50.165

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

XVIII. ÉVFOLYAM, 7. SZÁM, 205–236 OLDAL
BUDAPEST, 1967. JÚLIUS HÓ 7

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET LAPJA

1967. július XVIII. évfolyam, 7. szám

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DR. ISTVÁNFFY EDVIN † 205
DR. GÉHER KÁROLY—HALÁSZ EDIT: Hálózattervezés lineáris programozással 206
Hálózatelméleti Szimpózium Belgrádban 211
POGÁNY KÁROLY: Gépesítés, automatizálás gazdaságossága a híradástechnikai iparban. I. rész 212
Az Oktatási Bizottság felhívása 221
SAUFERT JÁNOS: Tirisztoros kikapcsoló áramkörök és impulzusgenerátorok 222
Hírek 230
Könyvismertetés 231
ITT Átviteltechnikai Szimpózium 232
Tartalmi összefoglalások 233
Обобщения 233
Zusammenfassungen 233
Summaries 233
Résumés 234

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MÁY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCH ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest, V., Október 6. utca 7. IV. 421. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS, a műszaki tudományok doktora, KŐMŰVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VIG ISTVÁN

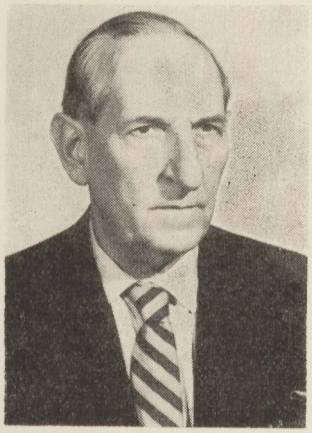
Index: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 24 Ft, egész évre 48 Ft. Egyes szám ára: 4 Ft. Megjelenik havonta. Csekkszámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA": P. O. B. 149 Budapest 62.

67.761 Egyetemi Nyomda, Budapest

HÍRADÁSTECHNIKA
A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA



DR. ISTVÁNFFY EDVIN

Eltávozott körünkből a magyar híradástechnika egyik legnagyobb úttörője. Dr. Istvánffy Edvin, a műszaki tudományok doktora, ny. műszaki egyetemi tanár váratlanul elhunyt.

Párkányon, 1895. január 4-én született. Tanulmányait, amelyeket az első világháború több, mint 3 évre megszakított, a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán fejezte be 1922-ben. Mérnöki munkásságát az Egyesült Izzólámpa és Villamossági RT-nál kezdte meg, ahol először telefonfejlesztési munkákkal foglalkozott, majd a rádió-vevőkészülékek kidolgozását vezette. 1928-ban áthelyezték az akkor megalakult Standard Villamossági RT-hoz.

A magyar rádióműsorszóró-hálózat első kiépítése az ő nevéhez fűződik. Az ő vezetésével épült meg 1932-ben és 1933-ban a 120 kW-os lakihegyi nagyadó, amely akkor Európában a legkorszerűbbek közé tartozott, és négy vidéki közvetítő állomás.

A második világháború idején munkatársaival együtt olyan radar-berendezést épített, amellyel a világon másodszor lehetett a Hold felületéről visszavert jeleket felfogni.

Munkássága rendkívül széleskörű volt. A felszabadulás után a rádió-műsorszóráson kívül a Távközlési Kutató Intézetben, és a Beloiannisz Híradástchhnikai Gyárban mikrohullámú berendezések fejlesztésével, különböző dielektrikumú kondenzátorok, köztük fázisjavító kondenzárotok és más alkatrészek problémáival foglalkozott. Kimagasló volt a mágnesség, és a mágneses anyagok terén végzett elméleti és gyakorlati munkássága.

1958-ban a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának keretében az akkor megalakult Mikrohullámú Tanszék vezető tanárává nevezték ki. Oktatói munkásságát 1966-ban történt nyugdíjazása után is folytatta. Ő adta elő a „Mikrohullámok technikája" c. tárgyakat, majd 1963 után az új tanterv „Tápvonalak és antennák" c. tárgyát is.

Oktató munkájával párhuzamosan sokirányú irodalmi tevékenységet is kifejtett. Számos cikke, jegyzete és több könyve jelent meg. Utolsó, „Tápvonalak, Antennák, Hullámterjedés" c. átfogó kézikönyve a közeljövőben jelenik meg.

Elmélyült elméleti felkészültsége kitűnő gyakorlati érzékkel és rendkívüli szorgalommal párosult. Egész életét a magyar híradásteshnika ügyének szentelte, szabadideje jelentős részét is ennek áldozta. Munkatársai, barátai és a keze alatt felnőtt fiatal mérnök-nemzedék példaképüknek tekintik és szeretettel őrzik meg mindig segíteni kész egyéniségének emlékét.

ORSZ. SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR

DR. GÉHER KÁROLY
a műszaki tudományok kandidátusa
HALÁSZ EDIT
BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszék

Hálózattervezés lineáris programozással

ETO 621.316.11:65.012.122

Hálózattervezési módszert mutatunk be, amelynél a kapcsolás hálózatfüggvénye megkötött hálózati felépítés (geometriai elrendezés és áramköri elemfajta) mellett az előírt frekvenciatartománybeli követelményt optimálisan megközelíti. Az optimális megközelítésen azt értjük, hogy a követelmény és a megtervezett kapcsolás hálózatfüggvénye közti súlyozott eltérés abszolút értékének maximumát a lehető legkisebbre csökkentjük.

A feladatot a lineáris programozás matematikai eljárása segítségével oldjuk meg.

A tervezés kiinduló lépése a követelményt várhatóan kielégítő hálózat felépítésének felvétele. Ezáltal elkerüljük az approximációs feladatoknál annak bonyolult megvizsgálását, hogy az approximáló függvény a „megengedett" függvény osztályba tartozik-e, hiszen az áramköri paraméterek tartományában az áramköri elemek pozitív értéke a realizálhatóságot biztosítja. A hálózatfüggvényt Taylor-sorával helyettesítjük és csak az elsőfokú tagokat tartjuk meg. E számításokat egyszerűsíti, hogy a felhasználásra kerülő érzékenységek meghatározására jól alkalmazható módszerek állnak rendelkezésünkre [1].

Így a követelmény és a hálózatfüggvény eltérését az áramköri elemek megváltozásától lineárisan függő formában felírhatjuk. Az eltérés minimalizálásának feladata — egyszerű megfontolások segítségével — a matematikában jól ismert lineáris programozásra vezethető vissza.

E hálózattervezési módszer leírása előtt ezért röviden ismertetjük a lineáris programozást. Majd a tervezési eljárást részletesen bemutatjuk és végül a módszert néhány példával illusztráljuk.

A lineáris programozás alkalmazása hálózattervezési feladatok megoldására az egyéb optimalizálási eljárások közül [5—12] egyszerűségével tűnik ki.

1. Lineáris programozás

A lineáris programozás alkalmazható olyan, a változóktól lineárisan függő kifejezés szélső értékeinek (maximum v. minimum) meghatározása, ahol a változók értelmezési tartományát lineáris egyenlőtlenség rendszerrel adjuk meg.

Legyen

$\mathbf{x}=[x_1, x_2 \ \dots \ x_n]$ a változók oszlop vektora

$\mathbf{b}=[b_1, b_2 \ \dots \ b_m]$ valós számok oszlop vektora

$\mathbf{c}=[c_1, c_2 \ \dots \ c_n]$ valós számokból álló sor vektor

$$\boldsymbol{A}=\boldsymbol{A}_{mn}=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$ valós számokat tartalmazó mátrix

A fenti szimbólumokkal írjuk fel a lineáris programozás *maximum* feladatát:

$$\begin{aligned} &\mathbf{x}\geqq 0 \\ &\boldsymbol{A}\mathbf{x}\leqq\mathbf{b} \\ &\mathbf{cx}\rightarrow\max \end{aligned} \qquad (1)$$

A *minimum* feladatot származtathatjuk (1)-ből. Keressük ugyanis az **x** azon értékeit, amelyek **cx** az ún. célfüggvény minimumát adják. Mivel ugyanez az **x** szolgáltatja $-\mathbf{cx}$ függvény maximumát, tehát mindössze az (1)-ben a célfüggvény előjelét kell módosítanunk, így $-\mathbf{cx}$ maximumát, azaz **cx** minimumát fogjuk kapni.

A lineáris programozási feladat megoldására több módszer ismert. Ezek közül a szimplex módszer a legelterjedtebben használt [4]. Előnye, hogy számológéppel történő megoldásra igen alkalmas.

2. Tervezési módszer

Minden olyan hálózattervezési probléma, ahol a követelményeket (1) alakú matematikai feladat formájába sikerül átírni, számológépekkel megoldható, és az így kapott hálózat a lehető legkisebb eltérést fogja mutatni a követelménytől.

2.1. Jelölések, fogalmak

ω — frekvencia

$g(\omega)$ — követelmény függvény (lehet táblázatosan, grafikusan stb. adott)

ω_l — azok a frekvenciók, ahol $g(\omega)$ értéket előírjuk $l=1,2 \ \dots \ k$

Ω — az a frekvencia tartomány, ahol $g(\omega)$ előírt. $\omega_l \in \Omega$

$y(\omega, x_1, x_2 \ \dots \ x_n)=y(\omega, \mathbf{x})$ — realizálható kapcsolás hálózatfüggvénye (v. abból származtatott függvény)

$x_1, x_2 \ \dots \ x_n$ — az áramköri elemek értéke (v. azokból felírható egyéb paraméter)

$\mathbf{x}=[x_1, x_2 \ \dots \ x_n]$ — áramköri elemekből alkotott vektor

$\mathbf{x}^{(j)}$ — **x** vektor j-edik iterációban felvett értéke

(j) — iterációs index $j=1, 2 \ \dots$

$\Delta \mathbf{x}^{(j)} = [\Delta x_1^{(j)}, \Delta x_2^{(j)} \ldots \Delta x_n^{(j)}]$ — $\mathbf{x}^{(j)}$ vektorának a (j)-edik iterációnál fellépő megváltozása

$d(\omega, \mathbf{x})$ — a relatív eltérés abszolút értéke

$$d(\omega, \mathbf{x}) = \frac{|g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x})|}{|g(\omega)|} \tag{2}$$

$D = D(\mathbf{x}) - d(\omega, \mathbf{x})$-nek az Ω tartományban jelentkező maximuma azaz

$$D = \max_{\omega \in \Omega} d(\omega, \mathbf{x}) = \max_{\omega \in \Omega} \frac{|g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x})|}{|g(\omega)|} \tag{3}$$

2.2 Numerikus módszer

A (3) egyenlőségből — elhagyva a számláló abszolút érték jelét — a teljes Ω tartományban érvényes (4) egyenlőtlenségekhez jutunk.

$$\begin{aligned} y(\omega, \mathbf{x}) - g(\omega) - |g(\omega)| \cdot D \leq 0 \\ -y(\omega, \mathbf{x}) + g(\omega) - |g(\omega)| \cdot D \leqq 0 \end{aligned} \tag{4}$$

Vizsgáljuk meg, hogy miként változik a (4) alatti kifejezés, ha $\mathbf{x} \to [\mathbf{x} + \Delta \mathbf{x}]$-é módosul.

Az áramköri elemek értékének módosítása az $y(\omega, \mathbf{x})$ függvény értékét változtatja meg. Az összefüggést az eredeti és a módosított hálózatfüggvény között Taylor-sorfejtés felhasználásával nyerjük elhanyagolva a másodrendűen és annál magasabb rendűen kis tagokat.

$$y(\omega, [\mathbf{x} + \Delta \mathbf{x}]) \approx y(\omega, \mathbf{x}) + \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i} \Delta x_i \tag{5}$$

Az

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \tag{6}$$

kifejezés az i-edik áramköri elem (abszolút) érzékenysége.

(5)-öt (4)-be helyettesítve (7) egyenlőtlenségbe jutunk

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i - |g(\omega)| \cdot D(\mathbf{x} + \Delta \mathbf{x}) + y(\omega, \mathbf{x}) - \\ - g(\omega) \leqq 0 \\ - \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i - |g(\omega)| \cdot D(\mathbf{x} + \Delta \mathbf{x}) - y(\omega, \mathbf{x}) + \\ + g(\omega) \leqq 0 \\ \omega \in \Omega \end{aligned} \tag{7}$$

Tekintsük a (7) egyenlőtlenségekben szereplő $\mathbf{x}$ vektort ismertnek, és jelöljük a továbbiakban $\mathbf{x}^{(j)}$-vel. Egészítsük ki (7)-et a Min $D^{(j+1)}$ szimbólummal;

a Min $D^{(j+1)}$ szimbólum jelentse azt, hogy (8)-at úgy kívánjuk megoldani, azaz $\Delta \mathbf{x}^{(j)}$ értékeit meghatározni, hogy az egyenlőtlenségek fennállásán kívül $D^{(j+1)}$ — vagyis a relatív eltérés maximuma $\mathbf{x}^{(j+1)} = [\mathbf{x}^{(j)} + \Delta \mathbf{x}^{(j)}]$ pozitív áramköri értékek esetén minimális legyen.

A fentieket (8) alatt láthatjuk

$$\begin{aligned} &\text{Min } D^{(j+1)} \\ &\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i}\bigg|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot \Delta x_i - |g(\omega)| \cdot D^{(j+1)} + \\ &+ y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) - g(\omega) \leqq 0 \\ &- \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i}\bigg|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot \Delta x_i - |g(\omega)| \cdot D^{(j+1)} - \\ &- y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) + g(\omega) \geqq 0 \\ &\omega \in \Omega \\ &[x_i^{(j)} + \Delta x_i^{(j)}] \geqq 0 \\ &i = 1, 2 \ldots n \end{aligned} \tag{8}$$

$\Delta \mathbf{x}^{(j)}$ helyett $\mathbf{x}^{(j+1)}$-et tekintve ismeretlennek a (8) egyenlet szerepét (9) veszi át.

$$\begin{aligned} &\text{Min } D^{(j+1)} \\ &\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i}\bigg|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+1)} - |g(\omega)| \cdot D^{(j+1)} + N(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) \leqq 0 \\ &- \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i}\bigg|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+i)} - |g(\omega)| \cdot D^{(j+1)} - N(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) \leqq 0 \\ &\omega \in \Omega \\ &x_i^{(j+1)} \geqq 0 \qquad i = 1, 2, \ldots n. \end{aligned} \tag{9}$$

ahol

$$N(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) = y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) - g(\omega) - \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_i}\bigg|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} x_i^{(j)}$$

bevezetését az indokolja, hogy $N(\omega, \mathbf{x}^{(j)})$ nem tartalmaz ismeretlent.

A (9) formálisan már egy lineáris programozási feladatot jelent.

Osszunk végig $|g(\omega_l)|$-vel, majd adjunk λ_{ω_l} és μ_{ω_l} pozitív ismeretleneket a (9) egyenlőtlenségek baloldalához, hogy azokat egyenlőségekké alakítsuk [10]. Ezáltal könnyen meghatározhatjuk $D^{(j+1)}$ függését az $x^{(j+1)}$ áramköri elemektől.

$$\begin{aligned} &\text{Min } D^{(j+1)} \\ &\frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega_1, \mathbf{x})}{\partial x_i}\Big|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+1)}}{|g(\omega_1)|} - D^{(j+1)} + \lambda_{\omega_1} = \frac{-N(\omega_1, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega_1)|} \qquad (10/1) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega_k, \mathbf{x})}{\partial x_i}\Big|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+1)}}{|g(\omega_k)|} - D^{(j+1)} + \lambda_{\omega_k} = \frac{-N(\omega_k, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega_k)|} \qquad (10/k) \\ &\frac{-\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega_k, \mathbf{x})}{\partial x_i}\Big|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+1)}}{|g(\omega_1)|} - D^{(j+1)} + \mu_{\omega_1} = \frac{N(\omega_1, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega_1)|} \qquad (10/k+1) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\frac{-\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial y(\omega_k, \mathbf{x})}{\partial x_i}\Big|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} \cdot x_i^{(j+1)}}{|g(\omega_k)|} - D^{(j+1)} + \mu_{\omega_k} = \frac{N(\omega_k, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega_k)|} \qquad (10/2k) \end{aligned}$$

Mellékfeltételek:

$$x_i^{(j+1)} \geq 0$$

$$\lambda_{\omega_l} \geq 0$$

$$\mu_{\omega_l} \geq 0$$

$$i = 1, 2 \ldots n$$

$$l = 1, 2 \ldots k$$

Fejezzük ki $D^{(j+1)}$-et (10) alatti valamely egyenletből vagy egyenletekből. A fennmaradó egyenletekbe helyettesítsük $D^{(j+1)}$ fent írt módon nyert kifejezését, valamint hanyagoljuk el azon λ_{ω_l} és μ_{ω_l} értékeket, melyek $D^{(j+1)}$-ben nem szerepelnek. Az egyenlőség jel ily módon $\leq$ jellé módosul. Így számolásra alkalmas lineáris programozási feladathoz jutottunk. Ugyanis meghatároztuk a minimalizálandó $D^{(j+1)}$-et, mint az ismeretlen $\mathbf{x}^{(j+1)}$ lineáris kombinációját, valamint felírtunk $\mathbf{x}^{(j+1)}$-re vonatkozó feltételi egyenlőtlenség rendszert, ahol megköveteltük még, hogy $x_i^{(j+1)} \geq 0$ legyen. Tehát a feladatot (1) alatti művelet formájában írtuk át.

2.3 Iteráció

A tervezés első lépéseként olyan felépítésű hálózatot adunk meg, amely megfelelő áramköri elem értékek esetén várhatóan kielégíti a követelményt. Legyen a hálózatnak $y(\omega, \mathbf{x})$ a követelmény szempontjából jellemző hálózat függvénye. Megadjuk még az áramköri elemek kiindulási értékét $\mathbf{x}^{(1)}$-et (első iteráció), mely értékektől a követelménynek csak igen pontatlan megközelítését várjuk. A kiindulási paraméterek felvétele történhet az ismert grafikus módszerekkel (pl. Bode-féle törtvonalas közelítés) vagy a tapasztalat alapján [2].

A $g(\omega)$ követelmény és $y(\omega, \mathbf{x}^{(1)})$ ismeretében $D^{(1)}$ (3) alapján számítható. Majd felírjuk (10) összefüggést és ebből a lineáris programozási feladatot, melyből $\mathbf{x}^{(2)} = [\mathbf{x}^{(1)} + \Delta\mathbf{x}^{(1)}]$-et valamint $D^{(2)}$-t meghatározzuk. Az ily módon nyert $\mathbf{x}^{(2)}$ még általában nem szolgáltatja az optimális elem értékeket a (5) alatti sorba fejtés miatt, $D^{(2)}$ azonban már kisebb, mint $D^{(1)}$. $\mathbf{x}$ vektor optimális értékének keresését úgy folytatjuk, hogy a (10) egyenletbe $j = 2$-t vesszük fel, tehát $\mathbf{x}^{(j)} = \mathbf{x}^{(2)}$-t helyettesítjük, eredményül $\mathbf{x}^{(3)}$-t és $D^{(3)}$-t kapjuk — és így tovább. Az iteráció folyamán $\mathbf{x}^{(j+1)}$ egyre közelebb kerül az optimálishoz, s ezáltal a linearizálás miatt fellépő hiba lépésről lépésre csökken.

3. Tervezési példák

3.1. Amplitúdó korrektor

Tervezendő áthidalt T négypólus, az 1. táblázatban adott átviteli követelményekkel. ($\omega_{\text{egység}} = 60$ kr/s $R_1 = R_2 = R_{\text{egység}} = 600\ \Omega$.)

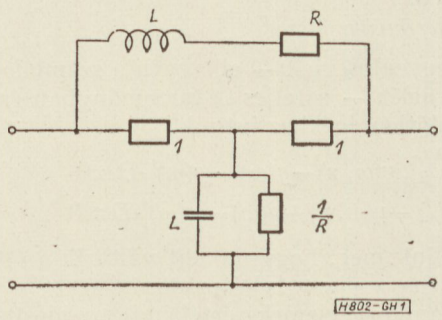
Az 1. táblázatban $|\Gamma| = \sqrt{\dfrac{P_0}{P_2}}$, vagyis az átviteli tényező abszolút értéke. Követelmény függvénynek $|\Gamma|$ helyett annak négyzetét használjuk, hogy elkerüljük az irracionális kifejezésekkel való számolást.

3.1.1 Az áthidalt T típusának és az áramköri elemek kiindulási értékének felvétele

Az 1. táblázatban szereplő követelmény megvalósítására célszerű az 1. ábrán látható négypólust választani. (L, R — relatív értékek).

1. táblázat

$\omega_{\text{relatív}}$	$\omega_1 = 0$	$\omega_2 = 1$	$\omega_3 = 2$	$\omega_4 = 3$	$\omega_5 = 5$	$\omega_6 = 10$
$\lvert\Gamma(\omega)\rvert$	3	$\sqrt{10}$	$\sqrt{13}$	$\sqrt{18}$	$\sqrt{34}$	$\sqrt{109}$
$\lvert\Gamma(\omega)\rvert^2 = g(\omega)$	9	10	13	18	34	109



1. ábra

Az 1. ábrán látható kapcsolás átviteli tényezője

$$\Gamma = 1 + R + pL, \qquad \text{vagyis}$$

$$|\Gamma(\omega)|^2 = (1+R)^2 + \omega^2 L^2$$

Legyen

$$y(\omega, \mathbf{x}) = y(\omega, R, L) = (1+R)^2 + \omega^2 L^2 \qquad (12)$$

$$x_1 = R, \qquad x_2 = L$$

Az áramköri elemeket $R^{(1)} = 1{,}5$ és $L^{(1)} = 1{,}5$-re választjuk meg. Ekkor $D^{(1)} = 1{,}12$.

3.1.2 A (10)-ben szereplő kifejezések, valamint azok numerikus értékeinek meghatározása

$$\left.\frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_1}\right|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} = \left.\frac{\partial y(\omega, R, L)}{\partial R}\right|_{\substack{R=R^{(j)} \\ L=L^{(j)}}} = 2(1+R^{(j)}) \qquad (13)$$

$$\left.\frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_2}\right|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^{(j)}} = \left.\frac{\partial y(\omega, R, L)}{\partial L}\right|_{\substack{R=R^{(j)} \\ L=L^{(j)}}} = 2\omega^2 L^{(j)} \qquad (14)$$

$$N(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) = N(\omega, R^{(j)}, L^{(j)}) =$$

$$= [1+R^{(j)}]^2 + \omega^2 [L^{(j)}]^2 - g(\omega) - 2[1+R^{(j)}]R^{(j)} -$$

$$- 2\omega^2 [L^{(j)}]^2 = 1 - [R^{(j)}]^2 - \omega^2 [L^{(j)}]^2 - g(\omega) \qquad (15)$$

Első iteráció ($j = 1$)

A (13), (14), (15) értékét az 1. táblázatban szereplő frekvenciákon kiszámítva és (10)-be behelyettesítve kapjuk (16)-ot.

