

Ipari folyamatirányító rendszerek – 5.

Folyamatirányító rendszerek és ipari folyamatok jelkapcsolata – 5.

Dr. Csubák Tibor, Megyeri József, Barta Gergely – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A folyamatirányító rendszerek és ipari folyamatok jelkapcsolatát elemző cikksorozat előző részében tárgyalni kezdtük a folyamatirányító rendszer elemeinek földelési szabályait, amelyeket most folytatunk a nemkívánatos földáramkörök kiküszöbölési lehetőségeinek az ismertetésével. Ezt követően pedig rátérünk a szűrési módszerek rövid bemutatására.

A nemkívánatos földáramkörök kiküszöbölési módszerei

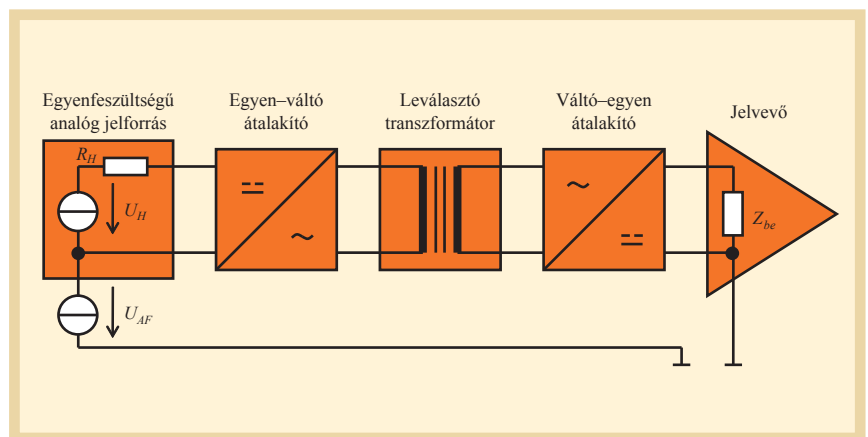
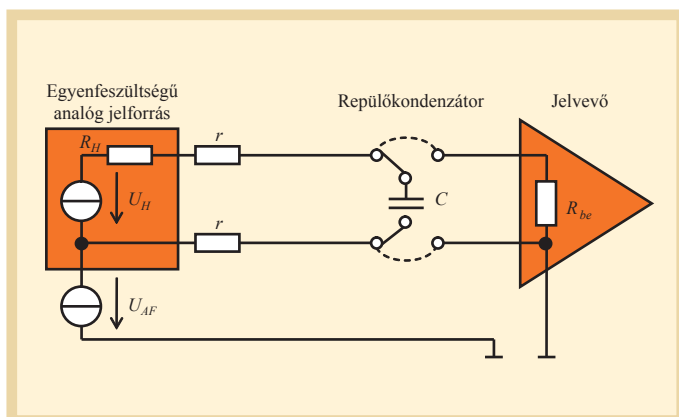
- A többszörös földelések helyett egyetlen pont földelése (ezt az előző részben már részletesen tárgyaltuk),
- Ha a többszörös földelés elkerülhetetlen, a földáramkörök galvanikus leválasztással történő megszakítása.

Galvanikus leválasztás

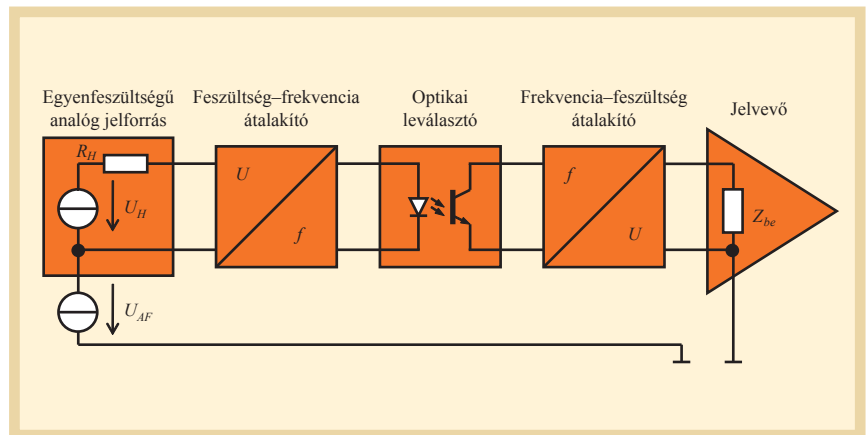
A galvanikus leválasztás megakadályozza a földáramkörök kialakulását. Galvanikus leválasztással pl. földelt jelforrás és földelt jelvévő is összekapcsolható egymással anélkül, hogy a földpotenciál különbségéből származó azonos fázisú zavarjel átalakulna ellenfázisú zavarjellé. A galvanikus leválasztást mind az analóg, mind a digitális jelekkel működő áramkörökben alkalmazzák.

