

# HÍRADÁS TECHNIKA

6



XXIII. ÉVFOLYAM, 6. SZÁM, 1972.

JÚNIUS

# HÍRADÁS- TECHNIKA

1972. június, XXIII. évfolyam 6. szám

---

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

---

## TARTALOM

BARANYAI ATTILA: MOS logikai rendszerek statikus és dinamikus tulajdonságai .....	161
CSEH KÁLMÁN: Kapcsoló üzemű stabilizátor .....	167
BOHUS MIKLÓS: Szimbolikus nyelvek felhasználása a digitális rendszerek funkcionális és parametrikus szimulációjára .....	175
BOHUS MIKLÓS — DR. NÉMETH GÁBOR — TRÓN TIBOR — VARRÓ LÁSZLÓ: A SUBSET szimulációs nyelv digitális rendszerek funkcionális vizsgálatára .....	182
Technológiai fejlődés gyártmányokon bemutatva .....	188
Szemle .....	181, 187, 191
Tartalmi összefoglalások .....	192
Обобщения .....	192
Zusammenfassungen .....	192
Summaries .....	B/III
Résumés .....	B/III

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA főszerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, DR. SÁRKÖZI GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, DR. FLESCHE ISTVÁN, DR. RUPPENTHAL PÉTER szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest II., Mártírok útja 85. I. em. 140. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest V., Szabadság tér 17. Telefon 113-027

Szerkeszti a szerkesztő bizottság

**INDEX: 25.375**

## HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9–11. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SALASÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI, Budapest V., József nádor tér 1.) vagy közvetlenül postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—96162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: félévre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTURA” P. O. B. 149 Budapest, 62.

72.7697 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató

BARANYAI ATTILA  
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

## MOS logikai rendszerek statikus és dinamikus tulajdonságai

ETO-621.315.592.4 : 621.382.3 : 681.325.65

A MOS logikai rendszerek tervezése során nagy fontossága van az áramkör statikus és dinamikus tulajdonságai előzetes meghatározásának, egyrészt a rendszer kompatibilitásának, másrészt a kívánt működési sebességének biztosítása szempontjából. A cikkben a MOS tranzisztor karakterisztikáiból és dinamikus működését leíró alapegyenletekből kiindulva megvizsgáljuk a MOS logikai rendszerek főbb kapcsolási paramétereit.

### 1. A MOS logikai rendszerek statikus tulajdonságainak meghatározása

A MOS tranzisztorokból felépített logikai rendszerek statikus tulajdonságainak meghatározása

- a bemenet logikai szintjeinek,
- a kimenet logikai szintjeinek,
- a bemenet által képviselt terhelésnek,
- a kimenet terhelhetőségének

méretezéséhez szükséges.

Vizsgálataink során a MOS tranzisztorokra, és az ezekből felépített inverterekre érvényes összefüggéseket határozzuk meg, mely ismeretek alapján viszonylag könnyen levezethetők egyéb logikai rendszerek egyenletei is.

A p-csatornájú növekményes módú MOS tranzisztorok karakterisztikáját (1. ábra) vizsgálva megállapíthatjuk, hogy ez két egymástól lényegesen eltérő jellegű tartományra osztható.

Az első tartományra, amelyre a  $V_D \leq V_{Geff}$  egyenlőség érvényes,  $V_D$  feszültség változásával közel lineárisan változik az  $I_D$  áram is  $V_{Geff}$  állandó értéken való tartása mellett. Ezt a szakaszt lineáris tartománynak szokás nevezni. Ihantola japán kutató elméleti vizsgálatai szerint a lineáris tartományra

érvényes matematikai összefüggés alakja a következő:

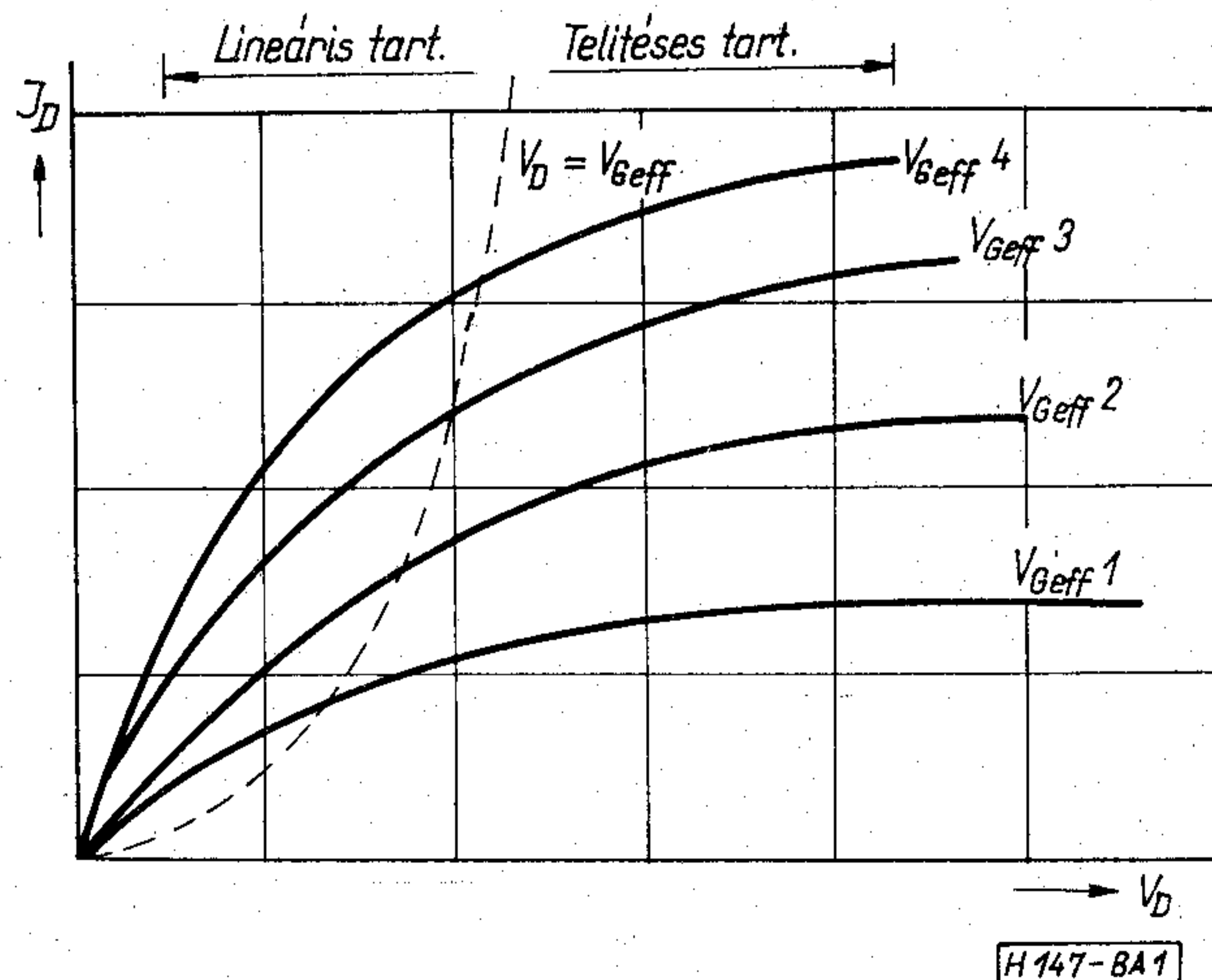
$$I_D = \beta V_D \left( V_{Geff} - \frac{1}{2} V_D - \frac{2}{3} \Phi \sqrt{V_D} \right)$$

$$V_{Geff} = V_D - V_T \quad (1)$$

ahol:

- $I_D$  = a drain áram
- $V_D$  = a drain-source feszültség
- $V_G$  = a tényleges gate feszültség
- $V_{Geff}$  = a hatásos gate feszültség
- $\beta$  = az erősítési tényező
- $\Phi$  = a görbültségi tényező
- $V_T$  = a kapcsolási küszöbfeszültség

Az (1) egyenlet zárójelében szereplő harmadik tagot csak az átváltási pont közvetlen környezetében kell figyelembe venni, hogy a feszültség megnövekedéséből adódó fizikai effektusok linearitásrontó hatását is figyelembe vehessük.



1. ábra. Tipikus p-csatornás, növekményes módú MOS tranzisztor karakterisztikája

A lineáris tartományban, a kimenő ellenállás értékét meghatározó összefüggést az (1) összefüggés differenciálásával nyerjük.

$$R_{DS} = \frac{1}{\beta(V_{beff} - V_D)} \quad (2)$$

A második tartományban, amelyre a  $V_D \geq V_{Geff}$  egyenlőtlenség érvényes, a  $V_D$  feszültség változtatásával csak nagyon kis mértékben változik az  $I_D$  áram,  $V_{Geff}$  állandó értéken való tartása mellett. Ezt a szakaszt telítési tartománynak szokás nevezni, amely tartományra az elméleti megfontosokból levezetett matematikai összefüggés a következő:

$$I_D = \frac{\beta V_{Geff}^2}{2} \quad (3)$$

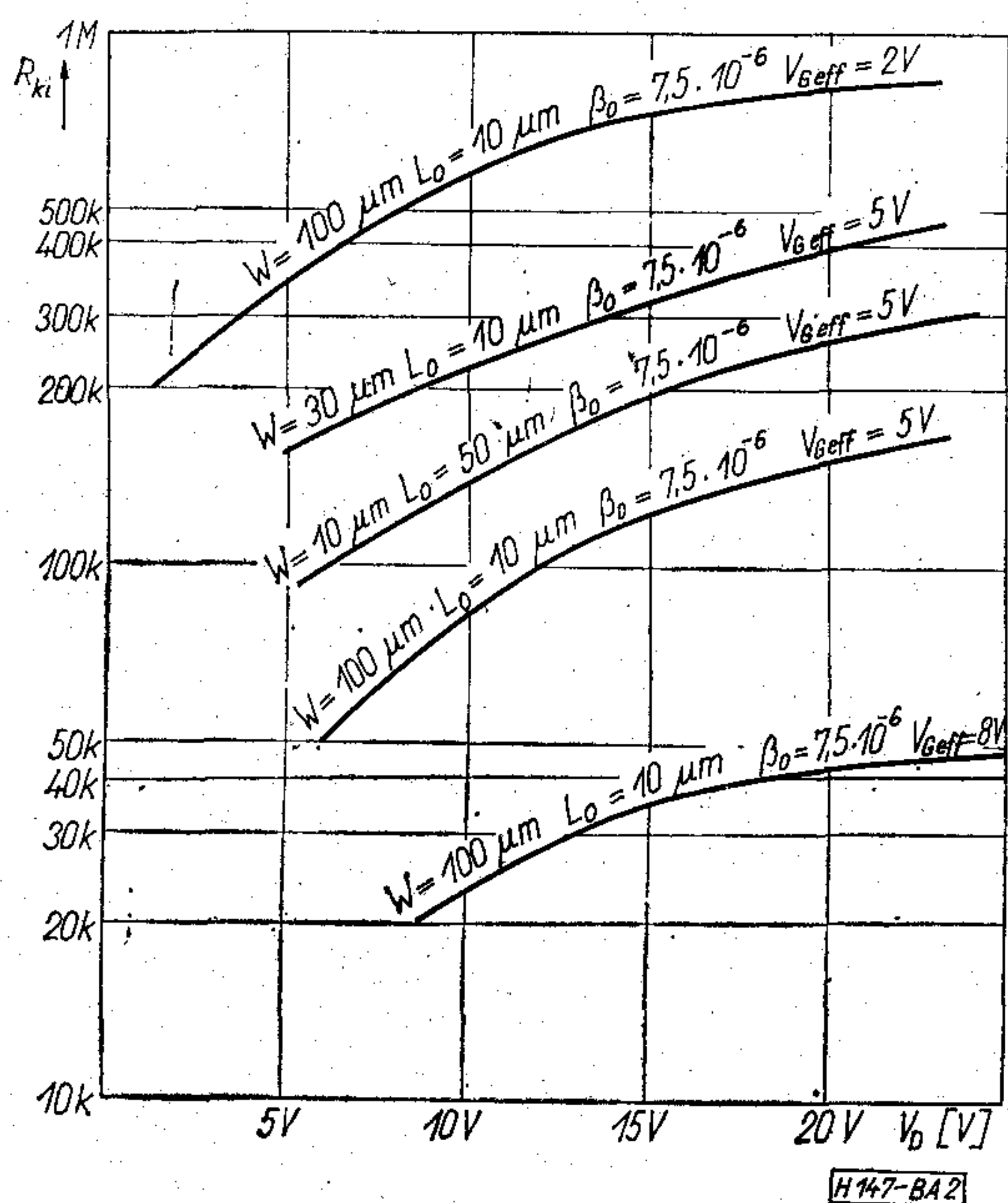
Ez az összefüggés a tapasztalati tényekkel csak abban az esetben mutat jó egyezést, ha  $\beta$  tényező értékét a következő empirikus összefüggések alapján határozzuk meg:

$$R_D = \frac{8(1 + 0,3V_{Geff})(L_0 + 0,5\sqrt{V_D - V_{Geff} + 0,7})^2\sqrt{V_D - V_{Geff} + 0,7}}{\beta_0 \cdot W V_{Geff}^2} \quad (6)$$

A 2. ábrán néhány tipikus telítési üzemmódban dolgozó MOS tranzisztor feszültség-kimenőellenállás diagramja látható.

A MOS tranzisztorokból felépített inverterek közül a 3a ábrán látható ohmikus munkaellenállású rendszerek a legegyszerűbbek. Általában az integrált áramköri rendszerek kimeneti fokozatában alkalmazzák (az ún. fan-out növelésre) oly módon, hogy a munkaellenállás a tokon kívül kerül felszerelésre. Az ohmikus munkaellenállású MOS inverterek munkapontjainak grafikus meghatározása a 3b ábrán látható. Erre a kapcsolásra a munkaegyenes teljesen lineáris jellege jellemző.

A matematikai összefüggések levezetésekor kiindulásként az (1) összefüggést használhatjuk, mivel



2. ábra. Telítési üzemmódban működő MOS tranzisztorok kimenő ellenállás-feszültség diagramja

ahol:

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + 0,03V_{Geff}} \cdot \frac{W}{L} \quad (4)$$

$$L = L_0 - \frac{\sqrt{V_D - V_{Geff}}}{2} \quad (5)$$

- $\beta_0$  =  $V_{Geff}$  0 V-nál mért erősítési tényező
- $W$  = a csatorna szélessége  $\mu\text{m}$ -ben
- $L_0$  = a csatorna névleges hossza  $\mu\text{m}$ -ben
- $L$  = a csatorna hatásos hossza  $\mu\text{m}$ -ben

A telítési tartományban érvényes kimenő ellenállás értékét meghatározó összefüggést úgy nyerjük, hogy a (3) képletbe a (4) és (5) összefüggést behelyettesítjük, és az így nyert függvényt differenciáljuk. A kapott összefüggést bizonyos tapasztalati konstansokkal kiegészítjük, s így a következő összefüggést nyerjük:

az átváltás ideje alatt a  $T_1$  tranzisztor végig a lineáris tartományban dolgozik. A  $V'_D = V_D - I_D R_0$  összefüggést az (1) egyenletbe behelyettesítve és  $I_D$ -t kifejezve a másodfokú tagot elhanyagolva az

$$I_D = \frac{V_D \beta \left( V_{Geff} - \frac{1}{2} V_D \right)}{1 + R_0 (V_{Geff} - V_D)} \quad (7)$$

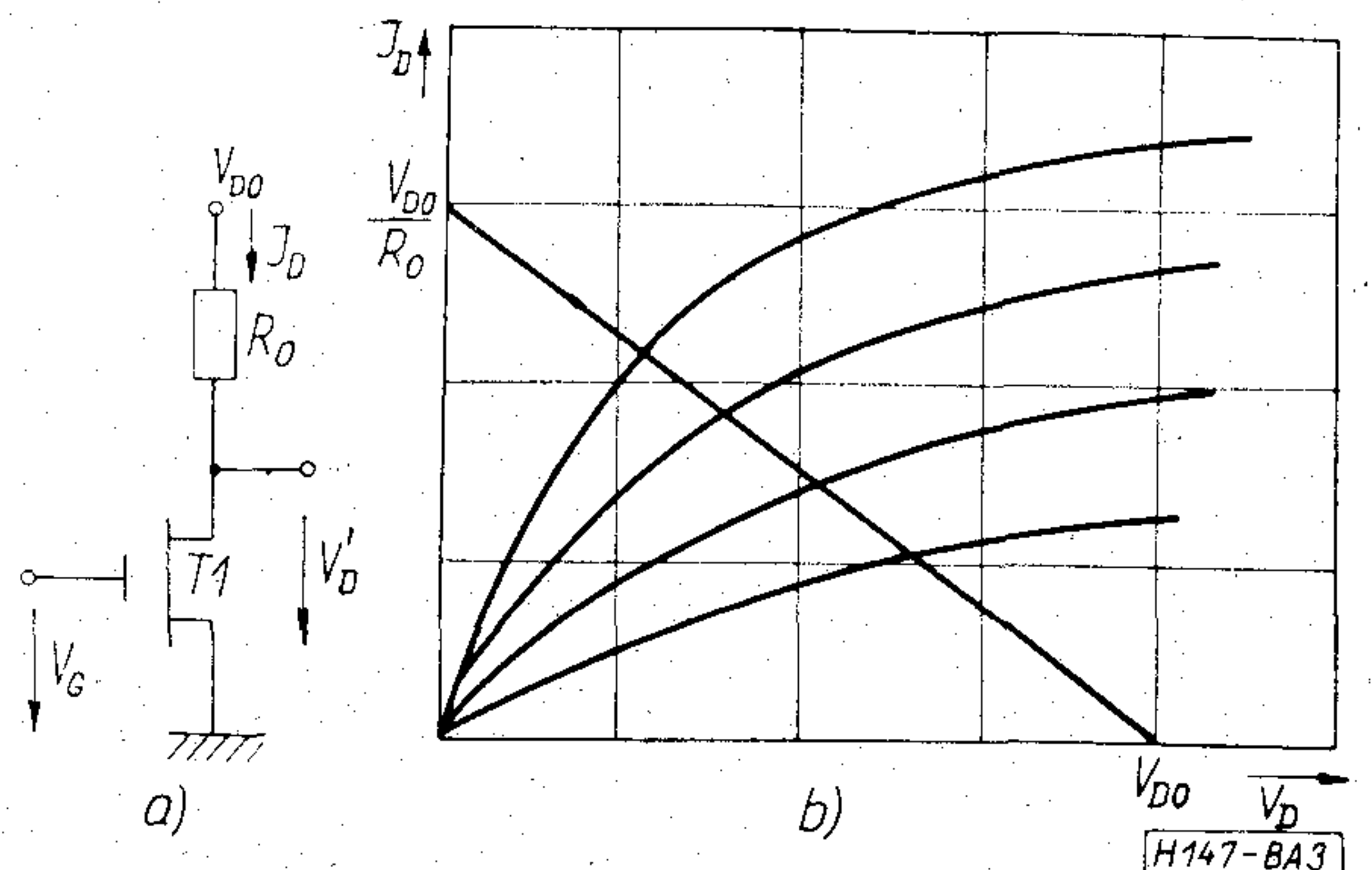
összefüggést kapjuk.

A  $V_G$  feszültség növelésével közel arányosan csökken  $V'_D$ , így a telítési tartományból a lineáris szakaszba jutunk, amikor a (7) egyenlet nevezőjében levő 1 elhanyagolható és az

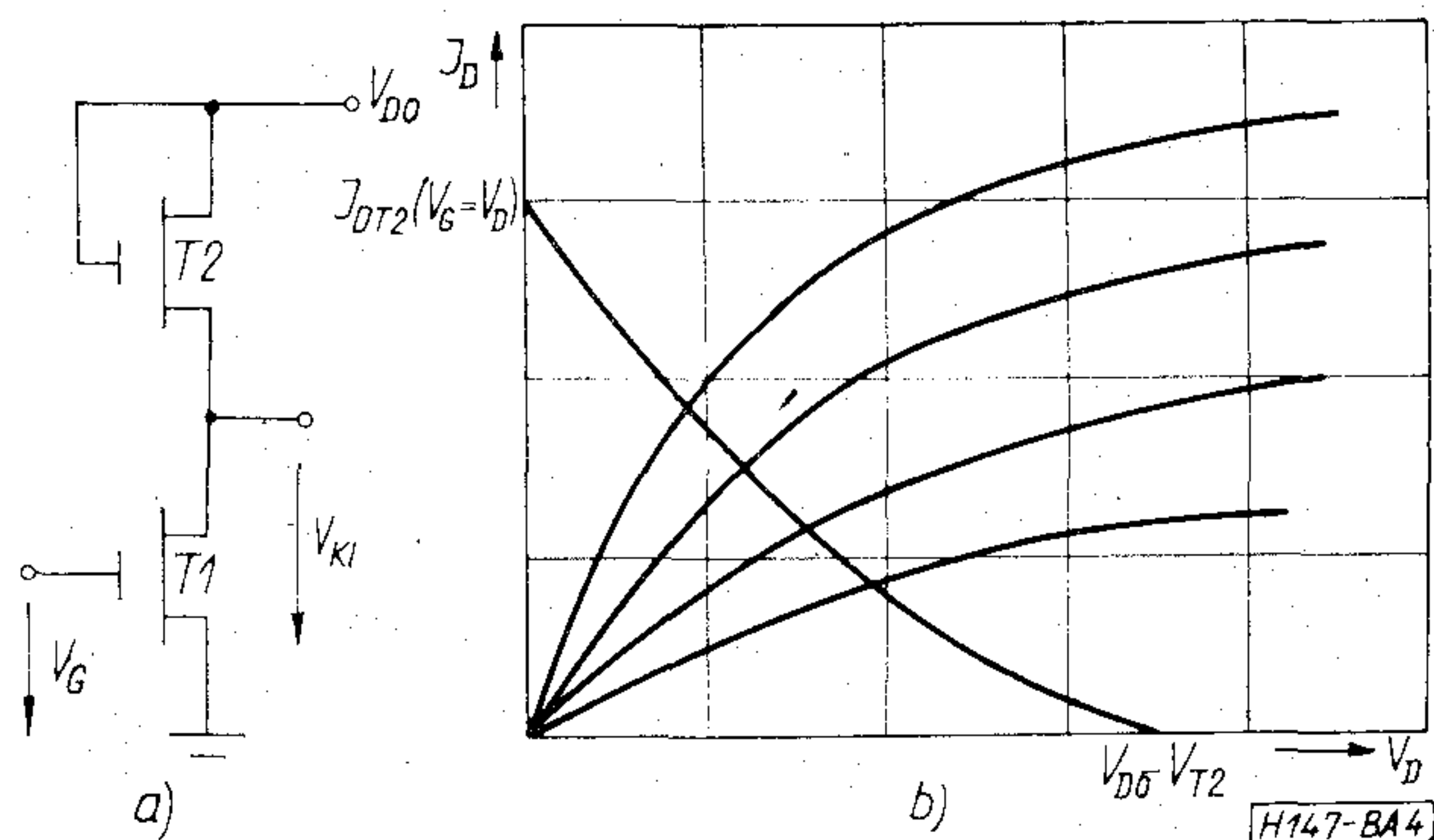
$$I_D = \frac{V_D}{R_0} \quad (8)$$

összefüggéshez jutunk.

A MOS logikai integrált áramköri egységeken belül szinte kizárólagosan az ún. tranzisztor-munkaellenállású invertereket alkalmazzák, hogy az ohmikus ellenállások integrált áramköri technológiával való előállításának nehézségeit kiküszöbölhessék.



3. ábra. Ohmikus munkaellenállású MOS inverter kapcsolása és munkapontjának grafikus meghatározása



4. ábra. Telítési tartományban működő tranzisztor-munkaellenállású inverter kapcsolási rajza és munkapontjának grafikus meghatározása

A 4a ábrán látható kapcsolásban működő inverterben a közös gate-drain kapcsolású  $T_2$  tranzisztor a működés folyamán végig a telítési tartományban működik, mivel a

$$V_D = V_G > V_G - V_T = V_{Geff} \quad (9)$$

egyenlőtlenség mindig teljesül.

A kimenet logikai 0-szintjét a  $T_1$  és  $T_2$  tranzisztor kimenő ellenállásának aránya határozza meg. A kimenő ellenállást befolyásoló tényezők közül  $V_T$  és  $\beta_0$  nagysága nem változtatható, mivel ezek egy chipben kb. 10 %-on belül állandóak. Az egy chipben kialakítandó különböző  $\beta$  tényezőjű tranzisztorok előállítása azok eltérő  $L/W$  arányának biztosításával válik lehetővé.

A telítési tartományban működő tranzisztor-munkaellenállású kapcsolás munkapontjainak grafikus meghatározását a 4b ábra szemlélteti. Ebből kiderül, hogy a munkaegyes elveszíti lineáris jellegét  $T_2$  tranzisztor feszültségfüggő kimenő ellenállása miatt.

A matematikai összefüggések levezetéséhez a

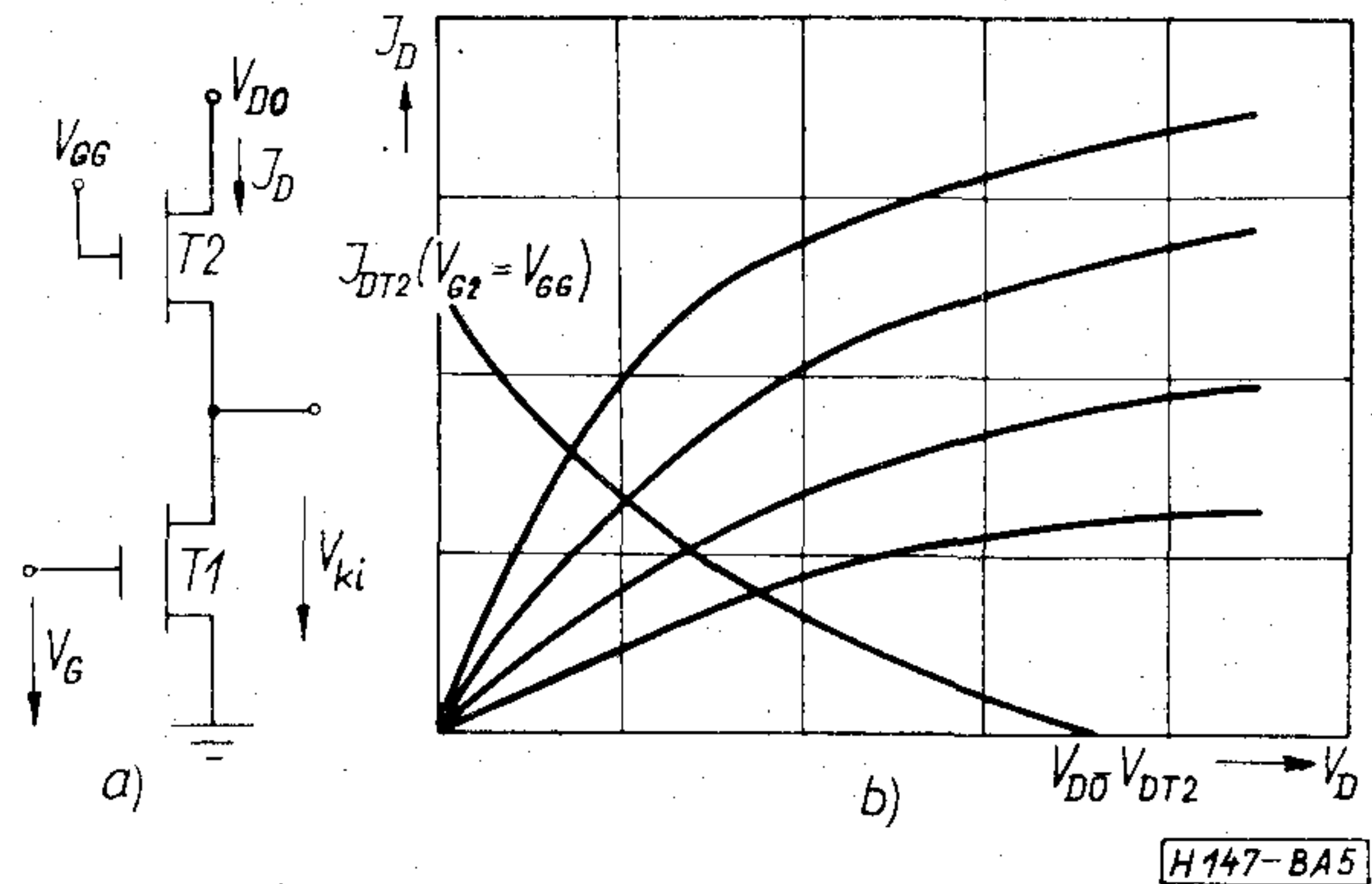
$$\begin{aligned} V'_D &= V_D - V_{KI} \\ V'_{Geff} &= V_D - V_T - V_{KI} \end{aligned} \quad (10)$$

kifejezéseket a (3), (4), (5) egyenletekbe behelyettesítjük, s így megkapjuk a telítési tartományban működő tranzisztor-inverter  $I_D$  áramának a többi áramköri paramétertől való függését.

$$I_D = \frac{\beta_0 (V_D - V_T - V_{KI})^2}{(1 + 0,03 V_G) \cdot (V_D - V_T - V_{KI}) L} \quad (11)$$

Az 5a ábrán bemutatott inverter annyiban tér el az előbb tárgyalt kapcsolástól, hogy a  $T_2$  tranzisztor gate-elektrodája magasabb  $V_{GG}$  feszültségre van kötve, mint a drain-je, így az végig a lineáris tartományban működik.

Az 5b ábrán bemutatott kapcsolás grafikus tervezésének módja csupán annyiban tér el az előzőtől, hogy a „munkaellenállás egyenesét” a lineáris tartományban dolgozó  $T_2$  tranzisztor kimenő-ellenállás-feszültség függvénye képezi.



5. ábra. A lineáris tartományban működő tranzisztor-munkaellenállású inverter kapcsolási rajza és munkapontjának grafikus meghatározása

A matematikai összefüggések levezetéséhez a

$$\begin{aligned} V'_D &= V_D - V_{KI} \\ V'_{Geff} &= V_{GG} - V_T - V_{KI} \end{aligned} \quad (12)$$

összefüggéseket az (1) egyenletbe behelyettesítjük. Az így kapott összefüggés alakja:

$$I_D = \frac{\beta_0 \left[ (V_{GG} - V_T)(V_D - V_{KI}) + \frac{V_{KI}^2}{2} - \frac{V_D^2}{2} \right] W}{(1 + 0,03 V_{GG})(V_{GG} - V_T - V_{KI}) L} \quad (13)$$

Az összefüggéseket analizálva megállapíthatjuk, a MOS tranzisztorokból felépített invertekre érvényes általános szabályokat:

a) A bemeneti logikai szintek nagyságát a  $V_T$  küszöbfeszültség és a kapcsoló tranzisztor  $g_m$  meredeksége határozza meg.  $V_T$  feszültség növekedésével nő a bemenő jel minimálisan megengedhető logikai 0-szintje (ez jó irányú változás), de nő a minimálisan szükséges logikai 1-szint is (ez rossz irányú változás).

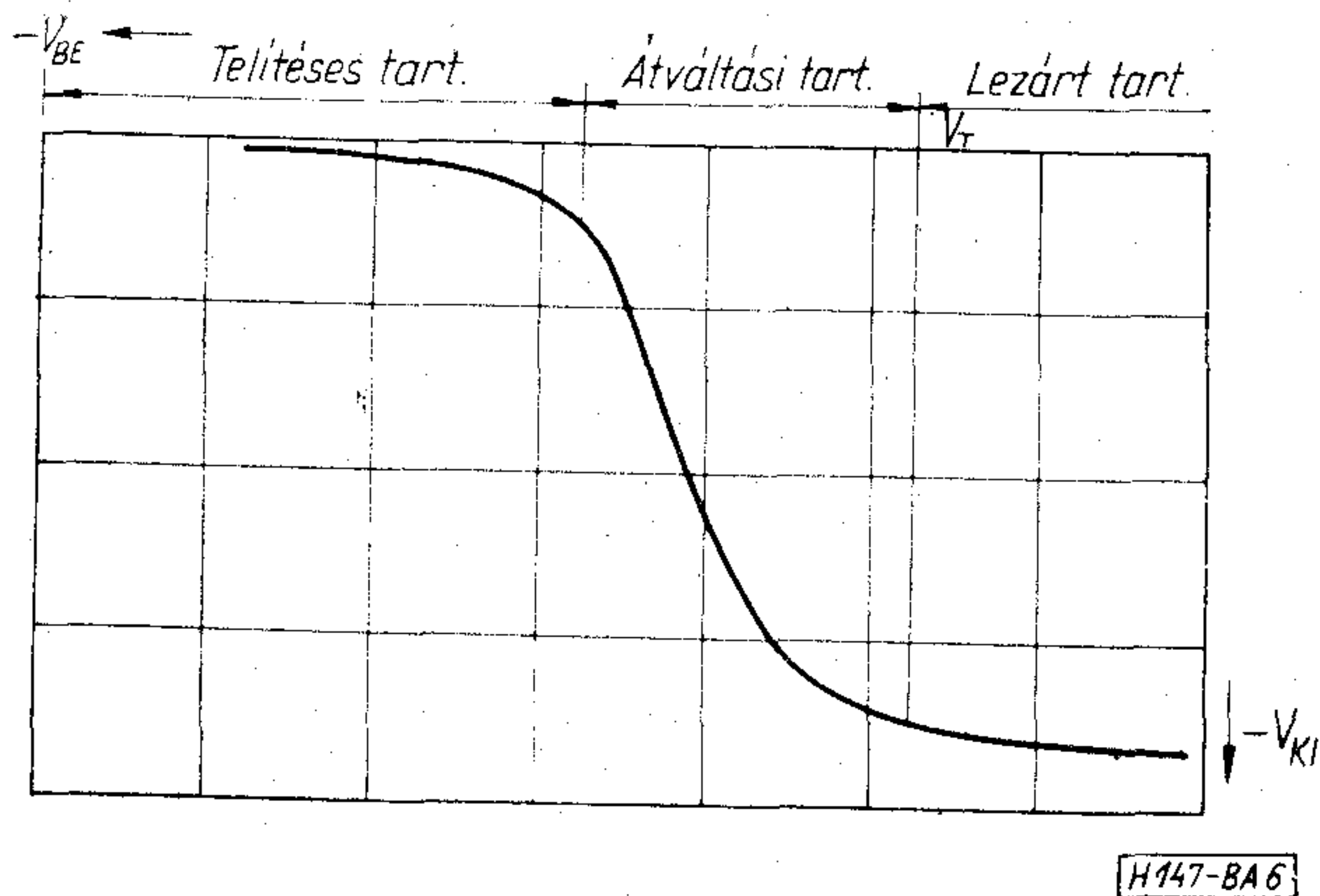
A meredekség növekedésével lecsökken az áramkör tranzfer karakterisztikáján értelmezett átváltási tartomány szélessége, s így azonos  $V_T$  feszültség mellett csökken a bemenő jel minimálisan szükséges logikai 1-szintje.

b) A kimeneti jel logikai 0-szintjét a kapcsoló és a munkaellenállás-tranzisztor ellenállásának aránya határozza meg. A munkaellenállás-tranzisztor kimenő ellenállásának növekedésével lecsökken a logikai 0-szint és a disszipáció, viszont az áramkör később tárgyalandó tulajdonságai leromlanak.

