

## 12. Zavarjelek a mérőkörben

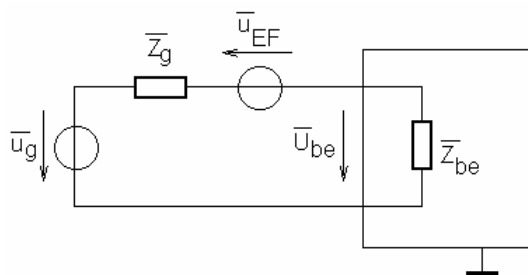
**Zavarjel (zaj):** hasznos információt nem tartalmazó, mérési hibát okozó jel.

Típusai:

- a.) időbeli lefolyás alapján:
  - egyenfeszültségű,
  - váltakozó feszültségű (determinisztikus és sztohasztikus).
- b.) keletkezési hely szerint:
  - ellenfázisú vagy soros (Normal Mode Signal),
  - azonosfázisú vagy párhuzamos (Common Mode Signal).

### 12.1. Ellenfázisú (soros) zavarjelek modellje

Az ellenfázisú zavarjel a két mérővezeték között lép fel.



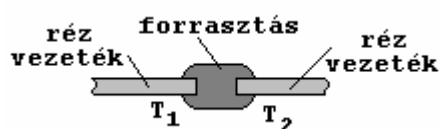
Általában a mérőjel és a zavarjel is komplex, tehát a két jel eredője a komplex összegük:

$$\bar{u}_{be} = \bar{u}_g + \bar{u}_{EF}$$

#### 12.1.1 Egyenfeszültségű zavarójel

Amennyiben a hasznos jelnek és a zavarójelnek is van egyen tartalma, akkor a zavarójel kiszűrhetetlen, csak a keletkezés okát lehet megszüntetni.

Példa:



Ha egy forrasztás két oldalán nem azonos a hőmérséklet, akkor a termoelem keletkezik, amelynek mértéke:  $3 - 10 \mu V / ^\circ C$

Példa:

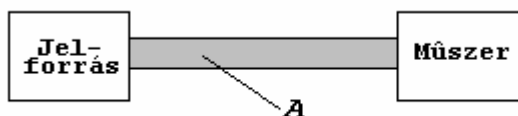


A Reed-relé két oldalán is két különböző fém találkozik. Eltérő hőmérséklet esetén a keletkező zajfeszültség:  $40 - 50 \mu V / ^\circ C$ .

## 12.2 Váltakozófeszültségű zavarjel

### 12.2.1 Induktív

A váltakozó feszültségű zavarjelek között a leggyakoribb a mérőkörbe induktív úton bejutó hálózati zavarfeszültség.



A mérővezetékek által meghatározott  $A$  felülettel arányos zajfeszültség indukálódik a környező szórt mágneses téből, amely a hasznos jelhez adódik.

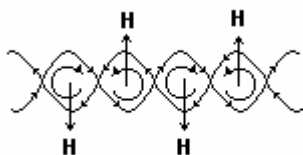
$$u_i = \frac{d\phi}{dt} = A \frac{dB}{dt}$$

A zavarójel csökkentésének módja mérővezetékekben:

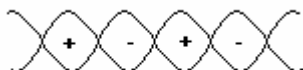
- mérővezeték sodrása,
- sugárzó (nagyáramú) vezeték sodrása,
- mérővezeték árnyékolása,
- sugárzó (nagyáramú) vezeték sodrása.

### Sodrás

A nagyáramú vezeték sodrásával az egyes hurkok mágneses tere kioltja egymást



A mérővezeték sodrásával az egyes hurkokban indukált zajfeszültség szintén kioltja egymást:



Az alábbi táblázatban a sodrás sűrűsége és az elérhető zajcsillapítás kapcsolata látható:

Vezeték	Zajcsökkentés [dB]
sodrás nélküli párhuzamos	0
10 cm-ként sodrott	0
7,5 cm-ként sodrott	23
5 cm-ként sodrott	37
2,5 cm-ként sodrott	41