Az 1. ábrán egy analóg jelcsatlakozás ún. repülőkondenzátoros leválasztása látható. A kondenzátor kapcsaira csatlakozó reléérintkezők nyugalmi állapotban a jelforrásra kapcsolódnak, és a kondenzátor a mindenkori hasznos jelfeszültség értékére töltődik fel. A relék átkapcsolásakor a feltöltött kondenzátor a jelvévő bemenetére kapcsolódik és a hasznos jelfeszültség értékét megtartva analóg memóriaként működik. A repülőkondenzátor a jelforrást és a jelvévőt galvanikusan szétválasztja egymástól, azaz a kettős földelésből eredő U_{AF} azonos fázisú zavarjel-áramkörét megszakítja. Az azonos

1. ábra Analóg jelcsatlakozás repülőkondenzátoros leválasztása



2. ábra Analóg jelcsatlakozás transzformátoros leválasztása

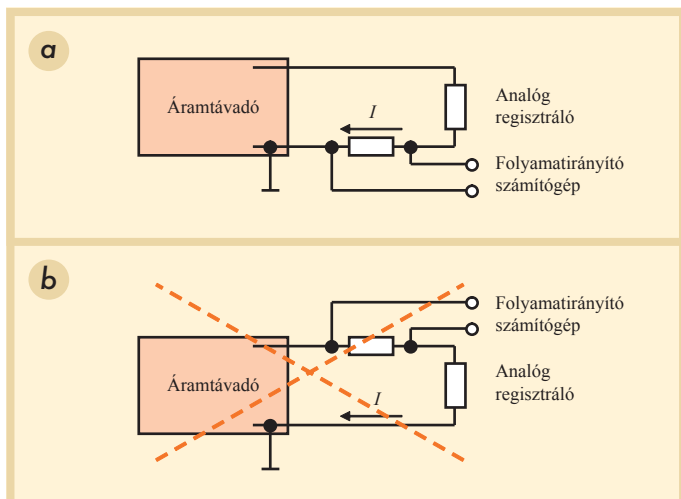


3. ábra Analóg jelcsatlakozás optoizolátoros leválasztása

fázisú jelből ellenfázisú zavarjel elvileg így nem keletkezik, vagyis az áramkör közösjelelnyomása igen jó. (A valóságban a közösjelelnyomás nagyságát a repülőkondenzátor körüli szórt kapacitások szabják meg.)

Analóg jellel működő áramkörök transzformátoros leválasztását mutatja a 2. ábra. Ennek a megoldásnak az a hátránya, hogy lineáris átvitelű transzformátort és pontos egyen-váltó, ill. váltó-egyen átalakítót igényel.

A 3. ábrán látható megoldásban az egyenfeszültségű analóg jelet egy feszültség-frekvencia átalakítóval frekvenciajellé alakítják. A frekvenciajel optikai csatolóval egyszerűen leválasztható. Az ily módon galvanikusan leválasztott jel egy frekvencia-feszültség átalakítóval egyenfeszültséggé visszaalakítható, vagy akár közvetlenül a folyamatirányító berendezés számláló bemenetére kapcsolódhat.