A kimenő jel logikai 1-szintjét a kapcsoló tranzisztor lezárt állapotában mért visszaárama és a munkaellenállás-tranzisztor nagysága és küszöbfeszültsége határozza meg. Növekvő munkaellenállás és visszaáram a kimenő jel logikai 1-szintjének csökkenését eredményezi.

c) A bemenet terhelését a szigetelő réteg és az átütési effektust kiküszöbölő zener-dióda szivárgási árama, valamint az áramköri és a szórt kapacitások képezik.

d) A kimenet terhelhetőségét a munkaellenállás, vagy a munkaellenállás, tranzisztor nagysága határozza meg. A munkaellenállás csökkenése a terhel-



6. ábra. MOS inver erek transzfer karakterisztikája

hetőség növekedését eredményezi, de nő a disszipációs teljesítmény is.

A MOS invertereknek a 6. ábrán bemutatott transzfer karakterisztikáját vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az átváltási tartomány szélessége lényegesen nagyobb ( $\Delta U_{BE}=4V$ ) a bipoláris rendszerekben szokásos ( $\Delta U_{BE}=100\text{ mV}$ ) értéknél.

Összetett logikai rendszerek tervezésénél gyakorlatilag csak az inverterekre érvényes összefüggéseket kell alkalmazni, mivel azokat zömmel inverter-elemek különböző variációban való kötéséből alakítják ki.

## 2. A MOS logikai rendszerek dinamikus tulajdonságainak meghatározása

A MOS tranzisztorokból felépített logikai rendszerek dinamikus tulajdonságainak meghatározása az áramkörök várható sebességének méretezéséhez szükséges.

Az előző fejezethez hasonlóan csak a MOS tranzisztorokra és az egyszerű MOS inverterekre vonatkozó matematikai összefüggéseket ismertetjük, mert az összetett logikai rendszerek analízise ezek alapján elvégezhető.

A MOS tranzisztorok dinamikus tulajdonságait az átkapcsoláskor lezajló töltésvándorlásokhoz szükséges idők határozzák meg. Ebből kifolyólag ezt a kérdést az ún. töltés-konceptió alapján érdemes vizsgálni, a töltések hely és idő szerinti változását leíró differenciálegyenletek segítségével.

Mielőtt vizsgálatainkat elkezdjük, definiáljuk a tervezésléses tranzisztor kapcsolási időállandóját, mint az átkapcsoláshoz szükséges töltésmennyiség változás  $I_0$  árammal végzett időtranszportját. Általában elmondható, hogy

$$I_0 T_0 = Q_{lezárt} - Q_{nyitott} \quad (14)$$

ahol:

$I_0$  = a tranzisztor csatorna-oldali telítési árama,  
 $T_0$  = a tranzisztor kapcsolási időállandója.

A tranziensek lefolyását egyrészt a vezérlőelektróda felőli meghajtó hálózat, másrészt a csatorna-oldali maximális áram határozza meg.

Ideális feszültségforrásból történő vezérlésnél a vezérlőelektróda áramát a vezérlőelektróda áram-

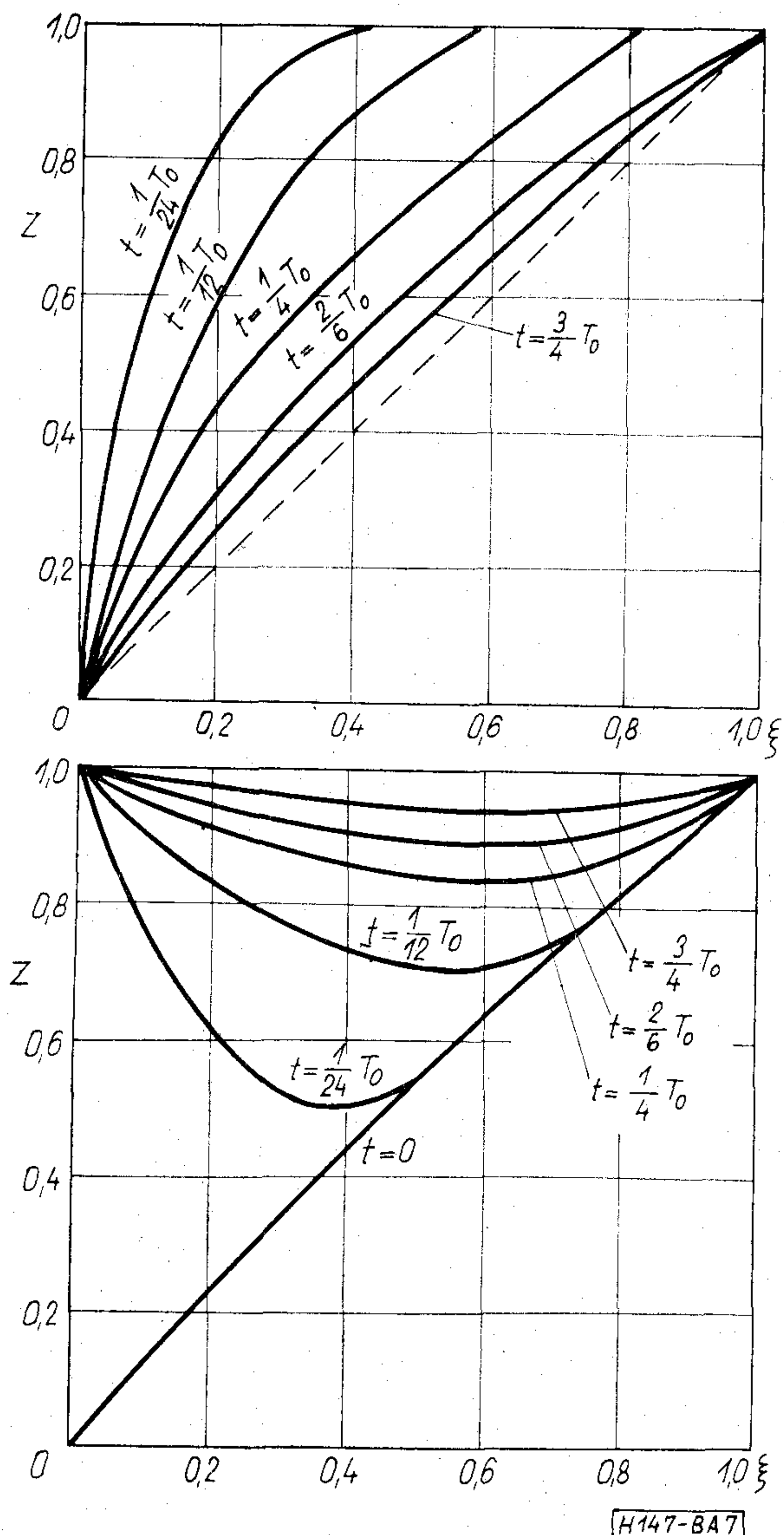
köre nem korlátozza, ezért az átkapcsolást a csatorna-oldal határozza meg. A vezérlőelektróda árama a kezdeti pillanatban rendkívül nagy és aszimptotikusan csökken nullára. A csatornában folyó áramsűrűség a source-tól mért távolság függvényében változik. A tranziens lefolyását az eszköz belső struktúrája egyértelműen meghatározza.

Ebben az esetben a tranzisztor intrinsic tranzienseiről beszélünk. A feldúsított réteg hely és idő szerinti változását az eszköz numerikus módszerrel megoldható parciális differenciál egyenlete határozza meg, melynek megoldásai a 7. ábrán vannak feltüntetve.

A diagramban szereplő:

$\xi$  = a csatorna source-tól mért relatív távolsága,  
 $Z$  = az inverziós réteg relatív mélysége,  
 $T_0$  = a MOS tranzisztor időállandója.

Amennyiben a vezérlőelektróda áramköre a vezérlőelektróda áramát korlátozza extrinsic tranziensekről beszélünk. Ezekben az esetekben már komoly



7. ábra. A tervezésléses tranzisztor átmeneti folyamatát leíró parciális differenciálegyenlet megoldásainak diagramja

befolyást gyakorol a tranzisztor dinamikus viselkedésére

- a) a gate-kapacitás,
- b) a szórt kapacitások,
- c) a  $p-n$  átmenetek feszültségfüggő kapacitása is,

mert nem mindegy, hogy a korlátozott töltőáramoknak mekkora kapacitások esetenkénti átpolarizálásáról kell gondoskodniuk.

A gate-kapacitást meghatározó összefüggés:

$$C_G = L \cdot W \epsilon_{ox} / t_{ox} \quad (15)$$

ahol:

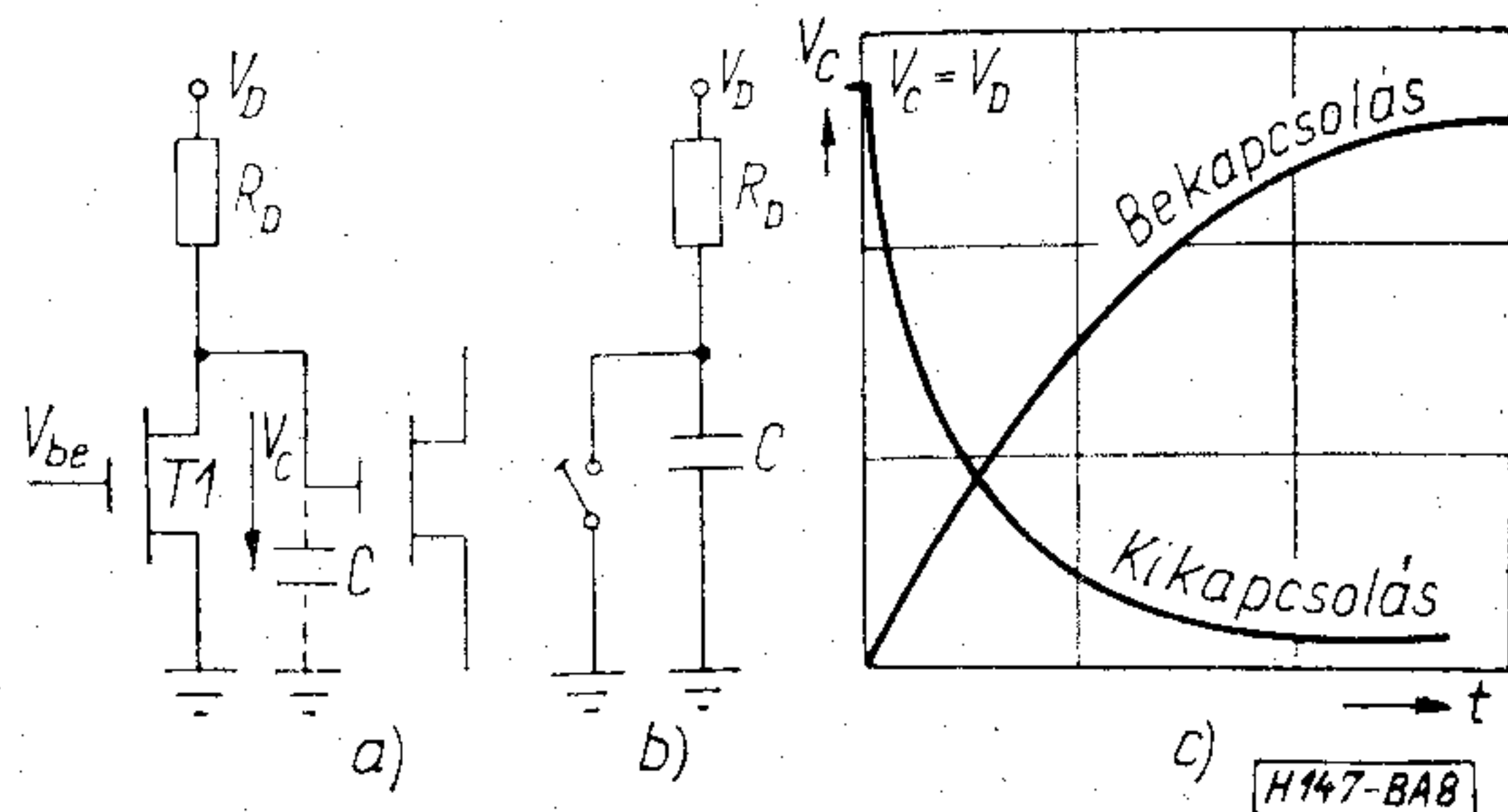
- $C_G$  = a gate-substrate kapacitás,
- $L$  = a csatorna hossza,
- $W$  = a csatorna szélessége,
- $\epsilon_{ox}$  = a vékony-oxid dielektromos állandója,
- $t_{ox}$  = a vékony-oxid vastagsága.

Az alumínium összeköttetések kapacitása az esetek többségében lényegesen kisebb a gate-kapacitásánál. Ezek nagyságát úgy számítjuk ki, hogy a (15) képletbe a vastag-oxid vastagságát helyettesítjük be.

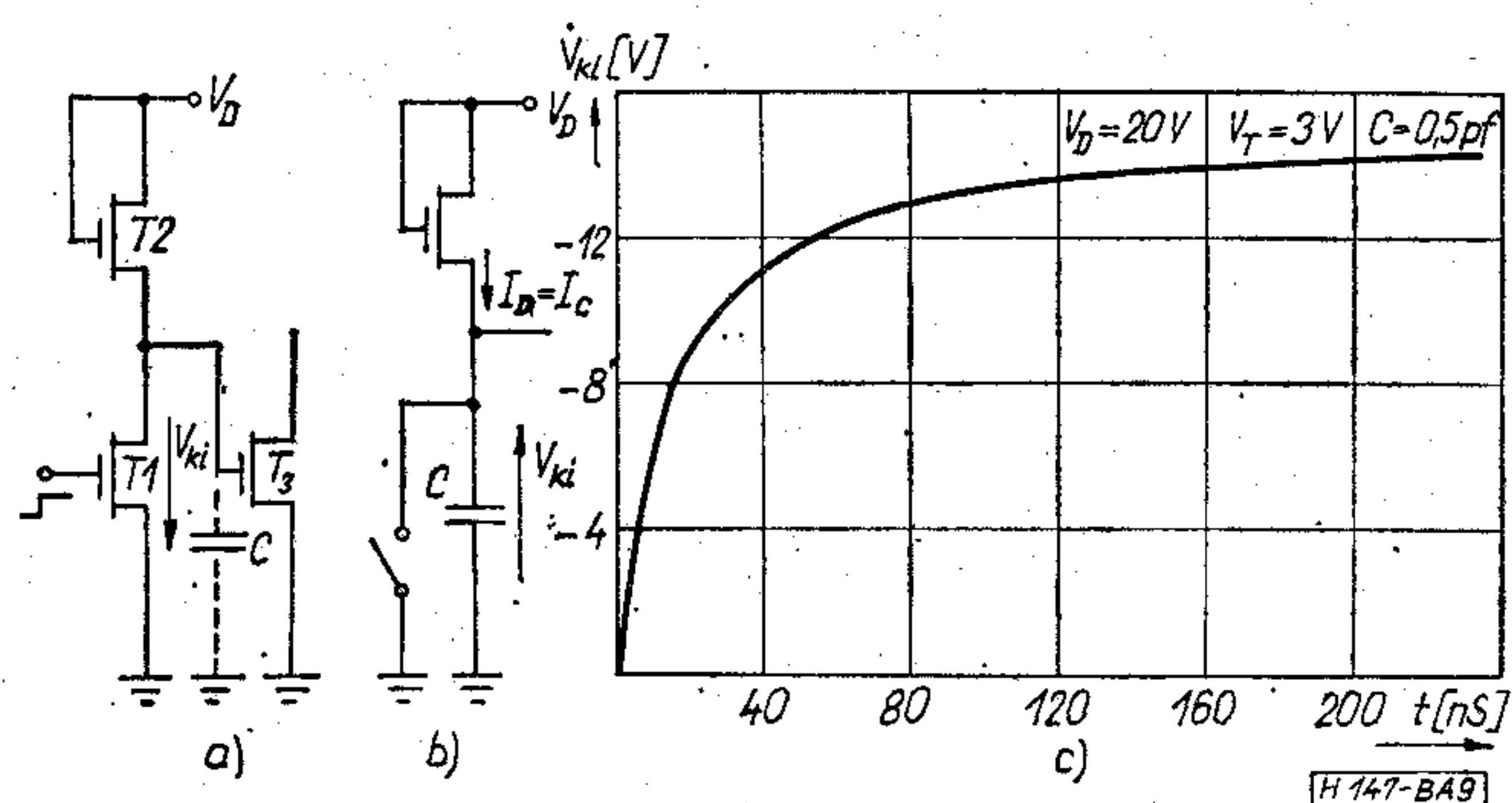
A drain és a source bevezetésekénél levő  $p-n$  átmenet kapacitását a záróirányú diódák kapacitását meghatározó összefüggésekből nyerhetjük.

$$C_{p-n} = A \sqrt{\frac{q\epsilon N_D}{2(V_D + V)}} \quad (16)$$

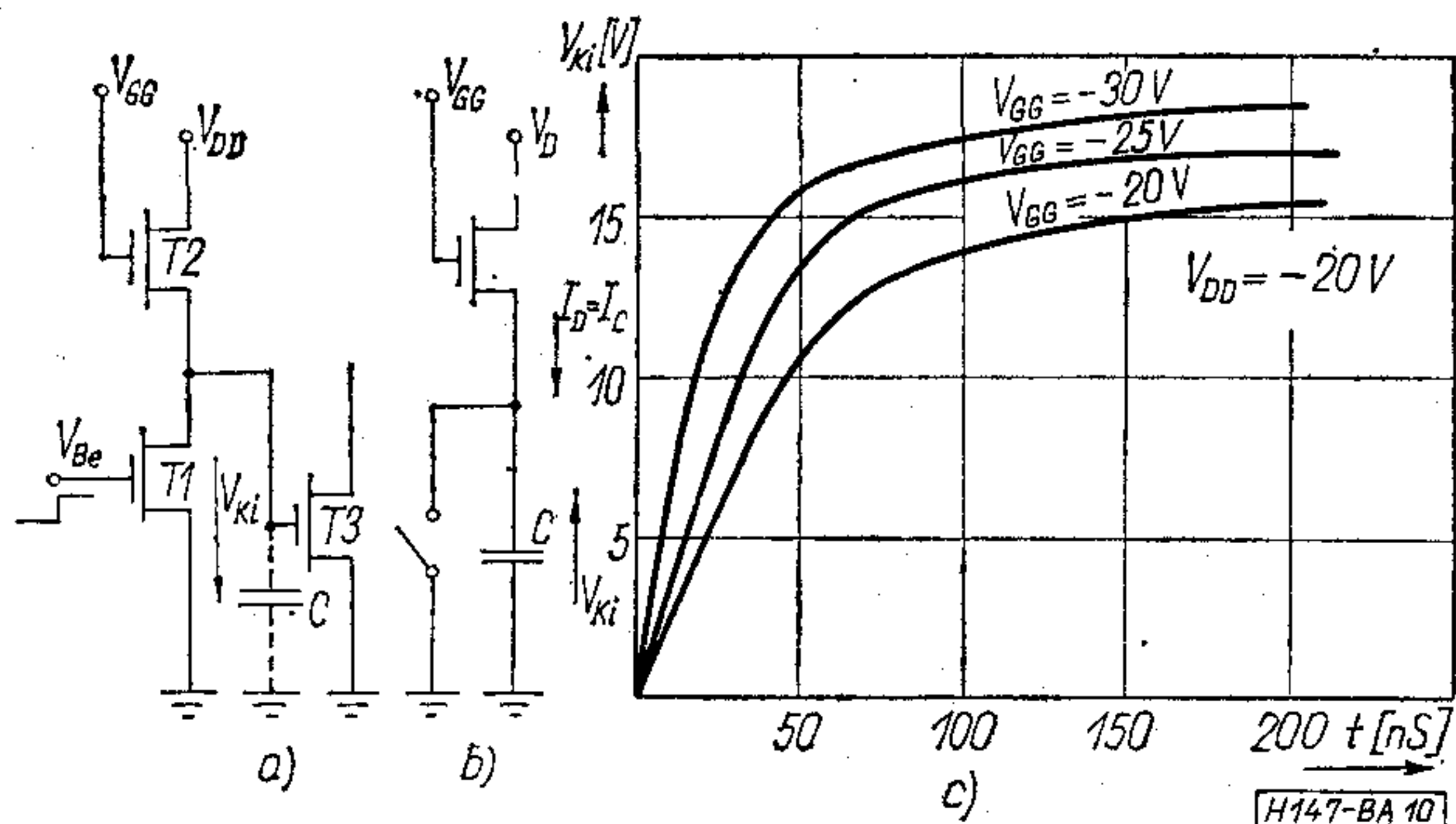
A MOS tranzisztorokból felépített inverterek vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy a dinamikus tulajdonságaikat zömmel a külső hálózat (beleértve a gate-, szórt-, és a  $p-n$  átmenetek kapacitását is) időállandói határozzák meg, mivel a MOS tranziszto-



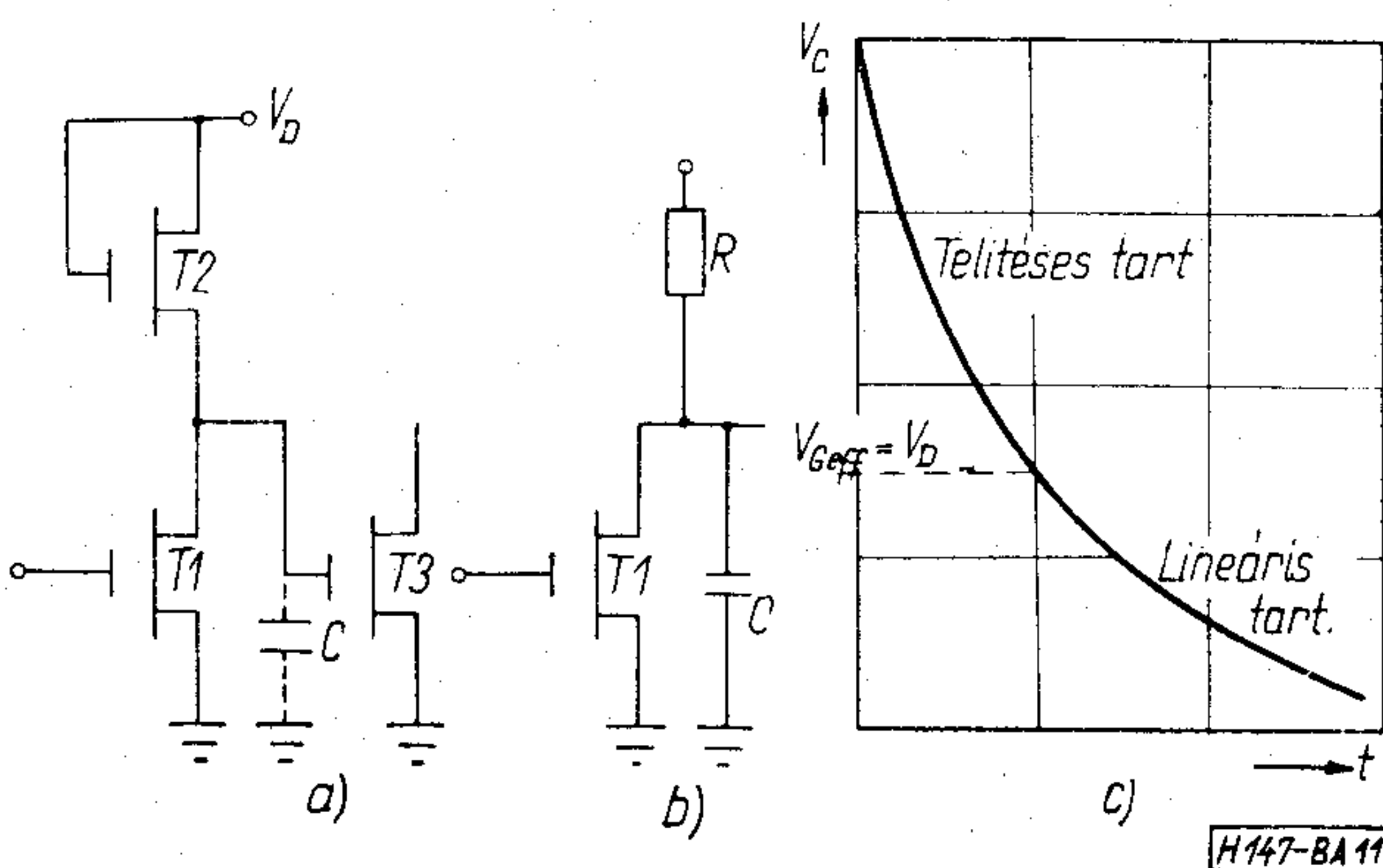
8. ábra. Ohmos munkaellenállású inverter dinamikus tulajdonságainak vizsgálata



9. ábra. Telítési tartományban működő munkaellenállást tartalmazó MOS inverterek dinamikus tulajdonságainak vizsgálata



10. ábra. Lineáris tartományban működő munkaellenállás tranzisztort tartalmazó MOS inverterek dinamikus tulajdonságainak vizsgálata



11. ábra. A MOS inverterek bekapcsolási folyamatainak vizsgálatát elősegítő helyettesítő ábra és diagram

rok felépítéséből adódó felső határfrekvencia több GHz-re adódik.

A 8. ábrán az ohmos munkaellenállás inverter kapcsolási rajza és dinamikus helyettesítő képe látható a kialakult hullámformák feltüntetésével együtt.

A  $V_c$  feszültség időfüggését megadó összefüggés:

$$V_c(t) = V_D \exp\left(-\frac{t}{R_D C}\right) \quad (17)$$

A (17) összefüggésből látható, hogy a munkaellenállás és a kapacitás csökkenése az áramkör gyorsabb működését eredményezi.

A 9. ábrán a telítési tartományban működő munkaellenállás-tranzisztort tartalmazó inverter dinamikus helyettesítő képe és hullámformái láthatók. A matematikai összefüggéseket az

$$I_D = \frac{\beta}{2} V_{Geff}^2$$

$$I_C = C \frac{dV}{dt} \quad (18)$$

$$V_{Geff} = V_D - V_T - V_c$$

egyenletekből nyerjük és az eredmény:

$$\frac{V_c(t)}{V_D} = \frac{[\beta t / C] V_D}{2 + [\beta t / C] V_D} \quad (19)$$

A 10. ábrán lineáris tartományban működő munkaellenállás-tranzisztort alkalmazó inverter dinamikus helyettesítő képe és hullámfokai láthatók.

A matematikai összefüggéseket az

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \beta \left( V_{Geff} \cdot V_D - \frac{V_D^2}{2} \right) \\ V_{Geff} &= V_{GG} - V_T - V_C \\ V_{DS} &= V_D - V_C \end{aligned} \quad (20)$$

egyenletekből nyerjük és eredményül

$$\frac{V_C(t)}{V_D} = \frac{1 - \exp \left[ -\frac{\beta t}{C} (V_{GG} - V_T - V_S) \right]}{1 + V_D \exp \left[ -\frac{\beta t}{C} (V_{GG} - V_T - V_D) \right]} \quad (21)$$

$$V_D - 2V_T - 2V_{GG}$$

A 10. ábrán látható hullámformákat vizsgálva megállapítható, hogy a lineáris tartományban működő tranzisztor-munkaellenállású inverterek kapcsolási sebessége nagyobb a telítéssel üzemű invertereknél, ami egyrészt a lecsökkent munkaellenállással, másrészt a telítéssel tartományban fellépő töltéstárolási effektusok elmaradásával magyarázható.

Az eddigiek során főleg a munkaellenállás, illetve a munkaellenállás-tranzisztor hatásait vizsgáltuk és megállapítottuk, hogy azok főleg a kikapcsolás folyamán lezajló tranziensek jellegét befolyásolják.

A kapcsoló tranzisztor hatásait vizsgálva a következőkben ki fogjuk mutatni, hogy az főleg a bekapcsolási tranziensek jellegét határozza meg.

A MOS inverterek  $T_1$  tranzisztorának bekapcsolási tranziense két szakaszra oszlik. A bekapcsolás megkezdése előtt a 11a ábrán látható  $C$  kapacitás  $V_{CC}$  feszültségre van feltöltődve.

Az átmeneti folyamatok beindulásakor először a  $V_G < V_{KI} = V_C$  egyenlőtlenség érvényes, így  $T_1$  tranzisztor telítéssel üzemben kezdi  $C$  kisütését. A kapcsoló tranzisztor telítési tartományú kisütési idejét a

$$\begin{aligned} V_{KI} &= V_{CO} - \frac{1}{C} \int_0^t I dt \\ I_C &= \frac{\beta V_{Geff}^2}{2} \end{aligned} \quad (22)$$

összefüggések segítségével határozhatjuk meg a véges munkaellenállás kisütési időt növelő hatásának figyelembevételével. A kapott összefüggés alakja:

$$t_{sat} = \frac{CR \log_e (1 + 2V_{Geff} - V_D)}{\beta R V_{Geff}} \quad (23)$$

A bekapcsolás folyamán a  $V_G$  feszültség növekedése a  $V_{KI}$  feszültséget csökkenti, így a  $V_G > V_D = V_C$

egyenlőtlenséggel jellemezhető lineáris tartományba jutunk. A  $T_1$  tranzisztor lineáris tartománybeli kisütési idejének nagyságát a

$$-dV_C = \frac{I_D}{C} dt \quad (24)$$

egyenletből nyerjük

$$t_{lin} = \frac{-C}{\beta V_{Geff}} \log_e \frac{V_C}{2V_{Geff} - V_C} \quad (25)$$

A bekapcsolási tranziens lefolyásának jellege a 11b ábrán látható, és a bekapcsolási időt leíró matematikai összefüggés:

$$t_{be} = \frac{C}{\beta V_{Geff}} \left( \frac{2V_{Geff} - V_{CO}}{V_{Geff}} - 2,95 \right) \quad (26)$$

Összetett logikai rendszereknél a dinamikus tulajdonságok meghatározásának igen egyszerű módja a táblázatok alapján történő tervezés.

Ezekben a táblázatokban fel van tüntetve az összes logikai alapáramkör-elem késleltetési faktora, aminek alapján viszonylag könnyen meghatározható a teljes logikai rendszer késleltetése.

A késleltetési faktor — az esetek többségében 2 pF-os terhelő kapacitás és 25 °C-os környezeti hőmérséklet mellett mérhető késleltetési idő, mely értékekből a valóságos késleltetési idő a következő összefüggés alapján számítható:

$$t_p = \frac{t_t}{2pF} C \cdot F_T \quad (27)$$

ahol:

- $t_p$  = a számított késleltetési idő,
- $t_t$  = a táblázatból nyert késleltetési faktor,
- $C$  = az áramkört terhelő összes kapacitás,
- $F_T$  = a hőmérsékleti faktor.

A (27) összefüggést vizsgálva megállapítható, hogy a terhelés és hőmérséklet növekedésével nő az illető elem késleltetési ideje is, tehát a tervezést célszerű extrém nagy környezeti hőmérsékletre és terhelésre elvégezni.

#### I R O D A L O M

- [1] William Penney: System development with MOS-LSI, American Micro-systems June 1968.
- [2] L. A. Taylor: Introduction to System Designing Using MOS-LSI, American Micro-systems December 1969.
- [3] How reliable are MOS IC's? Electronics Jun 1969.
- [4] G. Ireson: Reliability handbook. Mc Graw-Hill Book Company 1967.
- [5] MOS Integrated Circuits and their Applications, Philips Application Book 1970.
- [6] Baranyai A.: A kétfázisú MOS logikai integrált áramkörök elektromos tulajdonságainak vizsgálata. Automatizálás 1971. márc.



## Kapcsoló üzemű stabilizátor

ETO 621.316.722.1.027.3

A hagyományos A osztályú üzemmódban működő áteresztőtranzisztoros tápegységek hatásfoka igen rossz, 30–40%. Kapcsoló üzemű tápegységek esetén ez a hatásfok elérheti a 90%-ot is, ami nagyobb teljesítmények esetén igen kedvező.

Jelentős előny továbbá, hogy a kapcsoló üzemmód miatt a tápegység a félvezetőeszközök paramétereinek szórására, ill. hőmérséklet okozta változására kevésbé érzékeny. Nincs szükség nagy hűtőfelületek alkalmazására és szükségtelenek a nagy kapacitású szűrő kondenzátorok is, ami jelentős ár- és méretcsökkenést jelent. Az ehhez szükséges nagy sebességű teljesítmény kapcsoló-tranzisztorok és diódák azonban ma még csak külföldről szerezhetők be. Nagy teljesítményű kapcsolóeszközök használata esetén 500–700 W egyenáramú teljesítmény stabilizálható a soros elem párhuzamos kapcsolása nélkül. A kapcsoló üzemmód lehetőséget nyújt a stabilizált kimenőfeszültség széles határok között történő változtatására anélkül, hogy ezzel jelentősen romlana a hatásfok. A leggyakrabban felhasználásra kerülő tápegységek szabályozásai rendszerüket tekintve két főcsoportra oszthatók:

1. A szabályozás rendszere impulzus-szélességmoduláció

2. A szabályozás rendszere impulzus-frekvenciamoduláció

A cikk egy, viszonylag nagy egyenfeszültséget előállító tápegységtípust tárgyal, továbbá ismerteti a kimenőfeszültség széles határok között történő változtatásának lehetőségét, rámutatva a megoldás egyszerűségére.

A kapcsoló üzemű tápegység működési elve egyszerű. Egy, rögzített frekvenciával végzett kapcsolási művelet periódusideje  $T = t_{\text{bek}} + t_{\text{kik}}$  és a kitöltés tényezője  $\frac{t_{\text{bek}}}{T}$  arányos a mindenkor kimeneti terheléssel. A teljesítmény-tranzisztor — kapcsoló üzemmódban működtetett tranzisztor — integráló aluláteresztő szűrő bemenetére csatlakozik. A szűrő kimenete egyúttal a tápegység egyenáramú kimenete is. A hatásfok javulást — a hagyományos megoldáshoz képest — a kapcsolótranzisztor kapcsoló üzemből következő kis disszipáció okozza. Ideális kapcsolóeszköz esetén:

$$P_0 = P_{\text{be}} t_{\text{bek}} / T \cdot I_0 / I_{\text{be}}$$

ahol  $T$  a periódusidő,

$$U_0 = U_{\text{be}} t_{\text{bek}} / T.$$

Nagyobb teljesítményű tápegységek alkalmazása esetén az azokban keletkező disszipáció megengedhetlenül nagy. Pl.:

$U_{\text{be}} = 340 \text{ V}$ ,  $U_0 = 60 \text{ V}$ ,  $I_0 = 2 \text{ A}$  esetén elérheti az 560 W-ot.

A határolás miatt a kapcsolótranzisztorban csak korlátozott mértékű teljesítmény disszipálódik maximális áram- és feszültség-igénybevétel esetén is, és nem okoz gondot a keletkezett disszipációs teljesítmény hőhatása sem.

A fenti példa adataival a kapcsolótranzisztoron keletkező disszipáció értéke kb. 10 W.