Min $D^{(2)}$

$$0{,}555\ R^{(2)} + 0 \qquad L^{(2)} - D^{(2)} + \lambda_{\omega_1} = \quad 1{,}14 \qquad 16/1$$

$$0{,}500\ R^{(2)} + 0{,}300 \qquad L^{(2)} - D^{(2)} + \lambda_{\omega_2} = \quad 1{,}35 \qquad 16/2$$

$$0{,}3848\ R^{(2)} + 0{,}9240\ L^{(2)} - D^{(2)} + \lambda_{\omega_3} = \quad 1{,}79 \qquad 16/3$$

$$0{,}2776\,R^{(2)}+1{,}500\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\lambda_{\omega_4}=\;\;2{,}195\quad 16/4$$

$$0{,}1470\,R^{(2)}+2{,}205\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\lambda_{\omega_5}=\;\;2{,}69\quad 16/5$$

$$0{,}0458\,R^{(2)}+2{,}750\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\lambda_{\omega_6}=\;\;3{,}07\quad 16/6$$

$$-0{,}555\;\;R^{(2)}-0\qquad L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_1}=-1{,}14\quad 16/7$$

$$-0{,}500\;\;R^{(2)}-0{,}300\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_2}=-1{,}35\quad 16/8$$

$$-0{,}3848\,R^{(2)}-0{,}924\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_3}=-1{,}79\quad 16/9$$

$$-0{,}2776\,R^{(2)}-1{,}500\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_4}=-2{,}195\quad 16/10$$

$$-0{,}1470\,R^{(2)}-2{,}205\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_5}=-2{,}69\quad 16/11$$

$$-0{,}0458\,R^{(2)}-2{,}750\;\;L^{(2)}-D^{(2)}+\mu_{\omega_6}=-3{,}07\quad 16/12$$

(16)

$$R^{(2)}\geqq 0,\qquad L^{(2)}\geqq 0,\qquad \lambda_{\omega l}\geqq 0\qquad \mu_{\omega l}\geqq 0$$

$$l=1{,}2\ldots 6$$

$D^{(2)}$ kifejezésére használjuk fel (16/1); (16/5); (16/9); (16/12) egyenleteket. A négy egyenlettet összeadva:

$$D^{(2)}=0{,}06785\,R^{(2)}-0{,}36725\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_3}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+0{,}2575 \qquad (17)$$

re adódik.

A (17)-et (16/2); (16/3); (16/4); (16/6); (16/7); (16/8); (16/10); (10/11)-be helyettesítve és λ_{ω_2}, λ_{ω_3}, λ_{ω_4}, λ_{ω_6}, μ_{ω_1}, μ_{ω_2}, μ_{ω_4}, μ_{ω_5}-öt elhagyva (18)-hoz jutunk.

$$\text{Min } D^{(2)}=0{,}06785\,R^{(2)}-0{,}36725\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_3}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+0{,}2575$$

$$+0{,}43215\,R^{(2)}+0{,}66725\,L^{(2)}-$$

$$-\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}-\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}-\frac{\mu_{\omega_3}}{4}-\frac{\mu_{\omega_6}}{4}\leqq 1{,}6075$$

$$+0{,}31695\,R^{(2)}+1{,}29125\,L^{(2)}-$$

$$-\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}-\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}-\frac{\mu_{\omega_3}}{4}-\frac{\mu_{\omega_6}}{4}\leqq 2{,}0475$$

$$+0{,}20975\,R^{(2)}+1{,}86725\,L^{(2)}-$$

$$-\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}-\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}-\frac{\mu_{\omega_3}}{4}-\frac{\mu_{\omega_6}}{4}\leqq 2{,}4525$$

$$-0{,}02205\,R^{(2)}+3{,}11725\,L^{(2)}-$$

$$-\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}-\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}-\frac{\mu_{\omega_3}}{4}-\frac{\mu_{\omega_6}}{4}\leqq 3{,}3275$$

$$+0{,}62285\,R^{(2)}-0{,}36725\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+\frac{\mu_{\omega_5}}{4}\geqq 0{,}8825$$

$$+0{,}56785\,R^{(2)}-0{,}06725\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+\frac{\mu_{\omega_5}}{4}\geqq 1{,}0925$$

$$+0{,}34545\,R^{(2)}+1{,}13275\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+\frac{\mu_{\omega_5}}{4}\geqq 1{,}9375$$

$$+0{,}21485\,R^{(2)}+1{,}83775\,L^{(2)}+$$

$$+\frac{\lambda_{\omega_1}}{4}+\frac{\lambda_{\omega_5}}{4}+\frac{\mu_{\omega_6}}{4}+\frac{\mu_{\omega_5}}{4}\geqq 2{,}4325$$

$$R^{(2)}\geqq 0$$

$$L^{(2)}\geqq 0$$

$$\lambda_{\omega_1}\geqq 0$$

$$\lambda_{\omega_5}\geqq 0 \qquad (18)$$

$$\mu_{\omega_3}\geqq 0$$

$$\mu_{\omega_6}\geqq 0$$

A (18) lineáris programozási feladatot GIER számológéppel megoldva:

$$R^{(2)}=2{,}0528$$

$$L^{(2)}=1{,}0826$$

$$\lambda_{\omega_1}=0{,}032$$

$$\lambda_{\omega_5}=0$$

$$\mu_{\omega_3}=0$$

$$\mu_{\omega_6}=0$$

$D^{(2)}=0{,}0012$-t kapunk megoldásként.

A $D^{(2)}=0{,}0012$ nem felel meg pontosan az $R=2{,}0528$ és $L=1{,}0826$ áramköri elemekkel felépített négypólus és a követelmény közti eltérés maximumának, részben a linearizálás, részben a $D^{(2)}$-nek a (16)-ból önkényes választással történt kifejezése miatt. A pontos értéket a definiáló (3)-as egyenletből számíthatjuk. Tájékozódás szempontjából $D^{(2)}$ megfelelően mutatja az optimum felé haladást.

Második iteráció ($j=2$).

Az $R^{(2)}$ és $L^{(2)}$ kiindulási elem értékkel az első iterációban feltüntetett módon számolható.

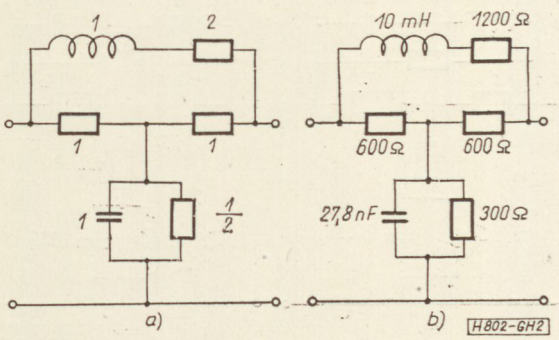
$$R^{(3)}=2{,}0003\approx 2$$

$$L^{(3)}=1{,}0036\approx 1$$

$$\lambda_{\omega_1}=0{,}0004$$

$$\lambda_{\omega_5}=0$$

$$\mu_{\omega_3}=0$$



2. ábra

2. táblázat

$\omega_{relativ}$	0	1	2	3	5	6	10	100
$\lvert\Gamma(\omega)\rvert^2 = g(\omega)$	4	1,4953	1,0567	1	1,0919	1,1764	1,6106	3,905

$\mu_{\omega_e} = 0$

$D^{(3)} = 0{,}000425$

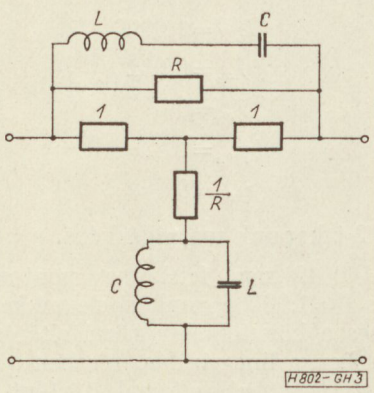
További iteráció nem szükséges.

A követelményt tehát a 2. ábrán látható négypólussal valósíthatjuk meg.

3.2 Amplitúdó korrektor

Tervezendő áthidalt T négypólus a 2. táblázatban feltüntetett átviteli követelményekkel.

($f_e = 1000$ Hz; $R_e = 150\ \Omega = R_1 = R_2$)

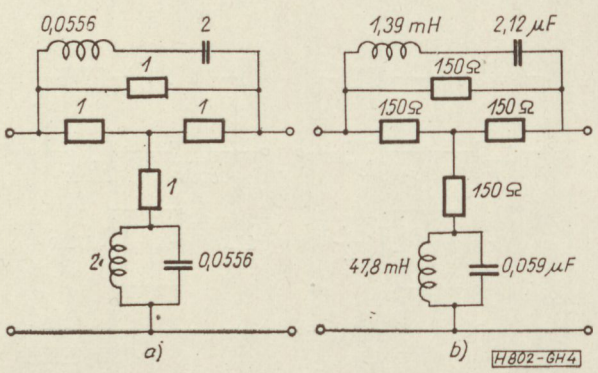


3. ábra

A 2. táblázatban szereplő $\Gamma(\omega)$ átviteli tényezőt a 3. ábrán látható felépítésű hálózattal lehetséges realizálni.

A 3.2 feladat megoldását a 3.1 példához hasonló módon végeztük el. Az iteráció során az alábbi eredményeket kaptuk:

Kiindulási értékek: $R^{(1)} = 1{,}5$
$L^{(1)} = 0{,}1$
$C^{(1)} = 1{,}5$
$D^{(1)} = 0{,}571$



4. ábra

3. táblázat

$\omega_{relativ}$	0	0,2	0,5	1	2	5	10
$\tau(\omega) = g(\omega)$	4	3,846	3,2	2	0,8	0,1538	0,0396

Első iteráció után: $R^{(2)} = 1{,}0443$
$L^{(2)} = 0{,}0609$
$C^{(2)} = 1{,}849$
$D^{(2)} = 0{,}0072$

Második iteráció után: $R^{(3)} = 0{,}9999 \approx 1$
$L^{(3)} = 0{,}0556$
$C^{(3)} = 1{,}984 \approx 2$
$D^{(3)} = 0{,}00078$

értékek adódnak.

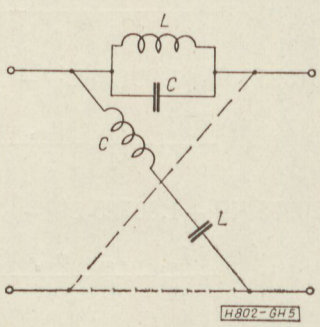
A második iterációval kapott elemértékekkel felépített négypólust realizáljuk (4. ábra).

3.3 Futási idő korrektor tervezése

Tervezendő futási idő kiegyenlítő 150 Ω-os lezárások közé. A $\tau(\omega)$ futási időre vonatkozó előírást a 3. táblázat tartalmazza ($\omega_{egység} = 7{,}5$ Mr/s).

A fenti előírást egy másodfokú mindentáteresztő négypólussal kívánjuk létrehozni (5. ábra).

A másodfokú mindentáteresztő négypólus lineáris programozással történő iteratív szintézisére GIER számológép program készült. A program felírásához az alábbi függvényeket határoztuk meg:



5. ábra

Az 5. ábrán látható négypólus futási idejét:

$$y(\omega, \mathbf{x}) = \tau(\omega, L, C) = \frac{2L(1 + LC\omega^2)}{1 + \omega^2(L^2 - 2LC) + L^2C^2\omega^4}$$

$x_1 = L$
$x_2 = C$

A futási idő abszolút érzékenységeit:

$$S_L = \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_1} = \frac{\partial \tau(\omega, L, C)}{\partial L} =$$

$$= \frac{2-2L^2\omega^2+4LC\omega^2-6L^2C^2\omega^4}{[1+L^2\omega^2-2LC\omega^2+L^2C^2\omega^4]^2}$$

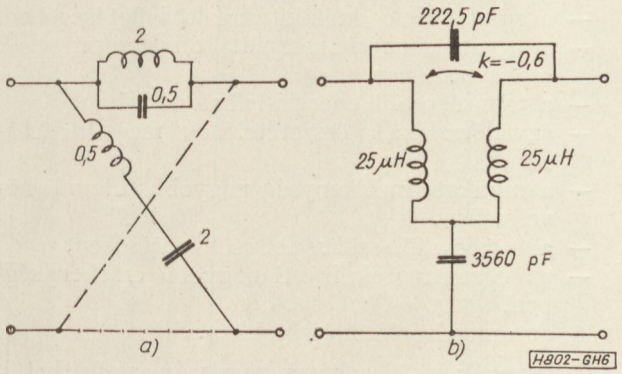
$$S_C = \frac{\partial y(\omega, \mathbf{x})}{\partial x_2} = \frac{\partial \tau(\omega, L, C)}{\partial C} =$$

$$= \frac{6L^2\omega^2+2L^4\omega^4-4L^3C\omega^4-2L^4C^2\omega^6}{[1+L^2\omega^2-2LC\omega^2+L^2C^2\omega^4]^2}$$

A (10)-ben szereplő $N(\omega, \mathbf{x})$-et

$$N(\omega, \mathbf{x}) = N(\omega, L, C) =$$

$$= \frac{4L^3\omega^2-12L^2C\omega^2+8L^3C^2\omega^4+4L^4C^3\omega^6}{[1+L^2\omega^2-2LC\omega^2+L^2C^2\omega^4]^2} - g(\omega)$$



6. ábra

Az $L^{(j+1)}$ és $C^{(j+1)}$ ismeretleneken kívül a programban még λ_{ω_3}, λ_{ω_7}, μ_{ω_1}, μ_{ω_6} ismeretlenek is fellépnek, hasonlóan 3.1 példához. A bemenő adatok, az előíráson kívül, az első iterációként megválasztott $L^{(1)}=1$, $C^{(1)}=1$ (amely értékek mellett $D^{(1)}=1{,}00$-ra adódik), $\varepsilon=0{,}002$. Az ε jelenti D megengedett maximális értékét.

Az áramköri elemek értékei és a relatív eltérés maximuma az iteráció során az alábbiak szerint alakultak:

$L^{(2)}=1{,}5898562$, $C^{(2)}=0{,}4047806$, $D^{(2)}=0{,}22872$

$L^{(3)}=1{,}9861138$, $C^{(3)}=0{,}4802455$, $D^{(3)}=0{,}03824$

$L^{(4)}=2{,}0014229$, $C^{(4)}=0{,}4991757$, $D^{(4)}=0{,}00127$

Mivel $D^{(4)}<\varepsilon$ a követelményt $L=2$ és $C=0{,}5$ relatív értékű áramköri elemekkel valósítjuk meg (6. ábra). A program futása 15 percig tartott.

Köszönetet mondunk Murányi Aladár okleveles matematikusnak (Számítástechnikai és Ügyvitelszervezési Vállalat) a lineáris programozási feladatok számológéppel történő megoldásáért és a 3.3 példa teljes programjának elkészítéséhez nyújtott útmutatásaiért, valamint Baranyai Jolán okleveles matematikusnak (SZÜV) a 3.3 példa programjának kidolgozásáért.

IRODALOM

1. *Géher K.:* Lineáris hálózatok toleranciájáról és érzékenységéről. Híradástechnika, XVI. (1965) 10. szám 289—301 old.
2. *Géher K.:* Lineáris hálózatok I—II. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, 1966.
3. *Y. Ishizaki, H. Watanabe:* An iterative method for network design as a nonlinear programing problem. Nippon Electric Company Ltd. Monograph. DEB 485 1964. Japan.
4. *Krekó B.:* Lineáris programozás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1962.
5. *R. Unbehauen:* Die rationale Approximation von Frequenzcharakteristiken. A. E. Ü. Band 18. 1964. Heft 10. 607—616 old.
6. *I. Legras:* Approche d'une function par modelage des résidus. Cables et Transmission, 1959. 3e A. No. 1. pp. 37—49.
7. *B. R. Smith, G. C. Temes:* An iterative approximation procedure for automatic filter synthesis. IEEE Trans. CT 1965. március. Vol. CT-12 No. 1. pp. 107—112.
8. *T. Iedokoro, Y. Ishizaki, H. Watanabe:* An approximation and synthesis for Tchebycheff filters with flat group delay characteristics. Nippon Electric Company Ltd. 1964 Japan. Monograph DEB 339.
9. *C. Hazam, C. Pocard:* Optimisation des problemes non lineaire a contraintes. Anneles de Radioéléctricité. Tom. 20. 1965. No. 79. pp. 70—71.
10. *J. D. Young:* Linear programing approach in linear differential problems. Intern. J. Eng. Sci. (G. B.) Vol. 2. No. 4. pp. 413—416 (1964).
11. *A. Lavi:* Some techniques of optimization. IEEE Trans. Communication and Electronics. 1964. January. No. 70. pp. 116—121.
12. *L. S. Lasdon, A. D. Waren:* Optimal design of filters with bounded, lossy elements. IEEE Trans. on Circuit Theory. June 1966. Vol. CT-13. No. 2. pp. 175—187.

Hálózatelméleti szimpózium Belgrádban

1968 szeptemberében az *ETAN*, a *Belgrádi Egyetem* és az *IEEE Group on Circuit Theory* közös rendezésében hálózatelméleti szimpózium lesz Belgrádban az alábbi témakörökben:

Elektronikus eszközök helyettesítő képei

Áramkörök topológiai tárgyalása

Lineáris és nemlineáris áramkörök tárgyalása állapotváltozók segítségével

Időben változó paraméterű és nemlineáris áramkörök tárgyalása funkcionálanalízis segítségével

Hírhálók

Iteratív szintézis

Gépi módszerek alkalmazása

Aktív, elsősorban integrált szilárdtest áramkörök

Részletes felviágosítással *Prof. R. Horvát*, Electrical Engineering Faculty, Bulevar Revolucije 73, Belgrade, Yugoslavia szolgál.

A részvételi szándékot, a kiküldő szerv megjelölésével, kérjük az *URSI Magyar Nemzeti Bizottságnak* (Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya, Budapest, V., Nádor u. 7.) bejelenteni.

POGÁNY KÁROLY
KGM Híradástechnikai Iparigazgatóság

Gépesítés, automatizálás gazdaságossága a híradástechnikai iparban. I. rész

ETO 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54.56

A gazdaságos termelésre való törekvés mindig jellemzője volt a híradástechnikai iparnak. Az ágazat fejlődésének elkövetkezendő időszakában a minőségi feladatok, követelmények kerülnek előtérbe. A minőség műszaki és gazdasági szempontjainak megfelelő gazdálkodás következetes elemző munkát igényel. Az ipari termelő folyamatok, műszaki-gazdasági jelenségeinek, tényezőinek összefüggését elemezve szükséges meghatározni azokat a módszereket, amelyek alkalmazásával a vállalati gazdálkodás tudatosan biztosíthatja a termelés minőségi mutatóinak javítását, a híradástechnikai termékek gazdaságosabb előállítását.

Az új gazdaságirányítási rendszer bevezetése is időszerűvé teszi, hogy az állóeszköz-fejlesztésben rejlő gazdasági lehetőségeket optimális mértékben kiaknázzuk. Különösen jelentős lehetőségek rejlenek a gépi berendezésekkel való célszerű gazdálkodásban. Ezért foglalkozunk e tanulmányunkban a gépesítés, automatizálás gazdaságossági kérdéseivel. Tanulmányunk első részében a témával kapcsolatos tényezőket rendszerezzük és a gazdaságossági számítás módszerét mutatjuk be, második részében pedig a híradástechnikai ipar 54 gyártmánycsoportjával végzett számításaink eredményét ismertetjük a levonható következtetésekkel együtt. Szükségesnek tartjuk a számítás módszerének ismertetését, mert egyrészt részletes és átfogó számítási eljárást e témával kapcsolatban a szakirodalom nem tartalmaz, másrészt újszerű is a megoldásunk, mert az ágazati sajátosságok figyelembevételére is lehetőséget ad.

A vizsgálatunk célja és módszere az, hogy egy-egy termékcsoport előállításában részt vevő összes gépek, és gépi berendezések együttes gazdaságosságát vizsgáljuk. Tehát nem egy-egy technológiai művelet vagy homogén gépcsoport, gépesítési színvonalát, vagy automatizáltsági fokát elemezzük a gazdaságosság szempontjából.

Fogalmak, különböző tényezők befolyása

Az automatizálás termelési folyamat megszervezésének olyan megoldása, amely az embert mentesíti a rendszeresen ismétlődő azonos szellemi és fizikai erőkifejtést igénylő munkafázisok elvégzése alól, s e munkafázisokat folyamatosan működő gép- és készülékrendszer hajtja végre.

Az automatizálás a gépesítés legfejlettebb formája. Éppen ezért a gazdaságossági vizsgálat szempontjából alapelveiben nem tartalmaz újat a gépesítéshez viszonyítva, de abban különbözik attól, hogy egyes tényezők hatása nagyobb mértékben jelentkezik a gazdasági eredményekben. Elvileg döntően az alábbi eredmények elérésében érvényesül a gépesítés (automatizálás) műszaki-gazdasági hatása:

- a termelési volumen növekedésében,
- az előállított termékek jobb minőségében, nagyobb élettartamában,
- a specializáció kialakításának lehetőségében,
- a gyártáshoz felhasznált anyagveszteségek csökkentésében,
- a takarékosabb energia-felhasználásban,
- az állóeszközök összetételének megváltozásában,
- a munkatermelékenység nagyobb ütemű növelésében,
- a forgóeszköz-szükséglet csökkentésében,
- az üzemzavarok iránti nagyobb érzékenységben,
- az amortizációs költségekben.

E tényezők közül egyesek nem számszerűsíthetők (minőség, élettartam), mások számszerűsíthetők ugyan, viszont a gépesítés (automatizálás) hatása nehezen választható szét az egyéb műszaki-gazdasági intézkedések, hatások eredményétől (forgóeszközszükséglet csökkentése, specializáció kialakításának lehetősége, anyagveszteségek csökkentése). A híradástechnikai iparban a részlegesen, vagy még a teljesen automatizált termelési folyamatokban is az üzemzavarok iránti nagyobb érzékenység miatti esetleges veszteségek hatását célszerűnek tartjuk a gazdaságossági számításoknál számításon kívül hagyni. Ezt az absztrakciónkat az alábbiak indokolják:

- egyetlen gyártó sor (automatizált termelési folyamat) háromműszakos üzemeltetését a híradástechnikai iparban nem tartjuk reálisan megvalósíthatónak, emiatt a karbantartási és javítási munkák nagy része szükségszerűen nem az üzemidőre esnek,
- a számítási módszerünknél egy meghatározott időszak eredményeiből indulunk ki, amely időszakban már bizonyos gépállások voltak, a számítások során e veszteségidő nagyságrend a tervezési időszak adataiban is bent foglaltatik,
- az előző két tényezőnél jelentősen nagyobb mértékű üzemzavarból keletkező veszteségidő feltétlenül szervezési hiányosságokból erednek, amivel nem számolunk.

A gazdasági eredményekben az előzőekben felsorolt többi tényezőnek szerepe és számszerűsíthető hatása van és feltétlenül figyelembe kell venni azokat a gépesítés (automatizálás) gazdaságossági vizsgálatánál. Természetesen egyes tényezők a gépesítés (automatizálás) nélkül is időszakról időszakra javuló

tendenciát mutatnak, tehát a nagyobb mértékű javulás nem teljes egészében a gépesítés (automatizálás) eredménye. A gazdaságossági számításnál a tényezők bázis-szinthez képesti javulását teljes mértékben a gépesítés (automatizálás) eredményének tekintjük éppen úgy, mint ahogy a ráfordításokat is teljes mértékben a gépesítés (automatizálás) ráfordításaként vesszük figyelembe.

