

KAT

Magyar <sup>(11) 2283</sup>  
HIRADÁSTECHNIKA

**1**

## Szerkesztőség:

Budapest, VI.  
Rudas László-u. 45.  
Telefon: 113—027

## Felelős szerkesztő:

Lévai Pál

## Szerkesztőbizottság:

Alkér Tibor  
dr. Barta István  
Boglár Gyula  
Bognár Géza  
dr. Dénes Péter  
Istvánffy Edvin  
Izsák Miklós  
Koczka László  
Kodolányi Gyula  
Komlós István  
dr. Crbán György  
Sárközy Géza  
Székely Mihály  
Szigeti György  
Szikszay Lajos  
Vágó Artúr  
Valkó Iván Péter  
Winter Ernő

Megjelenik kéthavonta  
Előfizetési ár egy évre 30.—,  
példányonként 6.50 Ft.

<i>Temes Gábor</i> : Integráló típusú frekvenciamérők és osztók .....	1
<i>Sebestyén László Gábor</i> : Zajgenerátor felhasználása erősítők bemeneti impedanciájának mérésére .....	10
<i>Katona János</i> : Réteg- és tömörellenállások feszültségfüggése .....	13
<i>Márkus Endre</i> : Tropikalizációs és üzembiztonsági vizsgálatok .....	18
Híradástechnikai alkatrésziállítás .....	25
<i>Dr. Borsodi Lóránt</i> : Fémek, szigetelőanyagok ragasztása és a ragasztás alkalmazása a híradástechnikában .....	26
Könyvismertetés. <i>Grodnyev—Miller</i> : Hírközlő kábelek. <i>Faragó—Pócza</i> : Elektronfizika .....	31
Egyesületi élet .....	32

Габор Темеш: Измерители и разделители частоты интегрирующего типа .....	1
Ласло Габор Шебештьен: Применение генератора шумов для измерения входного импеданса усилителей .....	10
Янош Катона: Зависимость беспроволочных и объемных сопротивлений от напряжения .....	13
Эндре Маркуш: Испытания на эксплуатационную надежность в тропических условиях .....	18
Выставка составных частей средств связи .....	25
Лорант Боршоди: Склейка металлов и изоляционных материалов и применение склейки в технике связи .....	26
Обзор книг .....	31
Из жизни общества .....	32

<i>G. Temes</i> : Integrations-Frequenzmesser und Teiler .....	1
<i>L. G. Sebestyén</i> : Verwendung des Geräuschgenerators zur Messung der Eingangsimpedanz von Verstärkern .....	10
<i>J. Katona</i> : Spannungsabhängigkeit der Schicht- und Massewiderstände .....	13
<i>E. Márkus</i> : Tropen- und Betriebssicherheitsprüfungen .....	18
<i>L. Borsodi</i> : Verklebung von Metallen und Isolierstoffen und Anwendung des Klebens in der Fernmeldetechnik .....	26

<i>G. Temes</i> : Integrating Type Frequency Meters and Dividers .....	1
<i>L. G. Sebestyén</i> : Noise Generator Used for Measuring the Input Impedance of Amplifiers .....	10
<i>J. Katona</i> : Voltage Dependency of Carbon Film and Solid Rod Resistors .....	13
<i>E. Márkus</i> : Tropical and Reliability Tests .....	18
<i>L. Borsodi</i> : Sticking of Metals and Insulating Materials and the Application of Adhesives in Telecommunication Technics .....	26

<i>G. Temes</i> : Fréquencesmètres et diviseurs de type d'intégration .....	1
<i>L. G. Sebestyén</i> : L'application d'un générateur de bruit au mesurage de l'impédance d'entrée des amplificateurs .....	10
<i>J. Katona</i> : La dépendance des résistances à couche de charbon ou massives de la tension électrique .....	13
<i>E. Márkus</i> : Essais de tropicalisation et de fiabilité .....	18
<i>L. Borsodi</i> : Le collage des métaux et des isolateurs et l'application du collage dans la télécommunication .....	26