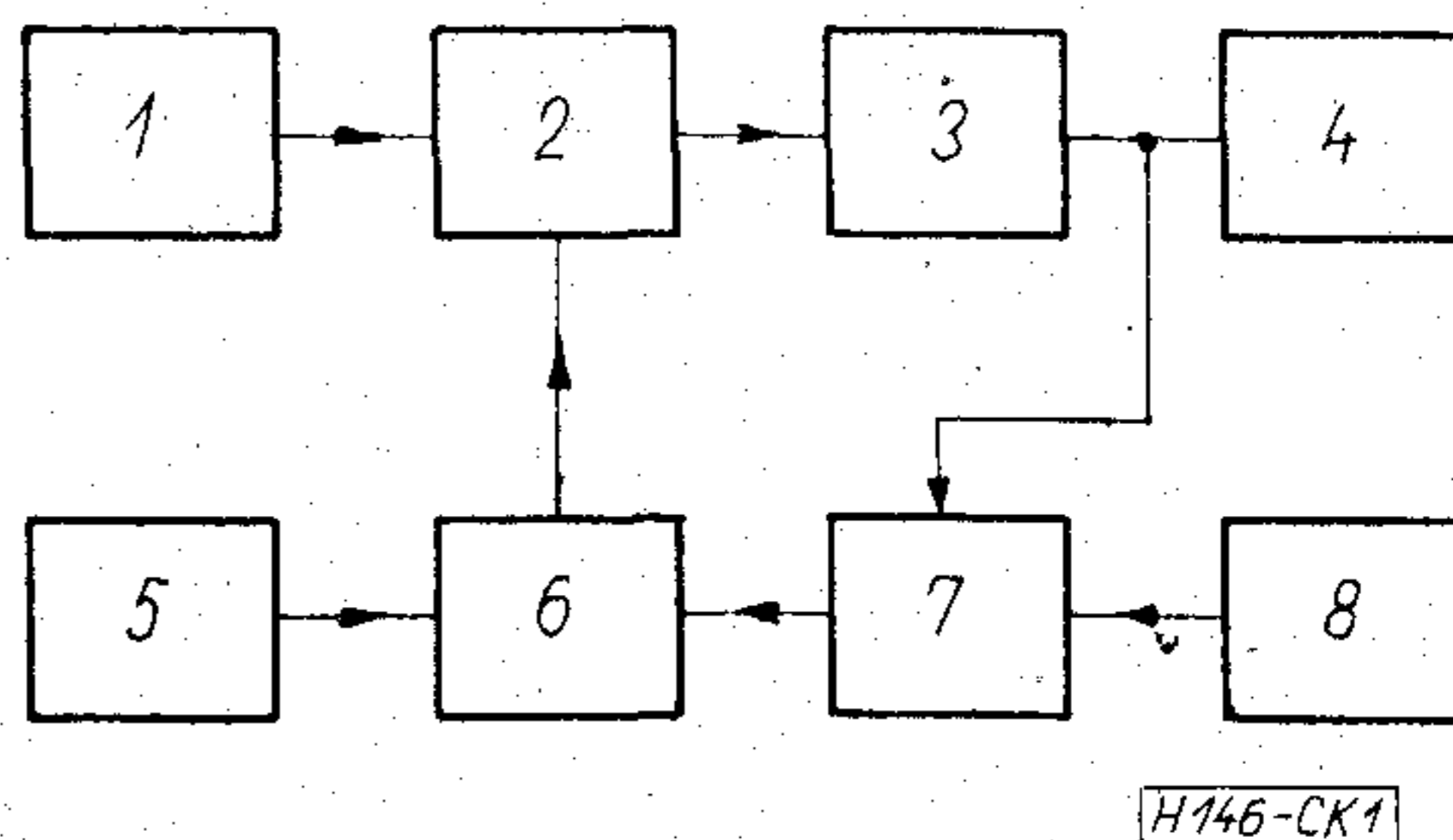
### A működési elv

A kapcsolóüzemű tápegység működési elve az 1. ábrán bemutatott blokséma alapján érthető meg. A soros kapcsolású kapcsolótranzisztor egy 15 kHz-es fix frekvenciájú oszcillátorral vezéreljük.

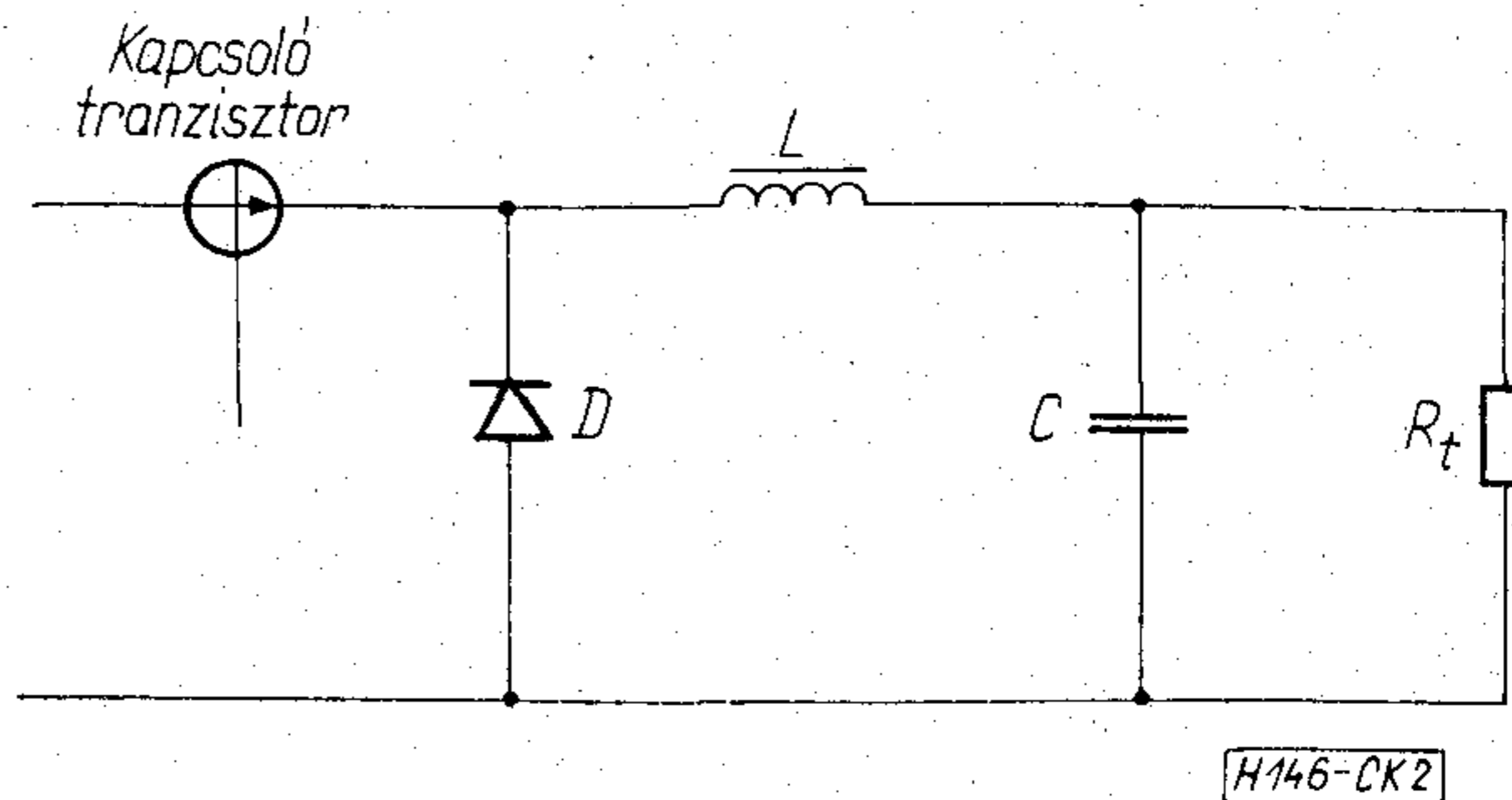
A kapcsolótranzisztor jel—szünet arányának megfelelő kimeneti egyenfeszültségű szintet referencia feszültséggel hasonlítjuk össze és a hibajellel folyamatosan változtatható kitöltési tényezőjű impulzusgenerátort hajtunk meg. Ez vezérli a meghajtó egysegen keresztül a kapcsolótranzisztor.

### Az aluláteresztő szűrő

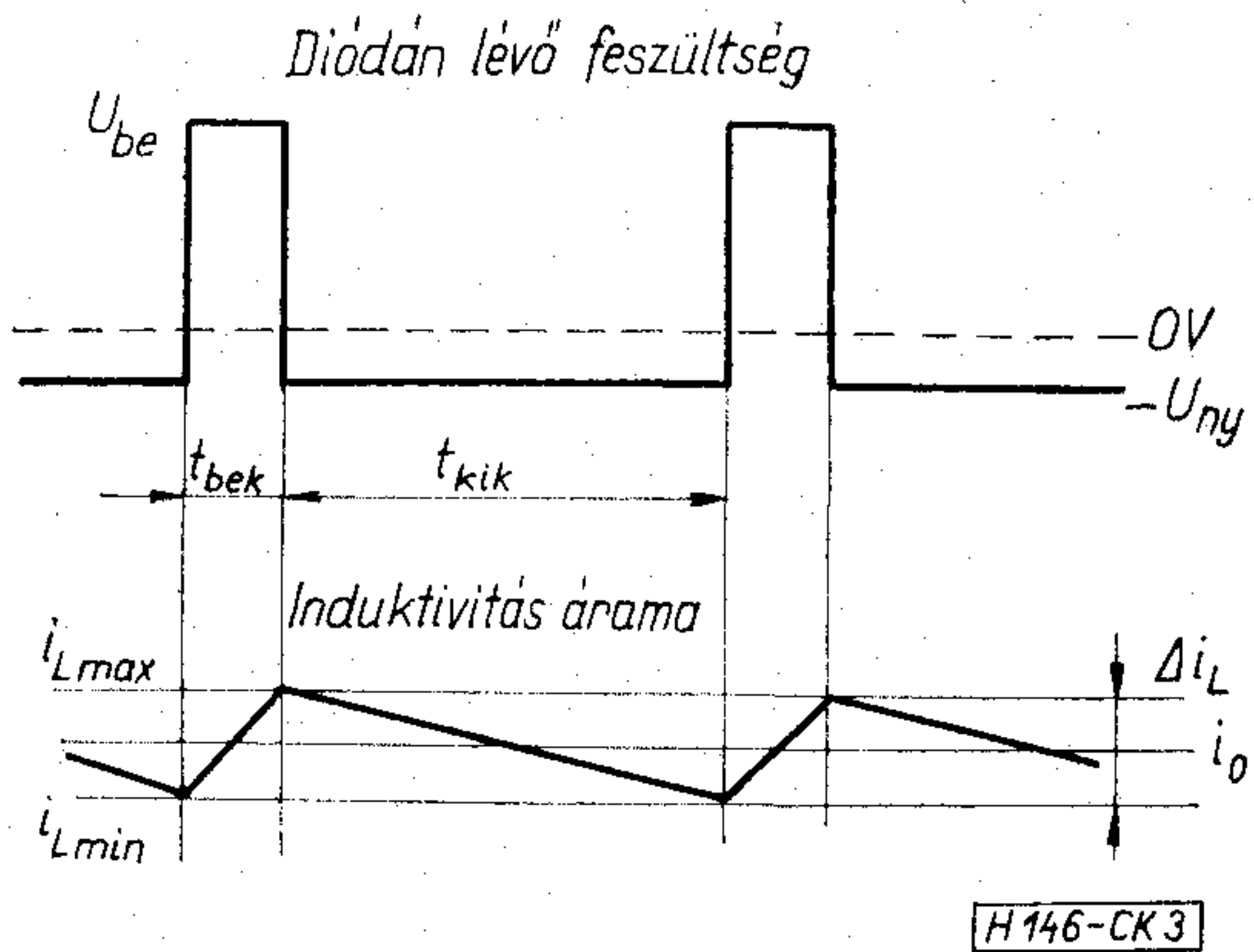
Az integráló jellegű aluláteresztő szűrő a 2. ábrán látható. Ez a bemenetére jutó négyszög-pulzusokból kis hullámosságú egyenáramú kimenetet alakít ki.



1. ábra. A kapcsoló üzemű tápegység működési elve  
1 — stabilizálatlan egyenirányított hálózati egység; 2 — soros kapcsolótranzisztor; 3 — aluláteresztő szűrő; 4 — terhelés; 5 — 15 kHz-es oszcillátor; 6 — változtatható kitöltési tényezőjű impulzus generátor; 7 — összehasonlító és erősítő egység; 8 — referencia egység



2. ábra



3. ábra

Ez a tag inductivitásból ( $L$ ), kapacitásból ( $C$ ) és kapcsoló diódából ( $D$ ) áll. A terhelés a kapacitásra csatlakozik párhuzamosan.

Ha a kapcsolótranzisztor telítésbe vezérelve vezet, annak emittere  $+340$  V-ra van felkapcsolva, a polarítások miatt a  $D$  dióda le van zárva, és az áram az  $L$  inductivitáson folyik keresztül, töltve a  $C$  kondenzátort.

$$(U_{bc} - U_0) = L \frac{di_L}{dt}$$

$$(U_{bc} - U_0) \approx L \frac{\Delta i_L}{t_{bek}}$$

$$\Delta i_L = (U_{bc} - U_0) \frac{t_{bek}}{L}$$

A kapcsolótranzisztor lezárásának pillanatában az áram hirtelen megszakad és az így keletkező energia a tekercsben tárolódik, ill. az azt követő (a tranzisztor lezárási periódusa alatt) diódán keresztül folyó áram formájában tölti a  $C$  kapacitást. Ez az áram — a kezdeti értékhez képest ( $i_{Lmax}$ ) — csökkenő jellegű áram, amely a tranzisztor bekapcsolásának pillanatáig  $i_{Lmin}$  értékre csökken le.

$$\Delta i_L = U_0 t_{kik} / L.$$

Különböző kapcsolási elrendezések lehetségesek és hogy melyiket választjuk az adott feladathoz azt az alábbi tényezőktől is függővé kell tenni:

1.  $U_0$  megkívánt polaritása
2. A felhasznált kapcsolótranzisztor típusa ( $npn$  vagy  $nnp$ )
3. A szűrő a tranzisztor emitterében vagy kollektorában van elhelyezve.

A fenti kapcsolásban szilícium  $nnp$  tranzisztort alkalmaztunk és a tápegység pozitív kimenőfeszültséget szolgáltat. A felhasznált dióda gyors teljesítmény kapcsolódióda. Ennek oka az, hogy a dióda átváltási ideje határozza meg a kapcsolótranzisztor emitterén a vezetési periódus végén létrejövő feszültség-átváltási időt. A 3. ábrán látható a diódán lévő feszültség és az inductivitáson átfolyó áram jelalakja. Levezethető:

$$i_0 = i_{Lmin} + \Delta i_L / 2$$

$$U_0 = \{i_{Lmin} + \Delta i_L / 2\} \cdot R_L$$

$$\Delta i_L = U_0 t_{kik} / L = (U_{bc} - U_0) \frac{t_{kik}}{L}$$

A fentiekből meghatározható a kimeneti egyenfeszültség  $15$  kHz-es hullámossága. (Lásd a függelék 1. sz. pontjában.)

A  $t_{bek}$  idő, függvénye az  $U_0$  kimenőfeszültségnek és a tranzisztor határfrekvenciájának. A kimenőáram  $I_0$  értékét korlátozza az inductitás értékének telítési karakterisztikája és a kapcsolótranzisztorra megengedett maximális áram.

A kapacitás értéke meghatározható a kimenő feszültségre maximálisan megengedett hullámosságból.

$$U_{hullám} = (t_{bek})^2 \frac{(U_{bc} - U_0)}{2LC} \quad (\text{Lásd a függelék 1. sz. pontját.})$$

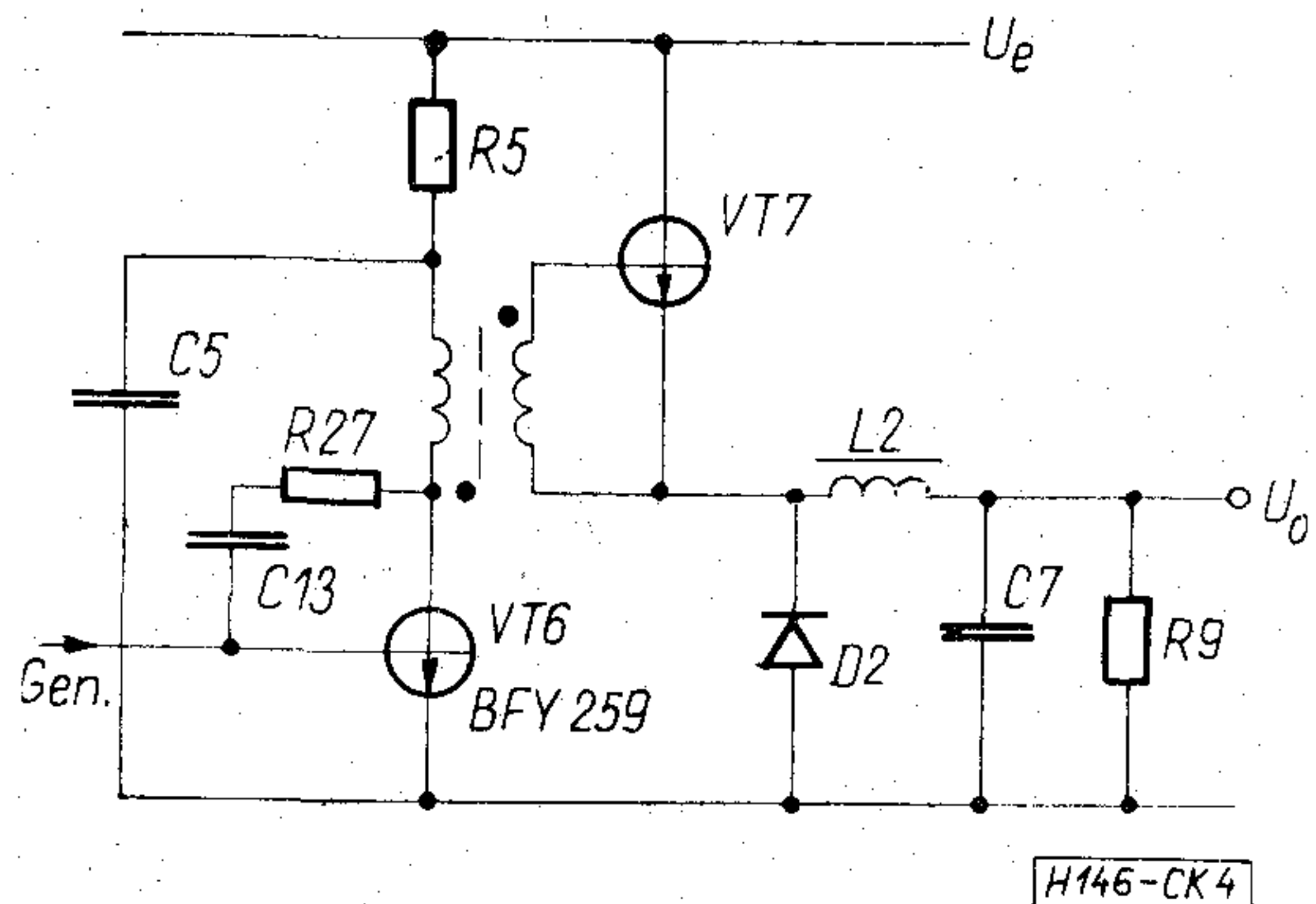
Nagyobb  $LC$  szorzathoz kisebb hullámosság tartozik. Nagyobb oszcillátor frekvenciához pedig kisebb  $LC$  értékek adódnak, ez pedig geometriailag kisebb méreteket eredményez.

### A meghajtó fokozat

Az irodalom számos helyen tárgyalta a kapcsolóüzemű feszültségstabilizátorokat. Ezeknek a kimenőfeszültsége nem haladta meg a  $60$  V-ot, és így lehetőség nyílt a szabályozó rész és a kapcsolóegység egyenáramú csatolására.

Az ezen cikkben tárgyalt stabilizátor  $340$  V-os hálózatról üzemel, és így a direkt csatolás a két említett részegység között nagyon költséges lenne, mivel sok tagból álló meghajtó tranzisztorláncot igényelne, azonkívül erősen csökkentené az alkalmazott megoldás határfokát is.

A direkt csatolás helyett jelen esetben elválasztó transzformátor segítségével oldottuk meg a csatlakoztatást. A transzformátor primer tekercse egyik végével  $6$  kohmos ellenálláson keresztül csatlakozik a stabilizálatlan hálózathoz, másik végével a BF Y 259 meghajtó tranzisztorhoz. Ez a tranzisztor kis áramú és nagyfeszültségű tranzisztor. A transzformátor szekunder tekercse a teljesítmény kapcsolótranzisztor bázisa és emittere közé kapcsolódik, amint az a 4. ábrán látható. A transzformátor úgy van bekötve, hogy a meghajtó és a meghajtott tranzisztorok ellenütemben működjenek. Amikor



4. ábra

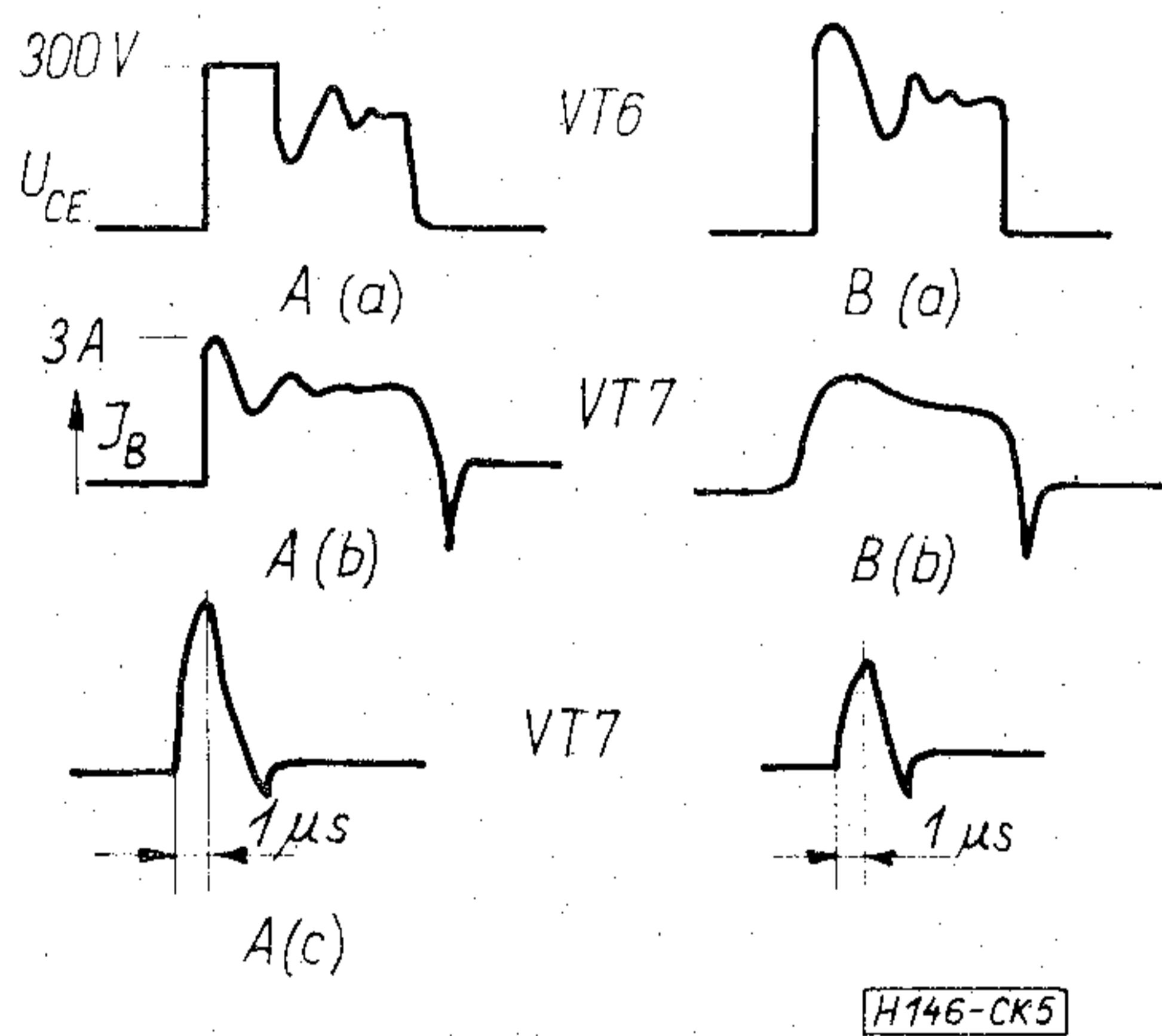
tehát a meghajtó tranzisztor vezet, a meghajtott tranzisztor le van zárva és fordítva.

A meghajtó egységet változtatható kitöltési tényezőjű négyszög-generátor vezérli. Szükséges, hogy megakadályozzuk a  $VT_6$  tranzisztor kollektorán a nagy feszültségtúllövések kialakulását, mivel a tranzisztor maximális kollektor-emitter feszültsége 300 V. Ezt két db 150 V-os zenerdióda sorba kapcsolásával érhetjük el ( $ZD_2$  és  $ZD_3$ ), mivel ezek a kollektor feszültségben keletkező 300 V-nál nagyobb túllövéseket levágják.

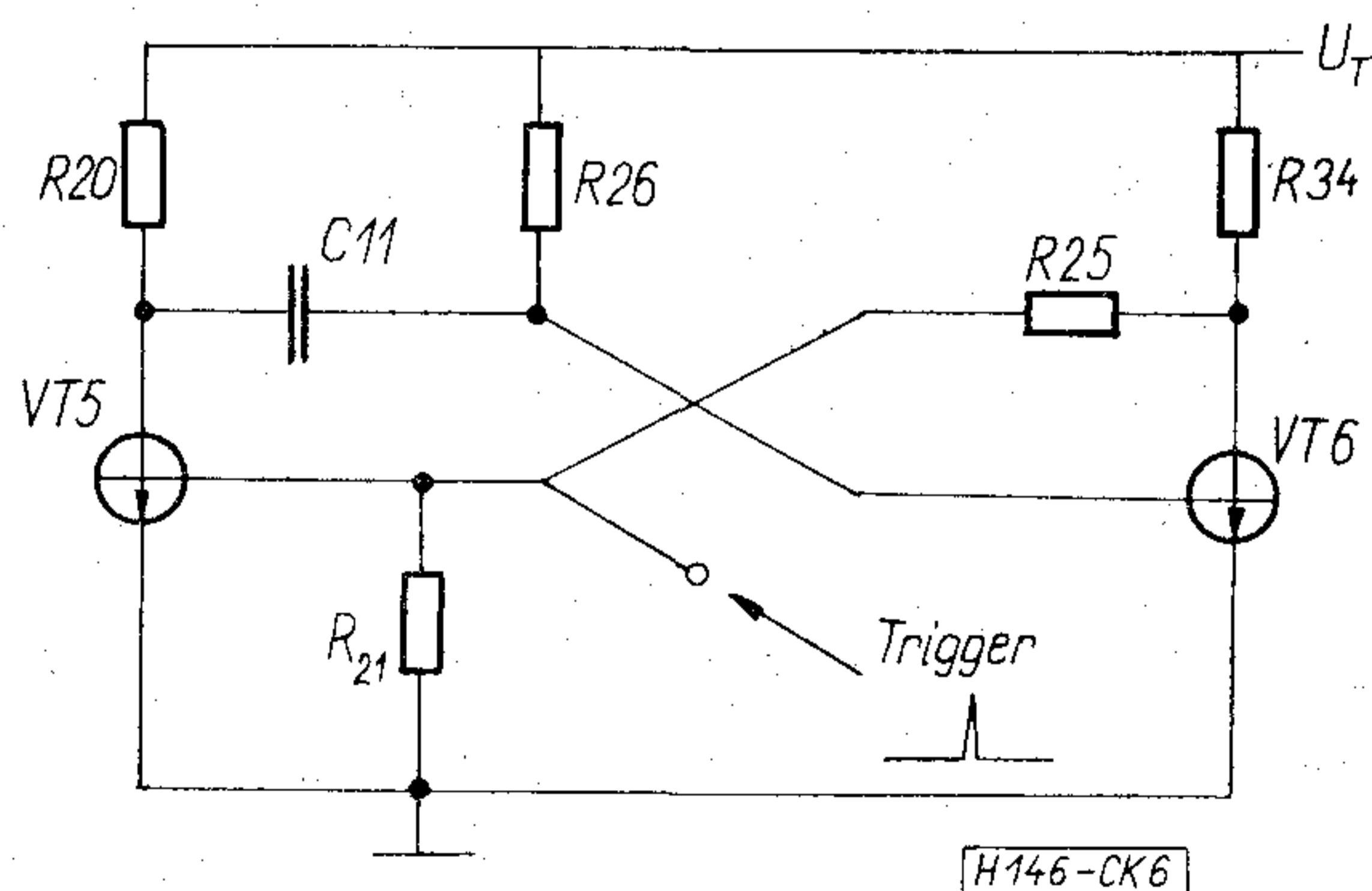
Az  $R_{27}$  és  $C_{13}$  hálózat — amely  $VT_6$  kollektora és bázisa közé csatlakozik — hivatott a kollektor feszültségben még továbbra is megmaradt hullámosságot csillapítani. Az 5. ábrán látható a kollektor hullámforma a csillapítótag beiktatása előtt (A) és után (B). Ugyanitt látható a transzformátor szekunder áramának hullámformája és a tranzisztor bázis-áramának hullámformája is. A  $C_5$  kapacitás segítségével nagyobb áramot juttatunk a meghajtott részbe. Ez a primer oldalra vonatkoztatva integrálási műveletet jelent, ami pedig a kimenő egyenfeszültség hullámosságát csökkenti.

### A változtatható kitöltési tényezőjű impulzusgenerátor

Részét képezi az előzőekben tárgyalt áramkör is. Ez az áramköri részegység biztosítja a kimeneti egyenfeszültség és az impulzusszélesség közötti szigorú arányosságot. Ezt a feladatot külső indítású speciális monostabil áramkör látja el.



5. ábra



6. ábra

A 6. ábrán látható egy hagyományos monostabil áramkör, ahol  $VT_6$  tranzisztor alaphelyzetben vezet és  $VT_5$  tranzisztor le van zárva.

A trigger-impulzus rájut a  $VT_5$  tranzisztor bázisára és azt vezetésbe viszi. Az  $R_{26}$  és  $C_{11}$  tagok határozzák meg az áramkör monostabil állapotának idejét.

$$t_{bek} \approx 0,7 \cdot R_{26} C_{11}$$

Az impulzus szélességét változtatni tudjuk  $R_{26}$  vagy  $C_{11}$  értékének változtatásával.

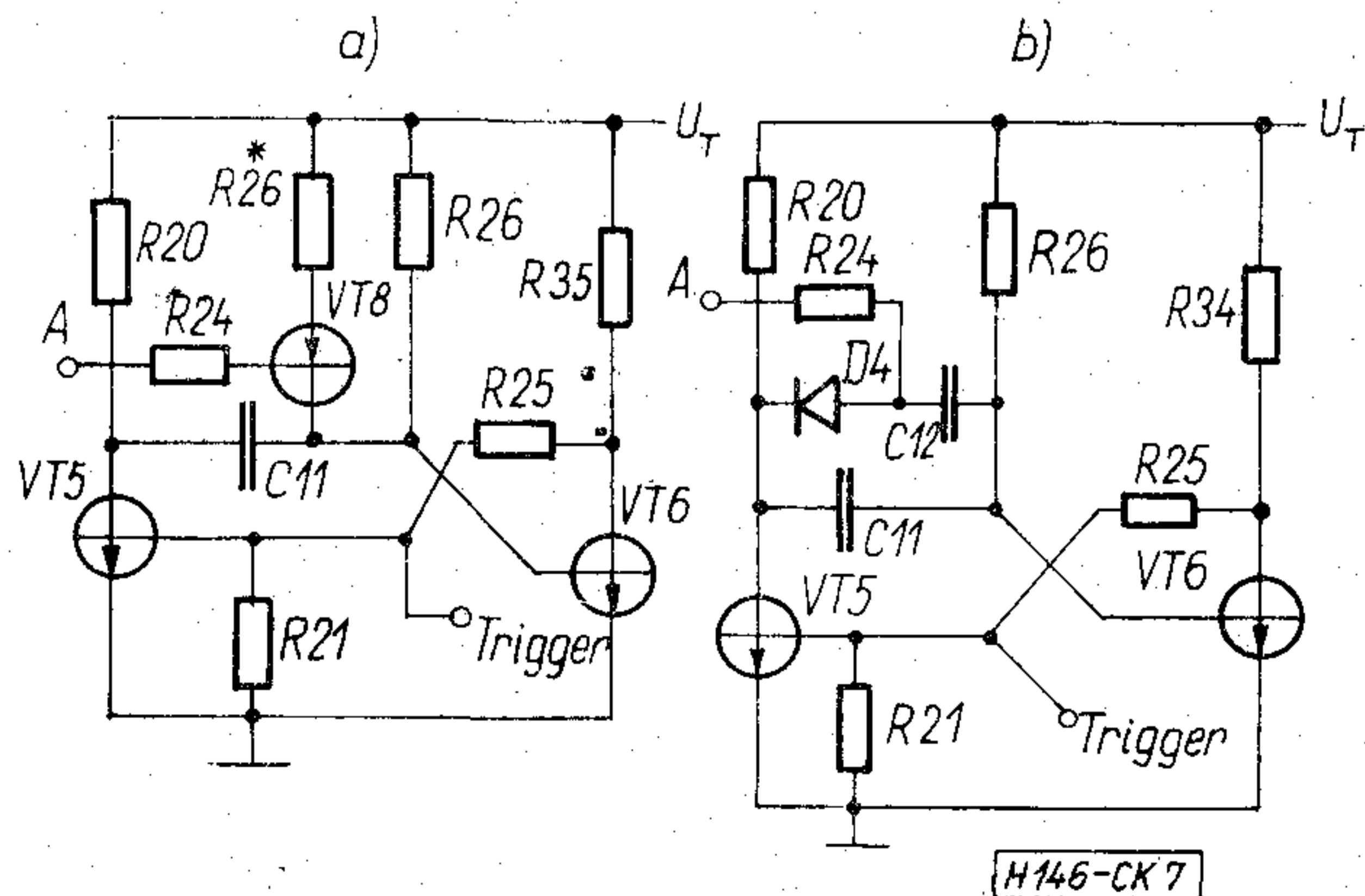
A 7. ábrán látható az impulzusszélesség változtatásának ezen két módja, ill. annak egy-egy gyakorlati megvalósítása.

A 7a ábrán látható monostabil áramkörben egy tranzisztor ( $VT_8$ ) segítségével tudjuk változtatni a kapacitás töltőáramát. Itt a tranzisztor bázisára jutó feszültség határozza meg az impulzusszélességet. Ennél a megoldásnál az időzítő kapacitás értéke a szabályozás folyamán változatlan.