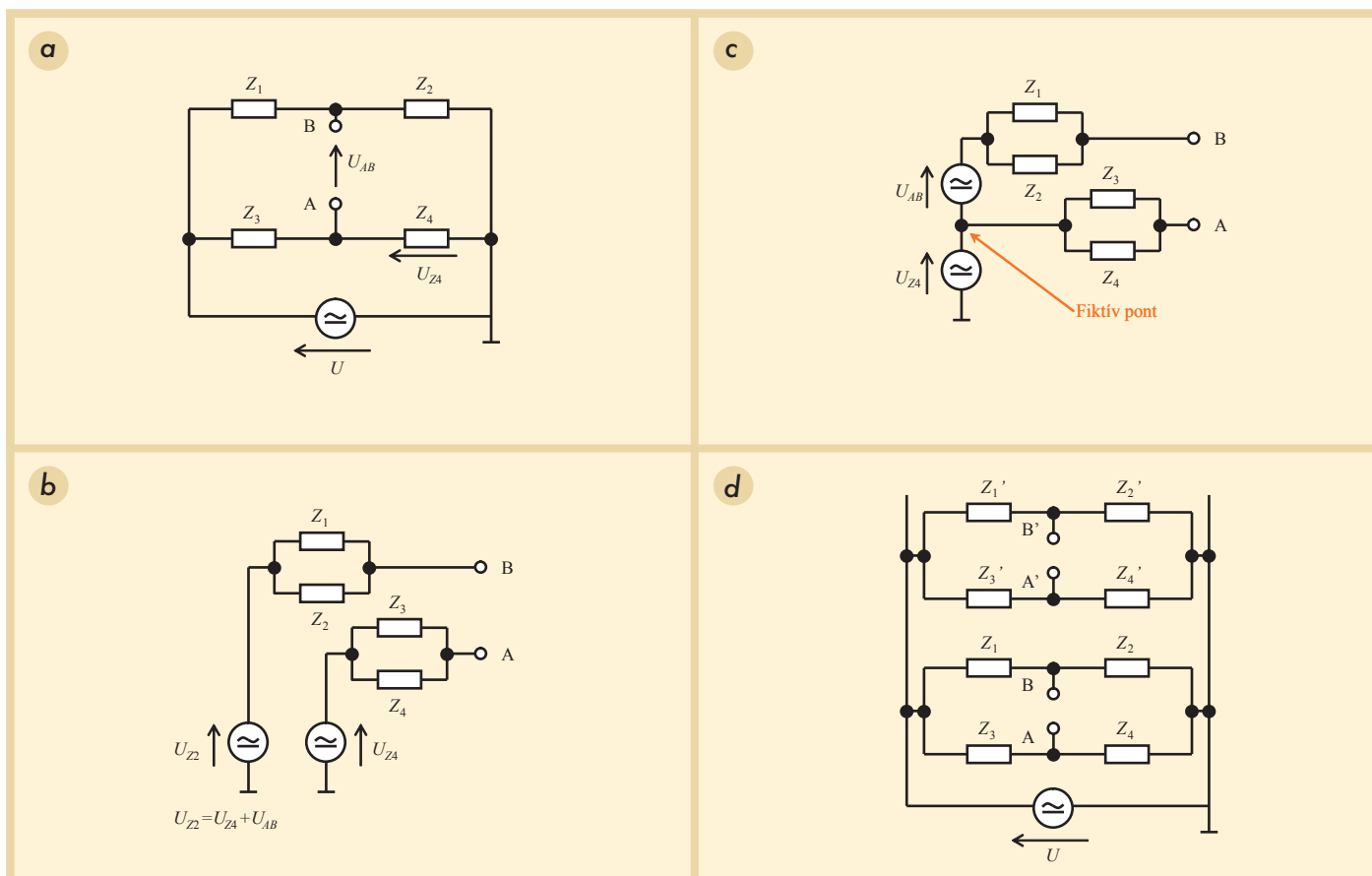


4. ábra Analóg áramjelek mérőkör-kialakításai

Mérőkör-kialakítások áramtávadók esetén

Folyamatirányító rendszerekben nagyon gyakran előfordul, hogy az áramtávadó kimenő áramjele sorosan kapcsolódik több jelfeldolgozó egységre (pl. folyamatirányító bemenete, regisztráló, terepi megjelenítő). Ezt úgy valósítják meg, hogy a jelfeldolgozó egységek bemeneteire precíziós ellenállásokat kapcsolnak és az ellenállásokon eső feszültséget mérik. (Ez természetesen csak akkor helyes megoldás, ha a jelfeldolgozók bemenetei földfüggetlenek.) A 4.a ábra a számítógépes feldolgozás szempontjából helyes, míg a 4.b ábra a helytelen kialakítást mutatja, mivel ez utóbbi esetben a távadó földjéhez képest az analog regisztráló bemeneti ellenállásán eső feszültség a számítógépes mérőkör szempontjából azonos fázisú zavarjelként jelentkezik.