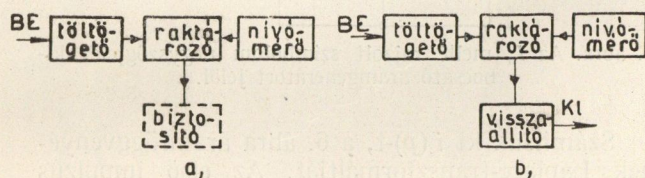
## Integráló típusú frekvenciamérők és osztók

TEMES GÁBOR

Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék

A technika és fizika számos területén fontos szerepet játszanak az integráló-típusú kapcsolások. Közvetlen leolvasású részecske-számláló berendezéseknél és frekvenciamérőknél, továbbá nagymértékű frekvencialeosztásnál ezek adják a leegyszerűbb és legkönnyebben megvalósítható megoldást.\* Mivel a televíziós technika és mérés technika, valamint a kísérleti atomfizika fejlődése ezeket a problémákat most előtérbe hozta, indokoltnak látszik a kialakult kapcsolások összefoglalása és néhány alapkapsolás részletesebb elméleti vizsgálata.

Attól függően, hogy frekvenciamérésre (intenzitásmérésre), vagy frekvenciaosztásra használjuk, az integráló kapcsolás blokksémája kétféle lehet (1. ábra).



1. ábra. Integráló-típusú berendezések alapsémái: a) frekvencia- (intenzitás-) mérő berendezés, b) frekvenciaosztó.

A két blokkséma nem különbözik egymástól lényegesen. Azonban a megegyező felépítés ellenére a feladatok különbözősége más-más problémákat vet fel a két berendezésnél. Indokolt tehát külön tárgyalni őket. Célszerű a tárgyalást az egyszerűbb felépítésű frekvenciamérőn kezdeni.

### Integráló típusú részecskeszámláló és frekvenciamérő berendezések

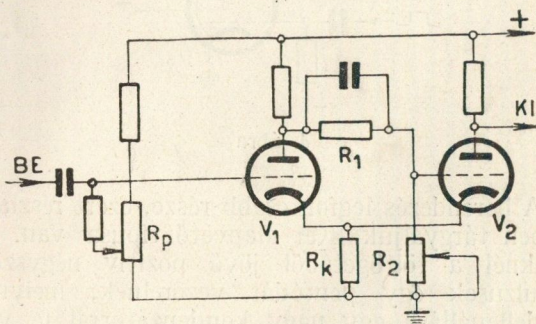
A készülék blokksémája az 1a ábrán látható. Az egyes fokozatok feladatait és a szokásos megoldásokat külön-külön tárgyaljuk.

#### Töltőgő fokozat

A fokozat célja, hogy a beérkező, alakra és nagyságra nem teljesen egyforma jeleket egyforma, lehetőleg könnyen kezelhető alakú jelekké (rend-

szert négyzögimpulzusokká) formálja. A fokozat különös fontossággal bír részecskeszámlálás esetén, ilyenkor ugyanis a beérkező impulzusok Geiger—Müller-csőből erednek és így alakjuk és nagyságuk a Geiger—Müller-csőből függ. Még azonos cső esetén is (a cső újraeledési ideje miatt) az impulzusok nagysága a pillanatnyi frekvencia függvénye. A szokásos megoldásoknál a beérkező impulzusokat felerősítik, majd (rendszerint vágással és differenciálással) kihegyezik. Az így formált impulzusokkal monostabil relaxációs oszcillátort működtetnek. A relaxációs oszcillátor rendszerint multivibrátor, de használnak fantasztront és ön-záró (blocking) oszcillátort is. Az oszcillátor táplálja azután a kívánt egyforma négyzögjelet a raktározó fokozatba. Szinuszos jelekre berendezett frekvenciamérőnél a töltőgő fokozat lehet egyszerű vágó-erősítő is. Ennek hátránya, hogy nem tökéletes szinuszalak esetén a mérés hamis eredményt ad.