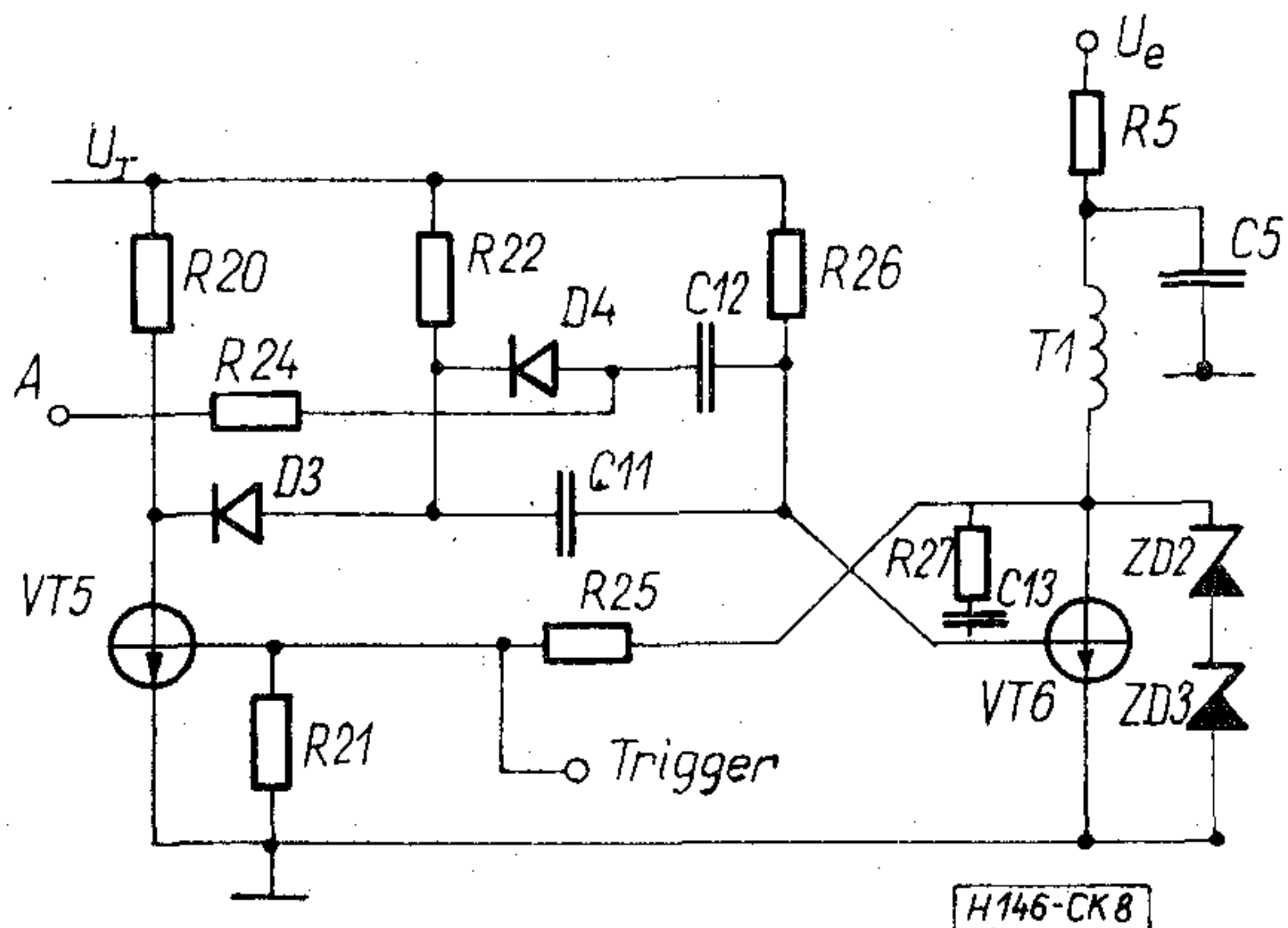
A 7b ábrán látható időállandó, ill. impulzusszélesség változtatási módszer lényege az, hogy egy változó előfeszültséggel nyitott, ill. zárt dióda ( $D_4$ ) segítségével  $C_{12}$  kiegészítő kapacitást párhuzamosan kapcsoljuk  $C_{11}$  kapacitással, és ezáltal az eredeti kisütési görbe meredekségét külső feszültséggel változtatjuk meg, aminek következménye az impulzusszélesség növekedése, ill. csökkenése.  $C_{11}$  és  $R_{26}$  határozzák meg a minimális impulzusszélességet. A kapcsolódiódát ellenálláson keresztül vezéreljük.

A szabályozó egység tápfeszültségét egyszerű zenerdiódás stabilizátor állítja elő a stabilizálatlan egyenáramú hálózatból. Ez 22 V esetén kb. 40 mA terhelést jelent az adott feladatban. A stabilizátor munkaellenállása 6 kohm. Ekkor a monostabil áramkör maximális áramfelvétele 30 mA. Ez a terhelés növelhető lenne kisebb munkaellenállás választásával, ez viszont nagyobb disszipációt okozna a zenerdiódán és munkaellenálláson. Ennek elkerülése miatt alkalmaztuk a bemutatott példán a 7b ábrán látható szabályozási megoldást.

A 8. ábrán látható a meghajtó és a monostabil áramkör.  $R_{26}$  és  $C_{11}$  értéke úgy van meghatározva, hogyha az A ponton nincs feszültség, a meghajtó impulzusszélesség minimális, és a  $VT_6$  tranzisztor kb. 1  $\mu$ s időtartamra le van zárva. A teljesítménytranzisztor lezárási ideje ennél egy kicsivel több. Az impulzusszélességet úgy tudjuk növelni, hogy



7. ábra



8. ábra

az A pontra pozitív feszültséget adunk a földhöz képest.

$D_3$  dióda és  $R_{22}$  ellenállás gyorsítja  $VT_5$  tranzisztor kikapcsolását úgy, hogy ezen periódusban  $C_{11}$  kapacitást — mint terhelést — leválasztják a tranzisztor kollektoráról.

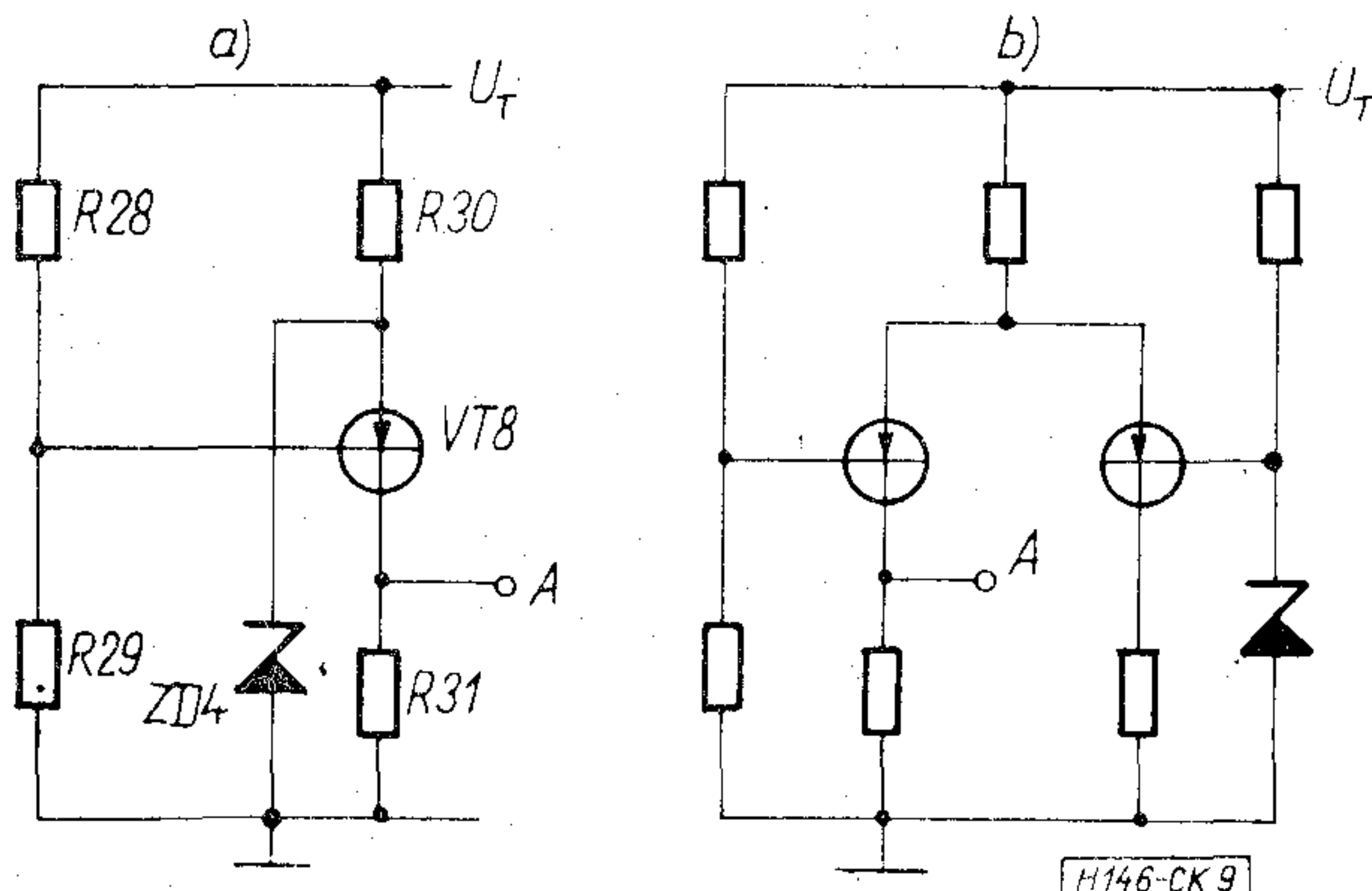
### A komparátor és az erősítő

Az erősítő összehasonlítja a kimenő feszültséget a referencia feszültséggel, a hibajelet felerősíti, és ezzel az impulzusgenerátor kitöltési tényezőjét vezérli.

A tervezésnél lényeges és elengedhetetlen a következő szempontok figyelembevétele:

A kapcsolótranzisztor és a vezérlő egységének bekapcsolási pillanatbeli állapota. A bekapcsolás pillanatában a kimenőfeszültség 0 V értékű és kívánatos lenne, hogy ilyenkor a monostabil áramkör által szolgáltatott impulzus-szélesség maximális legyen. Ez végzetes lenne az áteresztő tranzisztorra nézve, mivel ilyenkor a teljesítménytranzisztor kollektora maximális hálózati feszültségen, emittére pedig földön van és rajta a maximális impulzusszélesség miatt kb. 10 A áram folyik. A kettő szorzata — mint a tranzisztor átlag disszipációja — megengedhetetlenül nagy értéket tesz ki, jelen esetben kb. 500 W-ot. Ez az állapot fennállna néhány kezdeti periódus időtartamára, amikor is az impulzusgenerátor jel—szünet aránya kb. 1:1. Ezalatt a teljesítménytranzisztor tönkremehet. Ez úgy küszöbölhető ki, hogy a kezdeti időpillanatban a tápegység jel—szünet arányát olyan kis értéken tartjuk, amelyet csak meg tudunk valósítani monostabil áramkörünkkel. Egy gyakorlati érték kb.  $t_{bek} \approx 3 \mu s$ . Ezzel a megoldással biztosítottuk, hogy a kollektoráram az integráló aluláteresztő szűrőn keresztül csak lassan érje el névleges értékét. Nagy áramok esetén ez a bekapcsolási idő kb. 1/20-a legyen a teljes periódus időnek, s ezáltal az átlagos disszipáció nagysága kb. 1/10 része annak, ami 1:1 jel—szünet arány esetén a tranzisztoron fellép.

A 9. ábrán két használatos erősítő kapcsolás látható. A 9a ábrán látható erősítő egytranzisztoros kapcsolás, mely a kollektor feszültségével vezérli a monostabil áramkör kitöltési tényezőjét. Ha a tápegység kimenőfeszültsége 0 V (a földhöz képest), akkor az erősítő kimenőfeszültsége is 0 V. Ekkor az impulzusszéles-



9. ábra

ség értéke minimális:  $t_{bek} \approx 3 \mu s$ . Mihelyt  $U_0$  kimenőfeszültség növekedni kezd,  $U_c$  is növekszik. Az egység

erősítése:  $A = \frac{U_c}{U_0}$ , amely ennél az erősítőnél közelítőleg  $\frac{R_{28}R_{31}}{R_{30}(R_{28}+R_{29})}$ .  $U_c$  növekedése folyamatos és  $U_0$ -ig tart.

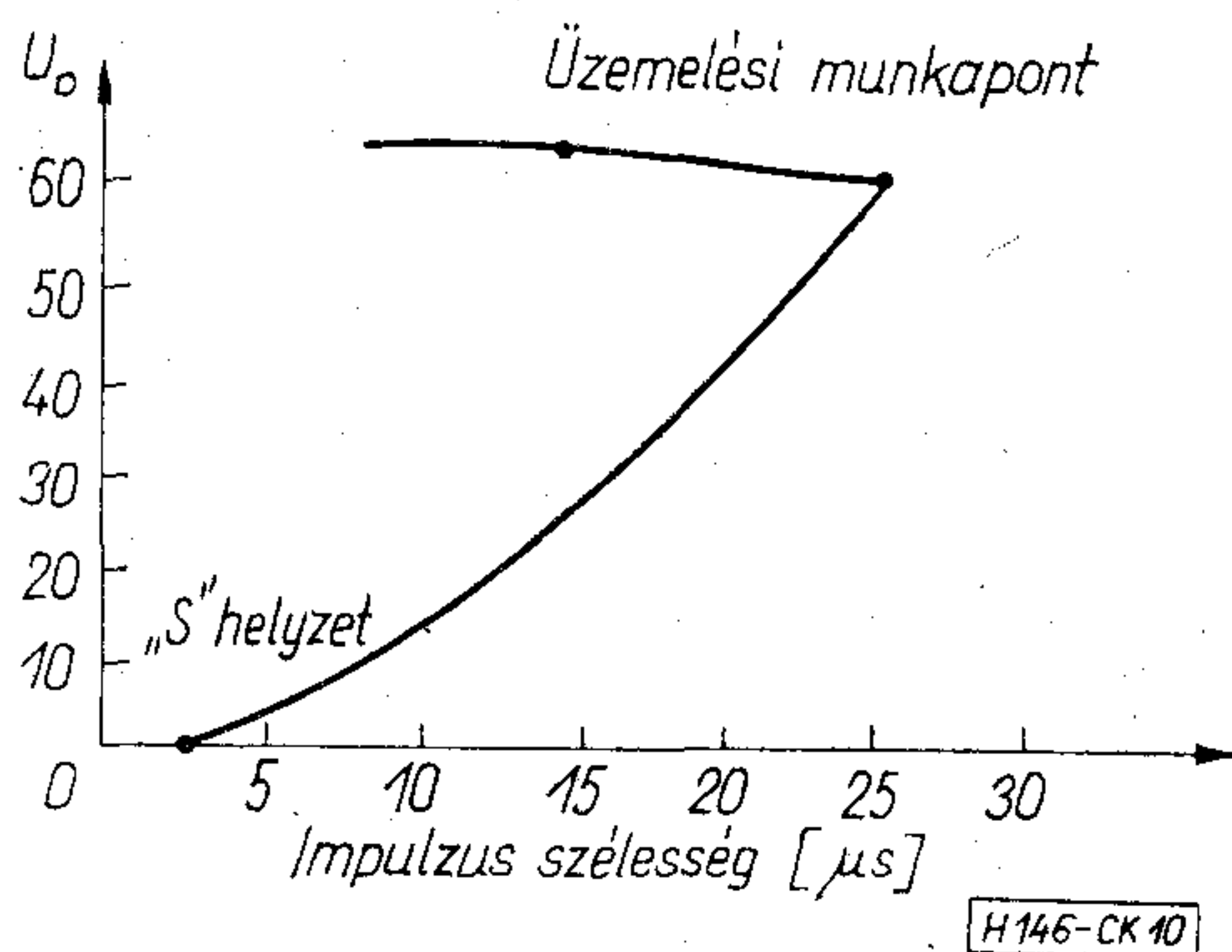
$$U_0 = (U_Z - U_{BE}) \left( \frac{R_{28} + R_{29}}{R_{29}} \right), \text{ ahol } U_Z \text{ a referencia-}$$

feszültség. Ez a helyzet akkor, amikor az emitter feszültség zenerdiódával van stabilizálva. Egy másik lehetséges megoldásban fázisfordítás történik, és itt  $U_0$  növekedése esetén  $U_c$  csökkenni fog. Ilyenkor az erősítés arányos  $h_{FE} \cdot R_{31}$ -gyel.

$$\frac{U_c}{U_0} = -h_{FE} \frac{R_{31}}{R_{28}}$$

A 10. ábrán látható az összefüggés az  $U_0$  kimenőfeszültség változása és az ehhez tartozó impulzusszélesség változás között a bekapcsolási pillanattól kezdve a stabil állapot beálltáig. Ugyanitt fel van tüntetve a működtetés munkapontja is.

Az impulzusszélesség szigorúan arányosan változik az erősítő kimenőfeszültségével. A referencia-feszültség értéke:  $U_z = 29 \text{ V}$ , és  $R_{28} = R_{29}$ . Ennek az erősítőnek hátránya van. Ha a tranzisztor lezár a szabályozás folyamán, emitterárama nem terheli  $R_{30}$  ellenállást és a hiányzó terhelő áramot most  $ZD_4$  veszi fel, amin a feszültség kissé megnő. Amennyiben nem



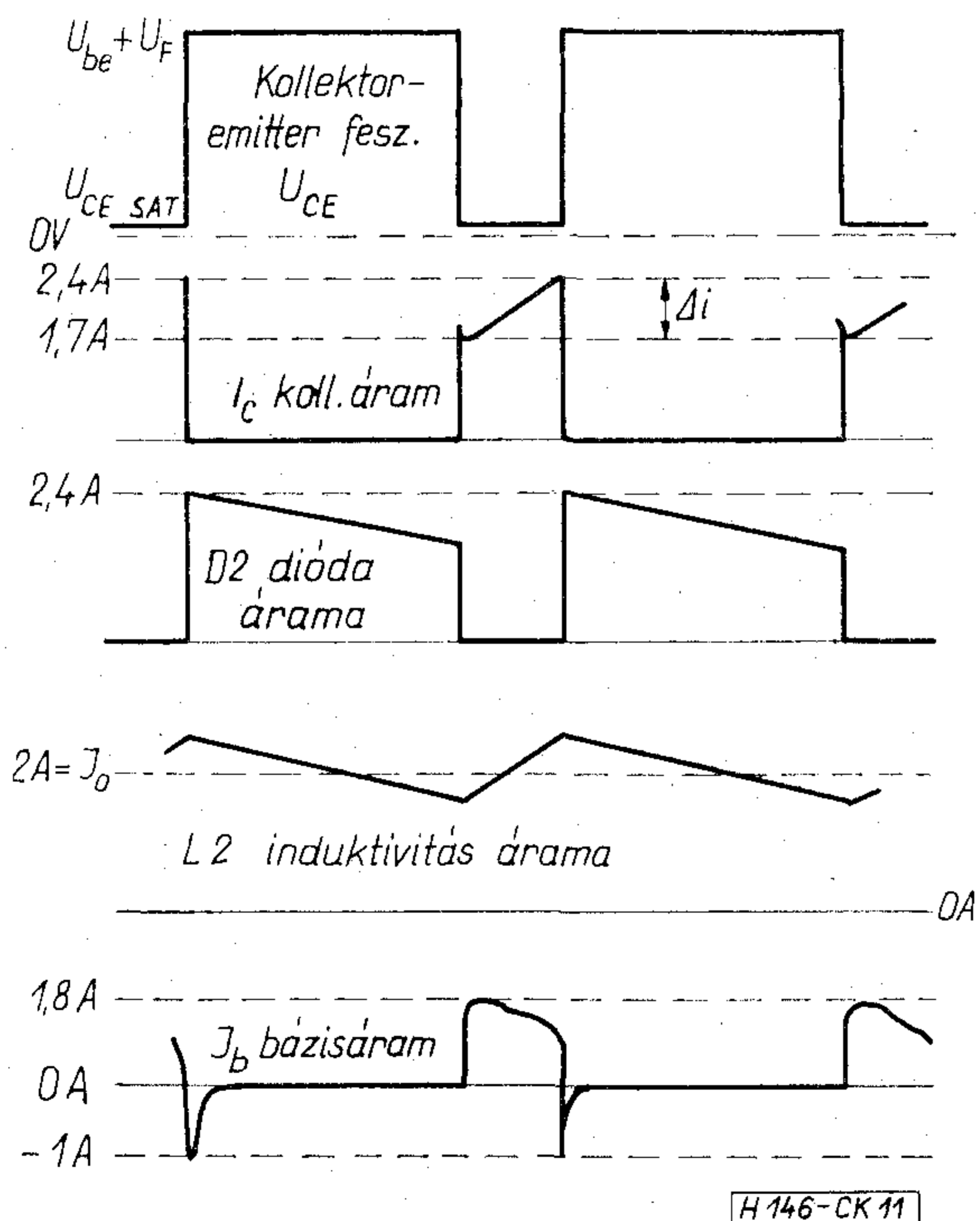
10. ábra

támasztunk túlságosan szigorú stabilitási követelményeket a tápegységgel szemben, úgy ez a megoldás kielégítő eredményt ad. De amennyiben ez a stabilitás nem elegendő, úgy célszerűbb a 9b ábra szerinti kapcsolási elrendezés alkalmazása. Ez tulajdonképpen differenciálerősítő kapcsolás és meg van az az előnye is a fentivel szemben, hogy kisebb a hőmérsékletváltozások miatt adódó instabilitása. Jelen cikkben szereplő tápegységben az előző kapcsolás van alkalmazva.

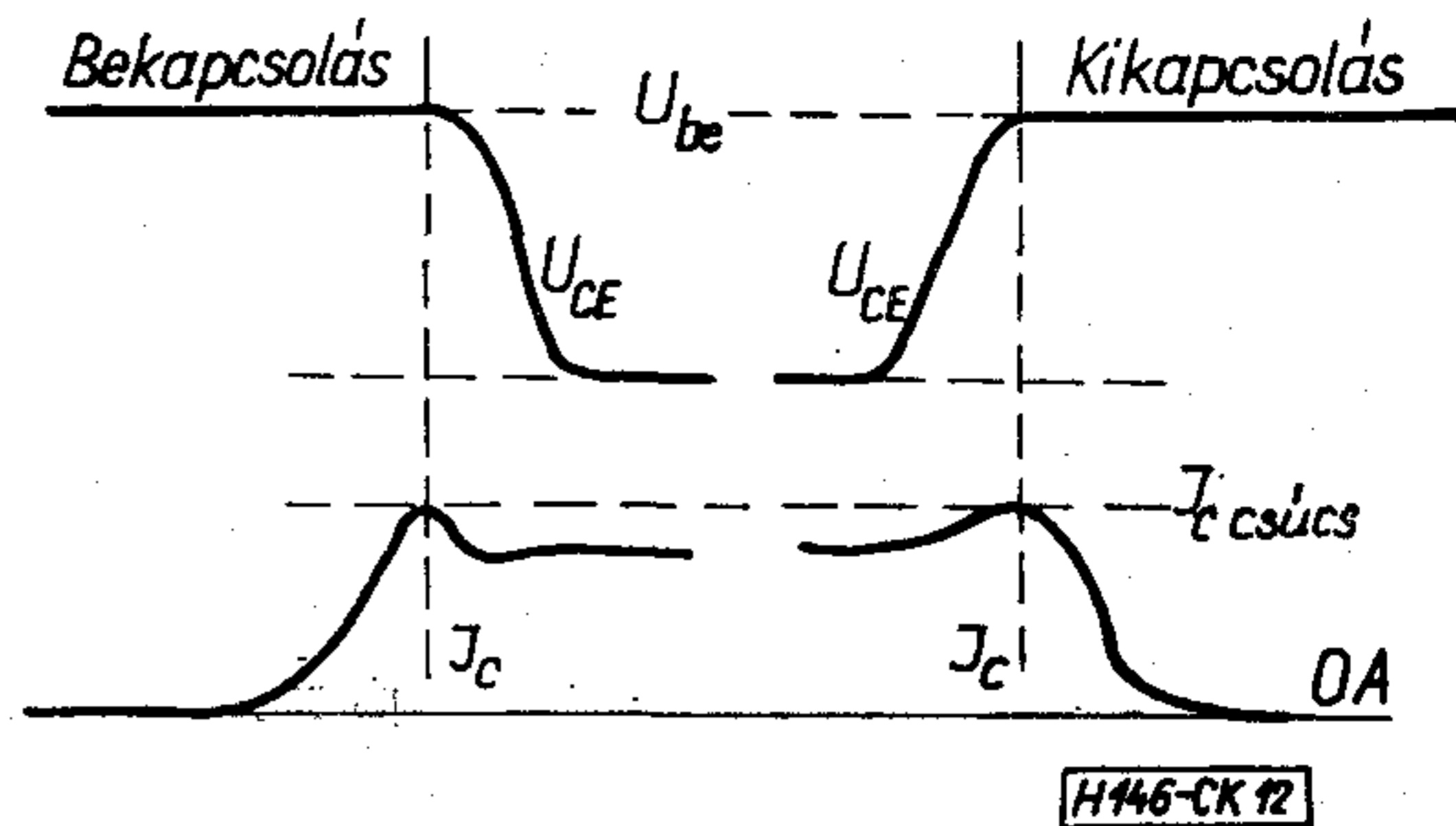
### A kapcsoló

A 60 V 2 A-es tápegységen normál üzemmódban a különböző helyeken mérhető hullámformák láthatók a 11. ábrán. Ezek között található a dióda ( $D_2$ ) és a fojtótekerces ( $L_2$ ) áramának hullámformái is. Az alkalmazott kapcsolóeszköz BUY 22 típusú tranzisztor.

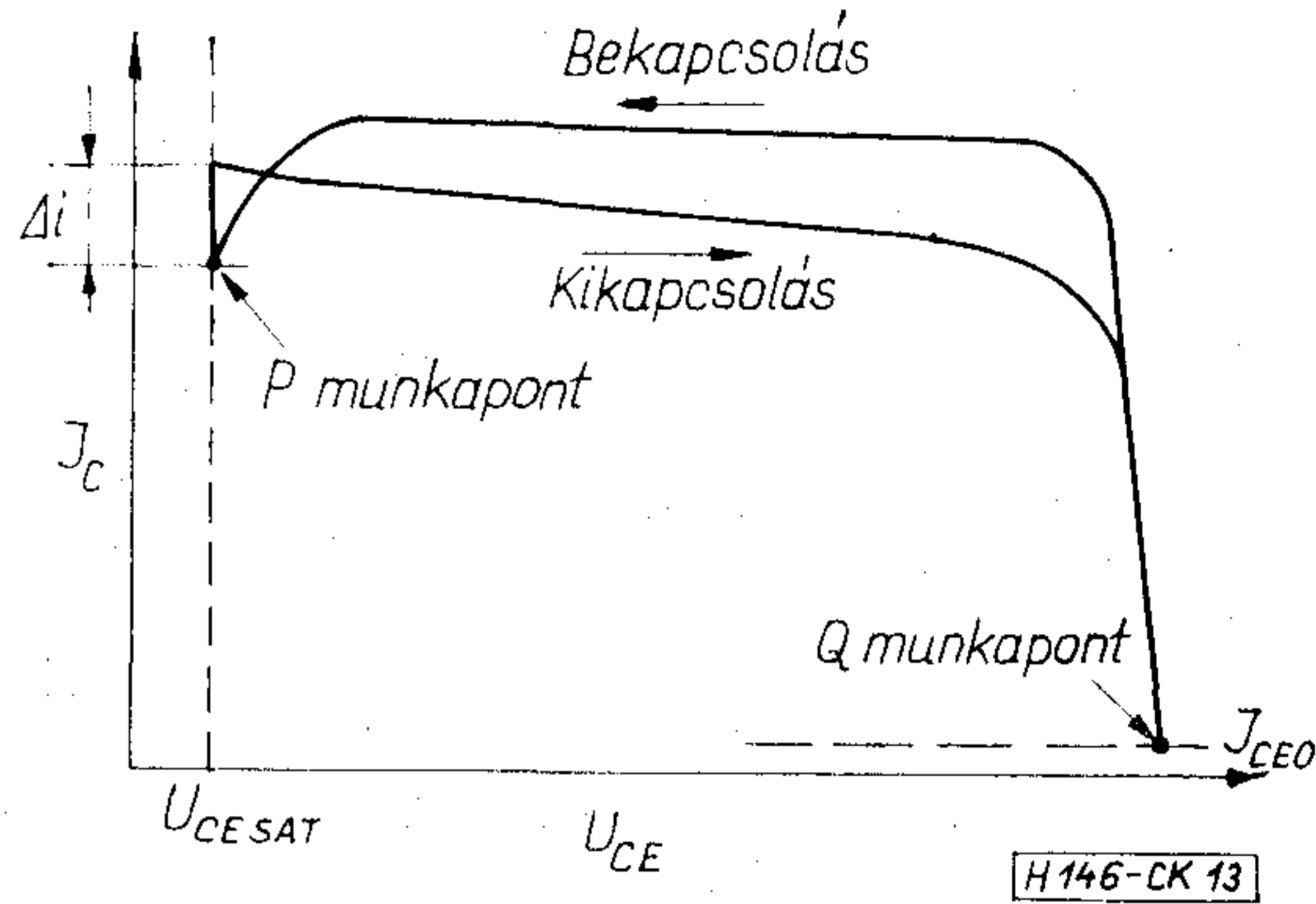
A kapcsolótranzisztor áramának és feszültségének hullámformája a 12a és 12b ábrákon látható. Az ábrából jól látható az is, hogy a tranzisztor feszültsége csak azután kezd csökkenni  $U_{CE\text{sat}}$ -ig, miután kollektorárama már elérte csúcserőértékét. Az áram felfutási idejének tipikus értéke kb. 450 ns, a feszültség jelforma felfutási idejének tipikus értéke 150 ns. Ezekből a kapcsolóeszköz effektív felfutási ideje — ami a tranzisztor disszipációja szempontjából lényeges —  $t_f = 150 + 450$  ns. Hasonló a helyzet kikapcsoláskor is, amikor is a kollektoráram csak akkor kezd csökkenni, ha a tranzisztor már teljesen le van zárva, azaz rajta a feszültség  $U_{CE\text{sat}}$ -tól teljes értékre növekedett meg. A tranzisztor lezárásának ideje alatt az induktivitás a benne tárolt energiából tartja fenn a kondenzátorba (és a terhelésbe) folyó áramot a  $D_2$  diódán keresztül. Itt figyelembe kell venni a diódán eső feszültséget is.



11. ábra



12. ábra



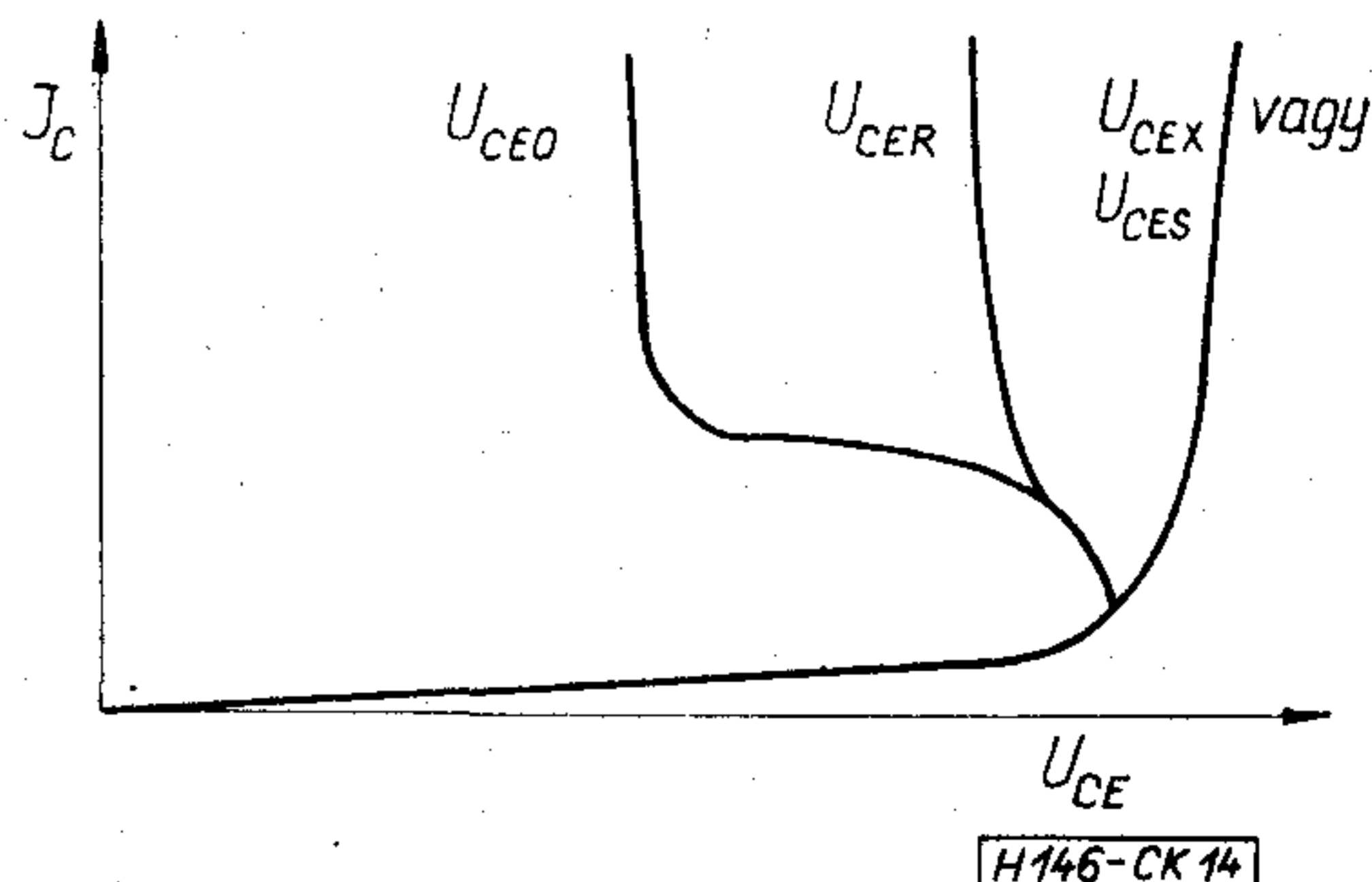
13. ábra

A tranzisztor effektív kikapcsolási ideje a feszültség hullámforma átváltási idejének (tipikus értéke 150 ns) és az áram hullámforma átváltási idejének (tipikus értéke 350 ns) összege. A be- és kikapcsolás menete a 13. ábrán látható. A bekapcsolt állapotban a kapcsolótranzisztor a P munkapontban, a lezárt állapotban a Q munkapontban tartózkodik.

### A letörési karakterisztika

Nagyfeszültségű üzemmód esetén különös gondot kell fordítani arra, hogy a tranzisztor letörési feszültségét ne lépjük túl.  $U_{CEO}$  értéke sokkal alacsonyabb, mint  $U_{CER}$ , vagy  $U_{CEX}$ , amint az a 14. ábrából is látható. Lényeges, hogy a tranzisztor sohase működhessen ebben a tartományban. Ez egyszerűen megvalósítható, ha a tranzisztor emittore és bázisa közé, valamint a tranzisztor emittoreivel sorba egy-egy megfelelő értékű ellenállást kapcsolunk. Így a tranzisztor  $U_{CER}$  mellett üzemel.

Jelen esetben ez az ellenállásérték, ami korlátozza a vezető irányú bázisáramot, 6,8 kohm, de ezt a



14. ábra

meghajtó transzformátor tervezésénél már figyelembe vettük.