A következőkben kísérjük figyelemmel a konkrét számítási módszert. A gyártási folyamatok gépesítésének (automatizálásának) gazdaságossági számítását az alábbi négy fázisban végezzük:

1. Számítások a gépesítési fok alakulására
2. Megtakarítások kiszámítása
3. Ráfordítások kiszámítása
4. A ráfordítások hatékonysági mutatójának kiszámítása.

A gépi berendezésekkel — mint általában az állóeszközökkel — kapcsolatos gazdálkodás jellege közép-, illetve hosszútávú, ezért a számítási módszer is ehhez alkalmazkodik.

1. Számítás a gépesítési fok alakulására

A *gépesítési fok* a gyártás műszaki színvonalának egyik legfontosabb jellemzője. Azt fejezi ki, hogy a termelőmunka meghatározott területén milyen mértékben végzik a munkát gépek segítségével. Vizsgálatunkban egy-egy termék előállítása teljes folyamatának gépesítési fokát az alábbi összefüggés alapján számítjuk:

$$\text{Gépesítési fok} = \frac{\text{A termék előállítására fordított (fordítandó) összes gépi óra}}{\text{A termék előállításának összes munkásóra szükséglete}} \cdot 100.$$

Számításunkban e mutatónak a szerepe az, hogy érzékeltesse, egy-egy gyártmány előállításához szükséges óramennyiségből milyen arányt képvisel a gépi berendezéseken végzett munka és ennek az aránynak milyen mértékű megváltoztatását, növelését irányozzuk elő a tervidőszak egyes periódusaiban.

(Számítási módszerünket hosszútávú tervidőszakra dolgoztuk ki és az adatok ötévenkénti alakulását vettük alapul. E módszer azonban alkalmas a rövidtávú időszak gazdaságossági vizsgálatára is.)

A mutató kifejezési formája százalék, amelynek a viszonyítási alapja a gyártmány előállításához szükséges összes munkásóra. Ebből következik, hogy a mutató értéke 0—100% között mozoghat. E mutató alkalmas arra, hogy a gépesítés (automatizálás) mértékének a nagyságrendjét meghatározzuk és érzékeltessük, hogy milyen határig növelhető a gépesítés (maximálisan 100%-ig).

Megjegyezzük, hogy a gépesítési fok számítására több mutatót ismer a szakirodalom, így pl. az energiafogyasztás és a munkaidő-ráfordítások aránya, az energetikai teljesítőképesség és a munkáslétszám aránya, vagy olyan munkafolyamatok esetében, amelyek mind gépi, mind kézi munkával elvégezhetők a gépi úton előállított termékek és a gépi segítséggel végzett munka részaránya stb. a legismertebb mutatók.

A mi esetünkben egy-egy termék-előállítás teljes gyártási folyamatának gépesítését (automatizálását) és annak gazdaságosságát vizsgáljuk. Ebből adódik, hogy azok a mutatók, amelyek egy-egy gyártási művelet vagy fázis gépesítési fokát fejezik ki, nem alkalmazhatók. Ugyancsak nem tartjuk célravezetőnek pl. az energiafogyasztás és munkaerő-ráfordítás arányát, vagy az energetikai teljesítőképesség és munkáslétszám arányának mutatóját sem kiszámítani két okból:

a) Nem érzékelhető, hogy e mutató értékének elméleti maximuma hol, milyen számszerű értéknél van. Választott mutatónk esetében kétséget kizáróan tudjuk, hogy az elméleti maximum 100%.

b) Az említett mutatók alapadatai nagyságrendileg pontatlanabbul határozhatók meg, számíthatók, vagy becsülhetők. (Egy-egy gépen több terméket állítanak általában elő, minden gépen más-más arányban termelnek különböző terméket, minden terméket több gépen állítanak elő, ezért a gazdaságossági számítás által megkövetelt nagyságrendi pontossággal nem állapítható meg egy-egy termék teljes legyártásához felhasznált, vagy felhasználható összes energiamennyiség. Ugyancsak az energetikai teljesítőképesség sem osztható fel termékekre megbízható módon.)

Mindezen okok alapján ítéltük a fentebb említetteknél alkalmasabbnak a választott mutatót számításaink szempontjából.

A gépesítési fok százalékban kifejezett formájának árnyoldalai is vannak. Így például a gépi berendezésen a termék előállítására fordítandó időt egy összegben veszi figyelembe, nem választja külön, hogy annak milyen hányadát teljesítik hagyományos megmunkálógépeken és milyen hányadát végzik automata gépeken. Ezt az arányt az „*automatizáció foka*" mutatóval fejezhetjük ki, melynek kiszámítási módjára a szakirodalom szintén több formulát javasol. Ezek közül egy:

$$\text{Az összes gyártás automatizáltsági foka} = \frac{\text{automatizáció foka gépcsoportonként} \times \text{az egyes gépcsoportban található homogén gépek száma}}{\text{Az üzem összes gépeinek száma}}$$

Ezt a mutatót azért nem vettük figyelembe, mert további részletes vizsgálatot igényel az, hogy az egyes termékek gyártási folyamatában a gépesítettségi fokon belül milyen arányú jelenleg és távlatilag milyen mértékben képzelhető el reálisan a kisautomatizálás (amely csak egyes munkafolyamatokra terjed ki), a részleges automatizálás (amely az egyes termelési egységekben a jelentős és erősen tagolt munkafolyamatok automatizálását jelenti) vagy a teljes (komplex) automatizálás (amely alatt az üzem minden egységében zárt termelési folyamatok automatizálását értjük). Ez a vizsgálat a gazdaságossági számításokat időben általában nem előzi meg.

A bevezetőben utaltunk arra, hogy a gazdaságossági számítások szempontjából a gépesítés és automatizálás között lényegében az a különbség, hogy az

utóbbinak egyes tényezői nagyobb hatással jelennek meg a gazdasági eredményekben. (Pl. nagyobb termelési volumen, nagyobb termelékenység, de ugyanakkor nagyobb a gépi állóeszköz érték is, vagyis nagyobb a ráfordítás stb.)

Az a véleményünk, hogy a gazdaságosság szempontjából jelentős változást nem jelent az, hogy kisautomatizálásról, részleges automatizálásról, vagy teljes automatizálásról legyen is szó.

— Feltehetően amilyen arányban növekszik a ráfordítás, olyan arányban növekszik a megtakarítás is számításainkhoz viszonyítva. Az automata berendezés drágább, de amennyivel drágább, valószínűen annyival termelékenyebb is.

— Az automata megmunkáló gépek, berendezések beszerzési ára magasabb, mint a hagyományos megmunkáló gépeké, ugyanakkor termelékenységi színvonaluk nagyobb, kapacitásuk a tervezett termelési volumennél többre képes, vagyis azonos termelési volumen előállításához kevesebb automata gép szükséges, mint hagyományos gép, feltehető, hogy a kevesebb automata gép sem fog többe kerülni, mint a többi hagyományos gép.

Igaz, hogy ezek hipotézisek, de logikai ellentmondás nem látszik feltételezéseinkben, nagyságrendi eltérést az esetleges részletesebb vizsgálat sem eredményezhet.

Ezek után kövessük végig, hogy a *gépesítési fok alakulását* hogyan számíthatjuk.

Kiindulási alap egy időszak (bázis) ténylegesen megvalósított eredménye. Abszolút számban adott értékek: a gyártási folyamat eredményeként létrehozott termékek termelési értéke, ennek előállítására fordított összes munkás munkaóra, a termelési érték előállításában részt vett gépi berendezések bruttó értéke, a gépi berendezések műszakszáma és a gépi berendezések teljesített üzemórái.

Ezekből az adatokból, három összefüggést számíthatunk:

a) Összefüggés van az összes munkásóra és a termelési érték között, ezt a Ft/óra termelékenységi mutató fejezi ki:

$$\frac{\text{teljes termelési érték}}{\text{összes munkásóra}} =$$

= egy munkásórára eső termelési érték.

b) Ugyancsak összefüggés létesíthető a termelési érték és a gépi berendezések bruttó értéke között az alábbi mutatóval:

$$\frac{\text{teljes termelési érték}}{\text{gépi berendezések bruttó értéke}} =$$

= Egy Ft gépi állóeszköz bruttó értékére eső teljes termelési érték.

E mutató nagyságát érzékenyen befolyásolja, hogy átlagosan milyen műszakkihasználással üzemelnek a gépi berendezések. Ezért a mutató értékét egy műszakra számítjuk ki a következő módon:

$$\frac{\text{Egy forint gépi állóeszköz bruttó értékére eső termelési érték}}{\text{gépi berendezések átlagos műszakszáma}} =$$

= Egy forint gépi állóeszköz bruttó értékére egy műszakban eső teljes termelési érték

c) Az összes munkásóra és a gépi berendezések üzemórái alapján számítható ki a gépesítési foka.

Az *a)* pontban jelzett összefüggésben az eredmény a Ft/óra termelékenység, amely egy összetett mutató. A nevezőben szereplő összes munkásórában összegezve szerepel a gépen dolgozó és a gép nélkül dolgozó munkások óraszáma. Az 1. pont elején közölt formula összefüggéséből láthatjuk, hogy ez hogyan aránylik egymáshoz. Logikailag feltételezhető, hogy a gép nélkül dolgozó munkás a munkaidő egysége alatt nem hoz létre akkora termelési volument, mint a gépen dolgozó munkás. Tehát felírható az alábbi összefüggés.

$$\text{Ft/óra} = \left(\frac{\text{gépesítési fok}}{100} \times \text{A}\right) + (1 - \text{gépesítési fok} \times \text{B})$$

ahol

A = a gépen dolgozó, B = a gép nélkül dolgozó munkás munkaidőegysége (óra) alatt létrehozott termelési volumenét jelenti.

Kérdés, hogyan lehet megállapítani B értékét? Feltételezzük, hogy a gép nélkül dolgozó munkás egy óra alatt termel annyi értéket, amennyi az órabére és ennek az SZTK-járuléka, az illetmény adója és rezsije, ezenfelül még bizonyos nyereséget is létrehoz.

(Konkrét számításainkban híradástechnikai nagyberendezések esetében 15,— Ft, híradástechnikai közszükségleti cikkek esetében 12,50 Ft és híradástechnikai alkatrész jellegű termékek esetében 13,76 Ft-nak vettük a B értékeit.) E feltételezés alapján az A értéke is meghatározható.

A Ft/óra termelékenységnek ilyen módon történő tényezőkre bontása a szakirodalomban eddig nem volt ismeretes. Erre azonban szükség van, mert — ahogy a későbbiekben látni fogjuk — a tervidőszakra vonatkozóan így tudunk objektív összefüggést létesíteni a tervezett termelési volumen előállításához a tervezett gépesítési fok mellett szükséges gépi állóeszköz értéke között. Logikailag megállapítható, — és nehezen vitatható —, hogy adott termelési volumenhez, adott gépesítési fok mellett egy meghatározott nagyságrendű bruttó értékű gépi berendezésre van szükség. A gyakorlatban a beruházandó gépek értékét szinte kivétel nélkül becsléssel állapítjuk meg. A gazdaságossági számítások pontossági követelményeinek a becslés nem tesz eleget. Ezért kényszerültünk arra, hogy keressük a számításon alapuló megoldást. Így jutottunk el ehhez az — előzőekben ismertetett — megoldáshoz, ami eléggé elvonatkoztatott összefüggésen alapszik.

Hangsúlyoznunk kell, hogy ez az összefüggés a gépesítési fok alakulására vonatkozó számításnak segédszámítása, ami a végső eredmény szempontjából nem az A és B tényezők abszolút értékeivel játszik jelentős szerepet, hanem az A és B értékek százalékos változásai — tehát a fejlődésük dinamikája — azok, amelyek nélkülözhetetlenek. Ennek bizonyítására többféle érzékenységi vizsgálatot végeztünk konkrét példákon.

E számítási módszer több szempontból igényelt vizsgálatot, illetve bizonyítást. Ezek a szempontok:

a) A kézi Ft/óra bázis időszak értékének (B) helyes megállapítása általában nehézségbe ütközik. Kérdés, ha változik ennek értéke, milyen változást idéz elő a létszám-megtakarítás, a gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő tekintetében azonos gépesítési fok mellett?

b) Ha a gépi Ft/óra termelékenység *(A)* növekedésének az üteme eltérő, akkor milyen mértékű változást idéz elő a létszám-megtakarítás, a gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő tekintetében?

c) Ha a kézi Ft/óra termelékenység növekedési üteme változik, akkor milyen mértékű változást idéz elő a létszám-megtakarítás, a gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő tekintetében?

d) Ha egyidejűleg változik a kézi és gépi Ft/óra termelékenység növekedési üteme, akkor milyen mértékű változás következik be a létszám-megtakarítás, a gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő tekintetében?

e) Ha a bázis időszak gépesítési fokát (tehát a számítási kiindulási alapját) változtatjuk, akkor milyen irányú és mértékű változás következik be a létszám-megtakarítás, gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő tekintetében?

A fenti öt szempont szerint egy termék adataival végzett érzékenységi vizsgálat az alábbiakat mutatta:

a) *A kézi Ft/óra különböző értékeivel végzett érzékenységi vizsgálat eredménye:*

Számításunkban a kézi Ft/óra termelékenység (B) értékét 8,50 Ft—51,50 Ft határok között 11 különböző értékben tételeztük fel. (A kiválasztott értékek egy korábbi vizsgálatunk eredményéből adódtak, a felvett értékeknél változott a megtérülési idő, ezért az alsó és felső értékhatáron belül 11-nél több értéket felvenni nem volt szükséges és célszerű.) A feltételezett kézi Ft/óra értékek a bázis időszakra vonatkoznak, a tervidőszak egyes éveiben (1970, 1975 és 1980), azaz eredeti növekedési ütem változatlanul tartásával (102,5%, 105%, 107,5%) képeztük e mutató értékét. Számításunkban minden egyéb tényezőt, adatot változatlannak tételeztünk fel.

Az érzékenységi vizsgálat eredménye alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

— A kézi Ft/óra termelékenység értékének a változtatása a gépi beruházásban mutatkozó megtakarítás és az összes ráfordítás értékeit egyáltalán nem befolyásolja. Ez logikailag könnyen belátható, mert a gépi beruházás a gépesítettségi fok változásától és a termelési volumen változásától függ elsődlegesen. Ezek a mutatók e számításunkban az alapszámításhoz képest változatlanok.

— A kézi Ft/óra termelékenység értékének a változása a létszám-megtakarítás változását, vagyis az élőmunka termelékenység változását eredményezi. Ez természetesnek is tűnik, mert minél kisebb a különbség a kézi és gépi Ft/óra termelékenység között, a gépesítés fokának növekedése következtében a kézi és gépi arányváltozás annál kisebb élőmunka termelékenység növekedést, ebből adódóan annál kisebb létszám-megtakarítást eredményez. (Ellenkező esetben, amikor nagy a kézi és gépi Ft/óra mutató között a különbség, akkor a hatása is nagyobb, tehát ellenkező irányú.)

Számításunkból kitűnik, hogy ha ±1%-kal változtatjuk a kézi Ft/óra értékét, akkor ±0,0158%-kal változtatja meg a létszámmegtakarítás mértékét. Ez a számszerű hatás a gazdaságossági számítás szempontjából elhanyagolható, mivel a számítási pontosság határán belül van.

— A kézi Ft/óra termelékenység értékének változása az összes megtakarításra is hatással van. Az élőmunka termelékenység változásra gyakorolt hatáson túlmenően az épület beruházásban is van megtakarítás-változás, mert a létszám területet igényel, kisebb létszám-megtakarítás mellett nagyobb termelőterületre van szükség. E két tényező befolyásolja az összes megtakarítást. Számításunk szerint ez a hatás számszerűen: a kézi Ft/óra ±1%-os változása ±0,01028%-kal változtatja az összes megtakarítást. Ez a hatás szintén gyakorlatilag elhanyagolható a gazdasági számítás szempontjából.

— A kézi Ft/óra termelékenység értékének változása a megtérülési időre is hatással van; ez természetes is, mert az összes ráfordítás nem, az összes megtakarítás pedig változik. Számszerűen minden ±1%-os kézi Ft/óra változás = ±0,01107%-os megtérülési idő változást eredményez.

Összefoglalva: megállapíthatjuk, hogy a kézi Ft/óra meghatározásának pontatlansága általában jelentéktelen hatással van az automatizálás gazdaságossági számításainak eredménye szempontjából.

b) *A gépi Ft/óra termelékenység eltérő növekedés ütemének feltételezésével végzett érzékenységi vizsgálat eredménye.*

Vizsgálatunkban három változatban végeztük a számítást. Ez alapján megállapíthattuk, hogy a gépi Ft/óra eltérő növekedési üteme nem befolyásolja a gépi beruházást és ráfordítást, kihatással van a létszámmegtakarításra, az összes megtakarításra és a megtérülési időre. Ez utóbbi mutatókat oly módon befolyásolja, hogy az előző időszakhoz képest minél nagyobb mértékben növekszik a gépi Ft/óra mutatója, e mutatók eredményei annál kedvezőbbek. Természetesen ellenkező irányú változás esetén az eredmény is ellenkező irányban változik.

c) *A kézi Ft/óra termelékenység eltérő növekedési ütemének feltételezésével végzett érzékenységi vizsgálat eredménye.*

A kézi Ft/óra mutatónak a bázis időszakhoz képesti eltérő növekedésével számolva a létszám-megtakarítás, a gépi beruházás, az összes ráfordítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő egyaránt minden esetben változatlan maradt. Ebből egyértelműen megállapítható, hogy e mutatók változására a kézi Ft/óra mutató növekedésének dinamikája számszerűen kifejezhető mértékben hatással nincsen.

d) *A kézi és gépi Ft/óra termelékenység egyidejű változtatásának feltételezésével végzett érzékenységi vizsgálat eredménye.*

Ez esetben eltérő mértékben, de egyidejűleg növeltük a kézi és gépi Ft/óra mutatót. Az eredmény ugyanaz, mint a gépi Ft/óra mutató (b pont), változásánál tapasztaltuk. A számításban a létszám-megtakarítás, az összes megtakarítás és a megtérülési idő eredménye számszerűen is majdnem megegyezik a b) pont eredményeivel. Természetszerűleg a levonható következtetés is ugyanaz.

e) *A bázis időszak különböző gépesítési fokának feltételezésével végzett érzékenységi vizsgálat eredménye.*

Számításunkban a bázis év gépesítési fokát 15%—44%-ig százalékonként változtattuk és az alapszámításunkhoz viszonyítottuk. Az eredmények alakulásából megállapíthatjuk a törvényszerűségeket. Ezek:

Alapszámításunkhoz képest minél nagyobb gépesítési fok növekedést irányozunk elő,

— annál több létszámot takarítunk meg,
— annál több gépi beruházásra van szükség,
— viszonylagosan növekszik az összes ráfordítás,
— viszonylagosan csökken az összes megtakarítás,
— a megtérülési idő kedvezőtlenebbé válik.

Ez alapján rögzíthetjük, hogy a gépesítési fok növekedése optimumának megkeresése alapvető kérdés a gépesítés (automatizálás) gazdaságossága szempontjából.

Az előzőekben ismertetett számítási módszerrel a bázis időszak teljesített adatainak összefüggését számítottuk ki. Ez képezi az alapját a hosszútávú tervidőszak gépesítési fok, illetve termelékenység tervezett alakulásának.

A gépesítés (automatizálás) fokozásának (a gépesítési fok növekedésének) közvetlen gazdasági célja és eredménye a termelékenység növelése. Döntően ezen keresztül érvényesül a gyártás önköltségének csökkentése. Ebből a szempontból három tényező befolyásolja a termelékenység növekedését, ezek

— a kézi Ft/óra termelékenységének növekedési üteme,
— a gépi Ft/óra termelékenységének növekedési üteme,
— a gépi és kézi óra arányának változása (vagyis a gépesítési fok változása).

A kézi Ft/óra termelékenységének növekedési ütemét minden gyártó sor esetében azonosnak tételezhetjük fel. A bázis időszak %-ában minden évben 0,5%-os emelkedést tarthatunk reálisnak. 1965. évhez képest 1970. évre 102,5%-ra, 1975-re 105%-ra és 1980-ra 107,5%-ra történő változással végeztük számításainkat. Ez azt jelenti, hogy minden évben a munka intenzitásának (mert döntően ez a hatás növeli a kézi óra termelékenységét) a bázis időszak színvonalához képest 0,5%-kal kell emelkedni, az előző időszakhoz képest viszonyítva a %-os fejlődés kisebb, tehát ennek a tényezőnek a növekedési üteme csökkenő irányzatú. Ennek két oka van: egyrészt a magasabb intenzitási szintet tovább növelni nehezebb, minden évben azonos erőkifejtést feltételezve alacsonyabb %-os fejlődés lehetséges, másrészt a termelékenység növekedést nem a dolgozók „hajszolásával" kell biztosítani, hanem elsősorban technikai tényezőkkel. (Egyébként a szocialista bérezés alapelvének tekintetbevétele is ezt támasztja alá. Ha a dolgozó úgy termelt többet, hogy saját erejéből, intenzitásából használ fel többet, úgy ezt a bérezésnél is figyelembe kell venni, több bért kell kapnia. A bázishoz képesti évi 0,5%-os bérfejlesztés — e tényezőnek fedezésére — ipari átlagban reális növekedési ütem. Megjegyzem, hogy ebből az életszínvonal növekedési ütemére következtetni nem lehet, mert ott több tényező hatását is figyelembe kell venni.)

A gépi Ft/óra termelékenység növekedési ütemét is azonosnak tételezhetjük fel számításunkban. A bázis időszakhoz képest évi átlagban 1%-os emelkedéssel számoltunk. Ez azt jelenti, hogy 1965. évi színvonalhoz képest 1970-re 105%-ra, 1975-re 110%-ra 1980-ra 115%-ra kell átlagosan a gépek termelékenységét emeli. Más szóval ez azt jelenti, hogy ötévenként a gyártás folyamatban részt vevő összes gépek és gépi berendezések termelékenységének kell 5%-kal emelkednie. Ez úgy biztosítható, ha a beruházásra kerülő gépi berendezések termelékenységi színvonala ennél magasabb, hiszen a meglevő gépek termelékenysége, amíg üzemben maradnak, nem változik lényegesen.

A kézi—gépi óra arány változásának termelékenység-növelő hatását könnyű belátni, ha figyelembe vesszük, hogy a kézi óra lényegesen alacsonyabb termelékenységű, mint a gépi óra.

Összefoglalva: A gépesítési fok alakulására vonatkozó számítás alapja lehet az automatizálás gazdaságossági számításainak. Ebben a számításban rögzítjük az automatizálás tervezett mértékét, rögzítjük a termelékenységi célkitűzéseket és ezek a célkitűzések képezik a megtakarítások és ráfordítások kiszámításának az alapját.