### Árnyékolás

Alacsony frekvenciájú (pl. 50 Hz) mágneses zavaró hatások árnyékolásra mágnesesen jól vezető, nagy  $\mu_r$  relatív permeabilitású anyagból álló csövet vagy szalagot használnak. Csillapító hatása az alábbi táblázatban látható:

Vezeték	Zajcsökkentés [dB]
$\phi 12$ Al cső	0
$\phi 12$ acélcső	42,8
1 réteg acélszalag	10
5 réteg acélszalag	59

A mágnesezhető anyagok  $\mu_r$  relatív permeabilitása  $\sim 10$  kHz feletti frekvenciákon csökkenni kezd, hatása egyre rosszabb. Szerencsére egyre nagyobb szerephez jut az árnyékoló anyagban keletkező örvényáram energiaelnyelő hatása. Nagyobb frekvenciákon tehát megfelelő falvastagságú réz vagy alumínium burkolattal célszerű árnyékolni (amely egyben az elektrosztatikus zavarok ellen is véd).

#### 12.1.2.2 Kapacitív

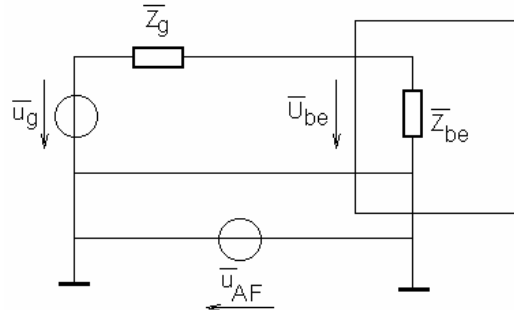
A zavarójel elektrosztatikus úton is bejuthat a mérőkörbe. Például galvanizáló berendezések közelében. Itt csak az árnyékolás hatásos, a vezetékek sodrása nem.

### Árnyékolás

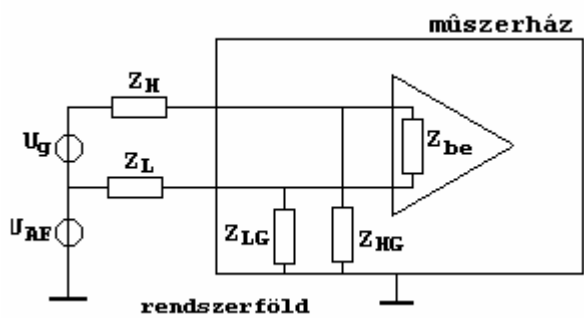
Vezeték	Zajcsökkentés [dB]
árnyékolatlan	0
ónozott rézszalag 80% fedéssel	40
ónozott rézszalag 90% fedéssel	51
Al fólia 100% fedéssel	76

## 12.2. Azonosfázisú zavarjelek modellje

A jelforrás és a mérőműszer nem azonos helyen történő földelési pontjai között fellépő zavarjel.



A zavarjel nem jut közvetlenül a műszer bemenetére, de a bementre jutó része már ellenfázisú (soros) zavarójelként adódik a hasznos jelhez.

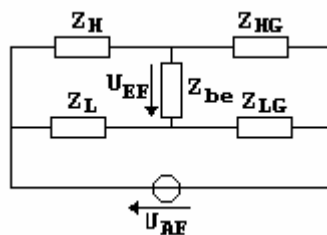


Ahol:

- $U_g$  a hasznos jelfeszültség
- $U_{AF}$  azonosfázisú zajfeszültség
- $Z_H$  és  $Z_L$  a mérővezetékek impedanciája
- $Z_{be}$  a műszererősítő bementi impedanciája
- $Z_{LG}$  és  $Z_{HG}$  a műszer bementek

szigetelési impedanciája a fém műszerházhhoz.