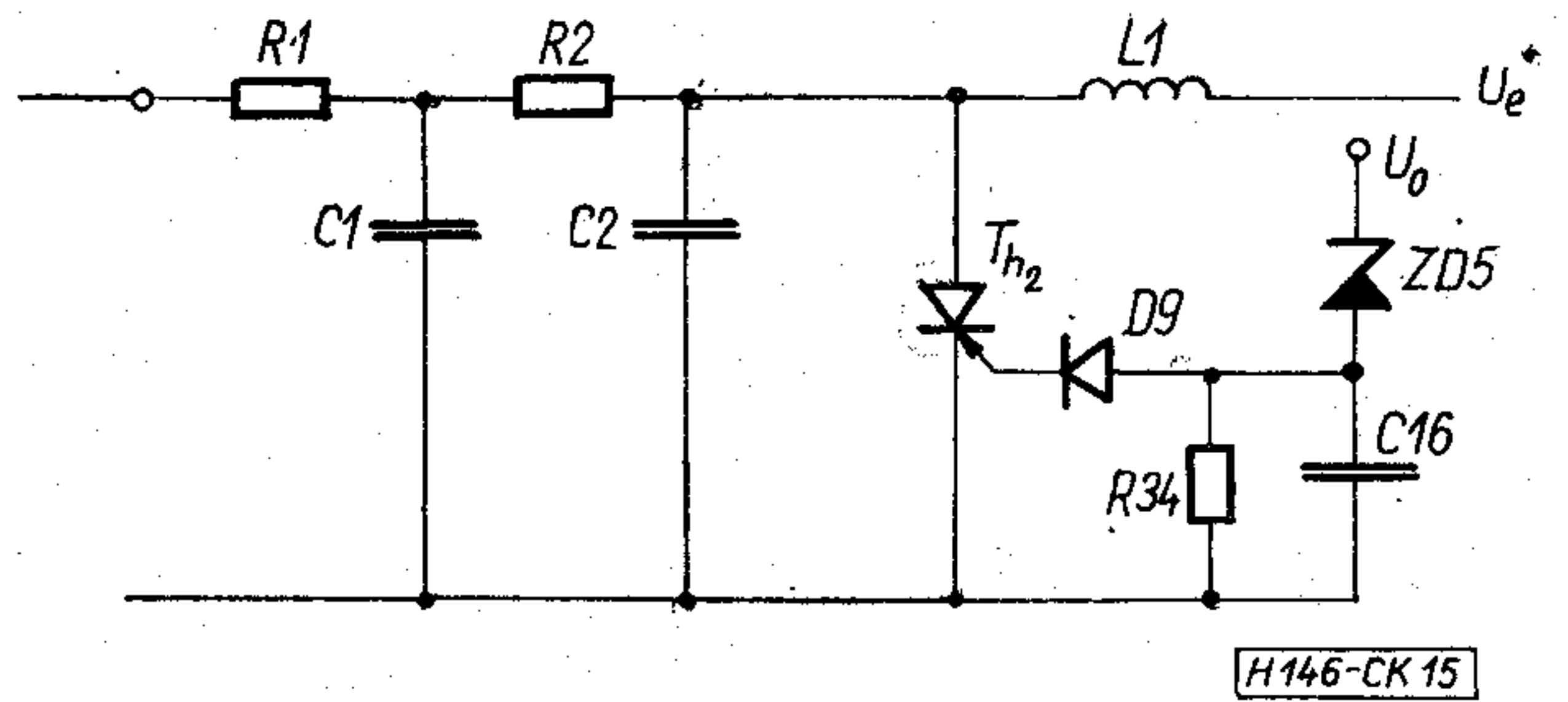
*Paraméter Kollektor-emitter letörési feszültség*

- $U_{CEO}$  nyitott bázis-emitter esetén mérve
- $U_{CER}$  a bázis és emitter közé ellenállást kapcsolunk és úgy mérjük
- $U_{CES}$  a bázis és emitter rövidre van zárva és úgy mérjük
- $U_{CEX}$  a bázis-emitter közé zárófeszültséget kapcsolunk és úgy mérjük

**A rövidzárvédelem**

A  $VT_7$  tranzisztor emitterében elhelyezett  $R_7$  jelű 0,5 ohmos áramkorlátozó ellenállás meggátolja a túlzott mértékű bázisáram-növekedést és csökkenti a tranzisztor kikapcsolási idejét, ezzel csökkentve a kapcsolótranzisztor disszipációját kikapcsoláskor. A legfontosabb előnye azonban ennek az ellenállásnak az, hogy nagy kollektoráramoknál, vagy a kimeneten bekövetkezett rövidzár esetén határolja a kollektoráramot. Ez az ellenállás-komplexum olyan potenciálviszonyokat hoz létre a tranzisztor emitter bázis körében, amely a bázisáramot csökkenteni igyekszik, ezáltal csökkenti a kollektoráramot is.

Ha a terhelőáram túllép egy megengedett maximális értéket  $Th_1$  tyrisztor begyújt, lezárja anódjával a  $VT_4$  tranzisztort és ezáltal nagyon kis kitöltési tényezőt szolgáltató helyzetbe állítja be a monostabil áramkört. Így a védő kapcsolás a 10. ábrán látható működési diagram  $S$  munkapontjába állítja be a tápegységet. Ebben a munkapontban a kollektor áram  $t_s=3 \mu s$  időtartamra  $I_s=3 A$  lehet. Ha a tápegység terhelését a normál üzemi állapotról lassan a



15. ábra

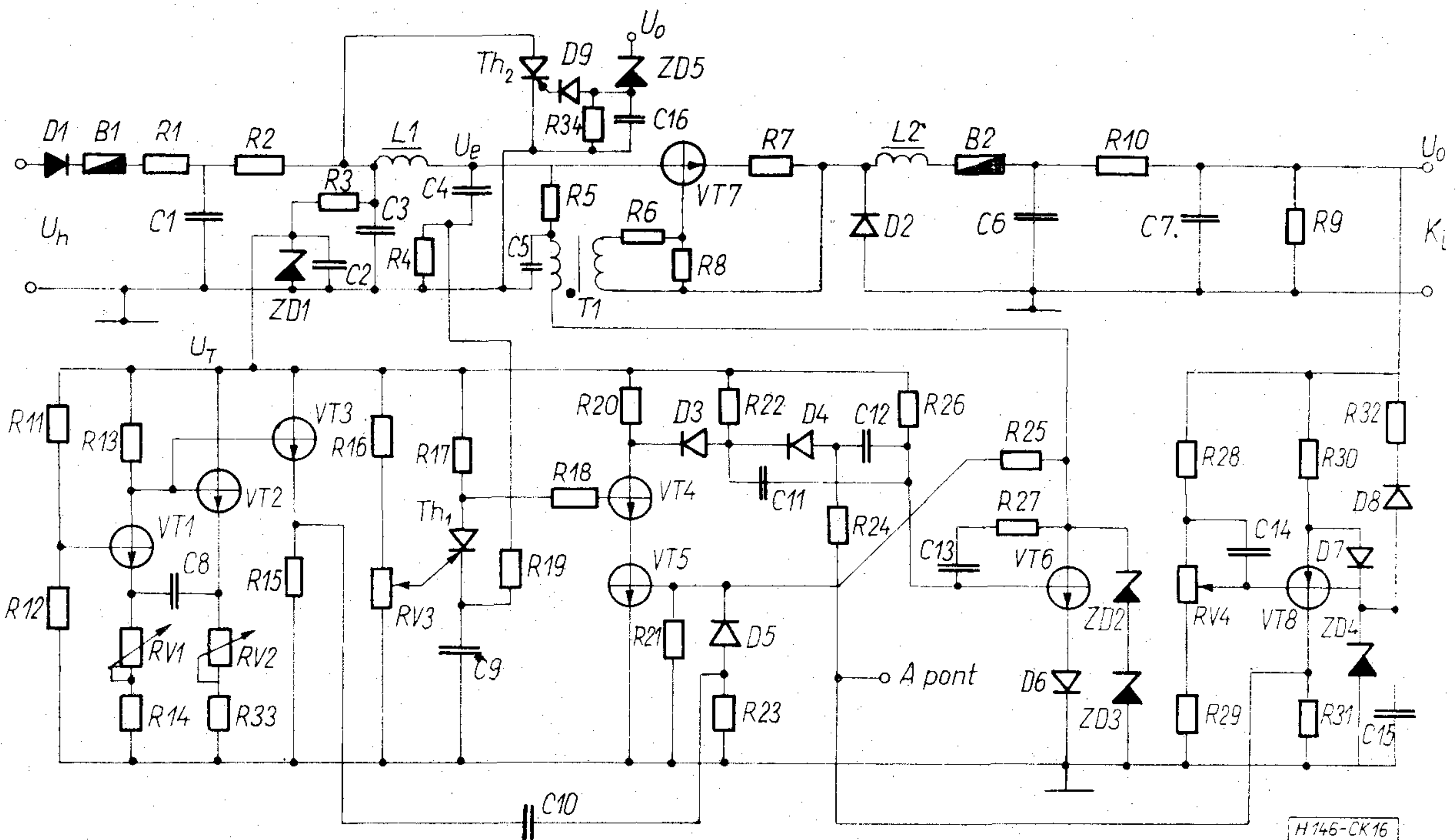
rövidzár felé növeljük, az árama nagyobb értéket vesz fel, mint az  $S$  munkapontbeli áram (visszahajló szabályozási karakterisztika).

$u_0$  értékének hirtelen és véletlenszerű növekedése (a tápegységen végzett mérés közben rövidre záródik a kapcsolótranzisztor emittere és kollektora) ellen nyújt védelmet az alábbi megoldás, amely a 15. ábrán látható.

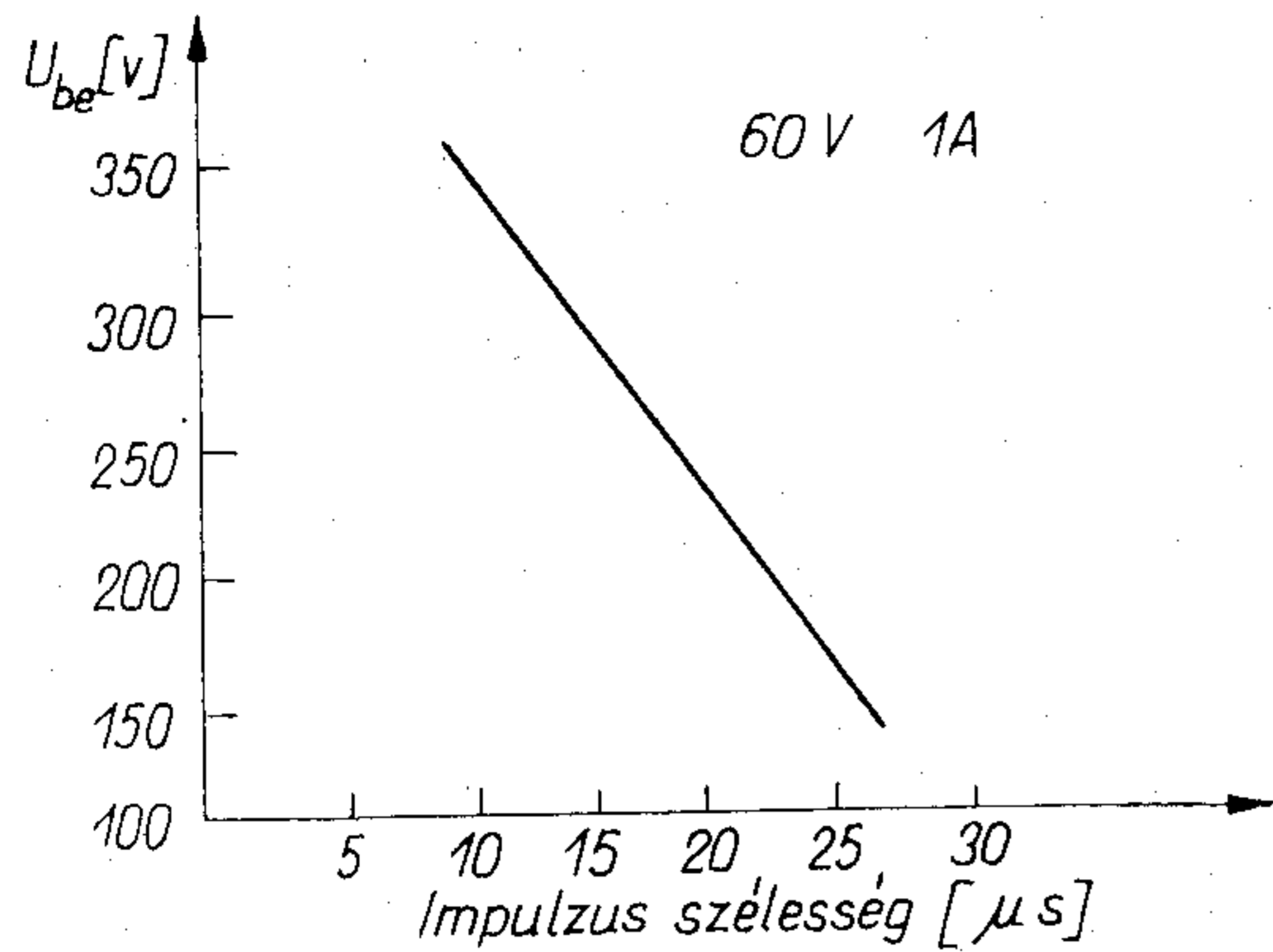
Ha  $U_0$  eléri a zenerfeszültséget ( $ZD_5$ ) a zenerdióda vezetni kezd és  $D_9$  diódán keresztül begyújtja  $Th_2$  tyrisztort, amely kiolvasztja  $B_1$  biztosítékot és így megszünteti a táplálást, megóvja a terhelést a túlfeszültség okozta tönkremeneteltől. Tartós tehelésoldali rövidzárlat ellen  $B_2$  biztosíték (2A) kiolvadása véd.

**Az áramkör kapcsolási rajza**

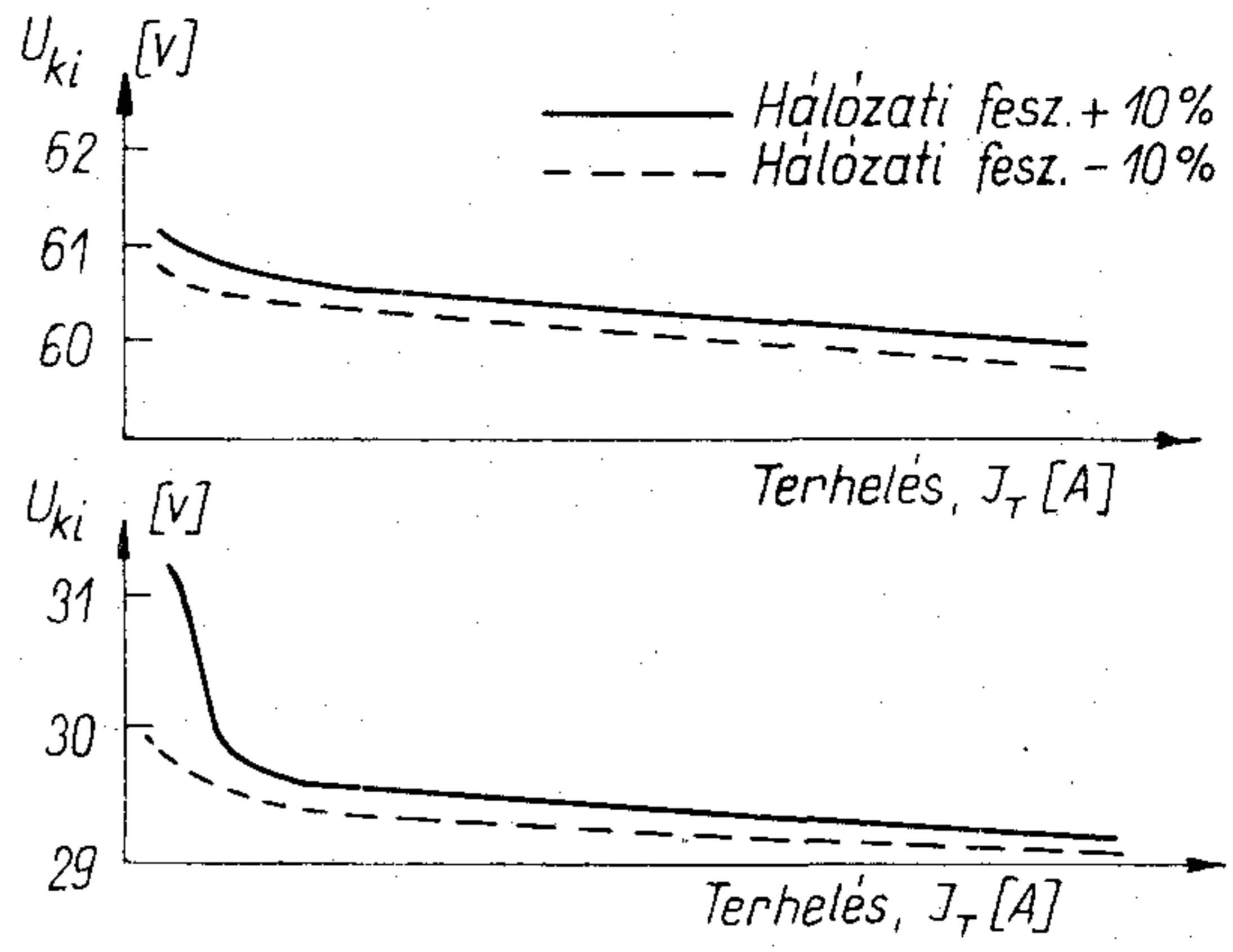
A tápegység komplett kapcsolási rajza a 16. ábrán látható. A tápegység 30 V, 60 V és 90 V-os feszültséget szolgáltat. Az alábbi táblázat tartalmazza az alkalmazott referenciafeszültségek értékeit, a beépített előterhelő ellenállásokat ( $R_9$ ) és az egyes kimenőfeszültségeket.



16. ábra



17. ábra



18. ábra

Kimenő-feszültség	$U_z$ (V)	Zenertípus	$R_9$ (ohm)
30	15	1 S 3015 A	680
60	30	1 S 3030 A	330
90	47	1 S 3047 A	1000

A 17. ábrán látható az impulzusszélesség és a bemenőfeszültség kapcsolatát ábrázoló diagram, 60 V kimenőfeszültség és 1 A terhelőáram esetén.

Az  $U_0=60$  V és 30 V közötti kimenőfeszültség tartomány beleesik a tápegység szabályozás tartományába, ha a kimenőfeszültség a terhelőáram és a hálózati feszültség értékei a megadott határokon belül változnak. (Megengedett hálózati feszültség-ingadozás  $\pm 10\%$ .)

A 18. ábrán látható a névleges hálózati feszültséghez tartozó kimenőfeszültség változás a terhelőáram változásának függvényében.

Az ábrából jól követhető, hogy kis terhelő áramoknál a szabályozás leromlik, és a stabilitás is lecsökken, a kimenőfeszültség pedig megnő. Ennek elkerülésére előterhelést alkalmaznak.

Teljes terhelés esetén  $U_0=60$  V  $I_0=2$  A  
 a 15 kHz-es hullámosság  $U_1=150$  mV  
 az 50 Hz-es hullámosság  $U_2=50$  mV.

Terheletlen állapot esetén, előterhelést alkalmazva  
 a 15 kHz-es hullámosság  $U_1=50$  mV,  
 az 50 Hz-es hullámosság  $U_2=10$  mV.

### Következtetések

A cikkben ismertetett kapcsoló üzemű tápegység a következő mért jellemzőkkel rendelkezik:

$U_0$	$I_0$
30 V	3 A
60 V	2 A
90 V	1,5 A

A megvalósított stabilitás jobb, mint 0,5%. A kimenet maximális hullámossága teljes terhelésnél:  $U < 200$  mV.

Túlterhelés elleni védelemre és véletlen rövidzár elleni védelemre biztosítékokat alkalmazunk. A tápegység egyenáramú paraméterei könnyen kiterjeszthetők magasabb, ill. alacsonyabb feszültség- vagy áramértékek felé,

Pl. 60 V mellett 5 A-t stabilizálhatunk, ha az induktivitást úgy méreteztük, hogy 5 A esetén még ne menjen telítésbe, és a meghajtó transzformátor legyen képes nagyobb bázisárammal meghajtani a kapcsolótranszisztort ( $VT_7$ ). Ha  $U_0=90$ V, a monostabil és meghajtó áramkört újra kell tervezni.

### Függelék

#### 1. A kimenőfeszültség hullámosságának meghatározása

A kimenőfeszültség hullámossága,  $\Delta U_0$ , függvénye az aluláteresztő szűrő induktivitásának és a kapacitásának.  $\Delta U_0$  értékét az alábbiak szerint lehet meghatározni:

$$U_{be} - U_0 = L \frac{di}{dt}$$

Az induktív áram változása:

$$\Delta i = (U_{be} - U_0) \frac{t}{L}$$

$$C \frac{dU_0}{dt} = (U_{be} - U_0) \frac{t}{L},$$

ahonnan

$$C \int_0^t \frac{dU_0}{dt} = (U_{be} - U_0) \frac{t}{L} dt$$

$$CdU_0 = (U_{be} - U_0) \frac{t^2}{2L}$$

$$\Delta U_0 = (U_{be} - U_0) \frac{t^2}{2LC},$$

ha az induktivitás ohmos ellenállását annak reaktív értéke mellett elhanyagoljuk. A kifejezésben szereplő  $t$  idő, a kapcsolótranszisztor ( $VT_7$ ) bekapcsolási ideje.

#### 2. A soros kapcsolótranszisztor teljesítmény disszipációjának meghatározása

A tranzisztor vezetési periódusa alatt ( $t_{bek}$ ) a teljesítmény disszipáció értéke:

$$P_1 \cong I_{cköz} U_{CESAT} \frac{t_{bek}}{T}$$

A tranzisztor kikapcsolási ( $t_{kik}$ ) idejéhez tartozó teljesítmény disszipáció:

$$P_2 \cong I_{CBO} U_{be} \frac{t_{kik}}{T}$$

A tranzisztoron a lezárt állapotból a vezető állapotba történő átváltáskor keletkező teljesítmény disszipáció értéke:

$$P_3 \cong I_{Ccsucs} U_{be} (t_1 + t_2) \frac{1}{2T}$$

ahol  $t_1$  a tranzisztoron a feszültség ugrás ideje,  
 $t_2$  a tranzisztoron az áram ugrás ideje.

A tranzisztoron a vezető állapotból a lezárt állapotba történő átváltáskor keletkező disszipáció értéke:

$$P_4 \cong I_{Ccsucs} U_{be} (t_3 + t_4) \frac{1}{2T}$$

ahol  $t_3$  a tranzisztoron a feszültség ugrás ideje,  
 $t_4$  a tranzisztoron az áram ugrás ideje.

A tranzisztor teljes disszipációja az alábbiakban megadott áram- és időértékekkel:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0,6 + 2,56 + 3,6 + 3 = 9,8 \text{ W}$$

A fenti példa adatai:  $T = 64 \mu\text{s}$   $U_{CESAT} = 1,5 \text{ V}$

$$\begin{aligned} t_{bek} &= 14 \mu\text{s} & t_3 &= 150 \text{ ns} & I_c &= 2 \text{ A} \\ t_{kik} &= 50 \mu\text{s} & t_4 &= 350 \text{ ns} & I_{c csucs} &= 2,3 \text{ A} \\ t_1 &= 150 \text{ ns} & U_{be} &= 340 \text{ V} \\ t_2 &= 450 \text{ ns} & U_{ki} &= 60 \text{ V} \end{aligned}$$

### Gyakorlati tapasztalatok

A nagy áramú tápegységen bemérés során szerzett tapasztalatok közül a legfontosabbak a következők:

A tápegység rendkívül kényes a helyes földelési rendszer megválasztására. Célszerű a földvezetékeket egyetlen pontból elágaztatni, így a nagy áramimpulzusok miatt keletkező zavarok jelentősen csökkenthetők.

A kapcsoló teljesítménytranzisztor emittere és az induktivitás, valamint az ezekhez csatlakozó dióda-vezetékek rövid és vastag huzalokból készítenők, mivel az ezen vezetékekben folyó nagy áramimpulzusok miatt ezen vezetékek erősen sugároznak.

A zavar főleg akkor keletkezik, amikor a  $VT_7$  teljesítménytranzisztor lezárt állapotból vezetési állapotba kerül, és ekkor a nyitott tranzisztor — melynek emittere ekkor az egyenáramú hálózat potenciálján van — egy még átkapcsolás alatt álló diódát ( $D_2$ ) „lát” maga előtt, amely még nem zárt le, és ezért közel „rövidzárként” viselkedik az átkapcsolás periódusának hátralevő szakaszában. Az ekkor folyó áramot  $VT_7$  tranzisztor, az  $R_7$  korlátozó ellenállás és a  $D_2$  dióda vezető irányú ellenállásai határozzák meg. Ezen átváltási idő alatti nagy áram jelentős disszipációt okoz, ami a kapcsolófrekvencia növelésével nő. Ezért lényeges a rövid átváltási idejű ( $t_{at} \approx 0,3 \div 0,4 \mu\text{s}$ ) teljesítménydióda használata.

Az  $R_7$  értékét kompromisszumosan lehet csak megválasztani, mivel ennek nagy értékűre való választása esetén a rajta keletkező disszipáció is megnő, ami viszont a hatásfokot rontja.

### Anyagjegyzék

#### Kondenzátorok

$C_1$ — 200 $\mu\text{F}$	$C_9$ — 100 nF
$C_2$ — 25 $\mu\text{F}$	$C_{10}$ — 470 pF
$C_3$ — 100 $\mu\text{F}$	$C_{11}$ — 1 nF
$C_4$ — 2,2 $\mu\text{F}$	$C_{12}$ — 0,05 $\mu\text{F}$
$C_5$ — 0,1 $\mu\text{F}$	$C_{13}$ — 1 nF
$C_6$ — 2,2 $\mu\text{F}$	$C_{14}$ — 4 $\mu\text{F}$
$C_7$ — 250 $\mu\text{F}$	$C_{15}$ — 12 $\mu\text{F}$
$C_8$ — 10 nF	$C_{16}$ — 50 $\mu\text{F}$

#### Tirisztorok

$Th_1$ — TIC 44
$Th_2$ — 2 N 1777

#### Induktivitások

$L_1$ — 1 mH
$L_2$ — 6 mH
telítési határ $I_0 \geq 3\text{A}$

#### Potencióméterek

$RV_1$ — 5 kohm
$RV_2$ — 5 kohm
$RV_3$ — 1 kohm
$RV_4$ — 1 kohm

#### Biztosítékok

$B_1$ : 2 A
$B_2$ : kívánság szerinti

#### Ellenállások

$R_1$ — 6 ohm 10 W	$R_{19}$ — 27 ohm
$R_2$ — 10 ohm 10 W	$R_{20}$ — 8,2 kohm
$R_3$ — 6 kohm 10 W	$R_{21}$ — 4,7 kohm
$R_4$ — 0,5 ohm 5 W	$R_{22}$ — 3,3 kohm
$R_5$ — 6 kohm 15 W	$R_{23}$ — 150 kohm
$R_6$ — 1 ohm 5 W	$R_{24}$ — 4,7 kohm
$R_7$ — 0,5 ohm 5 W	$R_{25}$ — 390 ohm
$R_8$ — 6,8 ohm 5 W	$R_{26}$ — 3,9 kohm
$R_{91}$ — 330 ohm (30 V)	$R_{27}$ — 12 kohm
$R_{92}$ — 680 ohm (60 V)	$R_{28}$ — 2,2 kohm
$R_{93}$ — 1 kohm 10 W (90 V)	$R_{29}$ — 2,2 kohm
$R_{10}$ — 2 ohm 5 W	$R_{30}$ — 3,3 kohm
$R_{11}$ — 2,7 kohm	$R_{31}$ — 12 kohm
$R_{12}$ — 2,7 kohm	$R_{32}$ — 27 ohm
$R_{13}$ — 1,8 kohm	$R_{33}$ — 1 kohm
$R_{14}$ — 1 kohm	$R_{34}$ — 47 ohm
$R_{15}$ — 8,2 kohm	
$R_{16}$ — 12 kohm	
$R_{17}$ — 8,2 kohm	
$R_{18}$ — 1,2 kohm	

#### Tranzisztorok

$VT_1$ — BC 182 L
$VT_2$ — BC 182 L
$VT_3$ — BC 182 L
$VT_4$ — BC 182 L
$VT_5$ — BC 182 L
$VT_6$ — BF 259
$VT_7$ — BUY 22
$VT_8$ — 2 N 3702

#### Diódák

$D_1$ — 1 N 4006
$D_2$ — 1 N 3883
$D_3$ — 1 S 44
$D_4$ — 1 S 44
$D_5$ — 1 S 44
$D_6$ — 1 S 921
$D_7$ — 1 S 44
$D_8$ — 1 S 111
$D_9$ — 1 S 44

#### Zenerdiódák

$ZD_1$ — 1 S 3022 A
$ZD_2$ — 1 S 3150 A
$ZD_3$ — 1 S 3150 A
$ZD_{41}$ — 1 S 3015 A (30 V)
$ZD_{42}$ — 1 S 3030 A (60 V)
$ZD_{43}$ — 1 S 3047 A (90 V)
$ZD_{51}$ — 1 S 3030 A (30 V)
$ZD_{52}$ — 1 S 3062 A (60 V)
$ZD_{53}$ — 1 S 3091 A (90 V)

### I R O D A L O M

- [1] K. Rupra: Switching mode power supplies. Electronic Components, 1971.
- [2] Seymour Levine: Switching power supply regulators for greater efficiency. Electronic Design 1964,



# Szimbolikus nyelvek felhasználása digitális rendszerek funkcionális és parametrikus szimulációjára\*

ETO 518.5:681.32:800.92

Valamely digitális rendszer formális nyelven történő leírásához meg kell adni (deklarálni kell) a rendszer felépítését. Ezért deklarálni kell:

a) a rendszert felépítő automatákat, ezek állapotait, az állapotok összetartozó csoportjait (szegmeneket),

b) az automatákat felépítő funkcionális egységeket (regiszterek, tárolók stb.), műveletvégző egységeket (kombinációs hálózatok, kombinációs hálózatcsoportok),

c) időzítést, késleltetést biztosító hálózatokat,

d) a rendszer bemenő és kimenő kapcsait (kapocspárok csoportját, sínrendszert).

Az előzetesen értelmezett (deklarált) egységek (automaták, funkcionális egységek stb.) be- és kimenő kapcsai (mint operandusok) között végrehajtható műveleteket kell definiálni. A műveletek határozzák meg az egységek egymásra kifejtett hatását, azok összekapcsolódását, az állapotváltozásokat stb. A műveletek értelmezése során meg kell adni, hogy

a) mik lehetnek egy művelet operandusai (kombinációs hálózat, vagy funkcionális egység, vagy automata stb. ki- és bemenetei),

b) a művelet feltételes-e, vagyis végrehajtását feltétel teljesülése előzi-e meg,

c) a művelet időzítését mi és hogyan határozza meg,

d) egyidejűleg más művelettel együtt is végrehajtható-e (párhuzamos műveletvégzés).

A deklarálható egységek típusa és száma, a végrehajtható műveletek jellege és száma az egyes nyelvekben lényegesen eltér egymástól.

A műveletek értelmezésén kívül megadandó a rendszer vezérlésének struktúrája.

A fentiek alapján szimulálható a rendszer logikai, funkcionális működése. Pontosabb leíráshoz az időviszonyokat is meg kell adni, ami az időzítések kezelését teszi szükségessé.

A nyelvekkel szemben általában eltérő követelményeket támasztunk:

1. Legyen független a rendszer fizikai felépítésétől (pl. rendszerben levő tárolók típusa, kapacitása, működési sebessége; az áramköri készlet típusa — MSI, LSI elemek stb.)

2. Legyen független a rendszer szervezésétől (időosztás, párhuzamos műveletvégzés stb.).

3. Legyen alkalmas különböző mélységű szimulációra, vagyis a rendszer bizonyos részét akár építőelem szinten szimulálja, a többi résznek csak a működés szempontjából érdekes funkcionális működését írja le.

4. Tegye lehetővé a hierarchikus leírást.

5. Legyen alkalmas parametrikus modellezésre, vagyis a funkcionális leíráson túl a rendszer működése szempontjából érdekes paraméterek (pl. időzítések) meghatározására. Ezt a tulajdonságot a modellezési nyelv teljesítőképességével jellemzik. Annál nagyobb teljesítőképességű a nyelv, minél több tulajdonságát képes leírni a modellezendő objektumnak.

6. A nyelven leírt objektum automatikus tervezésére is legyen felhasználható. Tegye lehetővé az egyéges tervezést oly módon, hogy a formális nyelven leírt programból számítógépes eljárással

6.1 meghatározható legyen a rendszer logikai struktúrája (logikai szintézis) ennek segítségével,

6.2 konstrukciós } tervezésre legyen  
6.3 technológiai } felhasználható  
6.4 üzemeltetési }

A cikkben rövid áttekintést adunk a deklarálható egységek kiválasztásáról, a megengedett műveletekről, a vezérlések struktúrájáról és a parametrikus modellezés legfontosabb kérdéséről az időzítések kezeléséről.

A legismertebb formális nyelvek felépítésének, jellemzőinek még vázlatos ismertetése is meghaladja egy cikk kereteit, ezeket több tanulmány tartalmazza. [41-ben] összefoglalóan ismertettük a DDL, LOTIS, IVERSON nyelvet és az IVERSON nyelv alkalmazási lehetőségeit. Az OSZSZ-2 formális nyelv részletes leírása 1969-ben készült el [20]. Az OSZSZ-2 nyelv alkalmazási lehetőségeit és továbbfejlesztésére vonatkozó javaslatokat [22] tartalmazza. A további nyelvekről [1—41] hivatkozásokban további irodalmi utalások találhatók. Az OSZSZ-2 nyelv egy egyszerűsített változatának (SUBSET) felépítéséről, utasításairól, konkrét megvalósításáról [21] számol be.

## I. Egységdeklarációk

### 1. Alapdeklarációk

Valamennyi formális nyelv változói (operandusai) között megtalálhatók a be-, ill. kimeneti kapcsok csoportjának (terminal), regisztereknek, tárolóknak

\* A munka a Számítástechnikai Koordinációs Intézet megbízásából készült.

Beérkezett: 1972. III. 4.

a deklarációja. Ezeket alapdeklarációknak tekint-  
hetjük. Ha ezeket az egységeket egymástól meg kí-  
vánjuk különböztetni, akkor a deklaráció típusának  
megjelölésére külön szimbólum vezetendő be (pl.  
TERMINAL, REGISTER, MEMORY). A deklará-  
ció típusa az áttekinthetőség rovására el is hagyható,  
mivel minden egységhez egyedi azonosító is rendel-  
hető.

A deklaráció típusa után helyezkedik el a dekla-  
ráció törzse. Ez adott számú egység (be-, ill. kimeneti  
csatlakozócsoport, regiszter, tároló) megadását teszi  
lehetővé. Egyszerűbb nyelvekben egy deklarációban  
egyetlen egység adható meg (pl. egyetlen regiszter).

Minden egység önmagában „ $n$ ” dimenziós lehet.  
(A nyelvek egy részében a dimenziószám egy vagy  
kettő). Az egység egyes elemeit pontosan meg kell  
határozni. A meghatározás a dimenziószámhoz tar-  
tozó index és a pozíciószám megadásával történik.  
A pozíciószám meghatározása az egyes pozíciók

- a) alsó és felső határát vagy egyszerűbb esetben
  - b) a pozíciók számát
- adja meg.

Mind a pozíciók alsó, illetve felső határát, mind a  
pozíciók számát egy másik egység (pl. regiszter) in-  
formációtartamának értékével is meghatározhatjuk,  
vagy előre megadjuk.

Az így deklarált egységekre a hivatkozás történhet:

- a) az egység egyedi azonosítójának megadásával,  
ha a teljes egységre (regiszter, tároló stb.) hivatko-  
zunk,
- b) az egység azonosítójának és pozíciószámának  
megadásával, ha az egység adott helyértékére hivat-  
kozunk.