Példa:

Számítások a gépesítési fok alakulására (l. a 217. oldalon lévő 1. táblázatot)

2. A megtakarítások kiszámítása

A gyártási folyamat automatizálásának következtében az alábbi tényezőkben mutatkozik megtakarítás:

a) Egyszeri ráfordításban jelentkező megtakarítások, ezen belül
— termelő területben,
— gépi beruházásban.

b) Folyamatos ráfordításban jelentkező megtakarítások, ezen belül
— bérmegtakarításban,
— energiaköltség megtakarításban,
— amortizációs költség megtakarításban.

a) *Egyszeri ráfordításban jelentkező megtakarítások kiszámításánál figyelembe veendő tényezők és a számítás módszere*

A gépesítés (automatizálás) esetében az állóeszközökben, amelyeknek állományát vagy volumenét egyszeri ráfordítás útján tudjuk csak jelentős mértékben növelni, *viszonylagos megtakarítás* következik be. Azért kell viszonylagosságról beszélnünk, mert ténylegesen pénz formájában nem keletkezik megtakarítás, hanem általában a ráfordítások, ez esetben az épület és gépi beruházások, kisebb inveszticiót igényelnek gépesítés (automatizálás) esetében, mint-

Számítások a gépesítési fok alakulására

1. táblázat

Sorszám	Mutatók megnevezése	Mértékegység	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f	g
1.	Teljes termelés	millió Ft	1529,4	1835,0	2290,0	2820,0
2.	Összes munkás óra	ezer óra	4068,0	4034,0	4245,0	4556,0
3.	Termelékenység	Ft/óra	375,96	454,84	539,50	618,92
4.		%	100,0	121,0	143,5	164,6
5.	Kézi óra termelékenység	Ft/óra	12,50	12,81	13,13	13,44
6.		%	100,0	102,5	105,0	107,5
7.	Gépi óra termelékenység	Ft/óra	968,97	1017,42	1065,87	1114,32
8.		%	100,0	105,0	110,0	115,0
9	Gépi berendezés bruttó értéke	millió Ft	32,0	44,5	63,0	85,4
10.	1 Ft gépi berendezés bruttó értékére jutó termelés	Ft	47,79	41,28	36,32	33,02
11.	Gépi berendezések átlagos műszakkihasználási együtthatója		1,4	1,6	2,0	2,2
12.	1 műszakban 1 Ft gépi berendezés bruttó értékére jutó termelés	Ft	34,14	25,80	18,16	15,01
13.	Gépesítési fok	%	38,0	44,0	50,0	55,0

ha a termelés bővítését változatlan termelési körülmények fenntartásával (pl. azonos termelékenység, azonos gépesítési fok stb.) kívánnánk csupán bővítéssel elérni és biztosítani.

A viszonylagosság mellett az automatizálás gazdaságossági számításában az egyszeri ráfordításban figyelembe veendő megtakarításként olyan tételek, tényezők is szerepelnek, amelyek eredményei szintén nem pénz formájában jelennek meg, hanem pl. az automatizálás egy meglevő terület más célra történő igénybevételére nyújt lehetőséget. Ez esetben *latens megtakarításról* beszélhetünk. A latens megtakarításokból csak akkor lesz tényleges megtakarítás, ha az automatizálás következtében felszabaduló állóeszközöket hasznos célra a gazdasági egység igénybe veszi. Ellenkező esetben kihasználatlan, felesleges állóeszköz keletkezik, ami semmiképpen nem kezelhető megtakarításként. A gazdaságossági számításaink szempontjából általában feltételezzük, hogy minden meglevő, de az automatizálás következtében az eredeti termelési célokra nem hasznosítható állóeszközt más, hasznos célra felhasználja a gazdasági egység.

Amennyiben egy-egy konkrét esetben, amikor pontosan megállapítható, hogy az automatizálás következtében felszabaduló állóeszközök hasznos célra nem használhatók fel, úgy azokat a számításnál feltétlenül figyelembe kell venni. E tételek a gépesítés (automatizálás) gazdasági eredményét hátrányosan befolyásolják.

Az egyszeri ráfordítások közül jelentős viszonylagos megtakarítás érhető el a termelőterületben és a gépi berendezésekben.

A termelőterületben jelentkező megtakarítás és számítási módja

Egy meghatározott termelési volumen előállításához szükséges termelőterület igényt — azonos termelési profil esetében a

— termelékenység színvonala és változásának mértéke,

— a létszámra számított műszakszám és ennek változása, határozza meg.

A számításnál a bázis időszak ténylegesen megvalósított színvonalából, adataiból indulunk ki.

Első lépésben az egy m² termelőterületre eső termelési érték mutatót számítjuk ki:

$$\text{Ft/m}^2 = \frac{\text{Teljes termelés}}{\text{termelőterület}}$$

E mutatót érzékenyen befolyásolja, hogy a termelőterületen hány műszakban folyik a termelés. Ezért e mutató értékét egy műszakra korrigáljuk:

$$\text{Ft/m}^2\text{/műszak} = \frac{\text{teljes termelés}}{\text{termelőterület} \times \text{műszakszám}}$$

E mutatónak az a tulajdonsága, hogy a termelékenységi mutatóval azonos mértékben és irányban változik. (Ezt logikailag könnyű belátni, mert ha egy fő munkás pl. 5 m² termelőterületen végzi termelő tevékenységét, és ha a munkás termelékenysége kétszeresére növekszik, úgy az 5 m²-en létrehozott termelési érték is kétszeresére növekszik. Természetesen ez az összefüggés csak azonos termékek termelő területigényének számítására alkalmas korrekció nélkül; olyan esetben, ha pl. egy vállalat teljes termelésének termelő területigényét kívánjuk meghatározni, úgy a különböző méretű termékek arányváltozását is figyelembe kell venni.)

Második lépésben a bázis időszak Ft/m²/műszak mutató kiszámítása után azt megszorozzuk a tervidőszakra tervezett termelékenységi mutató változásának indexével és azt a Ft/m²/műszak mutatót kapjuk, amit a tervidőszakra irányozhatunk elő. E mutatót kell a tervidőszakra tervezhető műszakszámmal szorozni, hogy a tervidőszakra vonatkozó Ft/m² értékét megkapjuk eredményül. Ha a Ft/m² mutató

értékével elosztjuk a tervidőszakra előirányzott teljes termelést, úgy eredményül azt a termelő terület mennyiségét kapjuk, amennyi szükséges a tervezett teljes termelési volumen létrehozásához a tervezett termelékenység és a tervezett műszakszám megvalósítása mellett.

Az így számított területszükséglet és a termelés növekedéssel korrigált változatlan szinten számított termelőterület a termelőterületben nyert megtakarítást jelenti. A megtakarított területet (m^2) átszámítjuk költségmegtakarításra, úgy, hogy az összes megtakarításból kiszámítjuk az időszakonkénti (pl. 1965—1970., az 1970—1975. és az 1975—1980. évek között jelentkező) megtakarítást m^2-ben, azt m^3-re számítjuk át (számításainkban egységesen, átlagosan 4 m termelőterület magassággal számoltunk) és m^3-enként 500 Ft költségmegtakarítást feltételeztünk. Így minden négyzetméter megtakarítás a gazdaságossági számításunkban ($1 \times 4 \times 500$) 2000 Ft egyszeri ráfordításban jelentkező viszonylagos költségmegtakarítást eredményez. Ennek ötödrészét az ötéves periódusok minden évében megtakarítjuk.

Számszerű példa a termelőterületben jelentkező megtakarítás számítására — *2. táblázat*

Sorszám	Mutatók megnevezése	Mértékegység	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f	g
1.	Teljes termelés	mill. Ft	1529,4	1835,0	2 290,0	2 820,0
2.	Munkáslétszám	fő	1800	1785	1 878	2 016
3.	Termelés/fő	eFt	849,7	1027,9	1 219,3	1 398,8
4.		%	100,0	121,0	143,5	164,6
5.	Műszakszám	egy tiz.	1,6	1,7	2,0	2,2
6.	Termelés/terület/műszakszám	eFt	138,5	167,6	198,8	228,1
7.		%	100,0	121,0	143,5	164,6
8.	Termelés/terület	eFt	221,7	284,9	397,6	501,7
9.	Területszükséglet	m^2	6900	6440	5 760	5 621
10.	Területszükséglet változatlan szinten	m^2	6900	8279	10 332	12 723
11.	Eltérés	m^2	—	1838	4 572	7 102
12.	Időszakonkénti megtakarítás	m^2	—	1838	2 733	2 530
13	Megtakarítás	m^3	—	7353	10 934	10 121
14.	Költségmegtakarítás összesen	eFt	—	3677	5 467	5 061
15.	Költségmegtakarítás egy évre	eFt	—	735	1 093	1 012

A gépi beruházásban jelentkező megtakarítás számítási módja

Először meg kell állapítani, hogy változatlan szinten a tervidőszak növekvő termelési volumenének előállításához mennyivel több bruttó értékű gépi berendezés állományra lenne szükség annál, mint amennyi a bázis időszakban rendelkezésre áll. Ezt növelni kell a gépállomány szinttartásához szükséges pótlás fedezetének költségével. Ehhez viszonyítjuk a gépesítettségi fok alakulására vonatkozó számításból adódó „gépi berendezés bruttó értéke" sorban kapott eredményt, melyet — természetszerűleg megnövelünk az automata gépállomány pótlás fedezetének költség-szükségletével. A két módon számított gépi

Példa: *Számítás a gépi beruházásban jelentkező megtakarításra* — *3. táblázat*

Sorszám	Mutatók megnevezése	Mértékegység	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f	g
1.	Változatlan gépállomány	mFt	32,0	38,4	47,9	59,0
2.	Gépállomány változás	mFt	—	6,4	9,5	11,1
3.	Pótlás fedezete	mFt	—	12,9	16,1	19,8
4.	Összes gépi beruházás változatlan szinten	mFt	—	19,3	25,6	30,9
5.	Automaták gépállománya	mFt	32,0	44,5	63,0	85,4
6.	Automaták gépállomány változása	mFt	—	12,5	18,6	22,4
7.	Pótlás fedezete	mFt	—	—	32,0	57,0
8.	Automatizálás esetén szükséges gépi beruházás	mFt	—	12,5	50,6	79,4
9.	Gépi ber. megtakarítás	eFt	—	67,998	25 000,0	—48 500,0
10.	Gépi ber. megtakarítás egy évre	eFt	—	1360,0	—5000,0	—9700,0

beruházása költség közötti különbség a megtakarítás.

A 3. sorban szereplő pótlás fedezetét úgy számítottuk ki, hogy mintegy 15 évenként teljes gépállomány cserére kerül sor, míg az 7. sorban szereplő pótlás fedezetét 10 évenkénti teljes csere feltételezésével számítottuk ki.

b) *Folyamatos ráfordításban jelentkező megtakarítások kiszámításánál figyelembe veendő tényezők és számítási módszere*

A gépesítés (automatizálás) az egyszerű ráfordítások közül vitathatatlanul a bérjellegű költségekben, az energiaköltségekben és az amortizációs költségekben eredményez megtakarítást. Igaz, hogy a gépesítés (automatizálás) az anyagköltségek alakulására is kedvezően hat, a selejtcsökkentésen keresztül, de ezt számításon kívül hagyjuk, mert kellő mélységű és megbízhatóságú adatokat a számításhoz biztosítani általában nem lehet. Az a véleményünk, hogy az automatizálás megvalósításának egyik előfeltétele az e követelményeknek megfelelő gyártmány-konstrukciók kidolgozása. Ez a körülmény is befolyásolja a selejt mértékének alakulását. Úgy ítéljük meg, hogy a kifejezetten anyagselejt csökkenés a többi megtakarítást eredményező — és számításunkban figyelembe vett — tényezők eredményéhez képest nagyságrendileg kisebb, ezért elhanyagolható. Emiatt nem követünk el hibát, ha e tényező hatását számításon kívül hagyjuk. Tehát emiatt a számításunkban kimutatott eredménynél a valóságban, ha nem is jelentősen, de kedvezőbb eredmények realizálódhatnak.

A bérjellegű költségekben jelentkező megtakarítás számítása

Az egyes időszakokra tervezett termelésben a bázis időszak változatlan termelékenységével kiszámítottuk a változatlan munkáslétszám-szükségletet. Ebből levontuk a tervezett munkáslétszámot és így megkaptuk az elérhető létszámmegtakarítást. Ezt beszoroztuk az egy fő évi átlagos keresetével (számszerű példánk esetében minden időszakban és egységesen 16 500 Ft-tal) és ehhez a bérhez hozzáadtunk 30%-ot a bér közterhe és illetményadója címén. Az így kapott eredmény képezi a bérjellegű költségekben jelentkező megtakarítás összegét. Pl.:

4. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f
1.	Változatlan létszámszükséglet	1800	2160	2 695	3 319
2.	Tervezett munkáslétszám	1800	1785	1 878	2 016
3.	Létszám megtakarítás	—	375	817	1 303
4.	Bérmegtakarítás (eFt)	—	8033,9	17 524,4	27 946,7

Az energia költségekben jelentkező megtakarítás számítása

Számítást végeztünk arra vonatkozólag, hogy a híradástechnikai iparban 1 mFt gépi berendezés üzemeltetéséhez mennyi energia költség szükséges. Eredményül azt kapjuk, hogy ennek értéke éves szinten 44,4 eFt. A gépi beruházásban jelentkező megtakarítást vagy többletráfordítást szoroztuk időszakonként 44,4 eFt-tal, így kaptuk meg az energia költségben jelentkező megtakarítást, vagy többletráfordítást.

Az amortizációs költségekben jelentkező megtakarítás számítása

5. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f
1.	Gépi beruházás megtakarítása (eFt)	—	6799,8	—25 000,0	—48 500,0
2.	Egy millió Ft gépi állóeszköz üzemeltetésének energia költsége (eFt)	44,4	44,4	44,4	44,4
3.	Energia költségmegtakarítás (eFt)	—	301,9	— 1 110,0	— 2 153,0

6. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1965 bázis	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e	f
1.	Változatlan gépállomány (mFt)	32,0	38,4	47,9	59,0
2.	Automaták gépállománya (mFt)	32,0	44,5	63,1	85,4
3.	Változatlan gépállományra jutó amortizációs költség (eFt)	—	2572,4	3210,3	3953,2
4.	Automaták amortizációs költsége (eFt)	—	4445,6	6304,5	8540,0
5.	Többletráfordítás (eFt)	—	1873,2	3094,2	4586,7

Az amortizációs költségekben jelentkező megtakarítás számítása

Az előzőekben kiszámított változatlan gépállomány szükséglet amortizációs költségét évi 6,7%-ban határoztuk meg (15 éves csere feltételezésével). Az automaták, vagyis a tervezett gépállomány amortizációs költségét pedig 10,0%-kal számítottuk (10 éves csere feltételezésével).

A kettő közötti különbség a megtakarítás, illetve a többletráfordítás.

Példa: *(l a 6. táblázatot a 219. oldalon.)*

Az eddigi számítások alapján az egyszeri és folyamatos ráfordításban az alábbi megtakarítások mutatkoznak:

7. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e
1.	Egyszeri ráfordításokban jelentkező megtakarítás egy évre (eFt)	2095,0	−3907,0	−8688,0
2.	Folyamatos költségekben jelentkező megtakarítás (eFt)	6462,6	13320,2	21 206,6
3.	Megtakarítások összesen (eFt)	8557,6	9413,2	12 518,6

Az egyszeri és a folyamatos ráfordítást úgy tettük összeadhatóvá, hogy az egyszeri ráfordítást is — mivel öt év alatti egyszeri költségről van szó — egy évre számítottuk át.

3. A ráfordítások kiszámtása

A ráfordítások kiszámításánál is különbséget teszünk az egyszeri és folyamatos ráfordítások között, az alábbiak szerint:

a) *Egyszeri ráfordításban jelentkező költségek kiszámítása*

Az automatizálás esetében merülnek fel olyan költségek, amelyek a hagyományos gépek beruházása esetén nem minden esetben jelentkeznek. Ezek:

— az automaták tervezési költsége,
— az automaták kutatási költsége,
— az automaták üzembehelyezési költsége.

Számításunkban az automaták beruházandó összes értékének 5%-át tervezési költségre, 3%-át kutatási költségre és 0,5%-át üzembehelyezési költségre, mint egyszeri ráfordítást vettük figyelembe.

A gépi beruházás is egyszeri ráfordítás. A ráfordítások között mégsem az automatizálás esetén szükséges teljes gépi beruházással számolunk, mert az előzőekben — a megtakarításoknál — már a változatlan szintű gépi beruházáshoz képesti többlet-beruházással, mint megtakarítást csökkentő tényezővel számoltunk. Ezért a költségek között a változatlan feltételek mellett szükséges gépi beruházási összeggel kell számolnunk, hogy számításunkban elkerüljük e tényezőnek a kétszeres ráfordításként történő figyelembe vételét.

8. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e
1.	Gépi beruházás változatlan szinten (millió Ft)	19,3	25,6	30,9
	Automata beruházás			
2.	— tervezési költsége (eFt)	622,8	2 530,0	3 970,0
3.	— kutatási költsége (eFt)	373,7	1 518,0	2 382,0
4.	— üzembehelyezési költsége (eFt)	62,3	253,0	97,0
5.	Összes költség (eFt)	20 358,8	29 901,0	37 649,0
6.	Összesen egy évre (eFt)	4 071,8	5 980,2	7 529,8

Példa:

b) *Folyamatos ráfordításban jelentkező költségek kiszámítása*

Feltételezésünk szerint az automaták üzemeltetésénél jelentkező folyamatos költségek egyes tételei magasabbak, mint a hagyományos gépi berendezések ugyanazon költségtételei. Ezért számításunkban azt a módszert követtük, hogy az automaták karbantartási költségeinél a gépállomány értékére vetítve mintegy 1%-kal, és az előre nem látható egyéb költségtételekben mintegy 0,5%-kal magasabb folyamatos kiadásokkal számoltunk.

9. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése		1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b		c	d	e
1.	Automata gépállomány	(mFt)	44,5	63,0	85,4
2.	Karbantartási költség	(eFt)	444,6	630,5	854,0
3.	Egyéb költségek	(eFt)	222,3	315,2	427,0
4.	Összes költségek	(eFt)	666,9	945,7	1281,0

Az összes többletráfordítás értéke:

10. táblázat

Sorszám	Mutató megnevezése	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e
1.	Egyszeri ráfordítás összesen egy évre (eFt)	4071,8	5980,2	7529,8
2.	Folyamatos ráfordítás összesen (eFt)	666,9	945,7	1281,0
3.	Ráfordítások összesen (eFt)	4738,7	6925,9	8810,8

4. A ráfordítások hatékonysági mutatójának a kiszámítása

A gépesítés (automatizálás) ráfordításainak hatékonysági mutatóját az alábbiak szerint számítjuk:

$$\text{Hatékonysági mutató} = \frac{\text{az intézkedés megvalósításához szükséges összes ráfordítás egy évre eső összege}}{\text{Az intézkedés révén elérhető, egy feltételezett évre számított összes megtakarítás összege}}$$

11. táblázat

Sor-szám	Mutató megnevezése	1970 terv	1975 terv	1980 terv
a	b	c	d	e
1.	Összes ráfordítás egy évre (eFt)	4738,7	6925,9	8810,8
2.	Összes megtakarítás egy évre (eFt)	8557,6	9413,2	12518,6
3.	Hatékonysági mutató	0,55	0,74	0,71

Ez az összefüggés azt jelenti, hogy ha a hatékonysági mutató egynél kisebb, akkor a gépesítés (automatizálás) gazdaságos, ellenkező esetben nem. E képlet szerint a példánk alapján a hatékonysági mutatókat a 11. táblázat tartalmazza.

Ezzel elérkeztünk a gazdaságossági számításunk végeredményéhez, amelyből megítélhetjük, hogy a gépesítés (automatizálás) összes (egy évre számított) bruttó ráfordítása milyen hatékony. Ez képezheti a műszaki-gazdasági értékítélet, döntés alapját.

Az Oktatási Bizottság felhívása

A *Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kara* 1968 februárjában ismét indít *szakmérnöki tanfolyamokat.* A jelentkezést általában villamosmérnöki (vagy rokon) oklevélhez és kétévi szakmai gyakorlathoz kötik. Az alábbiakban ismertetjük a tervbe vett szakok célkitűzéseit:

Az **Átviteltechnika Szakmérnöki Tanfolyam** a beszéd, zene, adat és képátvitel általános kérdéseit és a vezetékes híradástechnika műszaki berendezéseit tárgyalja. A tanfolyam a híradástechnikai alkatrészek kiválasztásával, a különböző fontosabb áramkörök, az átviteltechnikai berendezések és a teljes hírközlő rendszer tervezésével, gyártásával és üzemeltetésével foglalkozik.

Az elmúlt évtized fontosabb újabb eredményeinek (pl. félvezetők, hálózatszintézis, megbízhatóság, mikrohullámú csatornák, adatátvitel) rendszerezett összefoglalását nyújtja. A lineáris hálózatokból, elektronikus kapcsolásokból kiadott tervezési feladatok, valamint a komplett átviteltechnikai berendezések mérése az elméleti és a gyakorlati munka összekapcsolását célozzák.

Félvezető Eszközök Gyártástechnikája szakmérnöki szakra azok a vegyészek, fizikusok, gépészmérnökök vagy villamosmérnökök jelentkezhetnek, akik a tranzisztorok és más félvezetőeszközök gyártástechnológiájával és a technológia előkészítésével foglalkoznak.

A szak célja, hogy olyan diplomásokból, akik a szaknak megfelelő és kellő színvonalú egyetemi előképzettséggel és a választott szakterületen legalább kétéves gyakorlattal rendelkeznek, a magyar vákuumtechnikai és félvezető-ipar, s a vele összefüggő kutatóintézetek számára korszerű félvezetőeszközök gyártásával kapcsolatos elméleti és technológiai feladatok ellátására képes szakmérnököket képezzen.

A szak elvégzését különösen az Egyesült Izzó, Konverta, Anód Áramirányító stb. vállalatok, valamint a hasonló profilú kutatóintézetek (HIKI, MFI, esetleg KFKI stb.) dolgozói számára ajánljuk.

A **Mikrohullámú Technika Szakra** jelentkezhetnek híradástechnikus, ill. műszer szakos villamosmérnökök, valamint fizikus oklevéllel rendelkezők.

A szak célja olyan mikrohullámú szakmérnökök képzése, akik mikrohullámú rendszerek és berendezések fejlesztésében, tervezésében, gyártásában és üzemeltetésében részletes szakmai ismeretekkel rendelkeznek.

A szaktárgyak az egyetemi anyagra épülve, annál részletesebb és magasabb szintű ismereteket nyújtanak a mikrohullámú aktív és passzív áramkörök, antennák, mikrohullámú berendezésekben használt elektronikus áramkörök rendszertechnikai, berendezés és konstrukciós kérdéseiben, a használatos mérésekben.

Rádió-Műsorszóró és Hírközlő szakmérnöki szakra a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán végzett és legalább 2 éves szakmai gyakorlattal rendelkező mérnökök jelentkezhetnek.

