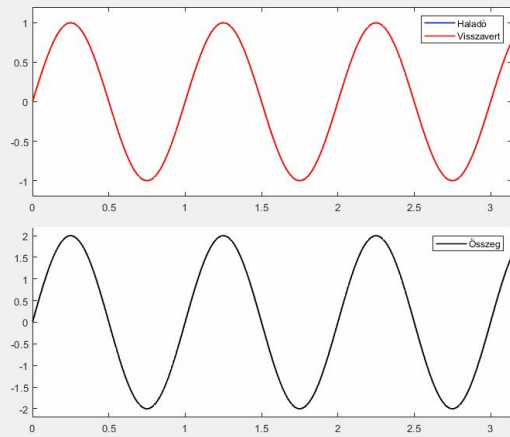
Ideális esetben a távvezetéken csak haladó hullámok vannak (az is milyen szép szinuszos az ábra szerint). Ekkor a lezáró impedancia (például antenna) nyeli el a teljes befektetett teljesítményt. A bal oldali ábrán a haladó hullám látható.

Haladó és visszavert hullám



Sajnos ideális esettel ritkán találkozunk. A fenti esetben valaki valamit nagyon elszúrt (például nem csatlakoztatott antennát a tápvonalra) és teljes reflexió van a tápvonal végénél. Ekkor a haladó és a visszavert hullámok amplitúdója megegyezik, irányuk ellentétes. A tápvonalon állóhullámok alakulnak ki, melynek során bizonyos pontokban a vezetéken a feszültség állandó nulla, más pontokon pedig hullámfrontok alakulnak ki.

Haladó és visszavert hullám



Állóhullámarány - SWR

- VSWR - Voltage Standing Wave Ratio
- A tápvezeték hosszán a legnagyobb és a legkisebb feszültség aránya

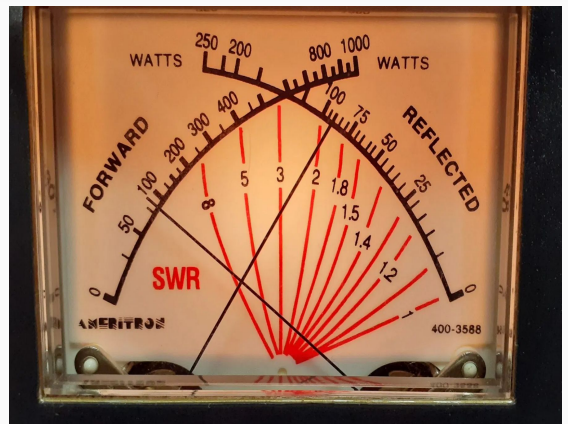
$$SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}}$$
$$1 \leq SWR < \infty$$



Miért rossz a visszavert hullám?

- Romlik a hatásfok
- Károsítja az adófokozatot
 - túlmelegedés
 - magasabb feszültség
- Kritikus SWR érték: 2-3 körül (10-25% visszaverődés)
- Elkerülhető:

Hangolt tápvonal



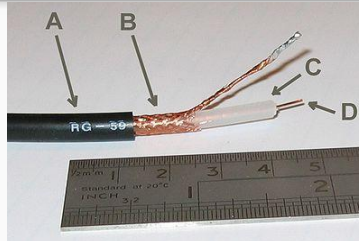
<https://coyotearc.net/>

Tápvonalak fajtái

- Koaxiális kábel
- Szimmetrikus tápvonal (macskalétra)
- Csőtápvonal
- Microstrip
- Stripline
- LVDS

Koax kábel

- Aszimmetrikus
- Korlátozott teljesítmény
- 50 vagy 75 ohm



PL-259 (Amphenol)



BNC



N type



SMA



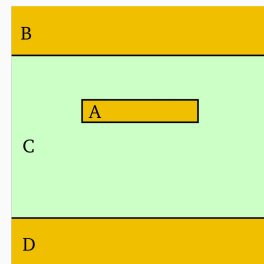
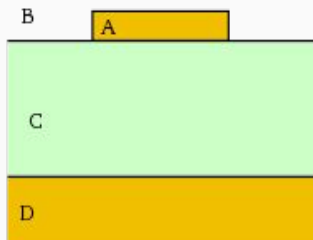
Macskalétra