A fentiek alapján pl., ha a dimenziószám 2, a di-  
menziószámhoz tartozó index 8, a pozíciószám 32;  
a deklaráció törzsében levő azonosítók száma 4, a  
deklaráció típusa regiszter, akkor egyetlen dekla-  
rációval 4 darab regisztercsoport deklarálható. Min-  
den regisztercsoportban 8 regiszter van, a regiszte-  
rek szóhossza 32 bit.

A hivatkozás bármely regiszterre, annak bármely  
elemére vagy a teljes egységre történhet. A művelet-  
ek egy része a teljes egységgel vagy annak előírt ré-  
szeivel végezhető.

Ha a nyelv egydimenziós egységek deklarálását  
teszi lehetővé, akkor az egységekhez egy-egy vektor  
rendelhető hozzá, és a vektor elemeinek kijelölése a  
pozíciók megadásával történik (alsó és felső határ  
vagy egyszerűbb esetben a pozíciók száma előre elfo-  
gadott pozícióhelyzet értelmezés alapján).

Az egyes deklarációkat határolók választják el  
egymástól. A deklarációkat lezáró határolók után  
megjegyzések helyezhetők el.

Az alapdeklarációkban minden nyelvben megta-  
lálható az egyesítési operátor, mely a külön-külön ér-  
telmezett egységek közös egységként történő érte-  
lmezését teszi lehetővé. (Legegyszerűbb esetben pl.  
egydimenziós egységvektor-elemek összefogása egyet-  
len vektorba.)

Az alapdeklarációkban szereplő mennyiségek ál-  
landók vagy változók lehetnek.

## 2. Kombinációs hálózatok deklarálása

Be-, ill. kimeneti csatlakozó kapcsok, vagy a há-  
lázat tetszőleges pontjai között levő kombinációs  
logikai hálózat leírása általában logikai egyenlet se-  
gítségével történik (Boole-deklaráció).

A deklaráció típusára külön szimbólum vezethető  
be (pl. BOOLE), vagy ez esetben is lehetőség van a  
típus megadásának elhagyására.

A deklaráció törzse tetszőleges vagy adott számú  
logikai egyenletet tartalmaz (egyszerűbb esetben  
csak egy-egy logikai egyenlet adható meg deklaráció-  
ként).

A logikai egyenlet változói általában az alapdekla-  
rációban szereplő változók (regiszterek, csatlakozó  
kapcsok, tárolók). A hivatkozás ennek megfelelően  
az alapdeklaráció azonosítóival történik. Ezzel el-  
kerülhető, hogy a kombinációs hálózat deklarálása-  
kor a dimenziókat külön meg kelljen adni (ez az alap-  
deklarációkban szerepel).

A logikai egyenletben előírt logikai funkció érte-  
lmezése összetartozó helyértékeként történik.

Így, ha az alapdeklarációban szereplő változók  
dimenziója 1, a deklaráció törzsében levő azonosítók  
száma 4, a pozíciószám 32, 4 egyenlettel  $4 \times 32$  logi-  
kai egyenlet (hálózat) írható le.

A logikai hálózat kimenete és bemenete oly módon  
különböztethető meg, hogy a logikai egyenlet egyik  
oldalához (pl. bal oldalához) rendelhető a kimenet.

A Boole-deklaráció segítségével értékadás végez-  
hető, ha a logikai egyenlet kimenetéhez tartozó oldal  
megegyezik az adott változóval. Hasonlóan lehet az  
átvitelt, a különböző típusú feltételes (kapuzott) át-  
vitelt is felírni szimbolikusan.

A kombinációs hálózat kimenetére történő hivat-  
kozás a logikai egyenlet kimenetéhez tartozó válto-  
zóval történik.

Gyakran előfordul, hogy ugyanazt a kombinációs  
logikai áramkört különböző időpontban más és más  
változók (regiszterek, csatlakozó pontok stb.) ve-  
szik igénybe. Ily módon ez időosztásos üzemben is  
igénybe vehető. Ekkor a logikai hálózat deklarálásá-  
ban is utalni kell erre a lehetőségre. A deklaráció  
típusa tehát eltér az egyszerű Boole-deklarációtól  
(pl. OPERATOR) és a deklaráció törzsében elhe-  
lyezendő az azonosítók, melyek értékét egy  
következő kifejezés határozza meg. Egy deklarációban,  
ebben az esetben is tetszőleges vagy adott számú  
időosztással igénybe vehető hálózat írható le. A dekla-  
ráció törzse logikai egyenlet. Az utasítások sorrend-  
je határozza meg azt, hogy a kombinációs hálózat  
mikor milyen kapcsolárokhoz csatlakozik.

## 3. Jélekletetés, órajelek deklarálása

A deklaráció típusa (pl. DELAY) után a deklaráció  
törzse adott számú egyedi azonosítóval megkülönböz-  
tetett késleltető elemet tartalmaz, mindegyikhez  
tetszőleges, előre megadott értékű vagy változóval  
beállítható késleltetési idő rendelhető.

A késleltető elemre történő hivatkozás az egyedi  
azonosítók megadásával történik.

A késleltető elemhez hasonló módon deklarálhatók  
a rendszerben lévő periodikus órajelet adó óragene-

rátorok. Az óragenerátorokban szereplő idő a periódusidő lehet. Az órajelek kezdő fázisára a nyelvek általában nem tartalmazzak előírást.

Az óragenerátorokra történő hivatkozás a generátorok egyedi azonosítóinak megadásával történhet.

#### 4. Funkcionális egység deklarálása

Önálló funkció realizálására szolgáló egységekre, a funkció belső szerkezetének részletes megadása nélkül, mint egyetlen önálló elemre gyakran kell hivatkozni. Ilyen funkcionális egységként bármely elem deklarálható, ha azt a fordítóprogram értelmezni tudja.

A legtöbb nyelv lehetővé teszi az operatív tárra történő hivatkozást az üzemmód, vezérlőjelek, címregiszter, tartalomregiszter, beirandó, ill. kiolvasandó szavak (byte-ok) száma stb. megadásával.

A deklaráció típusa fejezi ki azt, hogy önálló funkcionális egységről van szó, törzse tartalmazza az egység(ek) egyedi azonosítóit a bemenő-kimenő változók, vezérlőjelek megadásával.

Önálló funkcionális egység lehet a dekódoló, kódoló, vektorból mátrix, mátrixból vektor generálására szolgáló egység stb.

#### 5. Véges automata deklaráció

Az önálló vezérlő- és funkcionális egységekkel rendelkező logikai hálózatok véges automatáként deklarálhatók. A deklaráció típusa (pl. AUTOMATION) fejezi ki, hogy önálló automata deklarációjáról van szó. Törzse tartalmazza a benne szereplő funkcionális egységeket, az automata állapotait stb.

#### 6. Rendszerdeklaráció

A rendszerdeklaráció véges automatákból, esetleg önálló funkcionális egységből (egységekből) álló logikai hálózat deklarálására szolgál. A deklaráció típusa (pl. SYSTEM) fejezi ki, hogy a deklaráció rendszerre vonatkozik, törzse tartalmazza a benne levő véges automaták, funkcionális egységek azonosítóit.

Az általában deklarálható egységeket és megadásukhoz szükséges legfontosabb jellemzőket összefoglalásként az 1. táblázat tartalmazza.

## II. Állapotdeklaráció

A rendszer állapotát az állapotregiszter(ek) tartalma határozza általában meg (ez lehet pl. az utasításregiszter). Ezért célszerű az állapotazonosító bevezetése.

A rendszer előírt állapotba hozható az állapotregiszter megfelelő belállításával. Az állapotok egy meghatározott csoportja állapotszegmensbe foglalható össze.

Az állapotdeklaráció során a típus jelzi, hogy egy rendszer állapotainak megadásáról van szó, a deklaráció törzse tartalmazza az értelmezett állapotok azonosítóit (állapotlista).

Az állapotok közötti átmenetet pl. az állapotregiszter vezérelheti. Az állapotok, állapotcsoportok közötti átmenetek, visszatérések, várakozásos helyzetek stb. előírására önálló szimbólumok vezetendők be. Néhány jellegzetes állapotot a 2. táblázat tartalmaz.

1. táblázat

Deklarálható egységek

Egység	Megadás módja
Regiszter Csatlakozó kapcsok Tároló	Alapdeklaráció Megadandó: dimenzió, index pozíció hossz
Kombinációs hálózat Értékkadás Átvitel (kapuzott adatátvitel)	Adott kapocspárok között állandó összeköttetés lehet, vagy időosztással tetszőleges kapocspárokhoz csatlakozhat Megadandó: Boole-egyenlet
Jelkésleltetés Periodikus órajelek	Idődeklaráció Megadandó adat: idő
Funkcionális egység	Funkcionális egység típusának, kimenő-bemenő kapcsoknak, vezérlőjeleknek stb. felsorolásával
Véges automata	A benne szereplő funkcionális egységeknek, az automata állapotainak stb. megadásával
Rendszer	A rendszert megvalósító automaták és funkcionális egységek megadásával

2. táblázat

Rendszer állapot

Állapot	Megadás módja
Előírt	Az állapot regiszter tartalmával
Várakozásos	Adott feltétel teljesüléséig az adott állapot, ezután előírt állapot megadásával
Adott állapot csoporthoz tartozó	Állapot szegmens

3. táblázat

Speciális jelsorozatok

Név	Értelmezés
Egységvektor	Az adott szóhosszú vektor valamennyi eleme 1
Null vektor	A vektor valamennyi eleme 0
Prefix vektor ( $j, n$ )	A balról számított első $j$ elem 1, a többi 0 (Szóhossz: $n$ )
Suffix vektor ( $j, n$ )	A jobbról számított első $j$ elem 1, a többi 0 (Szóhossz: $n$ )
Intervallum vektor ( $j, n$ )	A vektor a következő számokból álló jelsorozatot állítja elő: $j, j+1, \dots, (j+n-1)$
Előírt jelsorozat	Az előírt pozíciószámokon (számokon) 1 van, a többi elem 0

Az állapotregiszter lehet az operatív tároló egy része is.

### III. Jelsorozatok deklarálása

Rendszerszimuláció fontos eszköze a különböző bináris, decimális jelsorozatok előzetes deklarálása. Több nyelvben csak egydimenziós jelsorozatokot deklarálnak speciális vektorokként (3. táblázat).

A jelsorozat elemei lehetnek:

- a) előírt determinisztikus értékek,
- b) statisztikusan változó előírt hosszúságú véletlen számok.

### IV. Megengedett műveletek

A deklarált egységek bemenő és kimenő kapcsolai — mint operandusok — között általában előírt prioritással értelmezett műveletek végezhetőek el. A műveleteket az egyszerűbb szóhasználat érdekében operátorokkal írjuk elő. A nyelvek általában az alábbi operátorokat vezetik be:

1. Aritmetikai operátorok (aritmetikai jellegű műveletek elvégzésére).
2. Relációkat kiértékelő operátorok.
3. Logikai operátorok (logikai műveletek kifejezésére).
4. Redukciós operátorok (egy egység valamennyi elemével végzett aritmetikai reláció, logikai művelet kifejezésére).
5. Bázisérték képző operátorok (pl. regiszterben levő jelsorozathoz egy adott módon értelmezett szám vagy fordítottjának előállítására).

6a) Regiszteroperációk (léptetés, számlálás, átvitel, maszkolás stb.)

b) Állapotregiszterre vonatkozó operátorok, más szóval vezérlésátadó operátorok.

7. Egyéb speciális operátorok (pl. aktiválás, összekötés stb.).

A műveletek határozzák meg, hogy valamely egység mikor, milyen feltétel mellett, milyen hatást gyakorol egy vagy több másik egységre.

Legtöbb nyelv különböző módon ugyan, de bevezeti a feltételes műveleteket, így:

1. ha a művelet végrehajtását egy feltétel előzi meg, akkor a

a) feltétel teljesülésekor egyik, nem teljesülésekor másik műveletet (vagy műveletcsoportot) végzi el,

b) feltétel teljesülésekor előírt műveletet (művelet csoportot) végez, nem teljesülésekor nem történik műveletvégzés stb.

2. ha a művelet végrehajtását „k” bites feltétel előzi meg, és  $2^k$  számú művelet végezhető, akkor a feltétel minden kombinációjához egy-egy művelet rendelhető stb.

Az egyidejűleg végzett műveletek szimulálása jelenti az egyik legnagyobb nehézséget. Legegyszerűbb esetben a nyelv egyszerűen lehetőséget ad egy műveletcsoport deklarálására. A műveletcsoport deklaráció-

jának egyik oldalán a csoportra utaló művelettípusjel szerepel, másik oldalán az egyidejűleg végrehajtandó műveletek azonosítói. Ebben az esetben a fordító (esetleg értelmező) program maga gondoskodik az egyidejű műveletvégzésről. Ha erre a nyelv más lehetőséget nem ad, a műveletek (utasítások) megfelelő vezérléséről a programírónak magának kell gondoskodnia.

#### 1. Aritmetikai operátorok

Az operátorok vonatkozhatnak:

a) skalárra és egyetlen operandusra (abszolút érték előállítás, előjel előállítás, egész-rész előállítás stb.),

b) skalárra és két operandusra (összeadás, kivonás, szorzás, osztás, két mennyiség közül a kisebb vagy nagyobb kiválasztása, az egyik skalár reziduuma másik skalár által megadott moduló szerint stb.),

c) egyetlen vektorra, ha az aritmetikai műveleteket a vektor komponensei között kell elvégezni (összeadás, szorzás, a vektor elemekből a legkisebb, legnagyobb kiválasztása stb.),

d) értelmezhető két vektor között (két vektor összeadása, kivonása, szorzása, osztása stb.) mégpedig helyértékenként, vagy a vektorok jelsorozatához hozzárendelt számokkal,

e) mátrixok között,

f) vegyes műveletek definiálhatók skalár-vektor, skalár-mátrix, vektor-mátrix stb. között.

Az aritmetikai operátorok értelmezhetőek skalár, vektor, mátrix: konstansokra, illetve változókra,

A skalár, vektor, mátrix elemek bináris, oktális, decimális, hexadecimális stb. számrendszerben értelmezhetőek.

#### 2. Reláció operátorai

A relációk operátorai ( $<$ ,  $\leq$ ,  $=$ ,  $\geq$ ,  $>$ ,  $\neq$ ) értelmezhetőek:

a) aritmetikai értelemben. Ebben az esetben két skalár konstans vagy skalár változó között értelmezzük. Általában vezérlésátadásra használható. Ha a relációban előírt feltétel teljesül, akkor nem a következő utasítás hajtódik végre, hanem vezérlésátadás történik,

b) logikai értelemben, ekkor a feltétel teljesülése logikai igaz értéket állít elő. Alkalmazható két skalár konstans vagy változó között, vagy két vektor között, ekkor a művelet eredménye szintén vektor és a művelet vektor elemenként végzendő el.

#### 3. Logikai operátorok

A nyelvek a megengedett logikai operátorokban különböznek egymástól. Szokásos logikai műveletek: TAGADÁS, ÉS, VAGY, NEMÉS, NEMVAGY, ANTIVALENCIA, EKVIVALENCIA stb. A műveleteket vektorok esetében helyértékenként kell értelmezni.

#### 4. Redukciós operátorok

A 4. táblázatban felsorolt leggyakoribb redukciós operátorokon kívül a redukciós operátor alkalmazható:

4. táblázat

Redukciós operátorok

Művelet	Értelmezés
Aritmetikai művelet vektorra vonatkoztatva	Az aritmetikai művelet ismételt végrehajtása a vektor elemek között
Logikai művelet vektorra vonatkoztatva	A logikai művelet ismételt végrehajtása a vektor elemei között
Speciális művelet (pl. nagyobb vagy egyenlő egész) vektorra vonatkoztatva	A művelet végrehajtása a vektor elemei között (pl. legnagyobb elem egész részének előállítása)
Mátrix sorának redukciója	Az előírt aritmetikai, logikai stb. művelet alkalmazása
Mátrix oszlopának redukciója	

5. táblázat

Regiszter operációk

Művelet	Értelmezés
Léptetés (jobbra vagy balra) előírt helyértékkel	Logikai vagy aritmetikai értelemben
Ciklikus léptetés (jobbra vagy balra) előírt helyértékkel	A regiszter tartalmának ciklikus forgatása jobbra vagy balra
Számlálás (előre vagy hátra) előírt értékkel	A regiszter tartalmának növelése vagy csökkentése
Átvitel	A regiszterbe egy vektor által meghatározott jelsorozat irandó
Átvitel az állapot regiszterbe	Állapot regiszter tartalmának megváltoztatása
Maszkolás	Két vektorból egy bináris jelsorozat segítségével előírt módon egy új vektor előállítása
Egyesítés	Két regiszter egymás mellé helyezése
Leválasztás	Regiszter egy részének leválasztása speciális jelsorozat és redukciós operátor segítségével
Expanzió	Egy vektor, valamely bináris jelsorozat segítségével egy másik vektor adott elemének helyére írható
Feltételes operációk (pl. átvitel)	Egy vagy több — egybites — feltételtől függően a művelet különbözőképpen hajtódik végre (pl. különböző pozíciókba íródik az információ, vagy különböző információ íródik adott helyértékekre stb.)
Időosztásos adat-transzfer (pl. sínrendszer)	A rendszer adatútjainak (sínrendszernek) időosztásos használata

a) vektor és mátrix között. Ebben az esetben a vektor bináris jelsorozatot tartalmaz általában, és alkalmazható a mátrix sorára, illetve oszlopára,

b) két mátrix között.

Pontosan értelmezendő, hogy milyen operátorok állhatnak a kompressziós operátorok előtt.

#### 5. Bázisérték-képző operátorok

A bázisérték-képző operátorok egy vektor (vagy mátrix sorának, ill. oszlopának) elemeit adott számrendszerben értelmezett számjegyeknek tekintik és ezekből általában fixvesszős számot állítanak elő, vagy e művelet fordítottját végzik el. Minden nyelv közös tulajdonsága, hogy bármely vektorhoz egy operátorral érték (szám), minden számhoz pedig vektor rendelhető. Ily módon lehet vektorból skalár értékeket előállítani.

#### 6. Regiszter operációk

A vektorokra értelmezett műveletek közül igen nagy jelentőségük van a regiszter operációknak. Az 5. táblázat tartalmazza a leggyakrabban használt regiszter operációkat, feltüntetve azok értelmezését is.

Az átviteli operátorokkal létrehozott állapotváltozás speciális esete az állapot regiszter tartalmának megváltoztatása. Ennek segítségével történhet interrupt működés szimulálása.

#### 7. Speciális operátorok

A nyelvek a rendszerek leírását egyéb speciális operátorokkal is segíthetik. Ezek egy részéhez nem tartozik külön hardware (pl. aktiválás). Néhány gyakorlati speciális operátor értelmezése a 6. táblázatban látható.

6. táblázat

Speciális operátorok

Művelet	Értelmezés
Aktiválás	Közös funkcionális egységekkel rendelkező automaták közül az egyik automata aktiválása hatást gyakorol egy vagy több automatára
Globális feltétel alól történő feloldás	Valamely művelet vagy műveletcsoport felszabadítása a globális feltételek alól
Másolás	Ismétlődő áramkör kezelésének módja, ha az áramkör leírása csak egyszer történik. Az áramkörök megkülönböztetésére az operátor indexe szolgál
Makro utasítás	A nyelv operátorainak segítségével előállított — külön definiált — makro operátor

#### V. Vezérlések struktúrája és időzítése

A szimuláció a logikai, funkcionális működésen túl a rendszer működésének időviszonyaira is kiterjedhet. Ebben az esetben az operátorok specifikálása

azok válaszüdejének megadásával bővül. Így egy több operátorból álló művelet válaszüdejének meghatározása:

a) az operátorok válaszüdejéből (mint annak legkedvezőtlenebb értéke) számítható,

b) arra egy konstans vagy változó intervallum írható elő.

Ebben az esetben az egyidejű műveletvégrehajtás kezelése a már leírtaknak megfelelően — egymás befolyásolása nélkül — történik, de a válaszüdők külön-külön (esetleg eltérő módon) számíthatók.

Az operátorok specifikálásához szükséges adatokat a 7. táblázatban foglaltuk össze.

Feltételezve, hogy a művelet sorozat végrehajtása szekvenciális (monoton növekvő címkék szerint történik), az egyes műveletek megkezdésének vezérlése

7. táblázat

Operátor megadás

Művelet specifikálása	Művelet válaszüdeje	Művelet végrehajtásának időpontja
a) Feltétel nélküli	a) állandó	a) szinkron vezérelt
b) Feltételes	b) változó	b) szinkron vezérelt állandó vagy változó késleltetéssel
c) Több művelettel egyidejűleg végrehajtható		c) asszinkron vezérelt
		d) változó vezérlésű

8. táblázat

Vezérlési módok

Művelet végzés	Művelet módosítás módja							
Egyidőben egyszeres	Elágazás a) Direkt elágazás (előre adott lépésre) b) Indirekt elágazás (az ugrás helye előre nem ismert)							
	Aktíválás (valamely művelet más csoportban egy vagy több sorozatot aktívál)							
Csoportos	Tiltás (valamely művelet egy másik csoportban egy vagy több műveletet tilt)							
	Behívás (adott csoportba egy másik csoportban leíró művelet vagy eljárás behívása)							
	Típusai:							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>csoport neve</th> <th>eljárás neve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ismert</td> <td>ismert</td> </tr> <tr> <td>ismert</td> <td>nem ismert</td> </tr> <tr> <td>nem ismert</td> <td>nem ismert</td> </tr> </tbody> </table>	csoport neve	eljárás neve	ismert	ismert	ismert	nem ismert	nem ismert
csoport neve	eljárás neve							
ismert	ismert							
ismert	nem ismert							
nem ismert	nem ismert							

lehet szinkron, késleltetett szinkron, aszinkron vagy vegyes.)

Szinkron szekvenciális vezérlést a deklarált periodikus órajelgenerátorok vezérelhetik. A késleltetett szinkron vezérléshez ugyancsak a deklarált jelkésleltető egységek használhatók. Aszinkron vezérlések esetén az egyik művelet befejezése indítja a következő műveletet. Vegyes vezérlés könnyen elképzelhető, pl. valamely művelet befejezése után, adott késleltetés elteltével történő órajel megjelenése indítja a következő műveletet.

A műveletek végrehajtásának vezérlése így leírható abban az esetben, ha egy időben csak egy művelet hajtódik végre. Sok esetben (pl. több autonóm vezérlő egység, decentralizált vezérlés stb.) a műveletek sorozata egyidejűleg hajtódik végre. Ilyenkor a sorozatok csoportokra bonthatók, melyekben a végrehajtás egyidejű. A csoporton belül történő vezérlés lehet szinkron, aszinkron, vegyes.

A vezérlés strukturájának leírásához ismerni kell azokat a lehetőségeket, amiket a vezérlés lehetővé tesz (8. táblázat). Egy csoporton belül a vezérlés sorrendjének megváltoztatása általában elágazással történik. Csoportos műveletvégzés esetén aktiválással, tiltással vagy behívással lehet a vezérléseket változtatni. Ezek a lehetőségek időosztással, többszörös műveletvégzéssel rendelkező rendszerek leírásához szükségesek.

A vezérlés strukturájának meghatározása után történhet a vezérlések időzítésének (pl. tiltási időpont) megadása.

I R O D A L O M

- [1] J. J. Kelly Jr.—C. Lochbaum—V. A. Vyssotsky: A block-diagram compiler. Bell Sys. Techn. J. vol. 40. No. 3 May 1961.
- [2] G. Gordon: A general purpose systems simulation program. IBM System J. vol. 1. Sept. 1962.
- [3] K. E. Iverson: A Programming Language. John Wiley and Sons, New York. 1962.
- [4] H. M. Markowitz,—B. Hausner,—H. W. Karr: Simscript: A Simulation Programming Language The RAND Corporation. RM—3310. November 1962.
- [5] K. Young: A User's Experience with Three Simulation Languages (GPSS, SIMSCRIPT, SIMPAX). Santa Monica, California System Development Corp. TM—1755 /000/00. 1963.
- [6] D. E. Knuth—J. L. McNeley: SOL- A Symbolic Language for General-Purpose Systems Simulation. IEEE Trans. Electr. Comp. vol. EC—13 Aug. 1964.
- [7] R. M. Proctor: A logic design transistor experiment demonstrating relationships of language to systems and logic design. IEEE Trans. Electronic Computers vol. EC—13 pp. 422—430. Aug. 1964.
- [8] H. P. Schlaeppli: A formal language for describing machine logic, timing and sequencing (LOTIS). IEEE Trans. Electronic Computers vol. EC—13 1964.
- [9] A. D. Falkoff,—K. E. Iverson,—E. Sussenguth: A Formal Description of System/360 IBM System J. vol. 3 No 3. 1964.
- [10] H. Schorr: Computer-aided digital systems design and analysis using a register transfer language. IEEE Trans. Electronic Computers vol. EC—13 pp. 730—737 Dec. 1964.
- [11] G. M. Weinberg: "PL/1 Programming Primer. McGraw Hill New York, 1966.
- [12] J. R. Dumey—D. L. Dietmeyer: A digital system design language (DDL). IEEE Trans. Computers vol C—17. pp. 850—861. September 1968.
- [13] N. A. Matjuhina: Primenenije vücsiszlityelnüh masin dlja proektirovanija cifrovüh usztvojsztv. Szovjetszkoje Radio, 1968,

- [14] N. Chapin: 360 Programming in Assembly Language. McGraw-Hill, New York, 1968.
- [15] General Purpose Systems Simulator III. — Introduction IBM Corporation Manual No B20—0001—0. — User's Manual IBM Corporation Manual No H20—0163—1.
- [16] J. R. Duley—D. L. Dietmeyer: Translation of a DDL Digital System Specification to Boolean Equations. IEEE Trans. Computers vol. C—18, 1969.
- [17] M. L. Dertovszos—M. E. Kaliski—K. P. Polzen: On-line Simulation of Block-Diagram Systems. IEEE Trans. Computers, vol. C—18, 1969.
- [18] T. D. Friedman—S. C. Yang: Methods Used in an Automatic Logic Design Generator (ALERT). IEEE Trans. Computers, vol C—18 jul. 1969.
- [19] G. G. Hays: Computer Aided Design: Simulation of Digital Design Logic. IEEE Trans. Computers. vol. C—18. jan. 1969.
- [20] Jazük dlja opiszanija sztrukturnüh algoritmov i szhem (OCC—2). Otrazslevoj sztandart: OCT 4. 10.000.025 Moszkva, 1969.
- [21] Bohus M.—Dr. Németh G.—Trón T.—Varró L. SUBSET szimulációs nyelv digitális rendszerek funkcionális vizsgálatára. Híradástechnika XIII. évf. 6. sz.
- [22] Bohus M.—Németh G.—Trón T.—Varró L.: Strukturális algoritmusok szimulációja (OSzSz—2 SUBSET). Számítástechnikai Koordinációs Intézet Budapest, 1970.
- [23] V. M. Glutkov: Perszpektivü avtomatizacii proektirovanija vücsiszlityelnüh masin. Vesztnik CCCP No 4 1967.
- [24] H. Herscovitch—I. H. Schneider: GPSS III — an Expanded General Purpose Simulator. IBM Systems Journal vol. 4 No 3. 1965.
- [25] H. M. Markowitz, B. Hansner: Simscript — a Simulation Programming Language. Prentice-Hall. New York, 1963.
- [26] D. E. Knuth, J. L. McNeley: A Formal Definition of SOL. IEEE Trans. on E. C. vol. V. EC—13 Aug. 1964.
- [27] Ole-Jahon-Dahl, Kristen Nygaard: SIMULA — a Language for Programming and Description of Discrete Event Systems. Norwegian Computing Center, maj. 1966.
- [28] L. A. Kalinicsenko: Formalnoje opiszanije jazüka SZLENG, v. szb „Teorija arbomatov” vüp. 1. izd. I. K. A. N. USzSzR Kiev, 1967.
- [29] L. A. Kalicsenko: SZLENG — ekszperimentalnüh jazük programirovanija, orientirovannüh na opiszanije i modelirovanije vücsiszlityelnüh masin i szisztem. V. cb. „Teorija avtomatov” vüp. 1. izd. I. K. A. N. USzSzR 1967.
- [30] V. M. Gluskov,—L. A. Kalinicsenko,—G. P. Marjanovics,—V. M. Moszkalenko,—M. A. Szahnjuk: SZLENG — Szisztema programmorovanija dlja modelirovanija diszkretnüh szisztem, Kiev, 1969.
- [31] -APL/ 360 Primer Student Text. IBM Technical Publications Department. New York, 1969.
- [32] O. J. Dahl—K. Nygaard: The Simula Language Norwegian Computing. Centre. Oslo, 1964.
- [33] Time-Sharing UNIVAC 1108. — I—IE FORTRAN conversationnel. — II—IE langage BASIC.
- [34] Analysis of Some Queuing. Models in Real-Time Systems. IBM Manuel. Number F20—0007—0. New York, 1965.
- [35] James Martin: Programming Real-Time Computer Systems. Prentice-Hall. London, 1965.
- [36] James Martin: Design of Real-Time Computer Systems. Prentice-Hall. London, 1967.
- [37] A. I. Pressman: Design of Transistorized. Curcuits for Digital Computers. John F. Rider. New York, 1959.
- [38] M. V. Wilkes: Time-Sharing Computer Systems. MacDonal, New York, 1968.
- [39] I. Flores: Computer Organization. Prentice-Hall, New York, 1969.
- [40] Simpac user's Manual, Santa Monica, California: Systems Development Corporation, TM602/000/00 April 15, 1962.
- [41] Bohus M.—Flesch I.—Géher K.—Németh G.—Pápay Zs.—Szittya O.—Theisz P.: Logikai rendszerek számító-gépes szimulációja. Tanulmány a Számítástechnikai Koordinációs Intézet számára, Budapest, 1969.

## SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL

Fokozódik a harc a dél-afrikai elektronikus piacok megszerzéséért. Némi bizonytalanságot jelent az a határozatlanság, amely az érdekeltek részéről megnyilvánult, többek között például a televíziós közvetítések megfelelő rendszerének kiválasztását illetően. Az érdekelt országok többsége még nem döntötte el, hogy a színes adást PAL vagy SECAM rendszerben kívánja megszerezni.

A hazai műszaki vezetők a PAL rendszerű adások létrehozása mellett foglalnak állást. Ezzel szemben a gazdasági vezetők — különböző szempontok szem előtt tartásával — a SECAM rendszer átvételét javasolják. (*Rádiomentor Elektronik, 1971. 8. sz.*)

\*

Több nyugatnémet cég elkezdte a professzionális rendeltetésű kazettás magnetofonok gyártását. A kazettában 90 méter  $\pm 2\%$  hosszú króm-dioxidos szalag van. A lejátszási sebesség 9,5 cm/s. A hajtómű három motorral dolgozik, a motorokat 24 V-ról táplálják. A visszajátszható frekvenciatartomány 40 Hz-től 15 000 Hz-ig terjed. Mivel e kazettás magnetofonok kifejezetten professzionális célokra készülnek, arról is gondoskodtak, hogy a kazetták majdnem folyamatos, elvileg kiesésmentes cseréje biztosítva legyen. Ennek megfelelően a berendezésekben állandóan kettő kazetta foglal helyet, az egyik amelyről a lejátszás történik, a másik pedig amelyre a szalag elfogytával átkapcsol a rendszer. Mindkét kazetta bajonetzárszerű rögzítést kap. (*Fernseh und Kino-technik, 1971. 6. sz.*)

A félvezetőeszközök gyártásában az ultrahangos hegesztés lényegesen kedvezőbb kötéseket eredményez, mint a termokompresszió.

Az 1970. évi „nagy hegesztéstechnológiai konferencia” egyik előadása szerint az ultrahangos hegesztés előnyei: — lehetővé teszi az Au-huzalnál technológiai és metallurgiai szempontból egyaránt jobb Al-huzallal magas kötési szilárdság elérését, — nincs szükség az alkatrészek esetenként károsnak bizonyuló felmelegítésére, — a Si-felületen is köt

(*Umschau in Wissenschaft und Technik, 1971. 71. k. 3. sz.*)

\*

A lengyel ELWRO művek új számítógép típust fejlesztett ki. Az ODRA 1325 típusú számítógép az ELWRO eddig legmodernebb berendezése, mindenekelőtt folyamatszabályzásra és tudományos területeken való felhasználásra alkalmas. Az ODRA 1325 a kis és közepes teljesítményű gépek közé sorolható multiprogramozású berendezés.

Radomban most épül a lengyel Központi Statisztikai Hivatal számítóközpontja, melyet az ELWRO gyár ODRA típusú berendezéseivel fognak felszerelni. Ugyancsak ELWRO számítógépeket szállítanak 1973-ban a wroclaw-i műszaki egyetemre, melynek oktatási rendeltetésű feladatokat kell megoldania online terminálok felhasználásával. (*Computer Weekly Int., 1971. aug.*)

(Folytatás a 187. oldalon)

# A SUBSET szimulációs nyelv digitális rendszerek funkcionális vizsgálatára\*

ETO 681.32.001.4:800.92 SUBSET

A nagyméretű digitális rendszerek struktúrájának és működésének leírására használatos módszerek (kapcsolási rajzok, idődiagramok, állapotdiagramok, folyamatábrák, szöveges magyarázatok) a rendszert mindig csak egy-egy vonatkozásban jellemzik. Segítségükkel a felépítés és a pontos működés megértése elég nehéz. Sok bonyodalmat okoz — különösen nemzetközi viszonylatban — a nem egységes jelölésrendszer. Napjainkban jelentős erőfeszítések történnek annak érdekében, hogy a leírások egyértelműen dokumentálják a rendszer struktúráját és működését. Igen használhatónak bizonyulnak azok a szimbolikus nyelvek, amelyek általában alkalmasak algoritmusok és logikai rendszerek leírására.

A szimbolikus nyelvtől alapvető követelményként azt várjuk el, hogy tömör és egyszerűen felhasználható legyen, egyértelműen dokumentálja a leírt algoritmust és működési elvet, továbbá adjon lehetőséget szimulációra, azaz az illető algoritmus vagy működési elv ellenőrzésére.

A SUBSET nyelv az OSZSZ—2 nyelvvel alapkonceptiójában megegyezik.

Elkészítésekor azt a célt tűztük magunk elé, hogy alkalmas legyen a vizsgált digitális rendszer működésének dokumentációszerű leírására, és tegye lehetővé a működés szimulálását.

## 1. A SUBSET nyelv jellemzői

A nyelv közbülső lépésnek tekinthető az alacsony és magas szintű szimulációs nyelvek között.

Alacsony szintűnek tekinthető, mert nem olyan tömör, mint a magas szintű nyelvek. Nem engedi meg összetett kifejezések használatát. Egy utasítás csak egyetlen operátort tartalmazhat, így a felhasználónak kell ilyen részletesen megfogalmazni a feladatot. Ennek megfelelően a program bizonyos mértékig kötött formátumú assembler szintű nyelvhez hasonlít.

Más vonatkozásban a nyelv a magas szintű szimulációs nyelvek jellemzőit viseli. Ezek az utasításrendszer és a hivatkozási rendszer. Az utasítások választékában olyan összetett utasítások szerepelnek, mint regiszterléptetés, kódolás, dekódolás, regisztereken végzett egyéb műveletek. A hivatkozási rendszer lehetővé teszi, hogy az utasításokban szereplő operandusok lehetnek regiszterek, regiszterek részei, rekeszei. Egy utasítással lehet például két regiszter tetszőleges bitjeit tetszőleges sorrendben összehasonlítani.

\*A munka a Számítástechnikai Koordinációs Intézet megbízásából készült.

Beérkezett: 1972. III. 4.