A Rádió-műsorszóró és hírközlő szak a rádió és tv-adókat, rádió hírközlő berendezéseket gyártó ipari, valamint a Posta, MÁV, kisebb mértékben a honvédség, MAHART, valamint az autóközlekedési vállalatok részére képez szakembereket. A szak célja elsősorban a fix és mozgó összeköttetések tervezésére és üzemeltetésére alkalmas szakmérnökök képzése. A szak ezenkívül a műsorszóró és rádió hírközlő ipar területén a berendezések, áramkörök, tervezési, fejlesztési feladatainak megoldására is képesít.

A **Televíziótechnika Szakmérnöki Szakon** a villamosmérnöki oklevéllel (gyengeáramú szak) rendelkező és a szakmában legalább 2 éve dolgozó mérnökök vehetnek részt.

A híradástechnikus mérnökök jelentős része dolgozik olyan munkakörben, amely közvetlenül, vagy közvetve összefügg a televízió technikájával. A tanfolyam fő célja, hogy e mérnökök szaktudását szélesítse, megismertesse velük a telvízió valamennyi területén az utóbbi évek során bekövetkezett fejlődést és hogy mindnyájuknak átfogó képe legyen ne csak a közvetlen munkakörük témájáról, hanem az avval kapcsolódó szomszédos televízió szakterületekről is. A tanfolyam így természetesen nemcsak a televíziós adás (Magyar Rádió és Televízió, Magyar Posta) és vétel (VTRGY, ORION) mérnökei számára indul, hanem azok részére is, akiknek munkája közvetve kapcsolatos a televízióval (tv adógyártás, tv műszergyárak, alkatrészgyártó cégek, ktsz-ek, szervizek stb. mérnökei).

A tanfolyam 4 féléve során a telvíziótechnika alapjaiból — mérnöki szinten — kiindulva eljut a legkorszerűbb megoldású stúdió-, adó- és vevőberendezésekig (mind csöves, mind félvezetős kivitelben), beleértve a színes telvízió kérdéseit is. E főbb témák mellett több tárgy foglaklozik méréstechnikai problémákkal, világítástechnikával, szimméréstechnikával, ill. e tárgyakban alkalmazott matematika összefoglalásával.

A tanfolyamokról bővebb felvilágosítást a Villamosmérnöki Kar Dékáni Hivatalában *Pálvölgyiné* ad.

SAUFERT JÁNOS
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Tirisztoros kikapcsoló áramkörök és impulzusgenerátorok

ETO 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

A tirisztor (vezérelt egyenirányító) szilíciumból készült négyrétegű (pnpn) félvezetőeszköz, amely három kivezetéssel (egyik a vezérlőelektróda) rendelkezik. Vannak két kivezetéssel ellátott (vezéreletlen) négyrétegű eszközök is — négyrétegű diódák —, de ezek szerepe a tirisztorokéhoz képest alárendeltebb.

A négyrétegű eszközök karakterisztikája a tirátronok karakterisztikájához hasonló. A tirisztorok előnyét a tirátronokkal szemben ma már nem szükséges különösebben hangsúlyozni.

Jelenleg a nyugati piacon beszerezhető tirisztorok, a típusuktól függően néhány száz mA-t vagy többszáz A-t kapcsolhatnak a terhelésre és a kapcsolófeszültségük: 100 V—1500 V. Teljesítményerősítésük rendkívül nagy 10^6-szoros. Hatásfokuk nagyon jó, mert kicsi a záróáramuk és a nyitófeszültségesésük és a be- és kikapcsoláskor az eszközön létrejövő tranziens disszipáció is elhanyagolható. A jelfogókhoz és a tirátronokhoz képest igen gyors működésűek. Ma már vannak olyan tirisztor típusok, amelyek 10 kW feletti teljesítményt kapcsolnak 10 μs-on belül. A működési hőmérséklettartományuk:

$$-65\ °C — +125\ °C.$$

Ezeket az eszközöket a kisméret a mechanikus és klimatikus igénybevételekkel szemben mutatott ellenállóképesség, nagy megbízhatóság és a hosszú élettartam jellemzi.

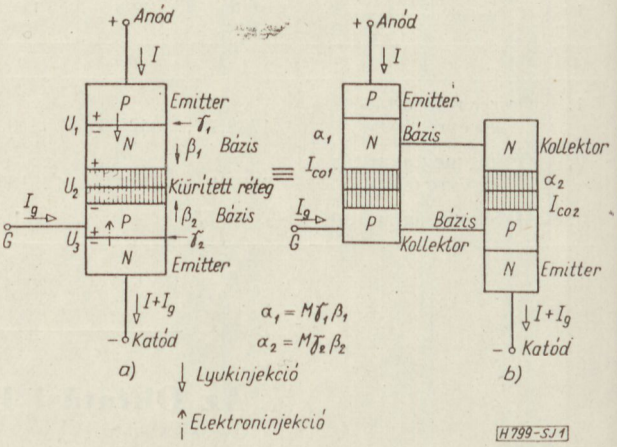
Az USA-ban az utóbbi egy-két évben a tirisztorok ára az előbbi évek árának tizedére-huszadára csökkent, ma már 50 centért is kapható kisteljesítményű tirisztor, ezért a felhasználásuk újabban ugrásszerűen megnövekedett.

A tirisztorok alkalmazási területe; a híradás- és ezen belül különösen a telefontechnika, impulzus- és számítógéptechnika, jelenleg és várhatóan a jövőben is legnagyobb szerepük a szabályozás- és automatizálás, valamint az erősáramú technikában lesz.

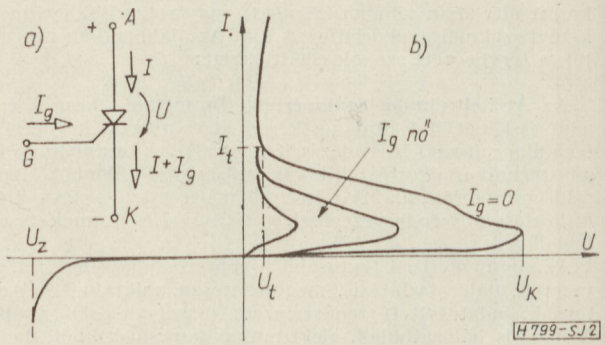
A cikk röviden összefoglalja a tirisztor működését, foglalkozik a vezetőállapotban levő tirisztor kikapcsolási problémáival, főtárgyát az L, C kikapcsolóáramkörök analízise és tervezése képezi, ezek az áramkörök nagyáramú impulzusgenerátorokként alkalmazhatók.

1. A tirisztor működése, karakterisztikája

A tirisztor felépítését az 1*a* ábra mutatja. A működés megértését az 1*b* ábrán feltüntetett két komplementer tranzisztor ekvivalens áramkör segíti elő. A tranzisztorokat a közösbázisú áramerősítési tényezőjükkel és a maradékáramukkal vesszük számításba.



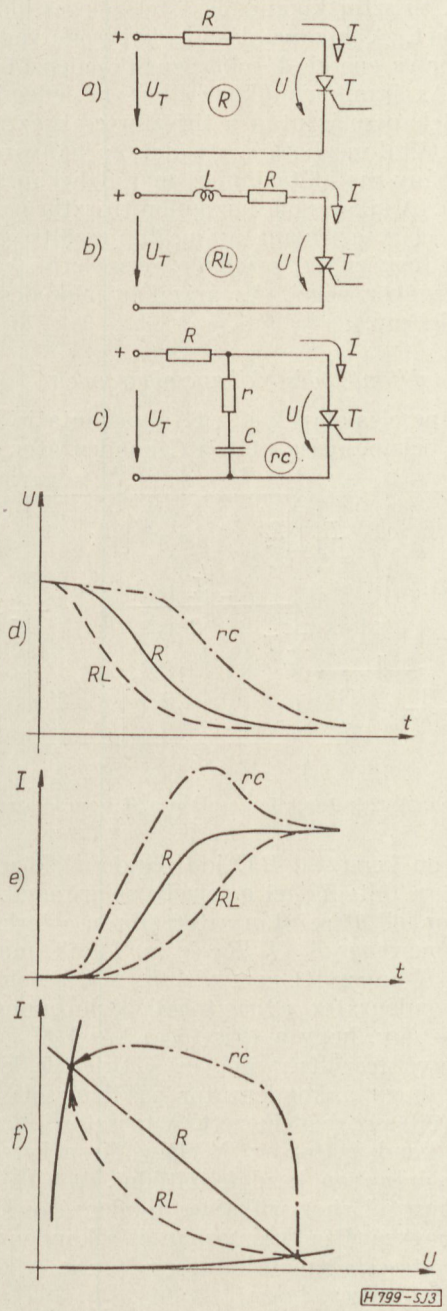
1. ábra. A tirisztor felépítése és helyettesítése



2. ábra. A tirisztor jelölése és karakterisztikája

A két tranzisztor pozitív visszacsatolásban van egymással. A jelzett polaritással, ha a kapcsolófeszültségnél (2*b* ábrán U_k feszültség) kisebb feszültség kerül a tirisztorra ($I_g=0$ eset), az ekvivalens tranzisztorpár pozitív hurok erősítése egynél kisebb lesz. A feszültség növelésével a középső átmenetben (kollektor-átmenet) a lavina-sokszorozódás miatt töltéshordozó-párok keletkeznek, ezáltal az áram nőni fog és az emitter-injekciós hatásfok növekedésén keresztül az áramerősítési tényezők nagyobbak lesznek, és a hurokerősítés közelebb kerül az egységhez. A feszültség további növelésével az áram fokozottabb növekedést mutat és az U_k kapcsolófeszültségnél a hurokerősítés eléri az egységnyi értéket, a folyamat öngyorsítóvá válik, az ekvivalens tranzisztorok a lezárási tartományból (hurokerősítés egynél kisebb), az aktív tartományon át (a hurokerősítés egynél nagyobb) a telítési tartományba jutnak, és az eszköz feszültségesése kicsi lesz (0,7 V körül). A karakterisztikát a 2*b* ábra mutatja be.

Nyitóirányú vezérlőáram esetén ($I_g>0$) az α_2 nagyobbá válik, mivel az az $I+I_g$ áramfüggvénye, így a



3. ábra. A tirisztor terhelési viszonyai

hurokerősítés az U_k feszültségnél kisebb feszültség mellett éri el az egységnyi értéket és a tirisztor bekapcsol. Növekvő I_g-vel a bekapcsolási feszültség csökken.

A tirisztor karakterisztikájának egyenlete könnyen levezethető az ekvivalens tranzisztor-párra felírható Kirchoff-egyenletekből.

Az áramerősítési tényezők az alábbi formában írhatók fel:

$$\alpha_1 = M_P \gamma_1 \beta_1, \qquad \alpha_2 = M_n \gamma_2 \beta_2$$

ahol: M_P, M_n a lyukakra és az elektronokra vonatkozó lavinasokszorozási tényezők, az egyszerűbb számítás kedvéért felteszik, hogy $M_P = M_n = M$; γ_1 és γ_2 a megfelelő emitterek injekciós hatásfoka; β_1 és β_2 a bázistartományok transzport faktora. Így nyilvánvaló, hogy az α_1 és α_2 áramerősítési tényezők az M tényező miatt feszültség- és a γ miatt áramfüggőek.

A tirisztor zárt állapotában $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$.

A tirisztor bekapcsol, ahol a differenciális ellenállása zérus, ennek feltétele [1]:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + J \cdot \frac{\partial(\alpha_1 + \alpha_2)}{\partial J} = 1 - J_g \frac{\partial \alpha_2}{\partial J}$$

ilyenkor az ekvivalens tranzisztor-pár hurokerősítése éppen egységnyi.

A tirisztorok kapcsoló teljesítményerősítése igen nagy, több milliószoros is lehet.

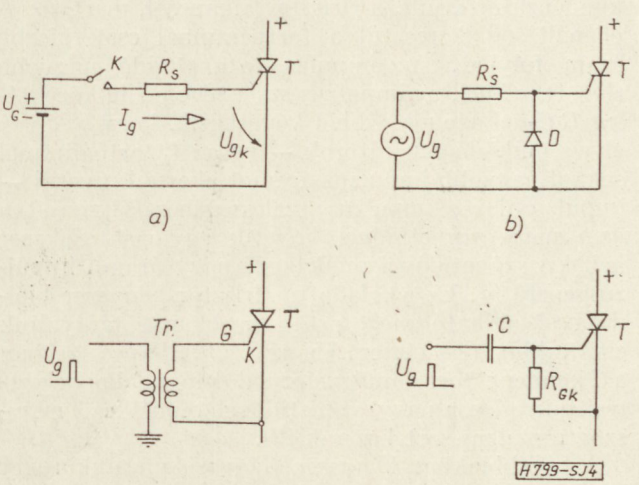
Az eszköz kikapcsolása (a vezérlőelektródán keresztül kikapcsolható tirisztorokat kivéve) úgy történik, hogy a szükséges ideig záróirányú feszültséget kapcsolunk rá, vagy az áramát a tartóáramérték alá csökkentjük. Csökkenő áram esetén az áramerősítési tényezők összege csökken és a karakterisztika U_t, I_t pontjában (itt $M = 1$) $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$.

A tirisztor záróirányú előfeszítésekor a két szélső átmenet zár, a középső pedig nyit. Nagy zárófeszültségnél a kisebbik letörési feszültséggel rendelkező átmenet letörik (2*b* ábra).

A 3. ábra három kapcsolást mutat különböző terhelőimpedanciákkal (*R*, *RL*, *rc*). *R* munkaellenállás esetén a tirisztor árama bekapcsoláskor a tirisztor tulajdonságai által meghatározott sebességgel nő, feszültsége pedig csökken. *RL* impedancia esetén az áramfelfutásban késés, a feszültség-lefutásban pedig sietés lesz, az előbbi esethez képest. *rc* impedancia esetén a helyzet fordított, sőt áramban az *r*, *R* egymáshoz való viszonyától függően, túllövés is lehet. A 3*f* ábra a munkapontok útját mutatja a karakterisztikába berajzolva. Az ábra alapján nyilvánvaló, hogy a bekapcsolási tranziens disszipáció szempontjából a soros *RL* impedancia a legkedvezőbb és a parallel *rc* a legrosszabb. Tirisztoroknál kikapcsolás esetén létrejövő tranziens disszipáció elhanyagolható.

Foglalkozni kell még röviden a tirisztor bekapcsoló áramköreivel is (4. ábra). A bekapcsolás módjai:

a) Bekapcsolás a vezérlőelektródára kapcsolt egyenárammal 4*a* ábra szerint. Fokozottan kell



4. ábra. Tirisztorok bekapcsolása

ügyelni arra, hogy az $I_g U_{gk}$ disszipáció a megengedett értéket túl ne lépje. Ha az anódon negatív polaritású feszültség van, nem szabad a vezérlőelektródára nyitóirányú feszültséget kapcsolni, mert ez az eszköz tönkremenetelét okozhatja.

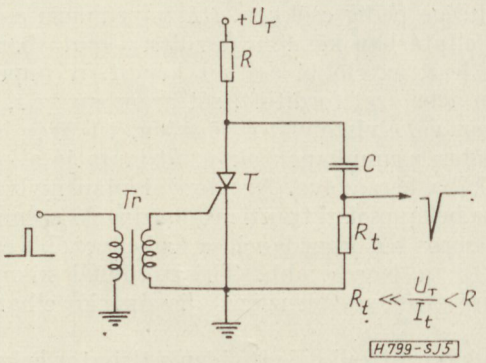
b) Bekapcsolás színuszosan változó feszültséggel 4*b* ábra szerint. A vezérlő elektróda záróirányú feszültségét a *D* dióda vágja.

c) Bekapcsolás impulzussal (4*c* és 4*d* ábra). Az impulzusgenerátor a vezérlőelektródához csatolható transzformátorral vagy kondenzátorral. A transzformátoros csatolás a legkedveltebb, a szekunder tekercs a *G* és *K* elektródát egyenáramúlag rövidre zárja, és ezáltal jelentősen növeli a hőmérséklet stabilizálást.

d) Bekapcsolható a tirisztor úgyis, hogy az *A* és *K* elektródák közé a kapcsolófeszültségnél nagyobb feszültséget adunk, de ezt tirisztoroknál általában nem alkalmazzák.

2. Kikapcsoló áramkörök

Az irodalomból ismert impulzusgenerátorok [2] alapelvét az 5. ábra mutatja. Az ilyen elven működő áramkörnél is $R > \frac{U_T}{I_t}$, ahol I_t a tirisztor tartóárama. Az impulzus szünet alatt a *C* kondenzátor az $(R+R_t)$ ellenálláson keresztül U_T feszültségre töltődik fel.



5. ábra. Impulzusgenerátor

A tirisztor begyújtása után a kondenzátor az R_t ellenálláson keresztül sül ki, általában $R_t \ll R$. Ha a kondenzátor kisült, a tirisztor kikapcsol, mert az *R* ellenálláson keresztűl a tartóáramnál csak kisebb áram folyhat. Az impulzus szünet idő nagyobb $(R+R_t)\cdot C$-nél, az impulzus szélessége pedig közelítőleg $R_t C$-vel azonos. Ebből következik, hogy az ilyen elven működő generátorok — ha az I_t tartóáramnál sokkal nagyobb impulzus áramot akarunk nyerni — impulzusai az impulzus szélességéhez viszonyítva igen nagy szünetidővel követik egymást. Sokszor kell kis szünetidővel rendelkező nagy áramú impulzusgenerátor. Ez a feladat a tirisztor kényszer kioldásával oldható meg, ezt a problémát tárgyaljuk cikkünkben részletesen. Ha az 5. ábra kapcsolásában a *C* kondenzátort impulzusformáló művonallal helyettesítjük, akkor nagy szünetidővel rendelkező négyszög impulzus-sort kapunk [2].

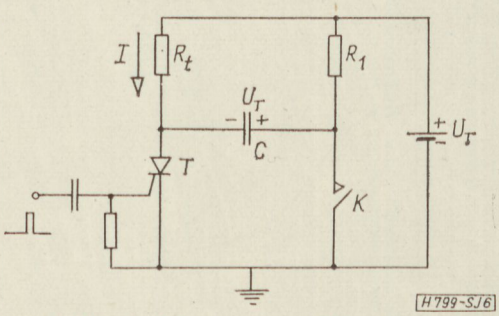
A továbbiakban kényszer-kikapcsoló áramköröket ismertetünk, ezeknek két fő típusa ismert:

1. A tirisztor kikapcsolása tetszőleges időpontban történhet. A kikapcsoláshoz kapcsoló vagy másik tirisztor és energia-tároló elem (kondenzátor) szükséges. Az áramkör működése bistabil jellegű.

2. Bekapcsolás után a tirisztor csak az áramköri elemek által meghatározott ideig (néhányszor 10 μs-től néhány ms időtartamig) marad bekapcsolt állapotban. A kikapcsoláshoz külön tirisztor nem kell, a kikapcsolást a kívánt áram, ill. feszültség hullámalaktól függően *LC* rezgőkör, rezgőkörök, vagy csatolt rezgőkör végzi. Az áramkör működése monostabil jellegű.

2.1 Bistabil működésű kikapcsolóáramkör

A kapcsolás alapelvét a 6. ábra mutatja be. A tirisztor bekapcsolása után a *C* kondenzátor az R_1 el-



6. ábra. A tirisztor kikapcsolása a *K* kapcsoló zárásával

lenálláson keresztül $R_1 C$ időállandóval közel U_T feszültségre töltődik fel a jelzett polaritással. A kondenzátor feltöltése után a tirisztoron a terhelés áramával megegyező U_T/R_t áram folyik mindaddig, amíg a *K* kapcsolót nem zárjuk. A kapcsoló zárásával a kondenzátor a tirisztorral párhuzamosan kapcsolódik úgy, hogy a tirisztorra közel U_T nagyságú záróirányú feszültség jut, és a tirisztor kikapcsol, feltéve, hogy a kondenzátor a kikapcsoláshoz elegendő töltéssel rendelkezett. A tirisztor kikapcsolása után a kondenzátor az R_t ellenálláson keresztül ellentétes irányban kezd feltöltődni.

A kikapcsoláshoz szükséges kondenzátor kapacitásának nagyságát a tirisztorban és a kondenzátorban tárolt töltések alapján határozzuk meg. A kikapcsoláshoz szükséges, hogy

$$Q_c \geq Q_{T\,max}$$

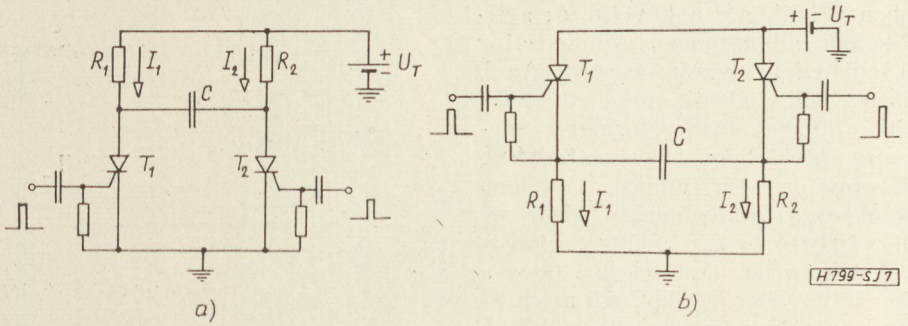
teljesüljön, ahol $Q_c = CU_T$ a kondenzátorban tárolt töltés és

$$Q_{T\,max} = \frac{U_T}{R_{t\,min}} \tau_p$$

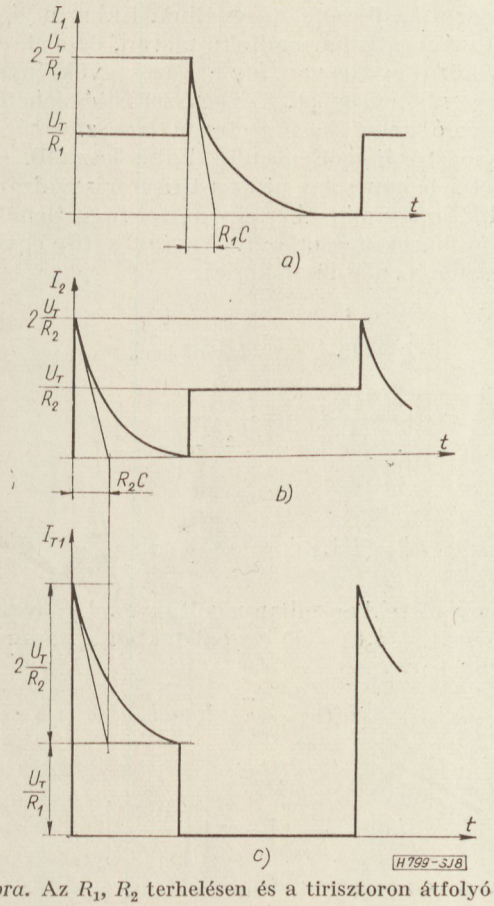
a tirisztorban tárolt maximális töltés, itt τ_p a tirisztor jellemző időállandója (rekombinációs idő a bázistartományban), értéke néhányszor 10 μs nagyságú. Ezek alapján a szükséges kapacitás érték:

$$C \geq \frac{\tau_p}{R_{t\,min}}$$

Gyakorlati áramkörökben a *K* kapcsolót tirisztor helyettesíti (7*a*, 7*b* ábrák), ezek a jól ismert tirisztoros flipflop áramkörök. A bekapcsolt állapotban levő T_1 tirisztort a T_2 tirisztor bekapcsolásával kapcsoljuk



7. ábra. Tirisztoros flip-flop áramkör



8. ábra. Az R_1, R_2 terhelésen és a tirisztoron átfolyó áram

ki és fordítva. Elvben a 7*a* és 7*b* ábrák között nincs különbség, ha a fogyasztó földelése fontos, akkor a *b* ábra kapcsolását alkalmazzuk.