- Szimmetrikus
- Lecher-vezeték
- Néhány 100 ohm



Microstrip, stripline

- Nyáklemezeken kialakítva
- Aszimmetrikus
- Általában GHz-es tartománytól fölfele használják



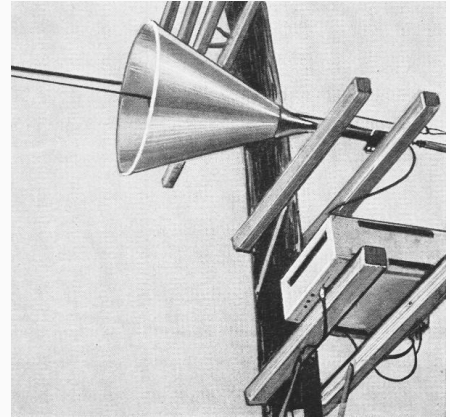
Csőtápvonalak

- Nagy teljesítmény
- Üregrezonátorok elve
- Kis veszteség
- A rádióamatőröknél ritkán
- Radarok, műholdas alkalmazások



Felületi hullám-vezető, Goubau-vezeték

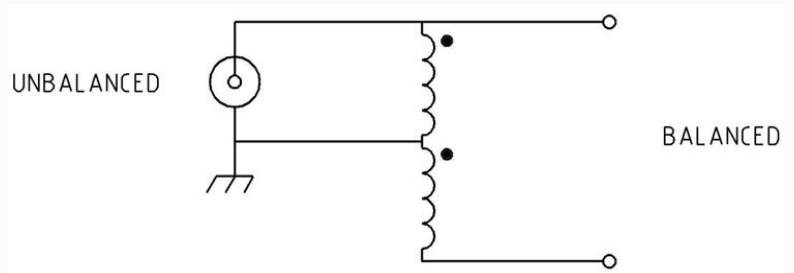
- Nagyfrekvenciás jelekhez
- Kis veszteség
- Ritkán használt
- Vezető ér, dielektrikum szigetelés
- Az RF teljesítmény nagyrésze a levegőben terjed



<https://www.rfcafe.com/references/radio-news/g-line-comm-unity-tv-system-november-1956-radio-television-news.htm>

Balun transzformátor

- Szimmetrikus - aszimmetrikus illesztés (BALanced - UNbalanced)
- Impedancia transzformáció
- köpenyáram megszüntetése koax kábelben

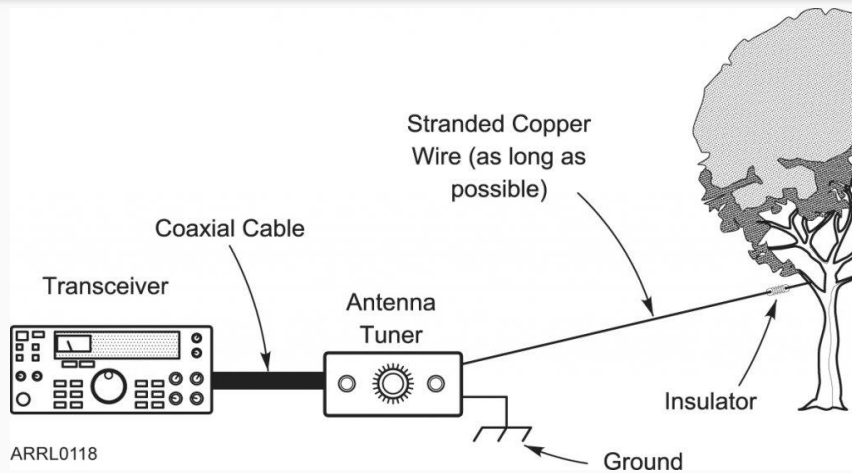


Tápvonalak egyéb felhasználásai

- Fázistolás
- Reaktáns tag - negyedhullámú tápvonal
 - Lezárva szakadással: Soros rezgőkör
 - Lezárva rövidzárral: Párhuzamos rezgőkör
- Impedancia transzformátor
- Balun



Egy egyszerű elrendezés



Köszönöm a figyelmet!

Kérdések?