Gyakran van szükség arra, hogy a készüléket csak egy kritikus értéknél nagyobb amplitudóval rendelkező impulzusok működtessék. Ez feszültségdiszkriminátor alkalmazásával érhető el. A diszkriminátor alapkapsolása a 2. ábrán látható. A kapcsolási elemek úgy vannak megválasztva, hogy nyugalmi állapotban  $V_2$  vezet és  $V_1$ -et  $R_k$ -n át lezárva tartja. Ha a bemenő jel amplitúdója elég nagy ahhoz, hogy  $V_1$ -et kinyissa, a kapcsolás átbillen és  $V_1$  vezet mindaddig, amíg  $V_1$  rácsfeszültsége a bemenő jel csökkenése miatt ismét le nem

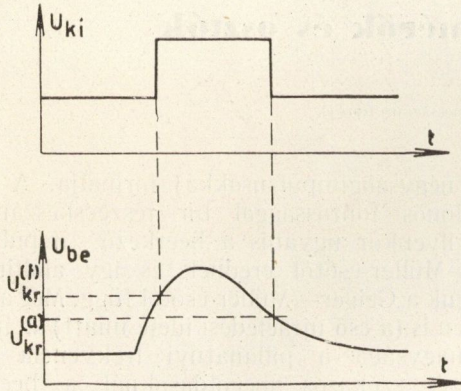


2. ábra

esik. Az átbillenés kb. akkor jön létre, ha  $V_1$  rácsfeszültsége  $V_2$  rácsfeszültségét eléri. A visszabillenés valamivel alacsonyabb feszültségnél áll be, mint az átbillenés, így a kapcsolás állapota  $V_1$  rácsfeszültségétől egy tartományon belül nem függ egyértelműen. A kapcsolás tehát lényegileg egy két stabil állapotú billenőkör. Adott bemenő je-

\* Frekvenciaosztásra használatosak még billenőkapsolások, művonalas osztók és osztócsövet alkalmazó berendezések. Ezek közül nagymértékű osztásra a két utolsó alkalmazható. A művonalas osztók alkalmazását háttérbe szorítja nagy helyszükségletük és súlyuk. Az osztócsöves kapcsolás tekinthető mind stabilitás, mind egyszerűség szempontjából valamennyi berendezés közt a legjobbnak. Mivel azonban osztócsövet nálunk még nem gyártanak, ez a megoldás — egyelőre — elesik.

esetén a kiadott impulzus a 3. ábra szerint alakul. A kiadott jel szélessége a kritikus feszültségeken kívül a bemenő jel alakjától is függ, amplitúdója azonban a bemenő jeltől tág határok közt független.

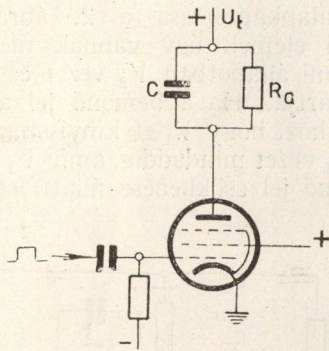


3. ábra

A készüléket az eddigiek szerint olyan impulzusok működtetik, amelyeknek amplitúdója a nyugalmi rácsfeszültségek különbségénél nagyobb. A rácsfeszültségek értéke, és így a működtető jel amplitúdója,  $R_p$  és  $R_2$  változtatásával beállítható.

**Raktározó fokozat**

A raktározó fokozat feladata, hogy a töltőgetőtől érkező impulzusokból a nívómérő számára a frekvenciával arányos villamos mennyiségeket állítson elő.



4. ábra

A berendezés legfontosabb része, ezért részletesebben tárgyaljuk. Két alapvető típusa van. Az egyiknél a töltőgetőtől jövő pozitív négyszögimpulzusok egy pentódát vezérelnek, melynek anódellenállása egy nagy kondenzátorral le van sőtölve (4. ábra).