5. ábra Mérőhid kialakítása földelt híd tápfeszültség esetén



Mérőhidak földelési kialakításai

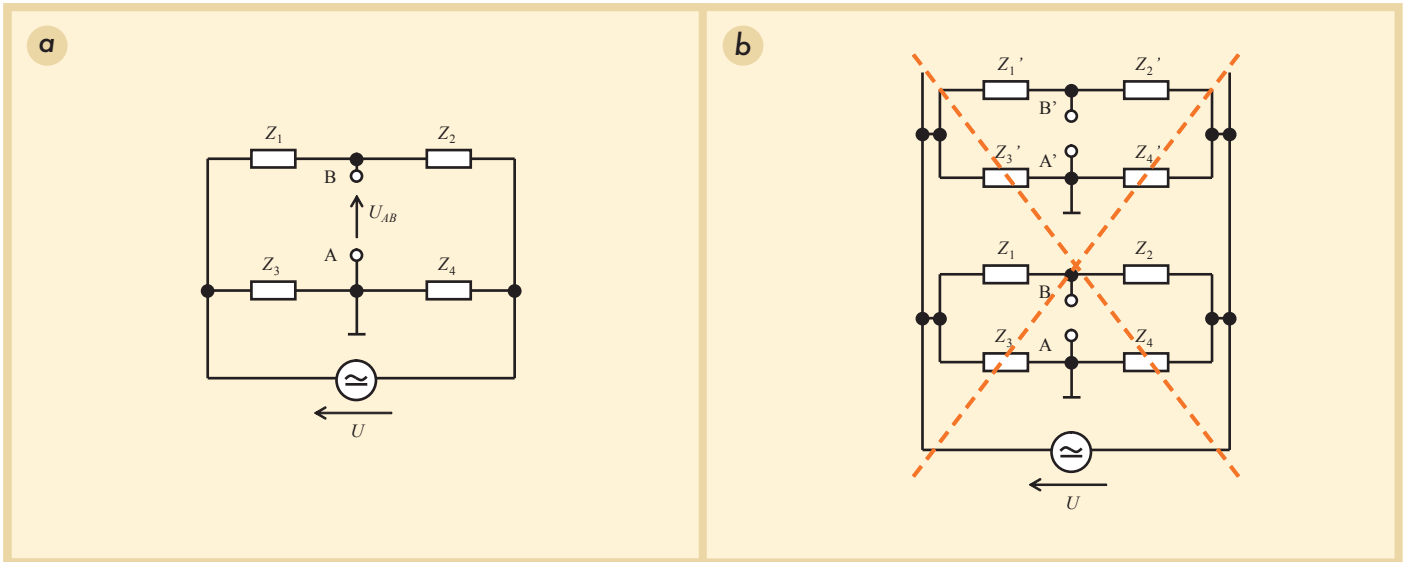
Elsőként vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor a híd tápfeszültségének egyik pontja földelt. Az 5.a ábra a tápfeszültségnél földelt mérőhidat, az 5.b és az 5.c ábra pedig a híd kimeneti pontjai és a föld közötti áramkörök helyettesítő képeit szemlélteti. Az 5.c ábrán vázolt helyettesítő képből jól látható, hogy a Z_4 impedancián eső feszültség az A-B kimeneti kapcsok szempontjából U_{ZA} nagyságú, azonos fázisú feszültséget jelent, és ez a feszültség könnyen ellenfázisú zavarjellé alakulhat. Ugyanakkor a földelt tápfeszültség alkalmazása lehetővé teszi, hogy több mérőhid ugyanazon híd tápfeszültségről működjön, ahogy azt az 5.d ábra is szemlélteti.

Nem keletkezik azonos fázisú feszültség, ha a híd valamelyik kimeneti pontját földeljük le (6.a ábra). Ebben az esetben azonban több mérőhid alkalmazása esetén minden egyes mérőhidhoz galvanikusan független híd tápfeszültséget kell alkalmazni.