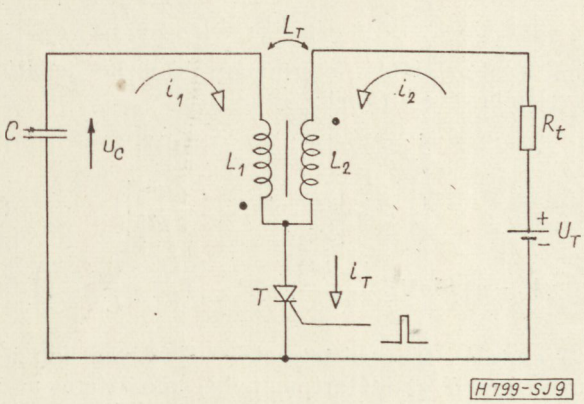
A 8. ábra az R_1, R_2 terhelésen és a T_1 tirisztoron átfolyó áram hullámformáját mutatja be. Mind a be-, mind a kikapcsoláskor igen rövid időre az ábrán felrajzoltnál sokkal nagyobb áram folyik a tirisztoron, mert pl. a T_2 tirisztor bekapcsolásakor rövid időre mindkét tirisztor vezetőállapotban lesz, és a feltöltött kondenzátor rövidzárba kerül. A „rövidzárási" áramot a tirisztor tömbellenállása, huzalellenállások és főleg a vezető állapotba kerülő tirisztor véges bekapcsolási sebessége korlátozza.

2.2. Monostabil működésű kikapcsolóáramkörök

E fejezetben ismertetett áramkörök működése elvben eltér az 5. ábrán bemutatott generátor működésielvétől, mert $\frac{U_T}{R} \gg I_t$ tartóáramnál, ebben az esetben R jelenti a terhelést. Ezekkel az áramkörökkel leérhető, hogy az impulzusok közötti minimális szünetidő az impulzusszélesség két-háromszorosa legyen. A tirisztorok kényszer kikapcsolása — a kívánt áram hullámformától függően — rezgőkörrel, rezgőkörökkel, vagy csatolt rezgőkörrel végezhető el. Alapállapotban a tirisztor nem vezet, pozitív indító impulzus hatására bekapcsol, és a rezgőkör (csatolt rezgőkör) által megszabott időtartam után kapcsol ki, a terhelésen még addig folyik áram, amíg a kondenzátor fel nem töltődik. A kondenzátor feltöltése rövid idő alatt megtörténik, mert a terhelő ellenállás kicsi.

A tirisztor kikapcsolt állapota alatt a kondenzátorban $\frac{1}{2} CU_T^2$ energia tárolódik, amely a tirisztor bekapcsolása után (a periódus első negyedében) mágneses energiává, majd újra (második negyed) elektromos energiává alakul vissza, ezalatt a kondenzátor feszültsége ellentétes irányúvá válik. A harmadik negyed periódusban, az elektromos energia a tekercsekben újra mágneses energiává kezd átalakulni és most a tekercsben folyó áram a tirisztoron átfolyó áramot csökkenti. Amikor a tirisztor árama a tartóáram érték alá csökken, a tirisztor kikapcsol. A terhelés árama tovább folyik, amíg a kondenzátor feszültsége a telepfeszültséget el nem éri.

A 9. ábra csatolt körös kikapcsoló-áramkört mutat be [3] a csatolás transzformátoron keresztül történik. Az áramkör kétféle üzemmódban működhet, az egyikben a vasmag telítésbe kerül (nem lineáris működés), a másikban a transzformátor vasmagja nem telítődik (lineáris üzemmód).



9. ábra. Csatoltkörös kikapcsolóáramkör

Telítéses üzemben a működés a következő: a tirisztor bekapcsolásának pillanatában a kondenzátor feszültsége U_T (a földelt fegyverzete negatív). Az i_1 áram a kondenzátort előbb kisüti, majd ellentétes polaritással feltölti, e közben a transzformátor mágnesező árama annyira megnő, hogy a vasmag telítésbe jut. Telítéskor a transzformátor induktivitása igen nagy mértékben csökken, és a kondenzátor kis impedancián keresztül a tirisztorra kapcsolódva a tirisztort kikapcsolja. A kikapcsolás feltétele az, hogy a vas telítődése akkor jöjjön létre, amikor már az ellentétes irányban feltöltődött kondenzátor elegendő töltéssel rendelkezik a tirisztor kikapcsolásához. Az üzemmód hátránya, hogy a terhelőáram viszonylag szűk tartományában jön létre és mivel nemlineáris feladatról van szó, az analízise igen bonyolult. Ha a terhelőáram igen nagy, a vas korán telítődik, és a kondenzátor még nem rendelkezik a kikapcsoláshoz szükséges töltéssel, és a tirisztor bekapcsolt állapotban marad. Kis terhelőáram esetén a lineáris üzemmód valósul meg. A nemlineáris üzem analízisével nem foglalkozunk.

Lineáris működés esetén a vasmag méretét úgy kell megválasztani, hogy az a maximális terhelés esetén se juthasson telítésbe.

Az áramkör részletesebb vizsgálatához a bekapcsolási folyamatra érvényes Kirchhoff-egyenleteket operátoros alakban írjuk fel. Az időfüggvények Laplace-transzformáltját felülvonással jelöljük. A $t=0$ pillanatban a kondenzátor feszültsége U_T.

$$\bar{i}_T=\bar{i}_1+\bar{i}_2 \tag{1}$$

$$\frac{U_T}{p}=\left(\frac{1}{pC}+pL_1\right)\bar{i}_1+pL_T\bar{i}_2 \tag{2}$$

$$\frac{U_T}{p}=pL_T\bar{i}_1+(R_T+pL_2)\bar{i}_2 \tag{3}$$

ahol $L_T=k\sqrt{L_1L_2}$ a kölcsönös induktivitás és k a csatolási tényező ($-1\leq k\leq 1$). Vezessük be az áttételi viszonyt

$$n=k\sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \tag{4}$$

A (2) és (3) egyenletekből:

$$\bar{i}_1=\frac{\Delta_1}{\Delta_N} \tag{5}$$

$$\bar{i}_2=\frac{\Delta_2}{\Delta_N} \tag{6}$$

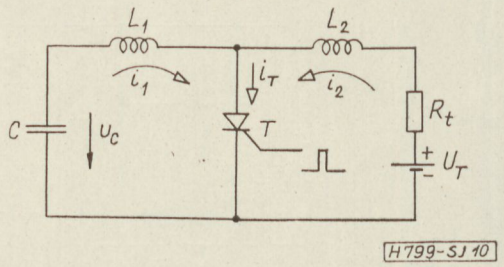
ahol Δ-val az alábbi determináns értékeket jelöltük, figyelembevéve a (4)-et:

$$\Delta_1=U_Tp[R_t+pL_2(1-n)] \tag{7}$$

$$\Delta_2=U_T\left[\frac{1}{C}-p^2nL_2\left(1-\frac{n}{k^2}\right)\right] \tag{8}$$

$$\Delta_N=p\left(p^3n^2L_2^2\frac{1-k^2}{k^2}+p^2R_t\frac{n^2}{k^2}L_2+p\frac{L_2}{C}+\frac{R_t}{C}\right) \tag{9}$$

A csatolási tényező tetszőleges értéke mellett a p tartományból az időtartományba való áttérés a Δ_N szögletes zárójelében szereplő p-ben harmadfokú polinomban nehéz, a számítást csak a $k=0$ és $k=1$ extrém értékek mellett végezzük el.



10. ábra. Rezgőkörös kikapcsolóáramkör

Először a $k=0$ esetet tárgyaljuk. Ekkor a Δ_N polinom továbbra is harmadfokú marad, de a Δ_1 és Δ_2-vel egy közös gyöke van, így a közös gyökténye zőkkel egyszerűsíteni lehet. Az egyszerűsítés lehetősége nyilvánvaló, mert $k=0$ esetén a transzformátorból két egymástól független induktivitás lesz (10. ábra), és mivel a bekapcsolás után a tirisztor rövidzárként működik, az áramkör két egymástól függetlenül tárgyalható hurokra esik szét. Az (5) és (6) egyenlet $k=0$ esetén az alábbi alakú lesz:

$$\bar{i}_1=\frac{\Delta_1}{\Delta_N}\bigg|_{k=0}=\frac{U_T}{L_1}\frac{1}{p^2+\omega_0^2} \tag{10}$$

$$\bar{i}_2=\frac{\Delta_2}{\Delta_N}\bigg|_{k=0}=\frac{U_T}{L_2}\frac{1}{p\left(p+\frac{1}{\tau_2}\right)} \tag{11}$$

ahol

$$\omega_0^2=(L_1C)^{-1} \qquad \text{és} \qquad \tau_2=\frac{L_2}{R_t}$$

Az egyenletekben elhanyagoltuk az L_1C rezgőkör veszteségeit. A (10), (11) egyenletekből az áram időfüggvények:

$$i_1(t)=\frac{U_T}{\sqrt{\frac{L_1}{C}}}\sin\omega_0t \tag{12}$$

$$i_2(t)=\frac{U_T}{R_t}\left[1-\exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)\right] \tag{13}$$

Legyen a tirisztor T időtartam alatt vezetőállapotban, a T időpontban az alábbi egyenletnek kell teljesülni:

$$i_T(T)=i_1(T)+i_2(T)=0 \tag{14}$$

(a tartóáram helyett jó közelítéssel az egyszerűbb számítás kedvéért zérus vehető). A (14) egyenlet csak akkor teljesíthető, ha a T idő hosszabb, mint az az idő, ami az $I_{T\,max}$ áramhoz tartozó töltés felépítéséhez és lebontásához szükséges a tirisztor bázisaiban. Ebben az esetben a tirisztort ideális kapcsolóként kezelhetjük és a kapcsolási sebességet nem kell számításba venni.

Válasszuk a τ_2 időállandót úgy, hogy az $\exp\left(-\frac{t_0}{\tau_2}\right)\ll 1$ legyen $\left(t_0=\frac{\pi}{\omega_0}\text{ félperiódus idő}\right)$, ez teljesül, ha $t_0\geq 3\,\tau_2$. A 11. ábra szerint felírhatjuk, hogy

$$\omega_0T=\omega_0(t_0+\Delta t)=\pi+\omega_0\Delta t \tag{15}$$

Az ábra szerint Δt nem vehető nagyon kicsire, mert akkor a tirisztor árama az $\frac{U_T}{R_t}$-hez képest igen nagy lesz, viszont $\frac{\pi}{2\omega_0}$ értékűre sem vehető, mert az L_1C kör a valóságban csillapítással rendelkezik.

Így a

$$0 < \omega_0 \Delta t < \frac{\pi}{2} \tag{16}$$

egyenlőtlenségnek kell teljesülni. Ha az L_1C kör jósági tényezője 20-nál nagyobb, akkor a

$$\Delta t = \sqrt{L_1 C} \tag{17}$$

választás megfelel. A (15) és (17) egyenletek alapján

$$T = \frac{1+\pi}{\omega_0} = (1+\pi)\sqrt{L_1 C} \tag{18}$$

A (12), (13) és a (18) egyenleteket a kikapcsolás feltételét megszabó (14) egyenletbe behelyettesítve, egyszerűsítések után kapjuk, hogy:

$$i_T(T) = 1 - \frac{R_t}{\sqrt{\frac{L_1}{C}}} \sin 1\,\text{rad} = 0$$

amiből

$$\sqrt{\frac{L_1}{C}} = 0{,}84\ R_t \tag{19}$$

A (18) és a (19) egyenletből

$$L_1 \cong 0{,}2\ R_t T \tag{20}$$

$$C \cong 0{,}29\ \frac{T}{R_t} \tag{21}$$

A

$$\frac{t_0}{\tau_2} = \frac{1}{\tau_2}\,\frac{\pi}{\omega_0} \geq 3$$

feltétel teljesül (az egyszerűség kedvéért 3 helyett π-értéket véve) minden olyan L_2-értékre, melyre a

$$0 \leq L_2 \leq 0{,}24\ R_t T \tag{22}$$

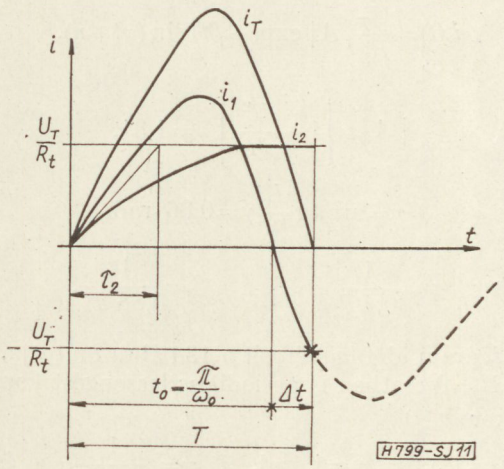
egyenlőtlenség érvényes. Ha az $L_2 = 0$, akkor az i_2 áram felfutási sebességét a tirisztor bekapcsolási sebessége határozza meg, ez a legtöbb esetben az impulzus szélességéhez képest elhanyagolható.

A T időpillanatban a tirisztor kikapcsol, és a terhelőáram (i_2) lecsengése a számított L_1, L_2, C és R_t értékekből már kiadódik. A kikapcsolás utáni folyamat vizsgálatához is ismerni kell a kezdeti feltételeket, azaz a T időpontban a C kondenzátoron levő feszültség és az induktivitásokon átfolyó áram nagyságát. A 10. és a 11. ábrák, illetve a (14) egyenlet szerint:

$$i_2(T) = -i_1(T) = \frac{U_T}{R_t} \tag{23}$$

Bekapcsolás alatt a kondenzátor feszültsége az alábbi egyenlet szerint változik:

$$U_c(t) = U_T \cos \omega_0 t \tag{24}$$



11. ábra. A rezgőkörön és a terhelésen folyó áram a tirisztor vezetési állapotában

és ebből $$U_c(T) = -0{,}54\ U_T \tag{25}$$

A továbbiakban az idő múlását a tirisztor kikapcsolásának pillanatától mérjük, erre a szakaszra a 12. ábra kapcsolása érvényes. A 12. ábra alapján a (23) és (25) kezdeti feltételek figyelembevételével i_2-re az alábbi operátor egyenletet nyerjük:

$$\bar{i}_2 = \frac{[U_T - U_c(T)]\,C}{p^2LC + pR_tC + 1} + LC\,\frac{U_T}{R_t}\,\frac{p}{p^2LC + pR_tC + 1} \tag{26}$$

itt $L = L_1 + L_2$

A nevező gyökei konjugált komplexek:

$$S_{1,2} = -\beta \pm j\gamma \tag{27}$$

ahol

$$\beta = \frac{R_t}{2L} \tag{28}$$

és

$$\gamma = \beta\sqrt{4\frac{L}{CR_t^2} - 1} \tag{29}$$

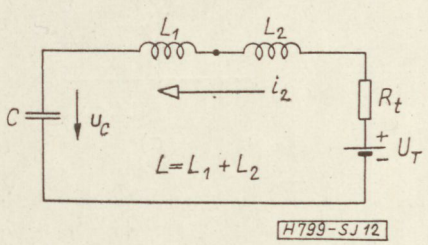
Vegyük a (22) egyenlőtlenség szerint az L_2 két szélső esetét:

legyen

$$L_2 = 0{,}24\ R_t T$$

a megfelelő értékeket a (29) egyenlet gyök alatti kifejezésébe helyettesítve pozitív mennyiséget kapunk, tehát az i_2 lefutása periodikus.

Ha az $U_c(T) \simeq -0{,}5\ U_T$ közelítéssel élünk, akkor az i_2 áram időfüggvénye:



12. ábra. Működés a tirisztor kikapcsolása után

$$i_2(t)=\frac{U_T}{R_t}|A|\exp(-\beta t)\sin(\gamma t+\eta), \qquad (30)$$

ahol

$$|A|=\left[1+\frac{R_t^2}{\gamma^2 L^2}\right]^{1/2}=1{,}31,$$

$$\eta=\operatorname{arc\,tg}\frac{L}{R_t}\gamma=0{,}86 \text{ rad},$$

$$\gamma=\frac{1}{0{,}4\,T} \quad \text{és} \quad \beta=\frac{1}{0{,}88\,T}.$$

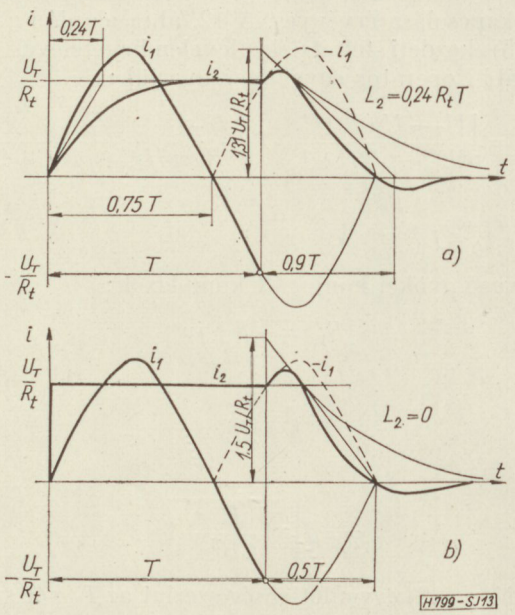
Az i_2 áram időfüggvényét a 13*a* ábra mutatja.

Az $L_2=0$ esetben is periodikus lecsengést kapunk. Ilyenkor

$$|A|=1{,}5, \quad \eta=1 \text{ rad}, \quad \gamma=\frac{1}{0{,}24\,T} \quad \text{és}$$

$$\beta=\frac{1}{0{,}4\,T}$$

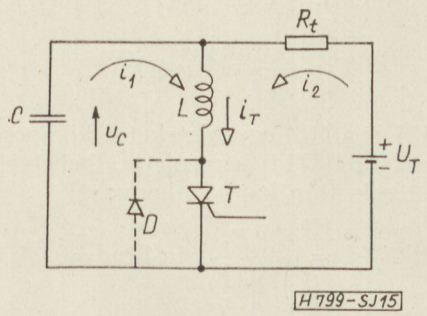
Az áramidőfüggvényt a 13*b* ábra tünteti fel.



13. ábra. Az i_2 áram időfüggvénye

Ha a terhelés (R_t) földelése szükséges, akkor a 10. ábra kapcsolása helyett a vele ekvivalens 14*c* ábra kapcsolását kell alkalmazni. A két áramkör azonossága a következőképpen látható be; a tirisztor kikapcsolt állapota alatt a kondenzátor U_T nagyságú feszültségre töltődik fel. Így a kondenzátor egy U_T feszültségű telep és egy feltöltetlen kondenzátor soros kapcsolásával helyettesíthető (14*a* ábra). A két U_T feszültségű telep pozitív pólusa ekvipotenciális, tehát azok fémesen összeköthetők (14*b* ábra), ebben a kapcsolásban az R_T és a telep pozitív pólusa földelhető. A soros kapcsolásban a tirisztor és a $Z(p)$ impedancia sorrendjét felcserélve a 14*c* ábra kapcsolását kapjuk.

Vegyük példának a második egyszerű esetet, amikor az alapkapcsolásban (9. ábra) $k=+1$ és $n=1$. Így a transzformátor egyetlen induktivitással helyettesíthető, és a csatolt körös kikapcsoló áramkörből a 15. ábrán feltüntetett rezgőkörös kikapcsoló áramkör lesz. A $k=+1$ és $n=1$ feltételt a (7), (8) és (9) determináns kifejezésekbe helyettesítve, az i_1 és i_2 áramok operátoros kifejezését az alábbi formában nyerjük:



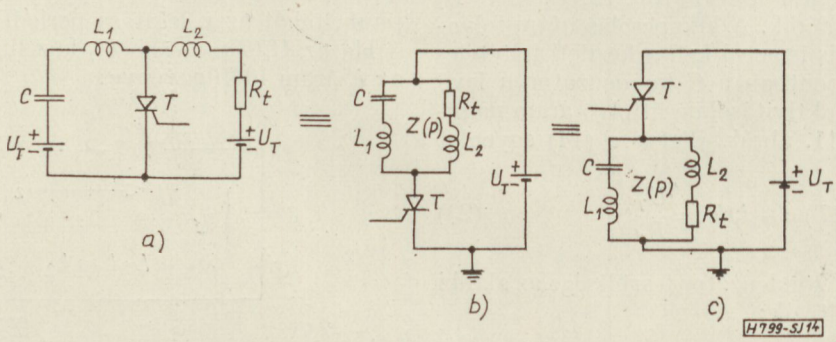
15. ábra. Rezgőkörös kikapcsolóáramkör

$$\bar{i}_1=\frac{\Delta_1}{\Delta_N}\bigg|_{\substack{k=+1\\n=1}}=U_T\frac{R_t}{p^2LR_t+p\frac{L}{C}+\frac{R_t}{C}} \qquad (31)$$

$$\bar{i}_2=\frac{\Delta_2}{\Delta_N}\bigg|_{\substack{k=+1\\n=1}}=\frac{U_T}{C}\frac{1}{p\left[p^2LR_t+p\frac{L}{C}+\frac{R_t}{C}\right]} \qquad (32)$$

Az egyenletek a tirisztor bekapcsolásától a kikapcsolásig érvényesek. A rezgés feltétele, hogy a nevező gyökei konjugált komplexek legyenek, ehhez a

$$4\frac{R_t^2C}{L}>1 \qquad (33)$$



14. ábra. A 10. ábra kapcsolásának ekvivalensei

egyenlőtlenségnek kell teljesülni. A nevező gyökei

$$S_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_1 \tag{34}$$

ahol

$$\alpha = \frac{1}{2R_t C} \tag{35}$$

$$\omega_1 = \alpha \sqrt{4\frac{R_t^2 C}{L} - 1} \tag{36}$$

és legyen

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \tag{37}$$

A (31), (32) operátor-függvények visszatranszformálásával megkapjuk az áram-időfüggvényeket:

$$i_1(t) = \frac{U_T}{\omega_1 L} \exp(-\alpha t) \sin \omega_1 t \tag{38}$$

$$i_2(t) = \frac{U_T}{R_t}\left[1 - \exp(-\alpha t)\cdot\frac{\omega_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t + \varphi)\right] \tag{39}$$

ahol:

$$\varphi = \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega_1}{\alpha} \tag{40}$$

A tirisztoron átfolyó áram az i_1 és i_2 összege,

$$i_T(t) = \frac{U_T}{R_t}\left[1 - \exp(-\alpha t)\cdot\frac{R_t}{\omega_1 L} \sin(\omega_1 t - \psi)\right] \tag{41}$$

ahol

$$\psi = \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega_1}{\frac{R_t}{L} - \alpha} \tag{42}$$

A tirisztornak T idő múlva kell kikapcsolni, a kikapcsolás feltétele az

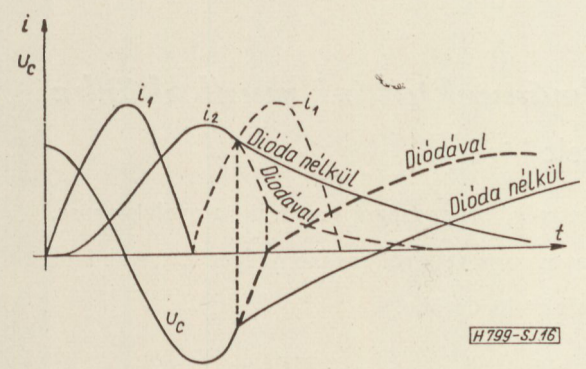
$$i_T(T) = 0 \tag{43}$$

egyenlet teljesülése. Ez a transzcendens egyenlet csak grafikus úton oldható meg, ezt hely hiányában nem végezzük el. Kiindulásul célszerű az i_1 áram amplitúdóját az i_2 áram amplitúdójának kétszeresére felvenni.