A pentóda az impulzusok közti időben le van zárva, az impulzusok hatására pedig négyszögalakú áramimpulzusokat hoz létre. A 4. ábra kapcsolásának helyettesítő áramkörét megrajzolva és a pentódát Norton-ekvivalensével helyettesítve az 5. ábra elrendezéséhez jutunk.

Legyen az áramgenerátor által kibocsátott jel a 6. ábra szerinti.

Ekkor az 5. ábra jelöléseivel a körben folyó áramokra a következő egyenletek írhatók fel:

$$I_R + I_c = I$$

és

$$I_R = \frac{U_c}{R} = \frac{1}{RC} \int_0^t I_c dt$$

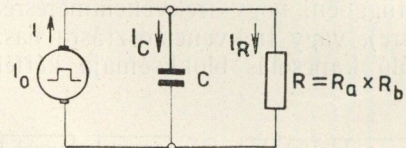
Képezzük az egyenletek Laplace-transzformáltjait:

$$i_R(p) + i_c(p) = i(p)$$

$$i_R(p) = \frac{i_c(p)}{pRC}$$

ahonnan:

$$i_R(p) = \frac{i(p)}{1 + pRC}$$



5. ábra. Az  $I_0$  mellé rajzolt szimbólum négyszögjelet kibocsátó áramgenerátort jelöl.

Számítsuk ki  $i(p)$ -t, a 6. ábra áramfüggvényének Laplace-transzformáltját. Az első impulzus transzformáltja:

$$i_1(p) = \int_0^{\tau} e^{-pt} I_0 dt = I_0 \frac{1 - e^{-p\tau}}{p}$$

A  $k$ -ik ettől  $kT$ -vel van eltolva, így

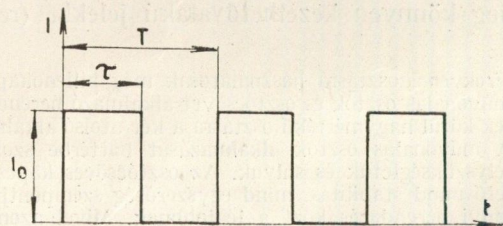
$$i_k(p) = i_1(p) e^{-kTp}$$

Végül:

$$i(p) = \sum_{k=0}^{\infty} i_k(p) = i_1(p) \sum_{k=0}^{\infty} (e^{-pT})^k$$

A  $\Sigma$  alatt egy mértani sor áll, melynek összege

$$\sum_{k=0}^{\infty} (e^{-pT})^k = \frac{1}{1 - e^{-pT}}$$



6. ábra

Látjuk — és ezt a továbbiakban fel is fogjuk használni, — hogy a  $p$  tartományban az  $\frac{1}{1 - e^{-pT}}$  kifejezéssel történő szorzás a  $t$  tartományban  $T$  periodicitással való ismétlődést eredményez.

Végeredményben tehát

$$i(p) = i_1(p) \frac{1}{1 - e^{-pT}} = \frac{I_0}{p} \frac{1 - e^{-p\tau}}{1 - e^{-pT}}$$

és innen

$$i_R(p) = \frac{i(p)}{1 + pRC} = I_0 \frac{1 - e^{-p\tau}}{p(1 + pRC)(1 - e^{-pT})}$$

Ez adja meg az ellenálláson átfolyó áram transzformáltját. Nézzük meg, mekkora az áram stationer állapotban felvett egyenáramú átlaga. Ismeretes, hogy ezt úgy kapjuk, hogy a Laplace-transzformáltat  $p$ -vel megszorozzuk és  $p \rightarrow 0$  határátmenetet hajtunk végre. Így kapjuk, hogy

$$\bar{I}_R = \lim_{p \rightarrow 0} p i_R(p) = \lim_{p \rightarrow 0} I_0 \frac{1 - e^{-p\tau}}{1 - e^{-pT}}$$

L'Hospital tételét alkalmazva

$$\bar{I}_R = I_0 \frac{\tau}{T}$$

vagyis megegyezik  $I$  egyenáramú átlagával. Ez fizikailag indokolt, mert hiszen stationer állapotban a kondenzátor egy periódus alatt ugyanannyi áramot ad le, mint amennyit felvesz.