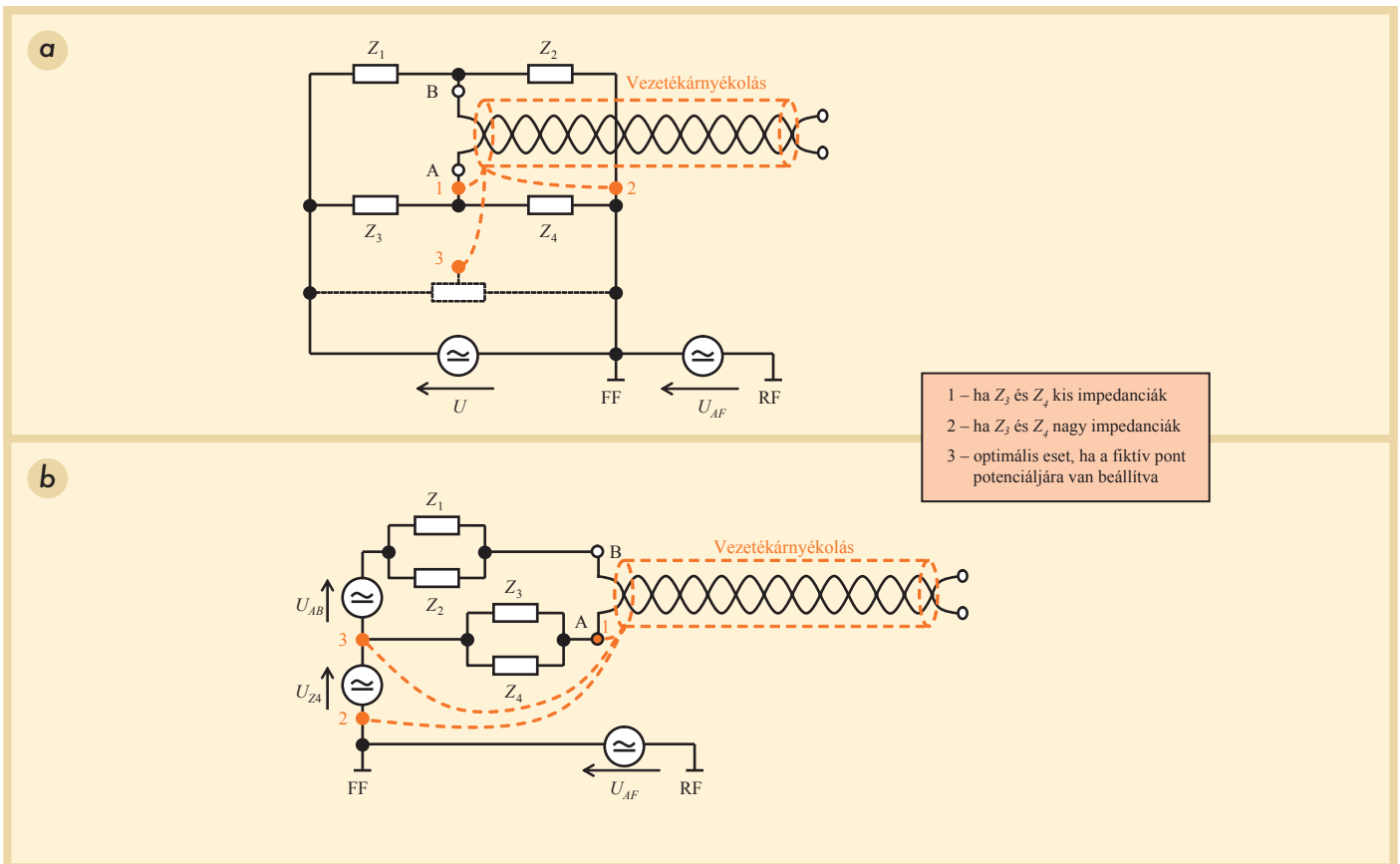
A vezetékárnyékolás csatlakoztatása

Földelt híd tápfeszültség esetén a vezetékárnyékolást egy fizikailag nem létező „fiktív pontra” (a 7.b ábra 3-as jelű pontjára) kellene kötni. Mivel ez közvetlenül nem tehető meg, három lehetőség jöhet számításba (7.a ábra):

- Első esetben a vezetékárnyékolást az „A” ponthoz kapcsoljuk. Ez akkor tehető meg, ha a híd impedanciák kicsik.
- A második lehetőség, hogy a vezetékárnyékolást a felhasználói földhöz (FF) kötjük. Ez akkor alkalmazható, ha $U_{AF} \gg U_{ZA}$.
- Ha a fenti megoldások nem adnak kielégítő eredményt, akkor a tápfeszültséggel párhuzamosan egy csúszóérintkezős ellenállást kapcsolunk (a csúszóérintkezőt úgy állítjuk be, hogy feszültsége egyezzen meg a fiktív pont feszültségével), és a vezetékárnyékolást ehhez a ponthoz csatlakoztatjuk. Földelt hídkimenet esetén a vezetékárnyékolást a felhasználói földpontra (FF) kell kötni (8. ábra).