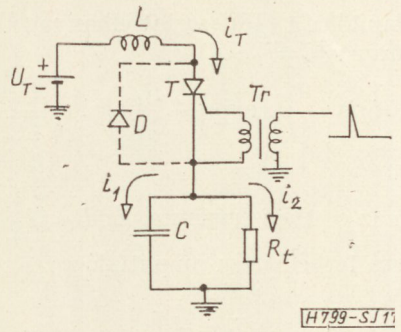
A kikapcsolás időpontjáig a kondenzátor feszültsége az alábbi módon változik:

$$U_c = U_T \exp(-\alpha t)\cdot\frac{\omega_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t + \varphi) \tag{44}$$

A T időpontban $U_c = U_c(T)$ ez az eredeti U_c-vel ellentétes polaritású. A tirisztor kikapcsolása után a terhelés árama exponenciálisan csökken és a kondenzátor $R_t C$ időállandóval töltődik fel. Ha az áramkörben szerepel a D dióda, akkor az i_2 áram lefutása színuszos mindaddig, amíg az U_c (szintén színusz függvény szerint) a zérus feszültséget el nem éri (16. ábra), ezután az i_2 exponenciális lefutású.



16. ábra. Az i_1, i_2, u_c időfüggvények



17. ábra. A 15. ábra ekvivalens áramköre

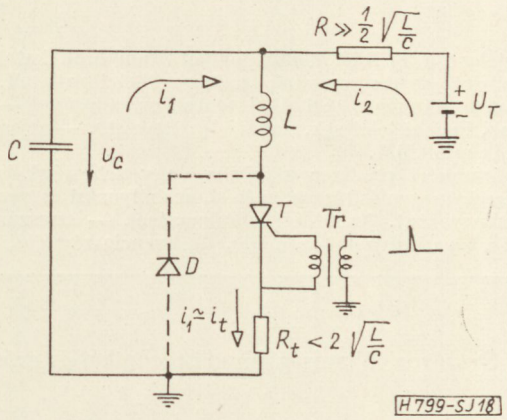
A terhelés és a telep földelése szempontjából megfelelőbb ekvivalens kapcsolást mutat a 17. ábra. Az ekvivalens áramkör levezetése a 14. ábrán bemutatott módon történhet. A (33) egyenlőtlenség szerint R_t bármilyen nagy lehet, válasszuk az R_t értékét igen nagyra, ami ezután már nem lesz hasznos terhelés (ezért itt R_t helyett R-t írunk) tehát:

$$R \gg \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{45}$$

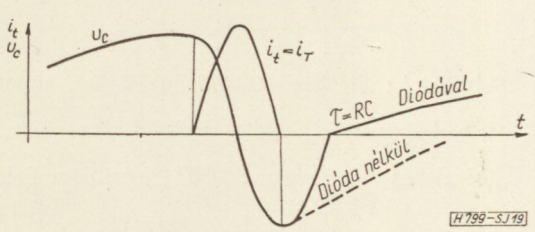
A hasznos terhelést pedig a 18. ábra alapján a tirisztorral és az LC körrel sorba kapcsoljuk. Abban az esetben, ha ez az új R_t teljesíti az

$$R_t < 2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{46}$$

feltételt, a terhelés árama félszínusz lesz (19. ábra).



18. ábra. A terhelésre félszínusz áramot adó generátor



19. ábra. Az i_t, u_c időfüggvénye

Az R csillapítása a (45) szerint elhanyagolható, és a terhelés árama ($i_t = i_T \simeq i_1$)

$$i_t(t) = \frac{U_T}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \exp\left(-\frac{R_t}{2L}t\right) \sin\frac{t}{\sqrt{LC}} \qquad (47)$$

$$\left(\text{ez abban az esetben érvényes, ha } R_t \ll 2\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$$

A szükséges terhelőáram amplitúdó

$$i_{t0} = \frac{U_T}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \qquad (48)$$

és a kívánt vezetési idő

$$T = \pi\sqrt{LC} \qquad (49)$$

alapján az L és C számítható. Az impulzusok között eltelt idő:

$$T_{sz} \geqq 3RC \qquad (50)$$

legyen, hogy az U_c feszültség jól közelítse meg az U_T értéket a (45) és (50) egyenlőtlenségek alapján az R értéke meghatározható. Meg kell jegyezni, hogy az $\frac{U_T}{R}$ érték a tirisztor tartóáramánál lényegesen nagyobb lehet.

A D dióda alkalmazásával a kondenzátorban tárolt villamos energiát visszanyerjük, nem disszipálódik az R ellenálláson (19. ábra).

A terhelésre még további áramhullámformát nyerhetünk, ha a kiindulásul használt 9. ábra áramkörében az eddigiektől eltérő k csatolási tényező értéket és n áttételi viszonyt valósítunk meg. A lehetőségek még tovább fokozhatók több rezgőkör vagy csatolt rezgőkör alkalmazásával. Művonal segítségével jó négyszög hullámforma érhető el [2].

Az ismertetett áramköröket a nagy teljesítményű tranzisztorok szekunder áram-letörésének méréséhez fejlesztettük ki. Az egyik ilyen mérő áramkört a 14c ábra alapján valósítottuk meg, a vizsgálandó tranzisztor emitter-kollektora az L_2, R_t elemekkel kapcsolódik sorba. Egy másik áramkört a 18. ábra alapján készítettünk el, itt a tranzisztor emitter-kollektorát az R_t ellenállás helyébe kapcsoltuk. A tranzisztor 5 A-tól 60 A-ig vehető az áramkörrel igénybe, az impulzus talpszélessége 80 μs.

Megemlítünk még néhány áramkört, amelyek tirisztorokkal jó hatásfokkal és igen üzembiztosan valósíthatók meg.

A tirisztoros konverterek a tranzisztoros konvertereknél is jobb hatásfokúak, mert a tirisztorokon az átkapcsoláskor létrejövő disszipáció elhanyagolható a tranzisztorokon létrejövő tranziens disszipációhoz képest. Ezen ok miatt a kapcsolóüzemű stabilizátor is jobb hatásfokkal működik tirisztorral, mint tranzisztorral.

Négyrétegű dióda és tranzisztor kombinációjával igen egyszerű módon építhető frekvenciaosztó, lépcsőjelgenerátor, feszültség-frekvenciaátalakító, ideális fűrészjelgenerátor stb.

Végül köszönetemet fejezem ki *Kocsis Miklós* tud. osztályvezetőmnek, aki számomra e témával való foglalkozást lehetővé tette.

IRODALOM

1. *Dr. Tarnay Kálmán:* Különleges félvezetőeszközök. MTI kiadványa. Kézirat 1964.
2. *R. P. F. Lander:* Silicon Four Layer Devices as High Power Pulse Generators. Electronic Engineering. July 1961. p. 426—431.
3. *F. Butler:* Switched Thyristor Voltage Regulator. Wireless World. Sept. 1965. p. 430—432.

HÍREK

Megjelent a **TERTA digitál logikai áramkörök** katalógus, mely részletesen közli a modulelemek specifikációs adatait. Ezen túlmenően alkalmazástechnikai adatok megadásával — kapcsolások, logikai jelölések, zavarjelenségek stb. — elősegíti a tervezők munkáját.

Az áramköri rendszer alkalmas nagy sebességű logikai rendszerek megvalósítására, mérési, szabályozási és vezérlési célokra egyaránt. Az eddigi alkalmazások — szerszámgépvezérlés, iparifolyamat-számláló, frekvenciaszámláló, aritmetika stb. — a logikai áramkörök gyakorlati alkalmazhatóságát igazolják. A logikai elemeket a legkülönbözőbb logikai feladatok elvégzésére használják a megrendelők — VILATI, AKI, MKKL stb.

Az áramköri rendszert a **MIGÉRT** hozza forgalomba.

A *TRT Elektronikus Automatika Laboratóriumában* minden *szerdán 9-től 12-ig* műszaki tájékoztatást tartanak.

A TRT és a MIGÉRT a felhasználóknak katalógust biztosít.

Országos főhatóság híradástechnikai és erősáramú

szabványoktatási munkakörbe

felvételt hirdet.

Feltételek: életkor 30—50 év között, egyetemi végzettség, orosz, angol vagy francia nyelvismeret, tárgyalóképesség, eddigi működési terület, tudományos vagy szakírói tevékenységet is tartalmazó „Részletes önéletrajzot" 5074 kérjük a Felszabadulás téri hirdetőbe.

KÖNYVISMERTETÉS

Távközléstechnikai kézikönyv. Szerk.: *dr. Izsák Miklós*

Műszaki Könyvkiadó, 1966. Ára 103,— Ft.

Dr. Izsák Miklós a főszerkesztője a Távközléstechnikai kézikönyvnek, melynek megírásában számos, neves szakemberünk vett részt. A kézikönyv szükségességét igazolja az 1959-ben kiadott — jelen mű elődjének tekinthető — „A Handbook for Telecommunication Engineers" iránt megnyilvánuló nagy érdeklődés. Az angol nyelvű kiadás tapasztalatainak figyelembevételével, az azóta eltelt évek fejlődési eredményeinek felhasználásával, az anyag áttekinthetőbb csoportosításával készült az új, magyar nyelvű kézikönyv. A fejlődés nemcsak az egyes fejezetek részletesebb tárgyalását tette szükségessé, hanem a kötet új anyagrészekkel való bővítését is. Ugyanakkor az egyéb kézikönyvekben és segédletekben megtalálható részeket, mint például a matematikai összefoglalót és táblázatokat elhagyták, csupán a legszükségesebbeket tartva meg.

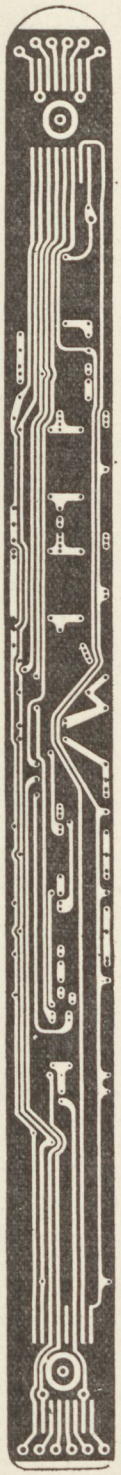
Mivel a kötet nem oktatási célokat szolgál, ezért nem közöl részletes magyarázatokat, levezetéseket, hanem elsősorban definíciókat, adatokat, diagramokat, rövid ismertetéseket, méretezési módszereket, szabványokat és előírásokat tartalmaz. A tervezési és számítási munka meggyorsítását nagy számú táblázat és nomogram segíti elő. Az egyes fejezetek elején megtalálhatjuk az előforduló fogalmak definícióit. Az anyag célszerű csoportosításának eredményeként a szükséges rész gyorsan kikereshető. A gyors eligazodást hathatósan elősegíti a részletes tárgymutató is.

A kötet elsősorban a vezetékes híradástechnika témáját dolgozza fel, 12 részben. Az első rész az általános tudnivalókat ismerteti. E rész fő fejezetei fizikai adatokat, információelméleti alapfogalmakat, átviteli egységeket, a két- és négypóluselméletet, transzformátorokat, hibrideket, a torzítási és zajjelenségeket, a megbízhatóság és klimatizáció fő kérdéseit ismertetik. A második rész a híradástechnikai alkatrészeket tárgyalja. Új fejezet foglalkozik ebben a részben a piezzoelektromos rezonátorokkal. Ugyanakkor hiányolható, hogy a jelfogókkal foglalkozó részt nem bővítették sem a huzalrugós jelfogó, sem pedig a reedtípusú jelfogók családjának ismertetésével. Ez a rész foglalkozik még a ferritekkel, huzalokkal, termoelemekkel, termisztorokkal, varisztorokkal, tekercsekkel, transzformátorokkal, ellenállásokkal és kondenzátorokkal. A következő rész a modulációkat, az elektroncsöveket és mikrohullámú erősítő eszközöket ismerteti. A negyedik rész a diódákkal, tranzisztorokkal és ezek áramköreivel foglalkozik. Az ötödik rész ismerteti a távbeszélő hálózatok tervezését. Először a műszaki és minőségi követelményeket, majd a méretezési eljárásokat tárgyalja. A következő rész a vezetékes átviteltechnikát tartalmazza. A kábelek és légvezetékek ismertetése után kerül sor a vezetékes átviteltechnikai rendszerek tárgyalására. A hetedik rész a vezetéknélküli átviteltechnikával foglalkozik. Először a rádió-átviteltechnikát ismerteti, majd a mikrohullámú technika alapjait és a mikrohullámú átvitelt. A nyolcadik rész foglalkozik a távbeszélőtechnikával, melyben sor kerül a távbeszélőkészülékek, távbeszélő központok és ezek vezérléstechnikájának ismertetésére. Ez az ismertetés azonban nem tér ki a fejlődés útját mutató legkorszerűbb rendszerekre. A következő rész tartalmazza a távíróátvitellel, a távírógépekkel, távíróátviteli rendszerekkel és a távgépíró hálózatokkal kapcsolatos tudnivalókat. A tizedik rész részletesen foglalkozik a mérési és vizsgálati módszerekkel. A következő részben az áramellátó berendezések tárgyalása található meg. Az utolsó rész rövid összefoglalóban ismerteti a témához kapcsolódó nemzetközi szervezeteket.

Valamennyi fejezetben számos táblázat, diagram, hasznos útmutatás segíti elő a kézikönyv eredményes használatát. Nemcsak az üzemeltető és tervező mérnökök és technikusok, hanem az — elsősorban híradástechnika szakos — egyetemi hallgatók is igen nagy haszonnal forgathatják.

A kötet ízléses kivitelben, bibliapapíron, 840 oldal terjedelemben jelent meg.

ifj. Balogh Pál



VÖRÖSRÉZZEL BEVONT LAMINÁLT BAKELIT LEMEZEK NYOMTATOTT ÁRAMKÖRÖK SZÁMÁRA

A vörösrézzel bevont laminált bakelit lemez tv-készülékek, tv-felvevőgépek, rádiók, telefonok, áramkörök, navigációs segédeszközök, távvezérelt rakéták, elektronikus számológépek készítésénél és egyéb más felhasználási területen kerül alkalmazásra.

Ezek az anyagok, beleértve a hajlítható, rézzel bevont poliészter fóliát, az új hidegen sajtolt rézzel bevont lemezeket, amelyek különösen a többfázisú áramkörök céljaira készülnek — mind bemutatásra kerültek a Budapesti Nemzetközi Vásáron.

BXL PLASTICS MATERIALS GROUP LTD.

12—18 Grosvenor Gardens, London, England,

Telex: 23379

ITT Átviteltechnikai Szimpózium

Budapest, Elektroimpex, 1967. május 16—18.

Az *International Telephone and Telegraph Corp.* nemzetközi szövetségébe tömörült *Standard Telephone and Cables Ltd. (STC), Standard Elektric Lorenz AG (SEL), Bell Telephone Manufacturing Co. (BTM), Standard Radio & Telefon AB (SRT)* cégek szakemberei 9 előadást tartottak az Elektroimpex által meghívott postai és ipari szakemberek előtt. Az ismertetésre került témák: 1. Komplex nagy létesítmények műszaki és kereskedelmi lebonyolítása (STC), 2. Tranzisztoros 120 csatornás rendszer egycsöves koaxiális kábelhez, 3. RL4H mikrohullámú irányított rádió-rendszer, 4. Vivőfrekvenciás rendszerek vonali szerelvényei, 5. ISEP konstrukciójú vivőáramú távbeszélő végállomási berendezések, 6. Korlátozott kapacitású irányított rádióberendezések, 7. GH 121 frekvenciamodulált távírórendszer, 8. Beszédcsatornán belüli vivőáramú távíróberendezések, 9. Nemzetközi előírásoknek eleget tevő adatátviteli modemek.

Az előadások kapcsán élénk eszmecsere alakult ki az üzemeltetési tapasztalatokat és műszaki megoldásokat illetően.

A Budapesten elhangzott szimpóziumhoz hasonlót ezt megelőzően Prágában tartottak és a közeljövőben más szomszédos országokban is rendeznek.

Az előadások német nyelvű anyagát a résztvevők megkapták. Érdeklődők az ügyben az Elektroimpexhez fordulhatnak. Néhány műszaki érdekességre, melyre jelen számunkban nem áll módunkban kitérni, egyik következő számunkban visszatérünk.

A szimpózium rendezvényei alkalmat nyújtottak kereskedelmi jellegű eszmecserékre is.

SZEMLE

Összeállította: VÁSÁRHELYI PÁL

Egy 1966 áprilisában aláírt szerződés alapján az angol *Thermal Syndicate of Walksend* cég teljes gyárberendezést szállít a Szovjetuniónak tranzisztorok nagy tisztaságú műanyagházainak gyártásához. A gyár értéke meghaladja a 300 000 font sterlinget, és Moszkva közelében fogják felállítani. A berendezések elkészítését egy szovjet műszaki bizottság mindvégig figyelemmel kísérte, hogy a legapróbb részletekig megismerkedhessen azokkal.

*

A *Rhode—Schwarz* cég 4000 főt foglalkoztat, és ebből 650-en dolgoznak a fejlesztés területén. A méréstechnikai és a híradástechnikai berendezések mintegy 50—50 %-ban részesednek a termelésben. A teljes termelés 47 %-a exportra készül, sőt a műszerek estében az export a termelés 54%-át is eléri. A műszerexport 15 %-a irányul az Egyesült Államok felé.

*

Anglia elektronikus iparának exportja 1966-ban az előző évhez képest 27 %-kal emelkedett és meghaladta a 100 millió fontot. A 310 millió font értékű össztermelés 32%-át exportálták. A vállalatok nagy része termékeinek több mint felét exportálja, sőt egyes vállalatok esetében az export a termelés 80 %-át is eléri.

*

Mivel a félvezető integrált áramkörök jelentik az olcsó és megbízható elektronikus berendezések gyártásának alapját, az angol kormány 5 millió font sterling segítséget szavazott meg a mikroelektronikai ipar megteremtéséhez. Az összeget kifejezetten 2—3 alapvető fontosságú feladat megoldására kívánják koncentrálni.

Európa legnagyobb központi vevőantennájának felépítését tervezik a westfáliai Wulfen bányavárosban, ahol az összes épülő lakásokat — mintegy 50 000 lakost — egyetlen központi tv-antenna szolgálja majd ki. Az antenna építését márciusban kezdte meg a Siemens.

*

A *Bauser* cég miniatür üzemóra-számlálót fejlesztett ki, mely „Horacont Typ 200" típusjelzést kapott. A számláló 24×24 mm felületű és 22 mm mély, tehát kisebb, mint egy átlagos bélyeg (24×28 mm). A számok nagysága 4 mm, és 9999 üzemóráig mehet a számlálás. Külön jelzés mutatja, hogy üzemben van-e a mérő, vagy sem.

*

Az NSZK és az Egyesült Államok között *International Datel* néven új adatátviteli szolgálat nyílott, mely 1200 bit/mp sebességgel továbbítja telefonvonalakon az óceánon keresztül az adatokat.

*

A *Kathrein* cég (NSZK) hosszabb ideje folytat olyan laboratóriumi vizsgálatokat, melyek célja annak megállapítása, hogy a színes televíziós adásokat hogyan továbbítják a több vevőt kiszolgáló bérházantennák. A mérések megerősítették azt a feltételezést, hogy azok a központi antennák, melyek a fekete-fehér képek vételére jól megfelelnek, felhasználhatók a színes televíziós képek központi vételre is.

*

A japán kormány hozzájárult ahhoz, hogy a *Brown-Boveri* amerikai cég Tokióban 90 millió yen alaptőkével leányvállalatot létesítsen, melynek feladata a cég gyártmányainak Japánban történő értékesítése, a licencvásárlók támogatása és a japán alkatrészek beszerzése az amerikai cég számára.

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.316.11:65.012.122

Géher K.—Halász E.:

Hálózattervezés lineáris programozással

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 7. sz.

A lineáris programozás felhasználása hálózatteverzési feladatok megoldására igen alkalmas. Ezzel az eljárással a követelmény és a hálózatfüggvény relatív eltérésének abszolút értékét a következő módon minimalizáljuk. Kiindulunk egy olyan kapcsolásból, amely a feladatot közelítőleg megoldja. A hálózatfüggvényt az áramköri elemek szerinti Taylor sorbafejtéssel az ω_1 pontokban linearizáljuk. Átalakítások után az áramköri elemekre vonatkozó lineáris egyenletrendszert kapunk, melyet mellékfeltételekkel kell megoldanunk. Erre kidolgozott gyors számológép programok ismertek (szimplex módszer). Az eljárást két amplitúdó korrektor és egy futási idő korrektor tervezésével illusztráljuk. A módszer a bemutatott egyszerű példákon túl olyan feladatok megoldására is alkalmas, amikor több hálózat jellemző egyidejűleg elő van írva. Előírásokat tehetünk nemcsak az ω tartományban, hanem az idő tartományban is. A módszer fő előnye, az adott lehetőségen belüli optimum létrehozásán kívül, hogy számológéppel történő számolásra igen alkalmas.

ETO 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54/.56

Pogány K.:

Gépesítés, automatizálás gazdaságossága a híradástechnikai iparban. I. rész

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 7. sz.

A tanulmány rendszerezi a gépesítés és automatizálás gazdaságossági vizsgálatánál figyelembe veendő tényezőket. Számítási módszert ismertet, aminek a célja, hogy a gépek és gépi berendezések gazdálkodásában rejlő tartalékokat maximálisan ki lehessen használni. A szerző megállapítja, hogy a gépesítés, automatizálás gazdaságosságát, gazdasági kérdéseit a közép- és a hosszútávú tervidőszak elképzeléseivel összefüggésben célszerű vizsgálni, mert az állóeszközfejlesztés távlati jellegű tevékenység. Az ismertetett számítási módszer kiindulási alapja egy-egy termék előállításához felhasznált kézi és gépi óra aránya, vagyis a gépesítettségi fok. A gépesítettségi fok változásának és a többi gazdasági tényezők összefüggéseinek törvényszerűségeire, érzékenységi vizsgálat alapján, következtetéseket von le a tanulmány. A téma feldolgozásának első része, amely komplex számítási eljárást tartalmaz elvi jellegű megállapításokkal, a későbbiek során az ismertetett módszer alapján az 54 gyártó sorral végzett számítások eredményét fogja ismertetni.