Nézzük most  $i_R$  időfüggését. Evégből transzformáljuk vissza  $i_R(p)$ -t. A periodicitást kifejező  $\frac{1}{1 - e^{-pT}}$  szorzót elhagyva és részlettöltre bontva:

$$i_R^*(p) = I_0 \left[ \frac{1}{p} - \frac{1}{p + \frac{1}{RC}} \right] - I_0 \left[ \frac{1}{p} - \frac{1}{p + \frac{1}{RC}} \right] e^{-p\tau}$$

Az első tagnak a  $t$  tartományban

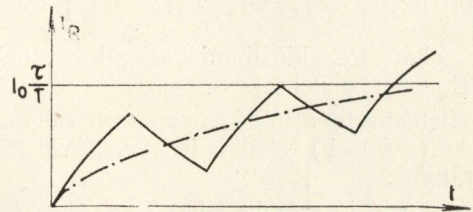
$$I_{R1}^* = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

felel meg, a második tagnak ugyanez, de az  $e^{-p\tau}$  szorzó miatt  $\tau$ -val eltolva. Így az eredő:

$$I_R^* = I_{R1} = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right] \quad \text{ha } t < \tau$$

$$I_R^* = I_{R1} - I_{R2} = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right] - I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{t-\tau}{RC}} \right] = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{\tau}{RC}} \right] e^{-\frac{t-\tau}{RC}} \quad \text{ha } t > \tau$$

Ez — az  $\frac{1}{1 - e^{-pT}}$  szorzó miatt —  $T$  periódussal ismétlődik. Az  $i_R$  függvényt ábrázolja a 7. ábra. Mivel a kondenzátor egy periódus alatt nem telje-



7. ábra

sen sül ki, az egyenáramú szint (az ábrán eredményvonal) rohamosan emelkedve megközelíti az

$$\bar{I}_R = I_0 \frac{\tau}{T} = I_0 \tau f$$

értéket. A felfutás — mint azt a függelékben ki mutatjuk — az

$$I_e = I_0 \left[ \frac{\tau}{T} - \frac{e^{\frac{\tau}{RC}} - 1}{e^{\frac{T}{RC}} - 1} e^{-\frac{t}{RC}} \right] \approx I_0 \frac{\tau}{T} \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

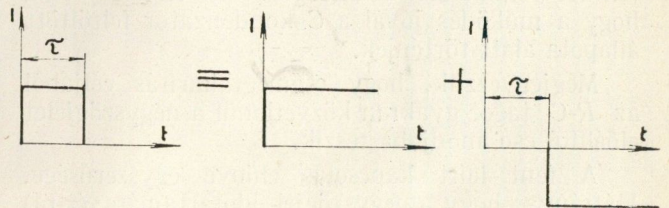
függvény szerint megy végbe.

Az  $i_R$ -re kapott függvény fizikailag könnyen magyarázható. A négyszögimpulzus felfogható, mint két egymástól  $\tau$  idővel eltolt és ellenkező előjelű ugrásfüggvény eredője (8. ábra).

Ugrásfüggvény hatására az ellenálláson

$$I_{R1} = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

áram lép fel.  $\tau$  idő múlva ehhez hozzáadódik az ellenkező előjelű, ugyanakkora, de  $\tau$ -val eltolt másik áram. A végeredmény ugyanaz, ami az előbb volt.



8. ábra

Végeredményben tehát az  $R$  ellenálláson az

$$\bar{I} = I_0 \tau f$$

egyenáramú átlag körül ingadozó, periodikusan változó áram folyik át. Az ingadozás a képletekből láthatóan  $RC$  növelésével tetszőleges kicsinnyé tehető. Szabálytalanul érkező impulzusoknál (pl. részecskeszámlálásnál) a szabálytalanság miatt fel-lepő ingadozás levezethető

$$\Delta I = \frac{I_0}{\sqrt{2nRC}}$$