A nyelv két változó típus deklarációját teszi lehetővé: vektor operandust (regisztert) és skalár operandust. Nem engedi meg sem késleltető elemek, sem funkcionális egységek deklarációját. A deklarált változókra, ill. konstansokra a hivatkozás szimbolikus nevükkel történik. A skalár operandus értéke mindig előjel nélküli egész szám, a vektor operandus értéke pedig logikai érték (0–1).

## 2. A nyelv alapelemei

A nyelv alapelemei a skalárok és a vektorok. Ezek szintaktikai és szemantikai definíciója a nyelvben a következő:

$\langle \text{skalár} \rangle ::= \langle \text{skalár változó} \rangle | \langle \text{skalár konstans} \rangle$   
 $\langle \text{skalár változó} \rangle ::= \langle \text{azonosító} \rangle$   
 $\langle \text{skalár konstans} \rangle ::= \langle \text{számjegy} \rangle | \langle \text{szám} \rangle \langle \text{számjegy} \rangle$   
 $\langle \text{azonosító} \rangle ::= \langle \text{betű} \rangle | \langle \text{azonosító} \rangle \langle \text{betű} \rangle | \langle \text{azonosító} \rangle \langle \text{számjegy} \rangle$

A számjegyek és a betűk a nyelv alapjelei. Azonosító maximálisan hat karaktert tartalmazhat. A skalár konstansok értéke vagy a skalár változók aktuális értéke csak 32 768-nál kisebb, előjel nélküli pozitív egész szám lehet. A skalárokat a programban előfordulásuk deklarálja.

$\langle \text{vektor} \rangle ::= \langle \text{azonosító} \rangle | \langle \text{azonosító} \rangle \langle \text{indexlista} \rangle$   
 $\langle \text{indexlista} \rangle ::= \langle \text{skalár} \rangle | \langle \text{skalár} \rangle : \langle \text{skalár} \rangle$   
 $\{ \text{indexlista} \}, \langle \text{indexlista} \rangle$

Az első indexlista alak egyetlen vektorelemre utal, míg a  $-\text{skalár}:-\text{skalár}-$  alak a vektorelemek egy intervallumát jelenti.

A vektorokat a program elején deklarálni kell. Ez külön utasítással (DR) történik úgy, hogy a vektor azonosítóját és indexhatárait közöljük.

Az indexlistában szereplő skalárok aktuális értékének mindig az indexhatárok közé kell esnie, mert indexhatár-ellenőrzést a program a futás során nem végez. Amennyiben egy vektorra a programban csak azonosítójával hivatkozunk, a műveletben a vektor a deklaráció utasításban szereplő indexhatárokkal vesz részt.

Ha egy műveletben különböző hosszúságú vektor operandusok vannak, akkor a műveletekben részt vevő vektorelemek számát az eredményvektor hossza határozza meg. Ilyenkor a rövidebb operandusokat balra nullával egészítjük ki. A műveletekben az egyes operandusok jobbra igazodva vesznek részt.

pl.:  $AREG(0:7) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$

$BREG(0:3) = 1, 1, 0, 1,$

$AREG(2:4) = BREG$  értékadó utasítás eredménye



$AREG(0:7) = 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0,$

$AREG(4:7) := BREG(3:0)$  értékadó utasítás eredménye

$AREG(0:7) = 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1,$

### 3. Az utasítások általános alakja

Az utasítások szerkezete és írásának formátuma a következő:

- |                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| 1. oszlop      | üres, vagy „C” betű,                  |
| 2.— 5. oszlop  | üres,                                 |
| 6.— 8. oszlop  | címke,                                |
| 9. oszlop      | üres,                                 |
| 10.—13. oszlop | az utasítás mnemonikus műveleti jele, |
| 14.—15. oszlop | üres,                                 |
| 16.—72. oszlop | operandusmező,                        |
| 73.—80. oszlop | kártyaazonosító.                      |

Ha az első oszlop tartalma „C” betű, az egész kártya tartalmát commentnek tekinti a program.

A címke három számjegyű decimális egész szám lehet. A szóköz itt nullának számít.

Az utasítások mnemonikus jelét az összefoglaló táblázatban láthatjuk.

Az operandusmező tartalmazza a műveletben részt vevő operandusokat. Operandus lehet skalár vagy vektor. Minden utasítás meghatározza, hogy hány és milyen típusú operandust kell felhasználni, s ezeket milyen sorrendben kell felírni. Általában az első operandus helyén eredménynek, ugrási címkéknek vagy FORM címkének kell állnia, a műveleti jelet pedig a második és harmadik operandus közé kell képzelni.

Az operandusokat egymástól vesszővel kell elválasztani. Az operandusmezőben a betűköz értéktelen, figyelmen kívül marad. Ha egy utasítás nem fér ki egy kártyára, tetszőleges számú folytatáskártya iktatható be. Egy kártya 72. oszlopában álló betűköz-től különböző karakter jelzi, hogy folytatáskártya következik. Ez a karakter része az utasításnak, és a folytatáskártyát a 16. oszlopban kell kezdeni.

### 4. Utasítások

#### Vektor deklaráció

Nem végrehajtandó utasítás. A fordítóprogrammal közli a vektorok nevét, indexhatárait, esetleges kezdeti tartalmát. A deklaráció utasításnak vagy utasításoknak mindig az első végrehajtandó utasítás előtt kell állniuk. Az utasítás operandusa a vektorlista.

$\langle \text{vektorlista} \rangle ::= \langle \text{azonosttó} \rangle | \langle \text{azonosító} \rangle | (\langle \text{kezdőindex} \rangle : \langle \text{végindex} \rangle) | \langle \text{vektorlista} \rangle / \langle \text{pozíció} \rangle / \langle \text{vektorlista} \rangle, \langle \text{vektorlista} \rangle$

$\langle \text{kezdőindex} \rangle ::= \langle \text{szám} \rangle$

$\langle \text{végindex} \rangle ::= \langle \text{szám} \rangle$

$\langle \text{pozíció} \rangle ::= \langle \text{szám} \rangle | \langle \text{szám} \rangle : \langle \text{szám} \rangle | \langle \text{pozíció} \rangle,$

A vektorlista harmadik alakját használjuk fel arra, hogy közöljük azokat a pozíciókat (vektorindexeket), amelyek kezdeti értékét 1-re akarjuk állítani. A  $\langle \text{szám} \rangle : \langle \text{szám} \rangle$  alakkal intervallumot adhatunk meg. A kezdeti értékkel el nem látott vektorokat vagy a a pozíció-val meg nem jelölt elemeket a fordítóprogram nullával tölti fel.

Pl.:  $SPECV(0:7)(0:3,6) = 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0.$

#### Értékadás

Az értékadás művelete egyaránt értelmezett skalár és vektor operandusokra. Kizárólag skalár-skalár, vektor-vektor operanduspár van megengedve.

#### Léptetés

Ebbe a csoportba tartozó műveletek vektoroperandusra vonatkoznak. A léptetés típusát a különböző műveleti jelek specifikálják, s a lépésszámot mint skalárt a második operandus helyén adjuk meg. Az eredmény a léptetendő vektorban marad. Ötféle léptetési típus van megengedve, mindegyik jobbra is és balra is. Ezek a következők:

- a) a kiürülő pozíciók változatlanok,
- b) a kiürülő pozíciókba 0 lép be,
- c) a kiürülő pozíciókba 1 lép be,
- d) a kiürülő pozícióba a szélső lép be,
- e) a ciklikus léptetés, a kiürülő pozícióba a kilépő lép be.

Pl.:  $AREG(0:7) = 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1,$

háromat léptetünk balra, s az eredmények a következők:

- a)  $AREG(0:7) = 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1,$
- b)  $AREG(0:7) = 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0,$
- c)  $AREG(0:7) = 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,$
- d)  $AREG(0:7) = 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,$
- e)  $AREG(0:7) = 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0,$

#### Aritmetikai műveletek

A négy aritmetikai alpművelet van megengedve skalár operandusokkal. Az osztás egész típusú.

#### Logikai műveletek

A logikai műveletek vektoroperandusokra vannak értelmezve, és a vektor elemeire bitenként vonatkoznak. A következő műveleteket valósítottuk meg: negálás, és, vagy, kisebb, kisebb vagy egyenlő, egyenlő, nagyobb vagy egyenlő, nagyobb, nem egyenlő.

#### Aritmetikai relációk

Ezek az utasítások két skalár operandusra vannak értelmezve. A reláció teljesülése esetén a vezérlés az első operandus helyén feltüntetett címkére adódik át, egyébként a következő utasítás hajtódik végre. A következő relációk vannak:  $<, \leq, =, \geq, >, \neq$

#### Logikai feltételes vezérlésátadás

Egyetlen vektorelem operandust használ fel. Ha ennek a tartalma 1, akkor a vezérlés átadódik az

utasításban szereplő címkére, egyébként a következő utasítás hajtódik végre.

*Feltétel nélküli vezérlésátadás*

Átadja a műveletek végrehajtási sorrendjét az utasításban szereplő címkére.

*Maradék előállítása*

A műveletet skalár operandusok között értelmezzük. Eredményül az operandusokon végzett egész osztás maradékát kapjuk.

*Értékmeghatározás*

A művelet eredménye skalár, amelyet egy vektor operandusból nyerünk úgy, hogy a vektor tartalmát különböző számrendszerben ábrázolt számnak tekintjük.

Pl.:  $AREG(0:7) = 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1,$

Ha ez a szám bináris, oktális vagy hexadecimális, akkor értéke  $41_{10}$ . Amennyiben decimális szám (BCD), akkor értéke  $29_{10}$ . Ezt az értéket veszi fel az operandusmezőben szereplő skalár.

*Dekódolás*

Két különböző hosszúságú vektor között értelmezett művelet. A művelet eredményvektorának minden helyértéke 0 lesz, kivéve azt, amelyik elem sorszámát (nem indexét) az operandus vektor bináris tartalma megjelöli. Az eredményvektor feltöltésekor jobbra illesztés történik.

Pl.:  $AREG(0:3) \equiv 0, 1, 0, 1.$

A művelet eredménye az operandustól függő:

Operandus	Eredmény
$BREG(0:7)$	$BREG(0:7) \equiv 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,$
$BREG(0:5)$	$BREG(0:7) \equiv 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
$BREG(5:0)$	$BREG(0:7) \equiv 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0.$

*Kódolás*

A művelet az értékmeghatározás ellentettje, skalár operandusból vektor eredményt állít elő. A vektor tartalma különböző számrendszerbeli szám lehet (2, 8, 10, 16).

Pl.:  $SKALAR = 50$

bináris  $AREG(0:7) = 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0,$   
 decimális (BCD)  $AREG(0:7) = 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0.$

*Input-output műveletek*

Az input-output utasítások egy vagy több különböző formátumú beolvasását, illetve egy vagy több sor különböző formátumú kiírását teszik lehetővé. A beolvasás az input-lista elemeibe, a kiírás az output lista elemeiből történik a megfelelő formátum szerint.

A két lista a következő lehet:

$\langle I/O\ lista \rangle ::= \langle skalár \rangle | \langle vektor \rangle | \langle I/O\ lista \rangle, | \langle I/O\ lista \rangle.$

Az input-output utasítás tartalmazza a vonatkozó FORM utasítás címkéjét. A FORM utasítás határoz-

za meg a kiírás vagy beolvasás formátumát a zárójelek közé tett FORM lista segítségével.

$\langle FORM\ lista \rangle ::= \langle FORM\ listaelem \rangle, \langle FORM\ lista \rangle$   
 $\langle FORM\ listaelem \rangle ::= \langle ismétlési\ tényező \rangle B \langle mezőhosszúság \rangle$   
 $\langle ismétlési\ tényező \rangle S \langle mezőhosszúság \rangle$   
 $\langle ismétlési\ tényező \rangle A \langle mezőhosszúság \rangle$   
 $\langle ismétlési\ tényező \rangle X \langle betűköz\ szám \rangle$   
 $\langle ismétlési\ tényező \rangle L \langle soremelés\ szám \rangle$   
 $\langle mezőhosszúság \rangle H \langle mezőtartalom \rangle$

$\langle ismétlési\ tényező \rangle ::= \langle szám \rangle$   
 $\langle mezőhosszúság \rangle ::= \langle szám \rangle$   
 $\langle soremelés\ szám \rangle ::= \langle szám \rangle$   
 $\langle betűköz\ szám \rangle ::= \langle szám \rangle$   
 $\langle mezőtartalom \rangle ::= \langle tetszőleges,\ a\ jelkészletben\ levő\ karakter \rangle.$

Az ismétlési tényező, a mezőhosszúság, a betűköz szám és a soremelés szám elmaradása esetén a program 1-et tételez fel.

Az egyes lehetőségek értelmezése:

- Az első formátummal bináris értékeket (0,1) írhatunk ki vagy olvashatunk be,
- a másodikkal skalár értékeket,
- a harmadik alfanumerikus adatok beolvasását és kiírását teszi lehetővé. Két alfanumerikus adatot (karaktert) egy skalár változóban vagy egy vektorelemben lehet tárolni,
- a negyedik betűközök kihagyását teszi lehetővé kiíratásnál és beolvasásnál egyaránt,
- az ötödikkal üres sort lehet kihagyni vagy kártya leolvasását átugrani,
- a hatodik formátum a mezőhosszúság által meghatározott számú s a H után következő karakterek kiírását teszi lehetővé (Holerith-konstans).

*END művelet*

A program futásának befejezését idézi elő.

**5. A SUBSET nyelven írt programok futtatása**

A nyelv szabályainak megfelelően megírt programot és a szimulációhoz szükséges adatokat lyukkártyára kell lyukasztani. A program első kártyája mint címkártya a feladat azonosítására használható fel.

A program lefordításához és futtatásához egy fordító és értelmező program készült a SIEMENS 4004/45 gépre. A szimuláció két részből áll:

A fordítást, az ezt kísérő szintaktikus ellenőrzést és hibajelzést egy FORTRAN nyelven írt program végzi. A szintaktus hibák jelzése szöveges üzenetek formájában történik. Hibátlan program esetén fordítás után indul a végrehajtás. Az egyes utasításokat, tekintettel azok bonyolultságára, egy-egy assembler nyelven írt programrész hajtja végre.

Az értelmező programnak és a futtató résznek, valamint a futtatáshoz szükséges területeknek az összes memóriaszükséglete 56 kbyte. Ebben az esetben a SUBSET nyelven írt program méreteire az alábbi korlátozások érvényesek:

címkék száma	max 100,
FORM címkék száma	max 100,
skalárok száma	max 200,
vektorok száma	max 100,
vektorelemek száma	max 3000,/
az utasítások száma	max 500—600,
a FORM mezők együttes hossza	max 1000 karakter.

A fordítás sebessége 3—4 kártya/s, a végrehajtási sebesség átlagosan 100 művelet/s, de ez erősen függ az utasításoktól.

Mivel a szimuláció során egy berendezés működésének vagy egy algoritmusnak csak néhányszori szimulációjára van szükség, ez a sebesség elfogadható.

## 6. Alkalmazási lehetőségek

A nyelv minden olyan területen alkalmazható, ahol felmerül a szimuláció szükségessége. Általában olyan digitális berendezések fejlesztése esetén, amelyek valamilyen új rendszertechnikai megfontolást tartalmaznak, új elv vagy algoritmus szerint működnek. Ilyen esetekben van elsősorban szükség arra, hogy az áramköri részletektől eltekintve egészében lássák a rendszer működését.

Az általános szimulációs problémákon kívül sikeresen alkalmazható a nyelv megtervezett nagyberendezések megépítés előtti vizsgálatára. A működésben felmerülő hibáknak ilyen stádiumban való kimutatása jelentős idő- és anyagmegtakarítást jelent. A szükségessé váló módosítások még könnyen elvégezhetők.

Tipikus alkalmazási lehetőséget kínálnak az alábbi területek: digitális célberendezések fejlesztése, digitális műszerek, digitális szerszám-gép-vezérlő rendszerek, DDC-rendszerek szabályozóberendezései, perifériák interface áramkörei, csatornavezérlő rendszerek, számítógépek adafeldolgozó egységei, adatátviteli berendezések hibajelző, hibajavító egységei stb.

1. táblázat

Az utasítások összefoglaló táblázata

Utasítás	Műv. jel	1. operandus	2. operandus	3. operandus
Vektor deklaráció	<b>DR</b>	vektorlista		
Értékkadás	<b>:=</b>	eredmény (skalár, vektor)	operandus (skalár, vektor)	
Léptetés balra, kiürülő változatlan balra, 0 lép be balra, 1 lép be balra, ciklikusan balra, szélső lép be jobbra, kiürülő változatlan jobbra, 0 lép be jobbra, 1 lép be jobbra, ciklikusan jobbra, szélső lép be	<b>LS</b> <b>LS0</b> <b>LS1</b> <b>LSC</b> <b>LSE</b> <b>RS</b> <b>RS0</b> <b>RS1</b> <b>RSC</b> <b>RSE</b>	operandus és eredmény (vektor)	lépésszám (skalár)	
Aritmetikai műveletek összeadás kivonás szorzás osztás	<b>+</b> <b>-</b> <b>×</b> <b>/</b>	eredmény (skalár)	operandus (skalár) (kisebbitendő, osztandó)	operandus (skalár)
Logikai műveletek negálás és vagy	<b>NOT</b> <b>&amp;</b> <b>V</b>	eredmény (vektor)	operandus (vektor)	operandus (vektor)
Logikai reláció kisebb kisebb vagy egyenlő egyenlő nagyobb vagy egyenlő nagyobb nem egyenlő	<b>LTL</b> <b>LEL</b> <b>EQL</b> <b>GEL</b> <b>GTL</b> <b>NEL</b>	eredmény (vektor)	operandus (vektor)	operandus (vektor)

Utasítás	Műv. jel	1. operandus	2. operandus	3. operandus
Aritmetikai reláció (feltételes vezérlésátadás) kisebb kisebb vagy egyenlő egyenlő nagyobb vagy egyenlő nagyobb nem egyenlő	<b>LT</b> <b>LE</b> <b>EQ</b> <b>GE</b> <b>GT</b> <b>NE</b>	ugrási címke (skalár konst.)	operandus (skalár)	operandus (skalár)
Logikai feltételes vezérlésátadás	<b>IF</b>	ugrási címke (skalár konst.)	operandus (vektorelem)	
Feltétel nélküli vezérlésátadás	<b>JMP</b>	ugrási címke (skalár konst.)		
Maradék előállítás	<b>MOD</b>	eredmény (skalár)	operandus (skalár)	operandus (skalár)
Értékmeghatározás, a vektor tartalma bináris bináris oktális hexadecimális decimális (BCD)	<b>SB</b> <b>S</b> <b>SO</b> <b>SH</b> <b>SD</b>	eredmény (skalár)	operandus (vektor)	
Dekódolás	<b>DEC</b>	eredmény (vektor)	operandus (vektor)	
Kódolás, a vektor tartalma: bináris bináris oktális hexadecimális decimális (BCD)	<b>CODB</b> <b>COD</b> <b>CODO</b> <b>CODH</b> <b>CODD</b>	eredmény (vektor)	operandus (skalár)	
Input	<b>READ</b>	FORM címke (skalár konst.)	input-lista (skalár, vektor)	
Output	<b>WRIT</b>	FORM címke (skalár konst.)	output-lista (skalár, vektor)	
Formátum meghatározása	<b>FORM</b>		FORM lista	
Futás vége	<b>END</b>	—	—	

## IRODALOM

- [1] Kelly, J. J. Jr.—Lochbaum, C.—Vyssotsky, V. A. A block-diagram compiler. Bell Syst. Techn. J. Vol. 40. No. 3 May 1961.
- [2] Gordon, G.: A general purpose systems simulation program. IBM System J. Vol. 1. Sept. 1962.
- [3] Iverson, K. E.: A Programming Language. John Wiley and Sons, New York, 1962.
- [4] Markowitz, H. M.—Hausner, B.—Karr, H. W.: Simscript: A Simulation Programming Language. The RAND Corporation, RM—3310. November 1962.
- [5] Young, K.: A User's Experience with Three Simulation Languages (GPSS, SIMSCRIPT, SIMPAX). Santa Monica, California, System Development Corp. TM—1755/000/00, 1963.
- [6] Knuth, D. E.—McNeley, J. L.: SOL—A Symbolic Language for General-Purpose Systems Simulation. IEEE Trans. Electr. Comp. Vol. EC—13 Aug. 1964.
- [7] Proctor, R. M.: A logic design transistor experiment demonstrating relationships of language to systems and logic design. IEEE Trans. Electronic Computers, Vol. EC—13, pp. 422—430, Aug. 1964.
- [8] Schlaeppli, H. P.: A formal language for describing machine logic, timing and sequencing (LOTIS). IEEE Trans. Electronic Computers, Vol. EC—13, 1964.
- [9] Falkoff, A. D.—Iverson, K. E.—Sussenguth, R.: A Formal Description of System/360. IBM System J. Vol. 3. No 3. 1964.
- [10] Schorr, H.: Computer-aided digital systems design and analysis using a register transfer language. IEEE Trans. Electronic Computers, Vol. EC—13 pp. 730—737 Dec. 1964.
- [11] Weinberg, G. M.: PL/1 Programming Primer. McGraw Hill, New York. 1966.
- [12] Dumej, J. R.—Dietmeyer, D. L.: A digital system design language (DDL). IEEE Trans. Computers, Vol C—17, pp. 850—861, September 1968.

- [13] *Matjuhin, N. A.*: Primenenije vücsiszlityelnüh masin dlja proektirovanija cifrovüh usztrojsztv. Szovjetszkoje Radio, 1968.
- [14] *Chapin, N.*: 360 Programming in Assembly Language, McGraw-Hill, New York, 1968.
- [15] General Purpose Systems Simulator III.  
— Introduction IBM Corporation Manual No B20—0001—0.  
— User's Manual IBM Corporation Manual No H20—0163—1.
- [16] *Duley, J. R.—Dietmeyer, D. L.*: Translation of a DDL Digital System Specification to Boolean Equations. IEEE Trans. Computers, Vol. C—18, 1969.
- [17] *Dertovzos, M. L.—Kaliski, M. E.—Polzen, K. P.*: On-line Simulation of Block-Diagram Systems. IEEE Trans. Computers, Vol. C—18, 1969.
- [18] *Friedman, T. D.—Yang, S. C.*: Methods Used in an Automatic Logic Design Generator (ALERT). IEEE Trans. Computers, Vol. C—18 Jul. 1969.
- [19] *Hays, G. G.*: Computer Aided Design: Simulation of Digital Design Logic. IEEE Trans. Computers. Vol. C—18, Jan. 1969.
- [20] Jazik dlja opiszanija sztrukturnüh algoritmov i szhem (OCC—2). Otrazlevoj sztandar: OCT 4. 10.000.025 Moszkva, 1969.
- [21] *Bohus M.*: Szimbolikus nyelvek felhasználása digitális rendszerek funkcionális és parametrikus szimulációjára. Híradástechnika XXIII. évf. 6. sz.
- [22] *Bohus M.—Németh G.—Trón T.—Varró L.*: Strukturális algoritmusok szimulációja (OSZSZ—2 SUBSET). Számítástechnikai Koordinációs Intézet, Budapest, 1970.
- [23] *Glutkov, V. M.*: Perszpektivü avtomatizacii proektirovanija vücsiszlityelnüh masin. Vesztnik CCCP No. 4. 1967.
- [24] *Herscovitch, H.—Schneider, I. H.*: GPSS III — an Expanded General Purpose Simulator. IBM Systems Journal, Vol. 4. No. 3. 1965.
- [25] *Markowitz, H. M.—Hansner, B.*: Simscript — a Simulation Programming Language. Prentice-Hall, New York, 1963.
- [26] *Knuth, D. E.—McNeley, J. L.*: A Formal Definition of SOL. IEEE Trans. on E. C. Vol. 5. EC—13, Aug. 1964.
- [27] *Ole-Jahon-Dahl—Kristen Nygaard*: SIMULA — a Language for Programming and Description of Discrete Event Systems. Norwegian Computing Center, May 1966.
- [28] *Kalinicsenko, L. A.*: Formalnoje opiszanije jazika SZLENG. c. szb „Teorija automatov” vüp. 1. izd. I. K. A. N. USZSZR Kiev, 1967.
- [29] *Kalinicsenko, L. A.*: SZLENG-ekszperimentalnüh jazik programirovanija, orientirovannüh na opiszanije i modelirovanije vücsiszlityelnüh masin is szisztem. V. cb. „Teorija avtomatov” vüp. 1. izd. I. K. A. N. USZSZR 1967.
- [30] *Gluskov, V. M.—Kalinicsenko, L. A.—Marjanovics, G. P.—Moszkalenko V. M.—Szahnjuk, M. A.*: SZLENG-Szisztema programirovanija dlja modelirovanija diszkrétvüh szisztem. Kiev, 1969.
- [31] *Bohus M.—Flesch I.—Géher K.—Németh G.—Pápay Zs.—Szittya O.—Theisz P.*: Logikai rendszerek számítógépes szimulációja. Tanulmány a Számítástechnikai Koordinációs Intézet számára. Budapest, 1969.

## SZEMLE

(Folytatás a 181. oldalról)

Az ICL cég legújabb típusú CPD (Computer Produced Drawings) computer berendezés segítségével lehetővé teszi, hogy információkat lehessen készíteni egy tárgy szerkezetéről vagy közvetlenül egy szerkezeti rajzról és a már előzőleg tárolt információkkal együtt műszaki rajzot lehessen készíteni.

A CPD rendszer célja az egyes részletrajzok elkészítése, a termék fejlesztésére fordított idő lerövidítése, illetve a fejlesztési költségek csökkentése, a dokumentáció leegyszerűsítése és ezzel a munkaráfordítás jelentős csökkentése, valamint a numerikus vezérlésű gépek számára adatok előállítás.

A rendszer egy rajzoló állomásból és egy computer berendezésből áll. A rajzoló állomás segítségével az egyes információk — melyek mindig egy-egy rajzot tartalmaznak — digitális formában ábrázolhatók. A rajzoló állomás mérőasztalból áll, melyen az XY koordináták egy optikai interferenciamérő rendszer segítségével határozhatók meg, továbbá kontroll egységből és egy konsol írógépből, mely utóbbi lyukszalagot állít elő és annak tartalmát kinyomtatja.

Computer berendezésként az ICL 1900-as sorozatának bármelyik tagja alkalmazható, mely magtárolójának kapacitása minimuma 16 K szó, 2 mágneslemez egységgel, egy sornymutatóval és egy lyukszalag olvasóval és nyomtatóval rendelkezik.

A kész rajzokat a mikrofilm készülék útján mikrofilmekre rögzítik.

A CPD rendszer programnyelve igen könnyen megtanulható és alkalmazható. A rendszer a következő berendezésekkel és geometriai funkciókkal rendelkezik: vonalcsoportok (a vonalak erőssége), vonalfajták, szögek, körök, körívek, horizontális és vertikális vonalak, méretvonalak, szövegmező, szöveg, a rajzon az egyes nézetek automatikus elrendezése, makroutasítások.

Az ICL cég jelenleg egy új CPD rendszer fejlesztésén dolgozik, ahol mind a rajzoló állomás, mind a mikrofilm készülék

on-line üzemben dolgozik. A rajzoló állomást ebben az esetben képernyős adatmegjelenítővel egészítik ki, így a műszaki rajzoló a rajz készítésének minden egyes fázisát figyelemmel kísérheti. Ilyen konfigurációban a tárolt rajzok felhívhatók és esetleges változtatások is elvégezhetők.

\*

Némi pánikot keltett a rádió- és televíziókészülékek értékesítésében az NSZK-ban bekövetkezett visszaesés, amelynek pontos okát mindeddig nem sikerült megállapítani. A legutóbbi közlések szerint az értékesítés alakulása a következő volt:

	1970. május	1971. április	1971. május
Rádióvevők összesen:	584 801	547 433	496 124
Asztali kivitel	31 950	20 379	14 854
Hordozható és autórádió	441 441	419 109	366 245
Televíziós vevőkészülékek összesen:	228 267	227 692	191 086
Színes televíziós vevőkészülékek	65 068	75 096	66 627
Magnetofonok és diktáfonok	130 730	106 029	102 849

Szembetűnő, hogy az 1971. évi májusi forgalomban nemcsak az 1970. májusi forgalomtól marad el, hanem még az 1971. áprilisi forgalomtól is. Visszaesés mutatkozik a színes televíziós vevőkészülékek értékesítésében is, az áprilisi forgalmazást alapként tekintve. (*Radiomentor Elektronik*, 1971. 8. sz.)

(Folytatás a 191. oldalon)

# Technológiai fejlődés gyártmányokon bemutatva

## Stúdió-vázszerkezetek fejlődése

Az előszóban ismertettük azt az elképzelésünket, hogy a technológia fejlődését gyártmányokon szeretnénk bemutatni. Témaköri felsorolásunk szerint e cikkben a stúdió-vázszerkezetek fejlődését elemezzük.

Stúdióberendezéseink fejlődését konstrukciós megoldás, technológizálás mélysége, a rendelési darabszám és az éves mennyiség függvényében az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

1. Egyedi jellegű stúdióberendezések.
2. Tipizált építőelemes stúdióberendezés. Első generációs család (elektroncsöves).
3. Tipizált építőelemes „FIT” stúdióberendezés. Második generációs család (tranzistoros).
4. Harmadik generációs stúdióberendezés (IC technika).

### 1. Egyedi jellegű stúdióberendezések

Az *Elektroakusztikai Gyár* megalakulásától kezdve foglalkozik stúdióberendezések fejlesztésével és gyártásával. A berendezések kifejlesztését a Magyar Rádió újjáépítés utáni rekonstrukciója illetve az 1953-ban megnyílt Népstadion indította el. 1952-től 1959-ig tartott az egyedi berendezések időszaka. Ez időszakban indult el a stúdióberendezések exportálása is, elsőként a „Luzsnyiki” stadion berendezéseinek leszállításával (1956-ban).

Jellemző darabszám: néhány db/év.

Az esti rendelések esetei tervezés alapján készültek, ami mindig magával hozta a konstruktőr egyéni elgondolásait. Ebből származott, hogy gyártmányaink külső megjelenésre és belső tartalomra egyaránt különbözőek voltak. A gyártást korszerű technológiával nem lehetett megvalósítani. A betétegyesítípusok többször változtak és szaporodtak.

Az egyedi asztaltípus jellemzői:

- 18 féle mechanikus váz kiképzés,
- 2 féle mechanikus betétrendszer,
- 36 féle elektromos betéttípus,

A féleségnek megfelelően a gyártási nehézségek a következőkben jelentkeztek:

- a felhasznált nyersanyagok széles skálája alakult ki; a vázszerkezet megoldásához:

csövet	4 méretben
laposacélt	10 méretben
acéllemezt	16 méretben
hengereltacélt	20 méretben
idom- és szerelvényanyagot	18 méretben használtuk fel.

- Minden típust alapjaiból felépítve külön-külön a rendelő iránya szerint fejlesztettünk ki, ami egy nagyméretű stúdió-hangkeverő asztalnál 4600 órát vett igénybe.

Jellemző adat: ha az 1-es generációban gyártott tipizált berendezéseket egyedi jelleggel kívántuk volna kifejleszteni, akkor a szellemi konstrukciós és technológiai bázist négyszerezére kellett volna növelnünk.

A technológia mélyítése és a felszerszámozás nem volt lehetséges, mivel a kis darabszám és az egyedi jelleg miatt a technológiai ráfordítás átfutási időben túl futott volna a megengedett ciklusidőn.

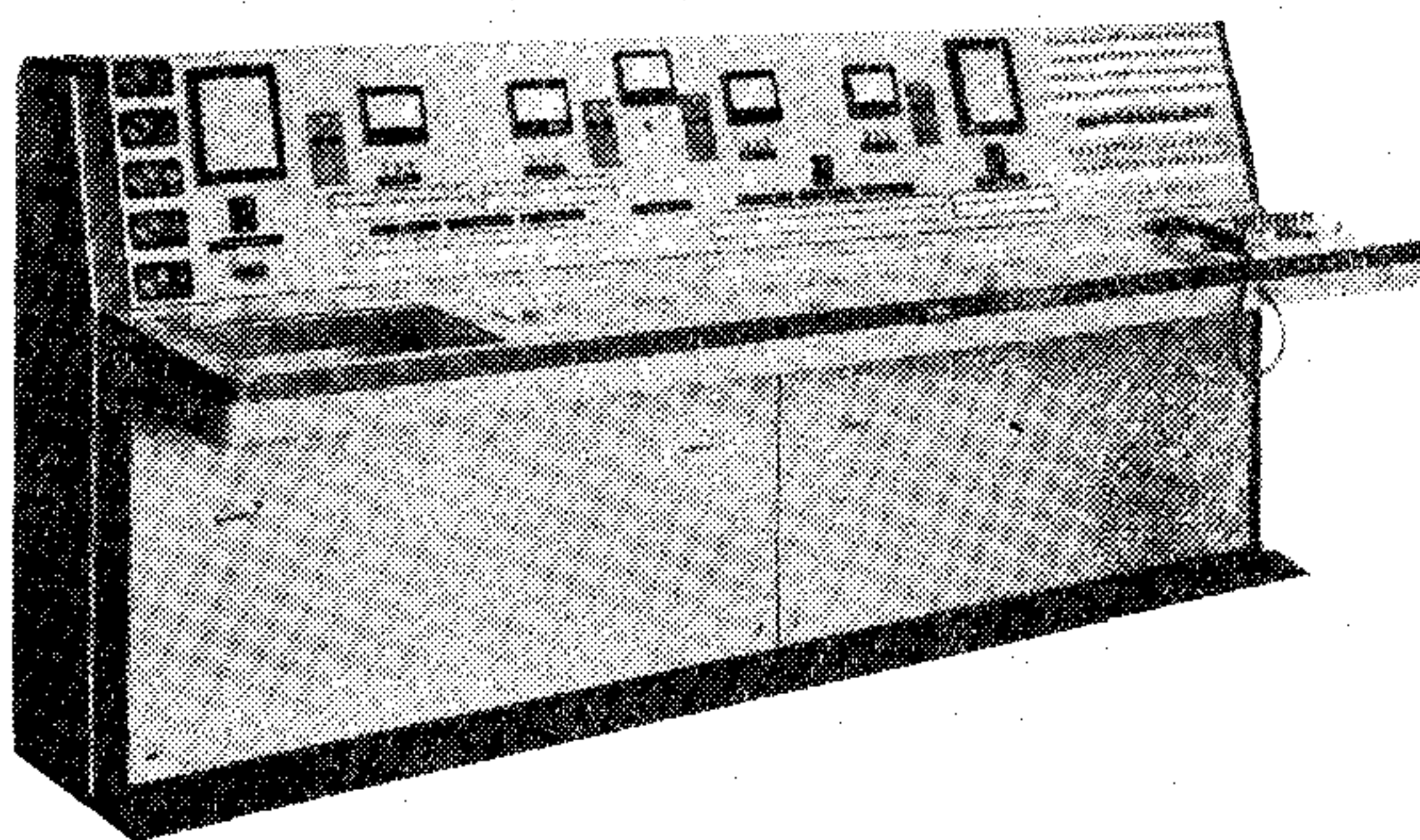
A gazdaságos műszaki előkészítés hiánya akadályozta az iparszerű gyártást. Emiatt a gyártási idő elnyúlt, a nagy alkatrészféleség nem tette lehetővé a gyártás szervezett irányítását.