6. ábra Mérőhid kialakítása földelt hídkiemelés esetén



7. ábra A vezetékárményékolás csatlakoztatása földelt hídápfeszültség esetén

Zavarjelek kiszűrése a jelvévőben

A zavarjelek kiküszöbölésekor egyrészt a zajforrás kialakulását igyekszünk megakadályozni, másrészt a zajforrás és a hasznos jelforrás csatolását próbáljuk csökkenteni. E törekvések ellenére bekerülhetnek zavarjelek a mérőrendszer áramköreibe. Az ilyen zavarjelek a jelvévőben szűréssel csökkenthetők. A szűrés természetesen csak akkor alkalmazható, ha a hasznos jel és a zavarjel frekvenciatartománya jól elkülöníthető egymástól. A leggyakrabban használt szűrési módszerek:

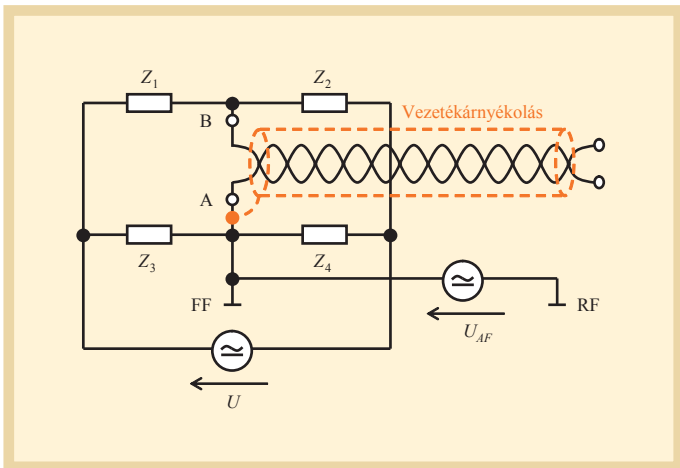
- analóg szűrés,
- digitális szűrés,
- integrálással történő szűrés.

Analóg szűrés

A jelvévő bemenetén rendszerint RC-áramkörből felépített, egy vagy két időállandós, passzív szűrőket használnak. Passzív, analóg szűréssel az 1 Hz-nél nagyobb frekvenciájú zavarjelek csillapíthatók eredményesen. A 9. ábrán látható passzív, analóg szűrő szimmetrikus kialakítása teszi lehetővé, hogy az azonos fázisú zavarjelelnyomás (CMR) ne csökkenjen.

Digitális szűrés

Digitális szűrés esetén a zavarjeleket a hasznos jelről a jelvévőben számítási műveletek segítségével választják le. Ezzel a módszerrel jól csillapíthatók az alacsony (0,001...1 Hz) frek-



8. ábra A vezetékárményekolás csatlakoztatása földelt hídkiemenet esetén

venciájú zavarjelek. Egy egyidőállandós RC-szűrő differenciálegyenlete:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = A x(t) \quad ,$$

- ahol: $y(t)$ a szűrő kimeneti jele
- $x(t)$ a szűrő bemeneti jele
- T a szűrő időállandója ($T=RC$)
- A a szűrő átviteli tényezője

A digitális berendezés adott mintavételi időpontokban végzi a számításokat és emiatt differenciaegyenlettel dolgozik:

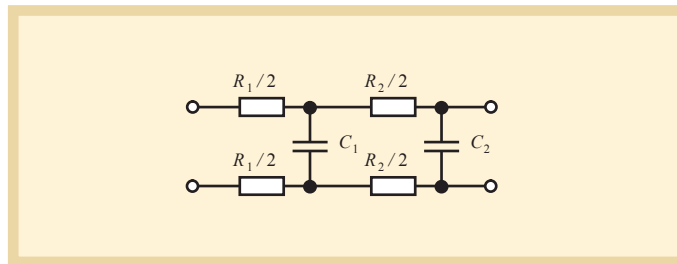
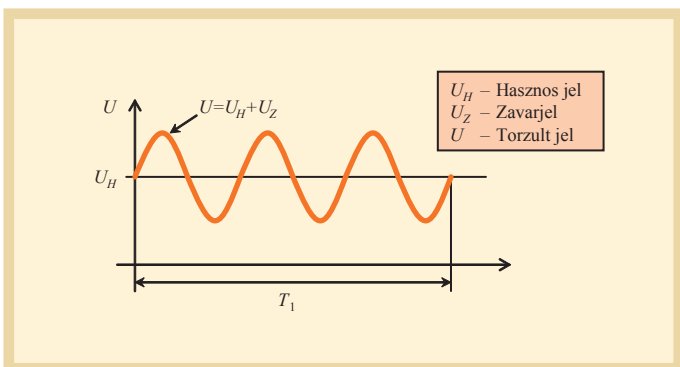
$$T \frac{y_n - y_{n-1}}{\tau} + y_n = A x_n \quad ,$$

amiből:

$$y_n = \frac{A\tau}{T+\tau} x_n + \frac{T}{T+\tau} y_{n-1} \quad ,$$

- ahol: τ a mintavételi idő
- y_n a kimenőjel értéke t_n időpontban
- x_n a bemenőjel értéke t_n időpontban
- y_{n-1} a kimenőjel értéke a megelőző t_{n-1} mintavételi időpontban.

10. ábra Zavarjel szűrése integrálással



9. ábra Szimmetrikus kialakítású analóg RC-szűrőtág

Integrálás

Ha egy áramkörben a jelfeldolgozás előtt egy időzített integrálóegységet iktatunk be, akkor az integrátor – az integrálás időtartamától függően – bizonyos frekvenciájú, váltakozó feszültségű jelet elvileg teljesen kiszűr, más frekvenciájú jelet pedig adott mértékben csillapít. Az integrátor T_I integrálási idejét a legnagyobb, leggyakrabban előforduló zavarjel – pl. a váltakozó tápfeszültségből származó zaj – periódusidejéhez célszerű beállítani. A 10. ábrán látható, hogy ha $k \times 1/f = T_I$ ideig integrálunk ($k=1, 2, 3, \dots$), akkor az U_Z zavarjel „kiintegrálódik”.

Példa:

Legyen a hasznos jel $U_H = U_0$, a zavarjel pedig $\hat{U} \cdot \sin(\omega t)$, vagyis a bemeneten mérhető jel:

$$U = U_0 + \hat{U} \cdot \sin(\omega t) \quad .$$

Ha τ az integrátor időállandója, T_I az integrálási idő és f a kiszűrni kívánt frekvencia, akkor az integrátor kimenőjele:

$$\begin{aligned} U_{KI} &= \frac{1}{\tau} \int_0^{T_I} U_0 dt + \frac{1}{\tau} \int_0^{T_I} \hat{U} \sin(\omega t) dt = \\ &= \frac{U_0 T_I}{\tau} - \frac{U_Z}{\tau} \left[\frac{\cos(\omega t)}{\omega} \right]_0^{T_I} = \\ &= \frac{U_0 T_I}{\tau} - \frac{U_Z}{\tau} \left(\frac{\cos(\omega T_I)}{\omega} - \frac{\cos(\omega 0)}{\omega} \right) = \\ &= \frac{U_0 T_I}{\tau} - \frac{U_Z}{\tau} \left(\frac{\cos(2\pi f T_I)}{2\pi f} - \frac{1}{2\pi f} \right) \quad . \end{aligned}$$

Ha $T_I = k \times 1/f$, ahol ($k=1, 2, 3, \dots$), akkor

$$\begin{aligned} U_{KI} &= \frac{U_0 T_I}{\tau} - \frac{U_Z}{\tau} \left(\frac{\cos\left(2\pi \frac{k}{T_I} T_I\right)}{2\pi \frac{k}{T_I}} - \frac{1}{2\pi \frac{k}{T_I}} \right) = \\ &= \frac{U_0 T_I}{\tau} - \frac{U_Z}{\tau} \left(\frac{1}{2\pi \frac{k}{T_I}} - \frac{1}{2\pi \frac{k}{T_I}} \right) = \frac{T_I}{\tau} U_0 \quad , \end{aligned}$$

vagyis az integrátor kimenőjele csak a hasznos jeltől (arányosan) függ és független a zavarjel értékétől.

(Folytatjuk)