ETO 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

Saufert J.:

Tirisztor kikapcsoló áramkörök, impulzusgenerátorok

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 7. sz.

A vezető állapotban levő tirisztor kikapcsolása két módon történhet a tirisztorra megfelelő nagyságú záróirányú feszültséget kapcsolunk (pl. feltöltött kondenzátor rákapcsolásával), vagy a tirisztoron átfolyó áramot a tartó áram értéke alá csökkentjük a szükséges ideig. A cikk tárgya L, C kikapcsoló áramkörök analízise és tervezése, amelyek az utóbbi kikapcsolási módot valósítják meg. Ezek az áramkörök nagy áramú impulzusgenerátorokként alkalmazhatók. A szerző a leírt áramköröket teljesítménytranzisztorok szekunder áramletörésének vizsgálatához használta.

Обобщения

ДК 621.316.11:65.012.122

К. Гехер—Э. Халас:

Проектирование сетей линейным программированием

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967) № 7.

Применение линейного программирования для решения задач проектирования сетей является очень выгодным. Этим методом абсолютное значение относительного отклонения требования и функции сети минимализается следующим образом. Выходится из схемой, решающей задачу приблизительно. Функция сети делается линейна в точках ω_1 производя серию тейлора по элементам схемы. После преобразований получается система линейных уравнений по элементам схемы, которая решится с побочными условиями. С целью этого известны быстрые программы вычислительных машин (простый метод). Операция иллюстрируется проектированием двух корректоров амплитуда и одного корректора времени запаздывания. Метод, кроме простых примеров, подходящий тоже для решения таких задач, когда некоторые параметры одновременно специфицированы. Предписания возможны не только в области ω, но тоже в области времени. Главной выгодой — кроме оптимализации при данных условиях — является, что метод пригоден для расчёта вычислительной машиной.

ДК 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54/56

К. Погань:

Экономия механизации и автоматизации в промышленности связи

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967)№ 7.

Статья дает систематическое обозрение условий принимаемых во внимание при проверке экономии и автоматизации. Дан метод расчёта с целью возможности максимального использования резервей в экономии машин и оборудований. Автор установляет что проверять экономию и экономные вопросы целесообразно в зависимости соображений среднего и длинного сроков планирования, потому что развитие средсвт производства является перспективной деятельности. Выходной базой описанного метода расчета является отношение ручных и машинных рабочих часов, т. е. уровень механизация. Даны выводы по закономерностям соотношений изменений уровня механизации и других экономных параметров, на основе испытаний чувствительности. Первая часть статьи содержит комплексный метод расчёта с установлениями теоретического характера. В дальнейшем будут изложены результаты расчетов по 54 технологическим оборудованиям.

ДК 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

Й. Сауферт:

Выключательные цепи, импульные генераторы на тиристорах

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967)№ 7.

Выключение тиристора в состоянии проводимости может быть произведено: или включением напряжения соответственной величины на тиристор (на пример напряжения заряжанного конденсатора), или уменьшением тока через тиристор под величиной удерживающего тока в течение необходимого времени.
Дан анализ и проектирование выключательных цепей ЛС, осуществлающих второй способ выключения. Эти цепи могут быть применены как импульные генератора большого тока. Описанны цепи были использованы автором для испытания слома вторичного тока мощных транзисторов.

Zusammenfassungen

DK 621.316.11:65.012.122

K. Géher—E. Halász:

Netzwerkentwurf mit Hilfe linearer Programmierung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 7.

Die Anwendung linearer Programmierung ist sehr geeignet zur Lösung der Netzentwurfprobleme. Mit dieser Methode wird der absolute Wert der Anforderung und der relativen Abweichung der Netzfunktion auf folgender Weise minimalisiert. Der Ausgangspunkt ist solcheine Schaltung, die die Aufgabe annähernd löst. Die Netzfunktion wird in Punkten ω_1 durch Entwicklung in Taylor'sche Reihe gemäss der Bauelemente linearisiert. Nach Umänderungen entsteht ein System von linearen Gleichungen, das sich auf die Bauelemente bezieht. Diese Gleichungen werden mit Nebenbedingungen gelöst. Diesbezüglich sind schnelle Rechenmaschinenprogramme bekannt (Simplexmethode). Das Verfahren wird mit der Planung zwei Amplitudenkorrektoren und eines Laufzeitkorrektors illustriert. Die Methode ist neben den einfachen Beispielen auch zur Lösung solcher Probleme geeignet, wenn gleichzeitig mehrere Netzwerkparameter vorgeschrieben sind. Es können Vorschriften nicht nur in dem ω Bereich, sondern auch in dem Zeitbereich angegeben werden. Der grösste Vorteil des Verfahrens ist, dass es zur Berechnungen mit einer Rechenmaschine sehr geeignet ist.

Summaries

UDC 621.316.11:65.012.122

K. Géher—E. Halász:

Network Design by Linear Programming

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) № 7.

For the solution of network design problems the use of linear programming is very suitable. With this procedure the absolute value of the relative deviation of the requirement and network function are minimized as follows: It is started from such a circuit which solves the problem approximately. The function of the betwork is linearized in points ω_1 by developing the network function in a Taylor series on the basis of the circuit elements. After transformations a system of linear equation referring to the circuit elements is obtained, which is to be solved by the help of auxiliary conditions. For this purpose worked-out fast computer programs are known (simplex method). The procedure is illustrated by the design of two amplitude correctors and one transit time corrector. The method is suitable, besides the presented simple examples, also for the solution of such problems when several network parameters are simultaneously prescribed. Specifications can be given not only for the ω domain, but also for the times domain. The most important advantage of the method besides reaching an optimum within the given possibilities is its suitability for the calculation with computers.

DK 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54/.56

K. Pogány:

Wirtschaftlichkeit der Automatisierung und Mechanisierung in der Fernmeldeindustrie. I. Teil

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 7.

In dem Artikel werden jene Faktoren systematisiert, welche bei der wirtschaftlichen Prüfung der Mechanisierung und Automatisierung zu betrachten sind. Es wird eine Berechnungsmethode erörtert, deren Zweck die maximale Ausnützung der in der Wirtschaft der Maschinen und mechanischen Einrichtungen befindlichen Reserven ist. Es wird behauptet, dass die Wirtschaftlichkeit der Mechanisierung und Automatisierung und die Wirtschaftsfragen derselben, sollen in Zusammenhang mit den Vorstellungen der Planungsperiode für mittlere und lange Sicht geprüft werden, da die Entwicklung der Investitionsgüter eine Tätigkeit perspektivischen Characters ist. Der Ausgangspunkt der erörterten Berechnungsmethode ist das Verhältnis der zur Herstellung einzelner Produkte notwendige Handarbeit- und Maschinenarbeitstunde, das heisst der Grad der Mechanisierung. In dem Aufsatz werden Schlussfolgerungen auf die Gesetzlichkeiten von Zusammenhängen der Anderungen des Mechanisierungsgrades und der übrigen Wirtschaftsfaktoren gezogen. Der erste Teil des Themas, welcher eine komplexe Berechnungsmethode mit Feststellungen theoretischen Charakters enthält, wird nachfolgend die Ergebnisse der Berechnungen auf dem Grund der erörterten Methode, die mit 54 verschiedenen Fertigungslinien ausgeführt wurden, darstellen.

DK 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

J. Saufert:

Thyristor Ausschaltkreise. Impulsgeneratoren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 7.

Die Ausschaltung der leitenden Thyristoren kann mit zweierlei Methoden erfolgen. Auf den Thyristor wird eine Spannung von entsprechender Grösse in die Sperrichtung angelegt (beispielsweise durch den Anschluss eines geladenem Kondensators), oder der Strom, der durch den Thyristor fliest, wird unter dem Wert des Haltestromes vermindert. Das Thema des Artikels ist die Analyse und der Entwurf der LC Ausschaltstromkreise, die die letztere Ausschaltungsmethode realisieren. Diese Stromkreise können als Starkstromimpulsgeneratoren angewendet werden. Der Verfasser hat die beschriebene Stromkreise zur Untersuchung der sekunderen Strombruch des Leistungstransistors angewendet.

UDC 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54/.56

K. Pogány:

Economy of the Automation and Mechanization in the Telecommunication Industry. Part I.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) № 7.

The factors to be taken into account when examining the economy or the mechanization and automation are investigated in the paper. A method of calculation is presented the purpose of which is to make maximum use of the reserves in the economy of machines and equipments. It is stated by the author that the economy of the mechanization and automation and their economical problems are practical to be examined in connection with the comceptions of the medium and long range planning periods, because the development of the installation is a perspective activity. The basis of the presented method of calculation is the ratio of the manual- and mechanical working hours used for the production of certain products, namely the rate of the mechanization. On the basis of the sensitivity test conclusions are drawn concerning the laws as to the relations of the change of the rate of mechanization and of the other economical factors. The first part of the treatment of the subject which contains a complex calculation procedure with theoretical statements will be continued by presenting the results of the calculation made on the basis of the presented method for 54 kinds of production lines.

UDC 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

J. Saufert:

Thyristor Cut-off Circuits. Pulse Generators

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII (1967) № 7.

The cut-off of the thyristor being in conductive state can be made in two ways. An inverse voltage of adequate value is applied to the thyristor (e.g. by applying a charged capacitor) or the current which is flowing through the thyristor is reduced under the value of the holding current during the necessary time. The subject of the paper is the analysis and design of the IC cut-off circuits, which realize the latter method. These circuits can be used as high current pulse generators. The author used the described circuits for the investigation of secondary current breakdown of power transistors.

Résumés

CDU 621.316.11:65.012.122

K. Géher—E. Halász

Projet des réseaux par programmation linéaire

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) № 7.

Utilisation de la programmation linéaire est très apte à la solution des tâches du projet des réseaux. La valeur absolue de la différence rélative entre les exigences et la fonction de réseau peut être minimalisée par cette méthode dèune manière suivante. On sort d'un solve la tâche approximativement. La fonction de réseau est développée en une série Taylor selon les éléments de circuit et linéarisée dans les points ω_1. Après quelques transformations un système des équations linéaires pour les éléments de circuit est reçue, qui doit être résolux avec conditions accessoires. Pour ce but il y a des programmes pour calculateurs rapides (méthode simple). Le procédé est illustré par le projet d'un correcteur du temps de transit. La méthode, hors des exemples simples donnés, est apte aussi pour la solution des tâches, quand plusieurs paramètres du réseau sont préscrits. On peut faire préscriptions non seulement dans le domaine ω, mais aussi dans le domaine de temps. L'avatage principal de la méthode est — hors d'une optimalisation dans les pobbibilité données — l'adaptibilité pour alculs par calculateurs.

CDU 621.39.002.2:65.011.44:65.011.54/.56

K. Pogány:

L'économie de la mécanisation et de l'automatisation dans l'industrie de télécommunication. Partie I.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) № 7.

L'étude systématise les facteurs qui doivent être considerés en cas de l'examen économique de la mécanisation et de l'automatisation. Une méthode de calcul est donnée afin d'utilisation maximale des réserves dans l'économie des machines et des équipments mécaniques. L'auteur constate, que l'examen de l'économie et questions économiques de la mércanisation et de l'automatisation est convenable en rélation avec les conceptions des intervalles de planifications moyens et longues, parce que le dévéloppement du parc des machines est une activité perspective. La base de sortie de la méthode descrite est le rapport des heures manuelles et mécaniques pour la production des produits, c'est-a-dire le coefficient de mécanisation. L'étude tire des conclusions en ce qui concerne les régularités des rélations de ló variation du coefficient de mécanisation et des autres facteurs économiques, basées sur examens de sensibillté. La première partie de l'étude contient un procédé de calcul complexe avec thèses théoriques. Au cours d'une publication suivante les résultats des calculs pour 54 équipments technologiques par cette méthode seront donnés.

CDU 621.314.63.07:621.318.57:621.382.233

J. Saufert:

Coupe-circuits à thyristors, génerateurs d'impulsions

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) № 7.

La coupure du circuit d'une thyristor en condition conductive peut être faite des manières suivantes: on applique une tension inversée d'une valeur suffisante au thyristor (par exemple par la décharge d'un condensateur chargé) ou bien on réduit le courant traversant le thyristor au dessous de la valeur du courant de tenue pendant le temps nécéssaire. L'article comprend l'analyse et le projet des coupe-circuits LC, réalisant la deuxième méthode de coupure. Ces circuits peuvent être appliqués comme générateurs d'impulsions à haut courant. L'auteur a utilisé les circuits descrits pour l'essai de la casse du courant secondaire des transistors de puissance.

HÍRADÁSTECHNIKAI ANYAGOK GYÁRA

VÁC, ZRÍNYI UTCA 1

Ferrit lágymágneses alkatrészek: fazékmagok, árnyékoló serlegek, E-magok, U-magok, eltérítő gyűrűk, antennarudak, menetes magok, ferrit rudak.

Transzformátor alkatrészek, lemezmaglapok, köpeny transzformátorokhoz és fojtótekercsekhez: tekercselt vágott vasmagok, csévetestek, hálózati, valamint hangfrekvenciás transzformátorok és fojtótekercsek.

Fénycsőfojtók.

Nyomtatott áramköri huzalozású lemezek.

Töltött és töltet nélküli forrasztóónok.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

ÚJDONSÁGOK!

Dr. Izsák Miklós szerk.
TÁVKÖZLÉSTECHNIKAI KÉZIKÖNYV
838 oldal, 812 ábra, kve. 103,— Ft

Kádár Géza
RÁDIÓ ÉS TELEVÍZIÓ VEVŐKÉSZÜLÉKEK (1958—59)
294 oldal, 301 ábra, kötve 42,— Ft

Kádár Géza
RÁDIÓ ÉS TELEVÍZIÓ VEVŐKÉSZÜLÉKEK (1960—63)
2. kiadás
272 oldal, 256 ábra, kötve 43,— Ft

Kádár Géza
RÁDIÓ ÉS TELEVÍZIÓ VEVŐKÉSZÜLÉKEK (1956—57)
2. módosított kiadás
269 oldal, 354 ábra, kötve 42,— Ft

Nagy Ernő
A LASER
(2. kiadás)
166 oldal, 134 ábra, fűzve 16,— Ft

Dr. Stöllner, H.
GYAKORLATI IMPULZUSTECHNIKA
206 oldal, 312 ábra, kötve 42,— Ft

Almássy György
MIKROHULLÁMÚ TÁPVONALELEMEK ÉS ÜREGREZONÁTOROK SZERKESZTÉSE
248 oldal, 253 ábra, kötve 41,— Ft

Gyurkovics Attila
TELEVÍZIÓJAVÍTÁS
Technológia
205 oldal, 100 ábra, fűzve 10,50 Ft

Sass Sándor
GALVANIZÁLÁS A HÍRADÁSTECHNIKÁBAN
Technológia
131 oldal, 32 ábra, fűzve 7,— Ft

Trusz, W.
RÁDIÓJAVÍTÁSI ABC
(2. bőv. és jav. kiadás)
153 oldal, 110 ábra, fűzve 17,— Ft

Trusz, W.
TELEVÍZIÓJAVÍTÁSI ABC
(2. kiadás)
243 oldal, 182 ábra, fűzve 18,50 Ft

Nozdroviczky László
A TELEVÍZIÓ OTTHONUNKBAN
3. átd. és bőv. kiadás
140 oldal, 91 ábra, fűzve 13,50 Ft

Pettit J. M.—McWhorter
ERŐSÍTŐ ÁRAMKÖRÖK
294 oldal, 268 ábra, kötve 55,— Ft

Dummer, G. W. A.—Granwille, J. W.
MINIATŰR ÉS MIKROMINIATŰR ELEKTRONIKA
358 oldal, 221 ábra, kötve 50,— Ft

Rabkin, L. I.—Szoszkin, Sz. A.—Epstejn, B. S.
FERRITEK TECHNOLÓGIÁJA
276 oldal, 301 ábra, fűzve 37,— Ft

Laczkó Károly
FORGÁCSOLÁS A HÍRADÁSTECHNIKÁBAN
Technológia
144 oldal, 71 ábra, fűzve 7,60 Ft

Zenekedvelők figyelem!

Erősítőberendezések, mikrofonok és tartozékai, zenegépek, stereo lemezjátszók

1000 Ft feletti vásárlás esetén

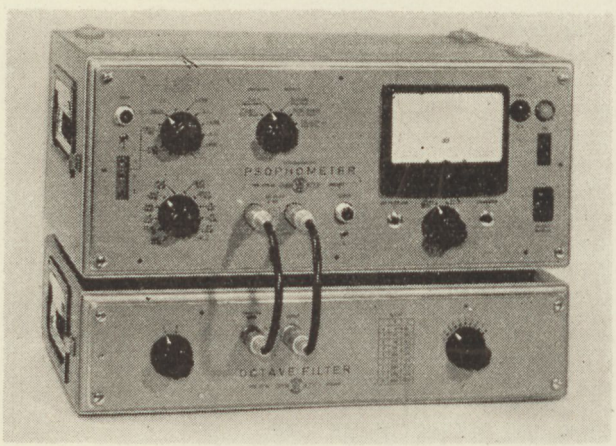
OTP HITELAKCIÓBAN IS!

Szaktanácsokkal rendelkezésére állunk!

ECHO

ELEKTROAKUSZTIKAI SZAKÜZLET

Budapest., VI., Bajcsy-Zsilinszky u. 19.



Tranzisztoros

PSOPHOMETER

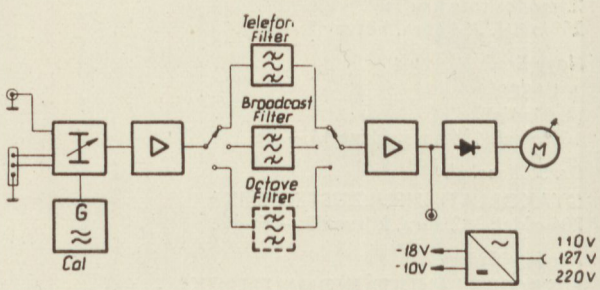
Zajfeszültségek mérésére és analízisére szolgáló műszer, mely kielégíti a CCITT legújabb ajánlásait (1960. Róma). Ennek megfelelően kiválóan alkalmas műsortovábbító és telefonberendezések vizsgálatára.

MŰSZAKI ADATOK:

Frekvencia tartomány:	15 Hz — 20 kHz
Lineáris torzítás:	± 0.5 dB
Mérési tartomány	100 μV — 10 V
11 fokozatban:	— 80 db-től 20 dB
Legkisebb leolvasható feszültség:	20 μV

BEMENŐ IMPEDANCIÁK:

Szimmetrikus:	600 Ohm ± 2 %
	> 10 kOhm
Aszimmetrikus:	≧ 100 kOhm
Fogyasztás:	5 VA



Gyártja: ELEKTRONIKA

Budapest, VII., Klauzál u. 30.

Telefon: telefonkönyv 31. oldal

TRANSZFORMÁTOR KTSZ

Budapest, VII., Nefelejts utca 39. Telefon: 428-969, 228-401

Nagyfeszültségű készülékek:
anyagvizsgáló röntgenberendezések,
elektrosztatikai készülékek

Feszültség gyorsszabályozók:
váltakozó áramú stabilizátorok,
generátor gyorsszabályozók

Feszültségszabályozók:
kézi, motoros és automatikus működésű mozgótekercses vagy toroidrendszerű szabályozó berendezések

Transzformátorok:
egy- és háromfázisú sorozat, különleges transzformátorok, valamint híradástechnikai transzformátorok

MAGYAR KÁBEL MŰVEK

IGAZGATÓSÁG ÉS KÖZPONTI GYÁR

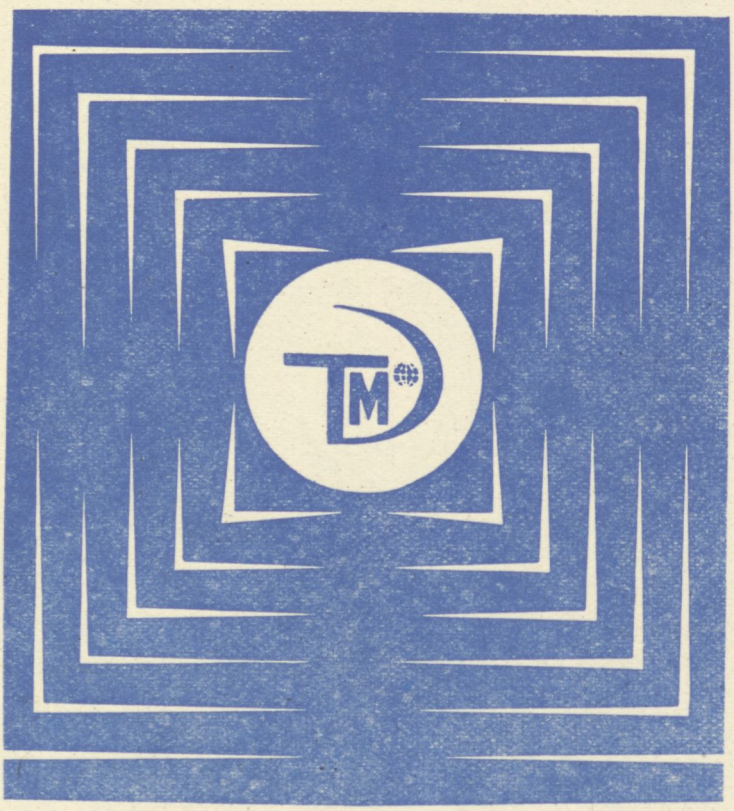
Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 466-770, 266-670

ZOMÁNCHUZALGYÁR
Budapest, XI., Hunyadi J. út 1.
Telefon: 268-930

SZEGEDI KÁBELGYÁR
Szeged, Huszár út 1.

GYÁRTMÁNYOK:

Erősáramú szigetelt vezetékek
Jelző, mérő, működtető kábelek
Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig
Alumínium és acél-alumínium szabadvezetékek
Tekercselő huzalok
Switch-kábelek
Gumitömlő-kábelek
Híradástechnikai vezetékek
Távkábelek
Távbeszélő kábelek
Hajókábelek
Szigetelt zománchuzalok
Mikroszeparátor lemezek
Zárt-acélkötelek
Hullámosított lemezek
Kábeldobok



ЛУЧ-I
K-3M
ЛУЧ-10

A laser-sugár megméri a távolságot a Holdig.
Azonban még sok a tennivalója a Földön is.

A V/O „TECHMASHEXPORT" által ajánlott K-ZM és Sugár-1 üzembiztos és univerzális laserberendezések elgőzölögtetik, megmunkálják és meghegesztik a legkülönbözőbb keménységű anyagokat.

A széles határok közt változtatható sugárzó energia 0,001-től 5 joule-ig, és az impulzus nagyság 0,8-tól 8 m/mp-ig lehetővé teszi felhasználását az elektroiparban, biológiában és a finommechanikában.

Elegáns formájukkal kitűnően beilleszkednek a korszerű laboratóriumok és üzemi helyiségek stílusába.

Rendeléseikkel forduljanak az alábbi címre:

V/O **TECHMASHEXPORT**

Szovjetunió, Moszkva B-330
Moszfilm u. 35.