Az impedanciák egy hidat alkotnak. A bementre jutó zajfeszültség mértéke a híd kiegyenlítetttségétől függ. Az azonosfázisú zavarjel tehát ellenfázisú zavarjellé alakult át:



$$U_{EF} = U_{AF} \left[ \frac{Z_H}{Z_H + Z_{HG}} - \frac{Z_L}{Z_L + Z_{LG}} \right] = U_{AF} \frac{Z_H Z_{LG} - Z_L Z_{HG}}{(Z_H + Z_{HG})(Z_L + Z_{LG})}$$

A zajelnyomás mértékének definíciója (Common Mode Rejection Ratio=CMRR):

$$CMRR = 20 \lg \left| \frac{U_{AF}}{U_{EF}} \right| \quad [dB]$$

A hídra alkalmazva:

$$CMRR = 20 \log \frac{(Z_H + Z_{HG})(Z_L + Z_{LG})}{Z_H Z_{LG} - Z_L Z_{HG}}$$

A zaj teljes elnyomása a híd tökéletes kiegyenlítésével lenne megvalósítható:

$$Z_H Z_{LG} = Z_L Z_{HG}$$

A gyakorlatban csak az alábbiak biztosíthatók:

$$Z_{LG} = Z_{HG} = Z_G, \quad Z_G \gg Z_L \quad \text{és} \quad Z_G \gg Z_H$$

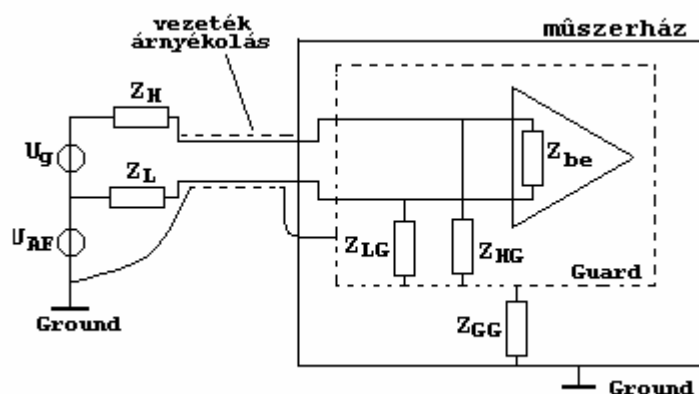
Ekkor:

$$CMRR \approx \frac{|Z_G|}{|Z_H - Z_L|} = \frac{|Z_G|}{|\Delta Z|}$$

### 12.2.1 A CMRR növelésének lehetőségei

$$\Delta Z \rightarrow 0 \quad \text{és} \quad Z_G \rightarrow \infty$$

A műszer bemeneti fokozatának belső árnyékolásával (GUARD) - amely a műszerháztól elszigetelt, zárt fémdoboz -  $Z_g$  értéke tovább növelhető, és ezzel a CMRR is javítható.

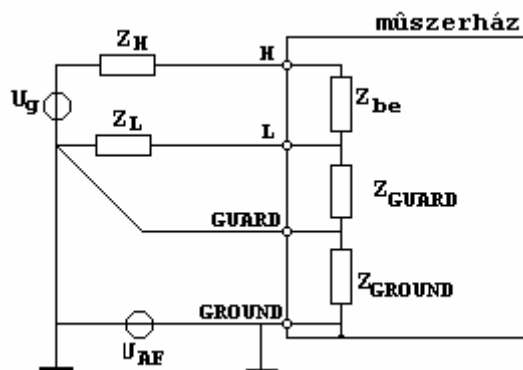


$$Z_{LG}^* = Z_{LG} + Z_{GG} \quad \text{és} \quad Z_{HG}^* = Z_{HG} + Z_{GG}$$

A műszereknél:  $\bar{Z}_G = R_G \times \frac{1}{j\omega C}$ , tehát frekvenciafüggő.

A CMRR értékét 50Hz-re adják meg a műszer katalógusok.

### 12.2.2. A GUARD helyes használata egy feszültségmérő műszer esetén



### 12.2.3 Földelési szempontok összefoglalása

1. A földelések tudatos kialakítása, a véletlenszerű földelések elkerülésével.
2. Stabil földelés kialakítása.
3. A jelvezeteket és árnyékolását csak egyetlen pontban (lehetőleg a jelforrás oldalán) szabad földelni.
4. GUARD esetén a vezeték árnyékolását ezzel kell összekötni, és a műszerház földjétől (GROUND) el kell szigetelni.
5. Több eres mérőkábel alkalmazása esetén:
  - A fel nem használt mérővezetéseket összekötve földelni kell.
  - Az árnyékolásokat szintén földelni kell, de az ellenkező oldalon.