- Jellemző adatként ismertetjük, hogy amennyiben az első generációs családnak gyártási volumenét „egyedi jelleg” módszerével dolgoztuk volna fel, a gyártás lebonyolítása évi 584 ezer bizonylatot igényelt volna. Mivel

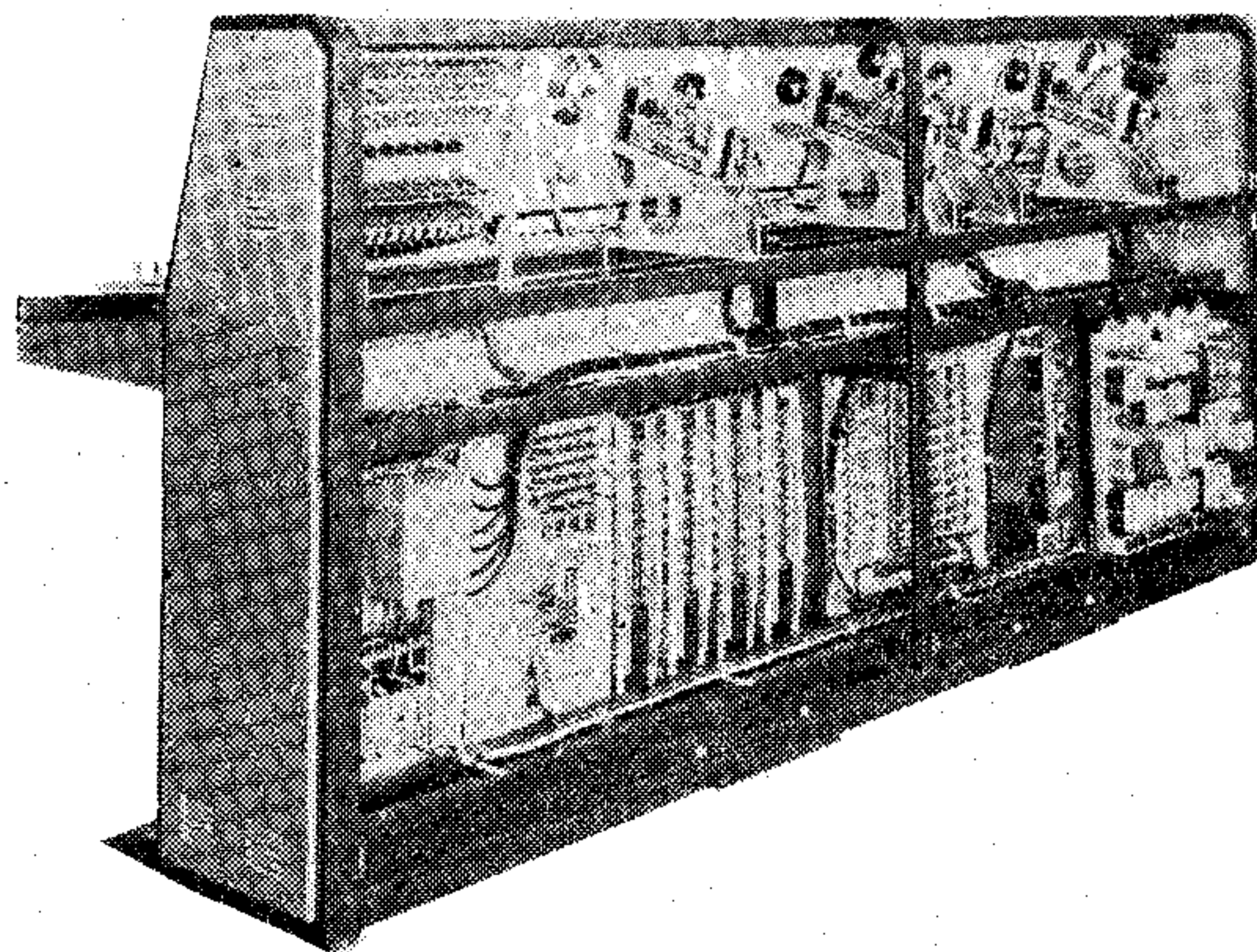
az alkatrészek, ill. a részszerelvények festés előtti illesztés módszerével készültek (nyers szerelés), a csereszabotosság követelményeit csak részben tudták kielégíteni.

- A rendszer paraméterei a régi alapokon nem voltak továbbfejleszthetők, ezáltal gátló tényezővé vált; ami mind az értékesítésnek, mind a termelési volumen emelkedésének gátat szabott.

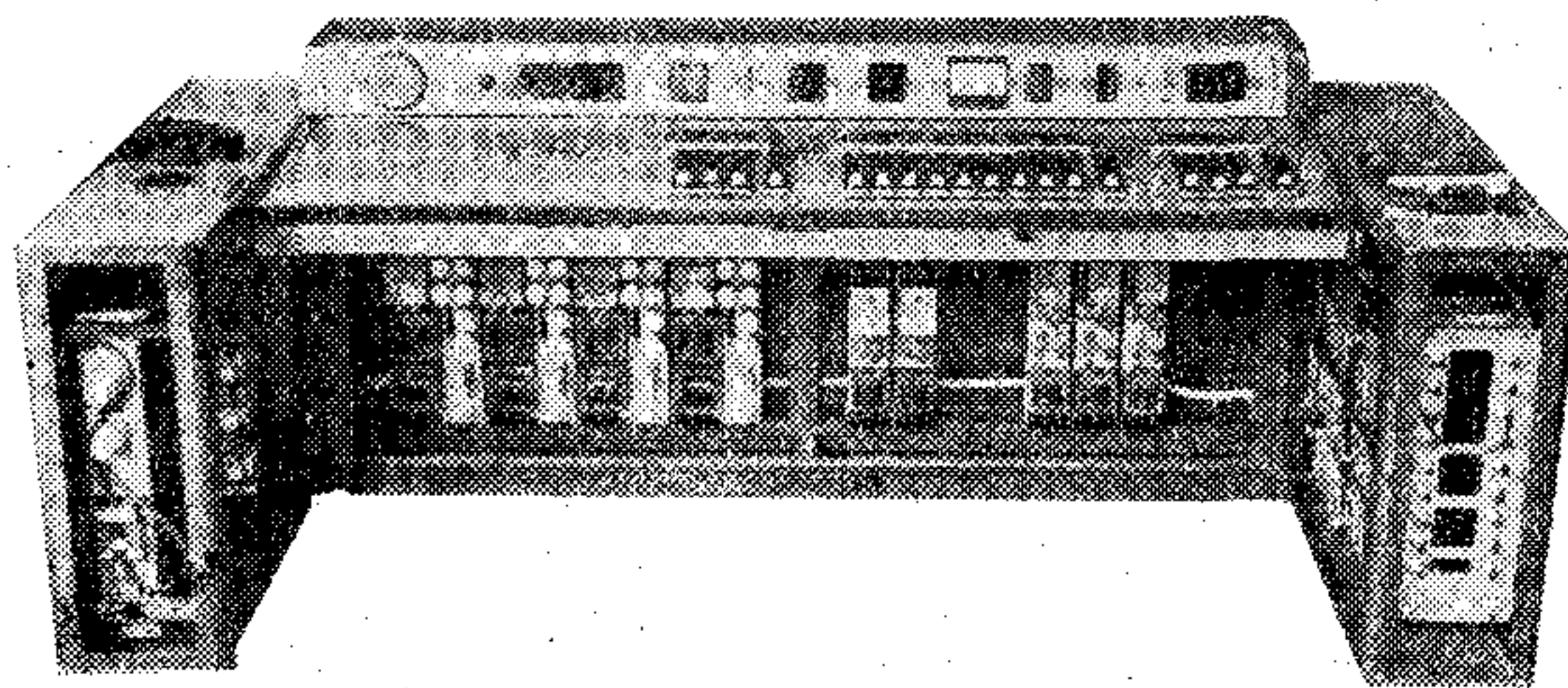
Az előzőkből következik, a vázszerkezet jellege egyedi jellegű technológiára épült. Ez az egyedi jelleg az ipar akkori műszaki szintjére jellemző volt, továbbá a rendelt mennyiség volumene sem igényelte a termelékenyebb technológiai módszereket. Az „egyedi” stúdióberendezések néhány jellemző vázfelépítését mutatja be az 1., 2. és 3. számú ábra.



1. ábra



2. ábra



3. ábra

### 2. Első generációs család

Az egyedi jellegű rádió és hangosítási stúdióberendezéseink belföldi és export szállításai felkeltették az érdeklődést a berendezéseink iránt. A megnövekedett igényeket az „egyedi” rendszer már nem tudta kielégíteni, mind konstrukciós — mind technológiai szempontból fejlettebb szemléletű feldolgozást kívánt. Megoldásként az akkor legfejlettebb elvet választottuk:

Öt méretben tipizált vázrendszer rack-rendszerben felépítve. Ezt a tipizált rendszert 1960-ra fejlesztettük ki.

A tipizálást elektromos és mechanikus szinten végeztük. A korszerű ipari gyárhatóság érdekében a főcél a mechanikus rendszer tipizálása volt. Ennek azonban feltétele az elektromos funkciókat érintő rendszertani tipizálás. Követelmény volt, hogy a különböző stúdiópaloták és hangközpontok változatos igényei mind minőségi, mind mennyiségi szempontból rendszertanilag is tipizált egységekből legyenek összeállíthatók (pl. stúdióasztaloknál a beszéd, zenei, sztereo, technikai és központi asztalok). Ezen belül biztosítani kell azt, hogy valamennyi rendszertani csoporton belül a megrendelő egyéni szempontjai is kielégíthetőek legyenek (csatornaszám, jelzés-technika, kombináció, melegtartalék, automatizálás stb.). Tehát a tipizálást olyan szinten kellett megoldanunk, hogy *építőelem* (alkatrészgyártás) *szinten szériagyártást, készáruban* a vevő igénye szerinti *egyedi terméket biztosítsunk*.

Asztalrendszerünkénél az önfordó lemezvázás megoldást alkalmaztunk, melyből méretcsoport- meghatározással (784, 1384, 1634, 1934, 2334 mm hosszú) építőrendszert alakítottunk ki. Ezek a csoportok hossz méretű változással azonos alkatrészekből állnak.

A követelményeknek megfelelően a fenti öt asztalváz méretből a különböző igényű és funkciójú berendezések összeállíthatók.

Az asztalvázrendszer előnyei:

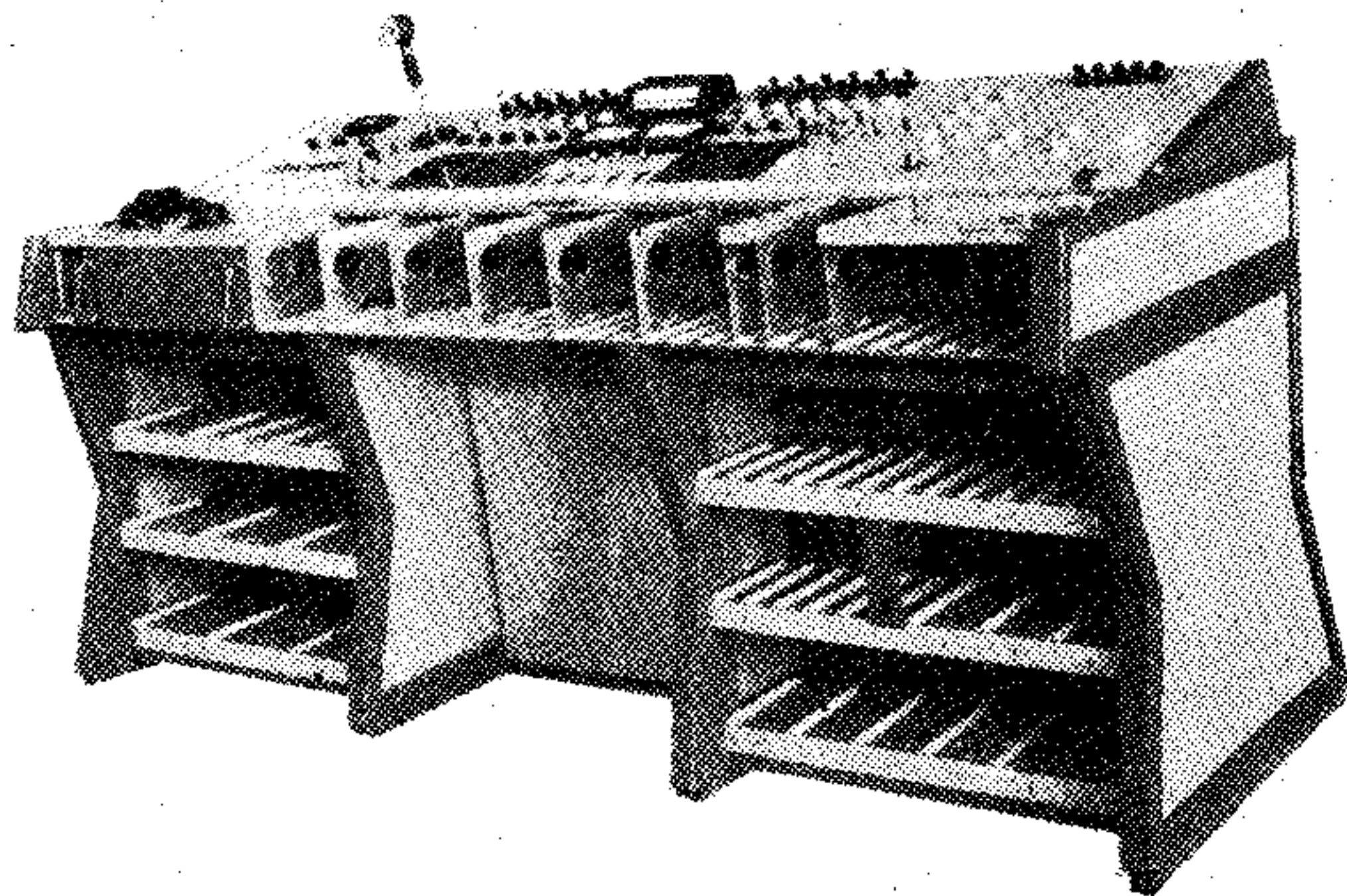
- Az eseti konstrukciós igényeket a réginél kevesebb idővel (nagy méretű asztalnál 2400 óra) alatt tudtuk kielégíteni.
- Gyártási vonalon megvalósítható az iparszerű ütemes gyártás. (Ennek sokirányú gazdasági kihatásai: kevesebb dokumentáció, anyagfeleségek csökkentése, súlycsökkentés, alkatrészféleség és darabszámcsökkentés, ismétlődési szám növekedése stb.).

A konstrukció kialakításnál a szerszámozás követelményeit már figyelembe lehetett venni. Így a méretpontosság is jobban tartható volt. Az ismétlődő elemekből adódó összevonható gyártással esetenként a középsorozat nagyságrendjét is biztosítani tudtuk. Ezáltal a gyártási idők is lényegesen megrövidültek. Nőtt a termelékenység és az átfutási idők csökkentek.

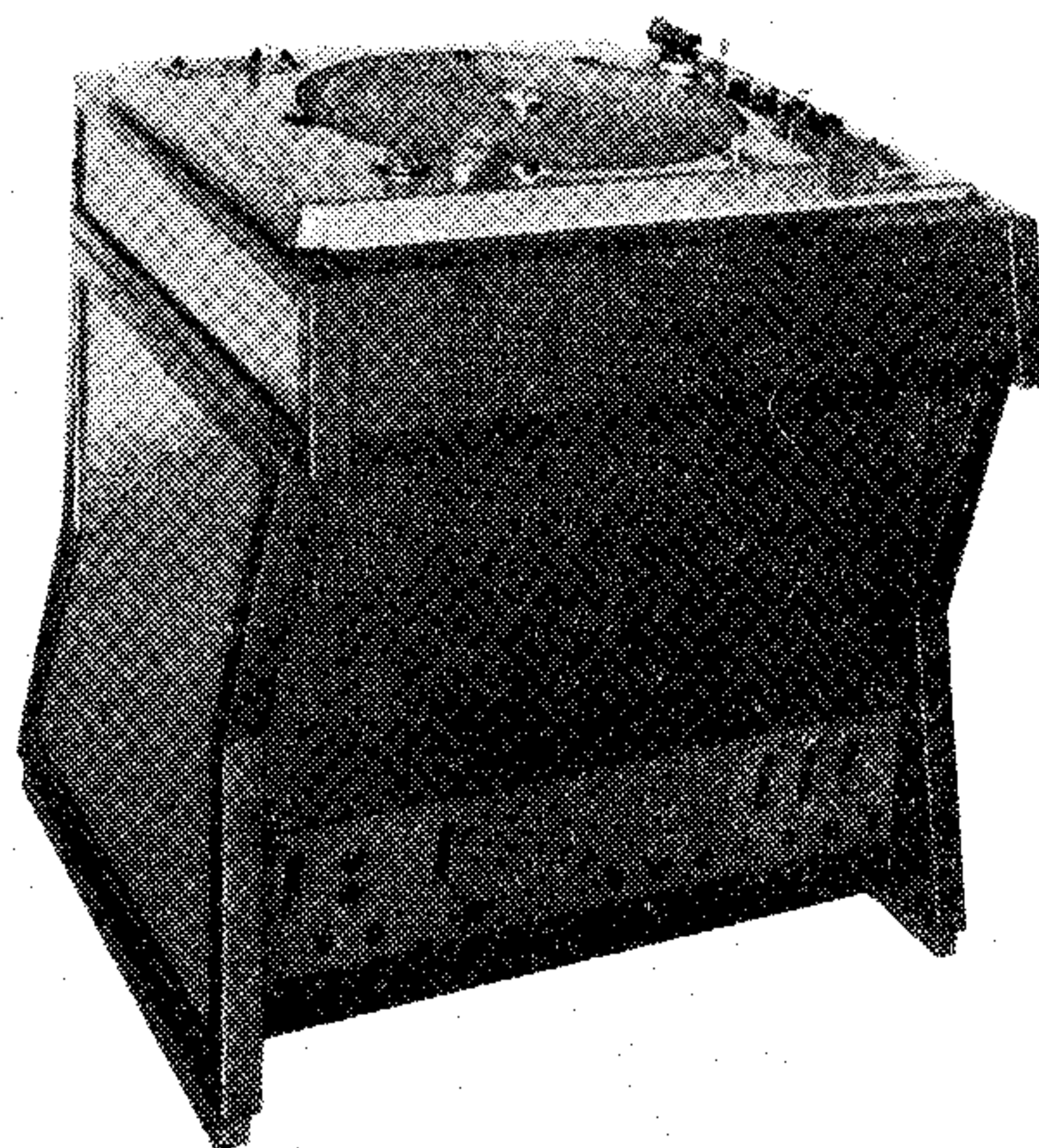
A kifejlesztett típusok specifikációs szintje ugrásszerűen megnőtt, a szerelvények cserélhetővé váltak és ezzel a kereskedelmi forgalmazhatóságot továbbjavítottuk.

A technológia kialakításakor már a helyes konstrukció megválasztása érdekében együttes munka folyt a technológiai és a konstrukciós osztályok között. A gyártási technológiák meghatározásánál egyre nagyobb szerepet kapott a gazdaságosság. Éppen ezért a szerszámozáson keresztül igyekeztünk műszaki és gazdasági előnyhöz jutni. A váz szerkezet építőelem rendszerénél fogva sorozat és egyedi szerelésre egyaránt alkalmas volt. Az építőelemek önállóan és alcsoportonként mechanikusan és elektromosan részszerelhetőek voltak. A rendszer termelésirányítási szempontból módot adott egy negyedéves előretartás legyártására. A tipizált rendszer ellenőrzési szempontból is könnyebbé tett.

Az előző pontokon túlmenően szeretnénk aláhúzni, hogy a tipizálás a váz szerkezetre vonatkozóan alapvetően új, sorozatjellegű technológiák kialakítását tette lehetővé; mind sajtola-



5. ábra



6. ábra

si, mind forgácsolási vonatkozásban. Ebben az időszakban megnövekedett a műanyagfelhasználás százalékos aránya is.

Ezt a tipizált vázrendszert már a konstrukció fázisában technológiailag úgy alakítottuk ki, hogy az alkalmazott szűk tűrésmezőt eredményező sajtolóstechnika feleslegessé tette az utólagos kézi illesztéseket. E tipizált váz szerkezettel kialakított néhány berendezést az 4., 5., 6. ábrán mutatjuk be.

### 3. Második generációs család

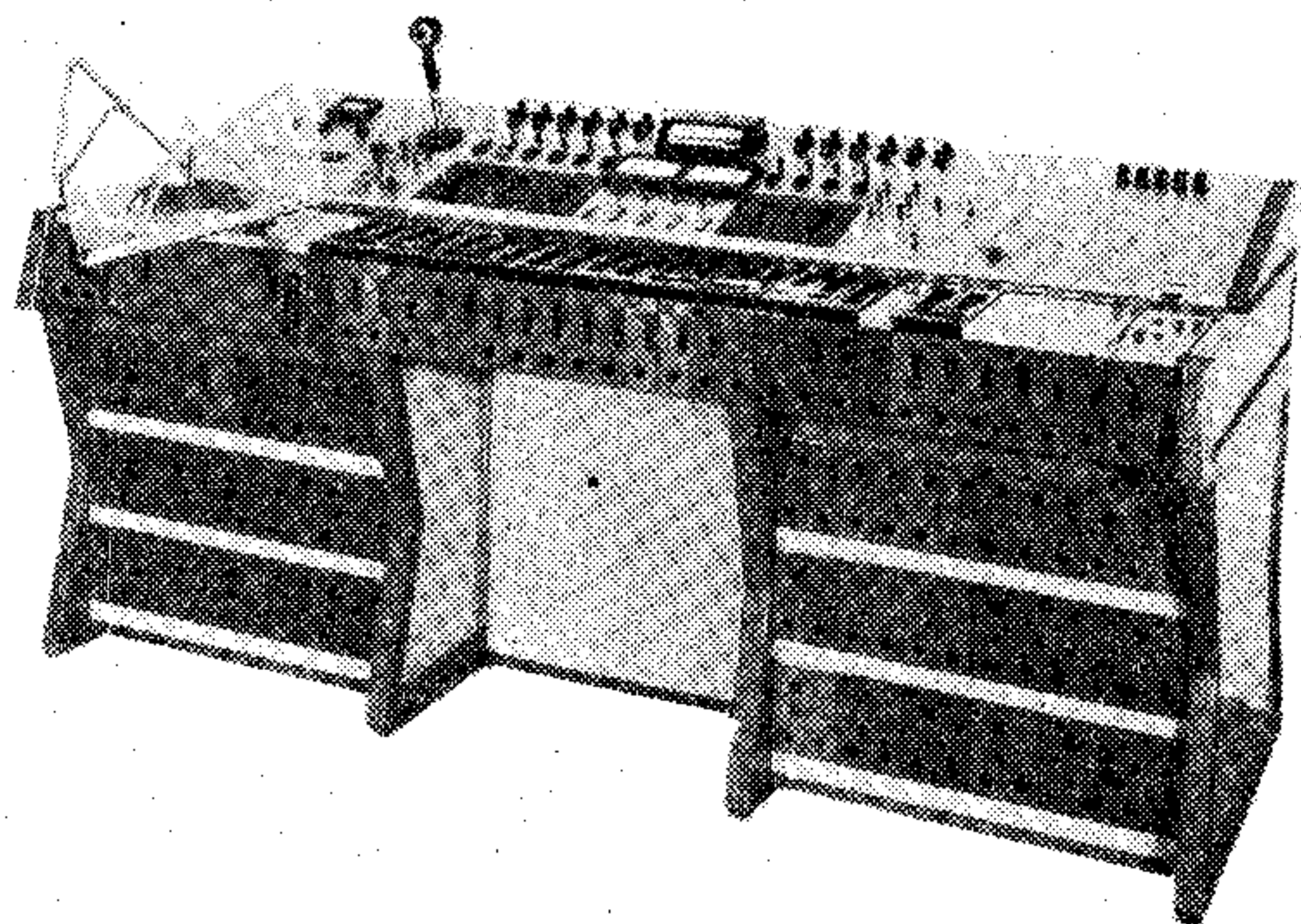
Az első generációs rendszer tipizálási tapasztalatait ennél a rendszerrel továbbfinomítottuk. Ezek főbb jellemzői:

*Elektromos területen:*

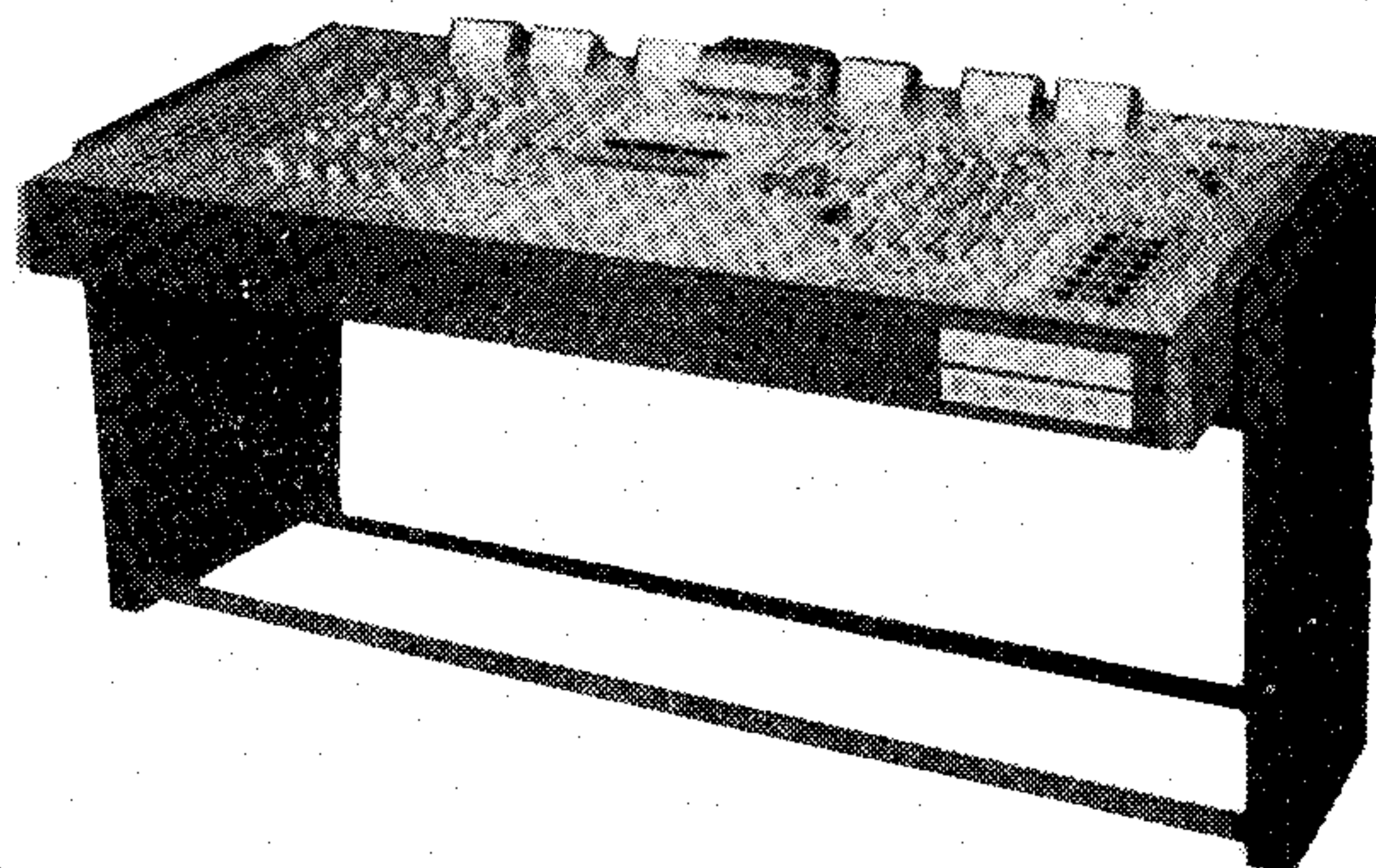
- tranzisztorteknika bevezetése,
- aranyozott kontaktusok bevezetése,
- a nagy méretű kábelkorbácsok kiiktatása az erősítők célszerű elhelyezésével,
- szabadalmazott megoldások alkalmazása.

*Mechanikus területen:*

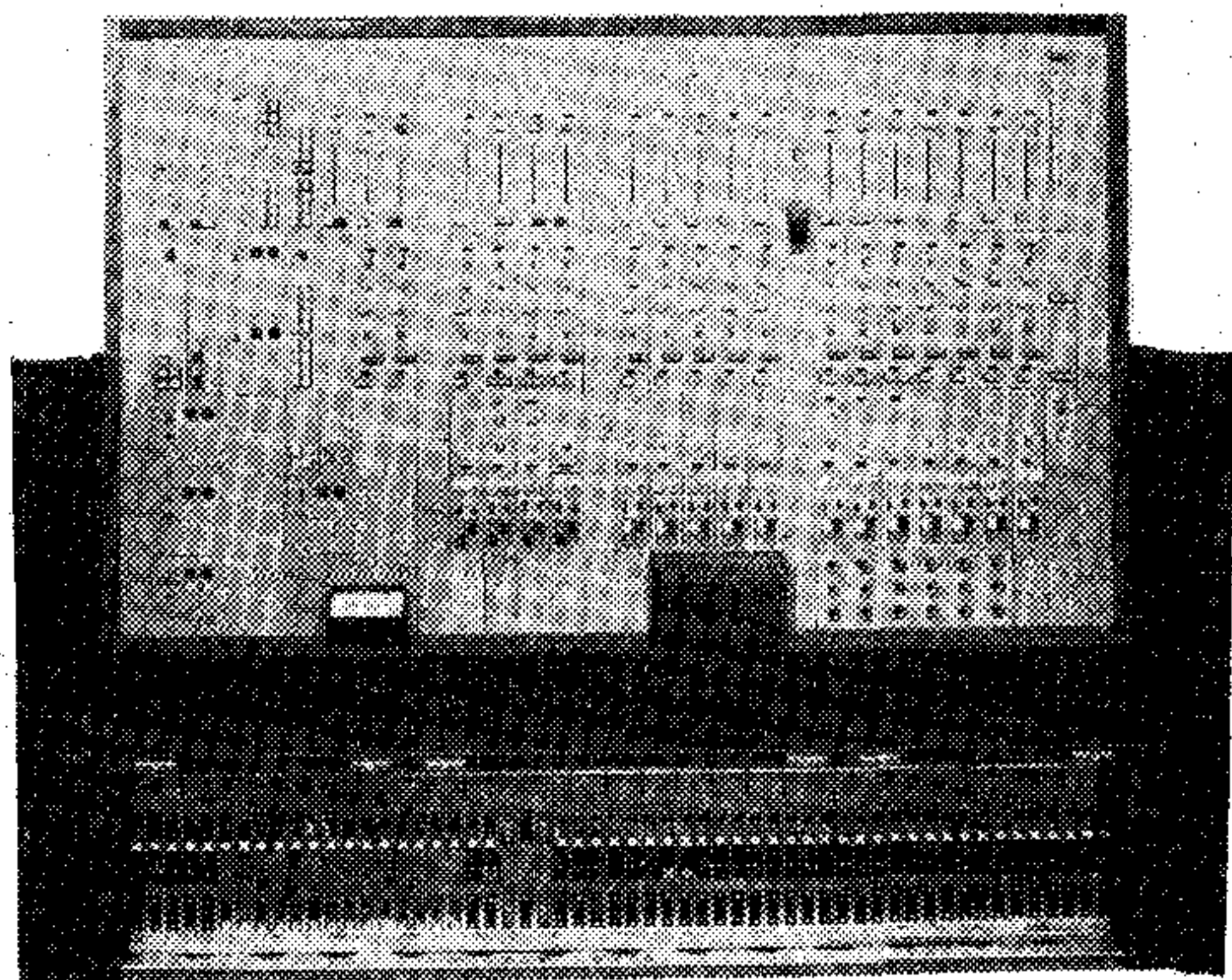
- vázrendszer tipizálásának bővítése egy dimenzióról két dimenzióra, variálható segéd egységek beépíthetőségével,



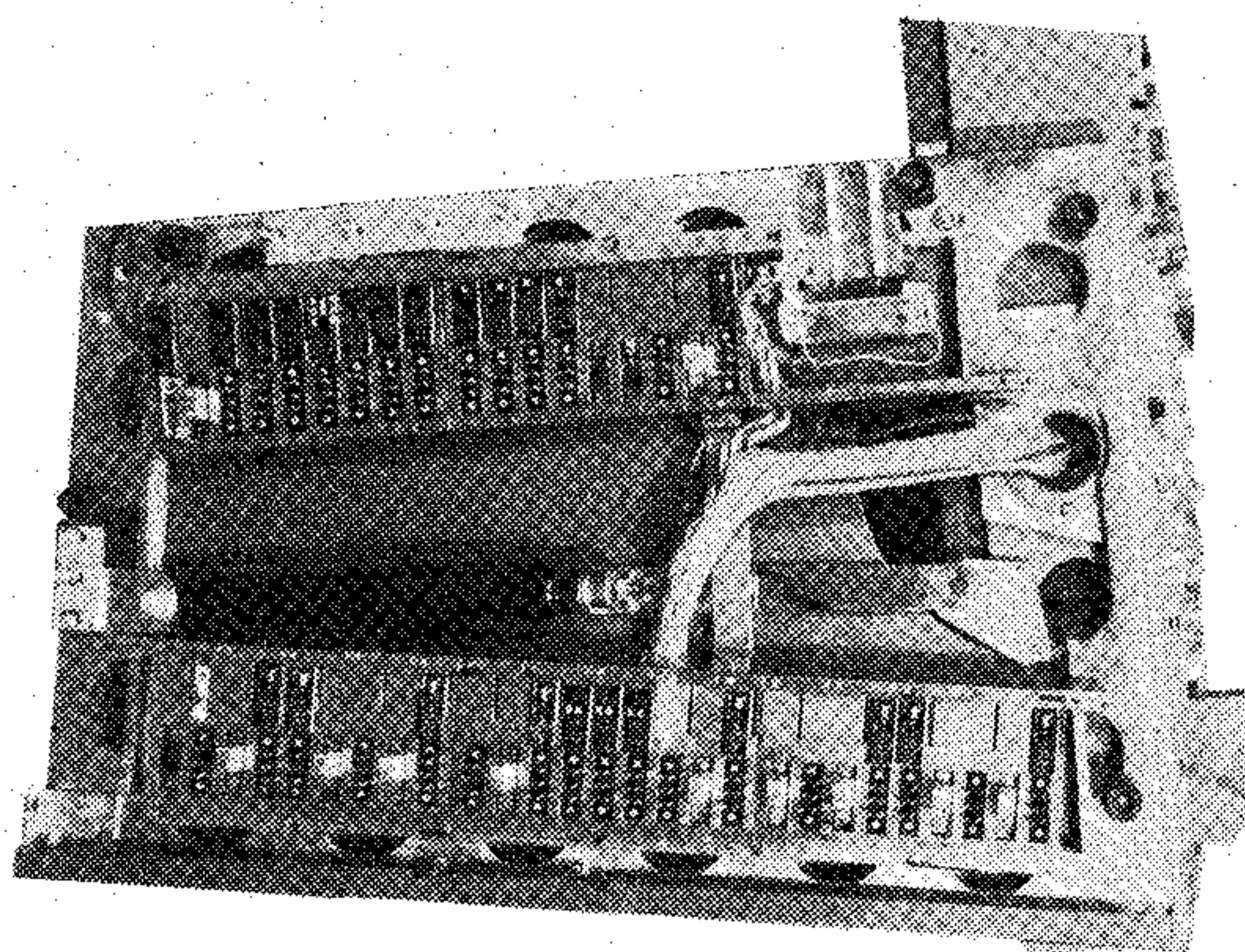
4. ábra



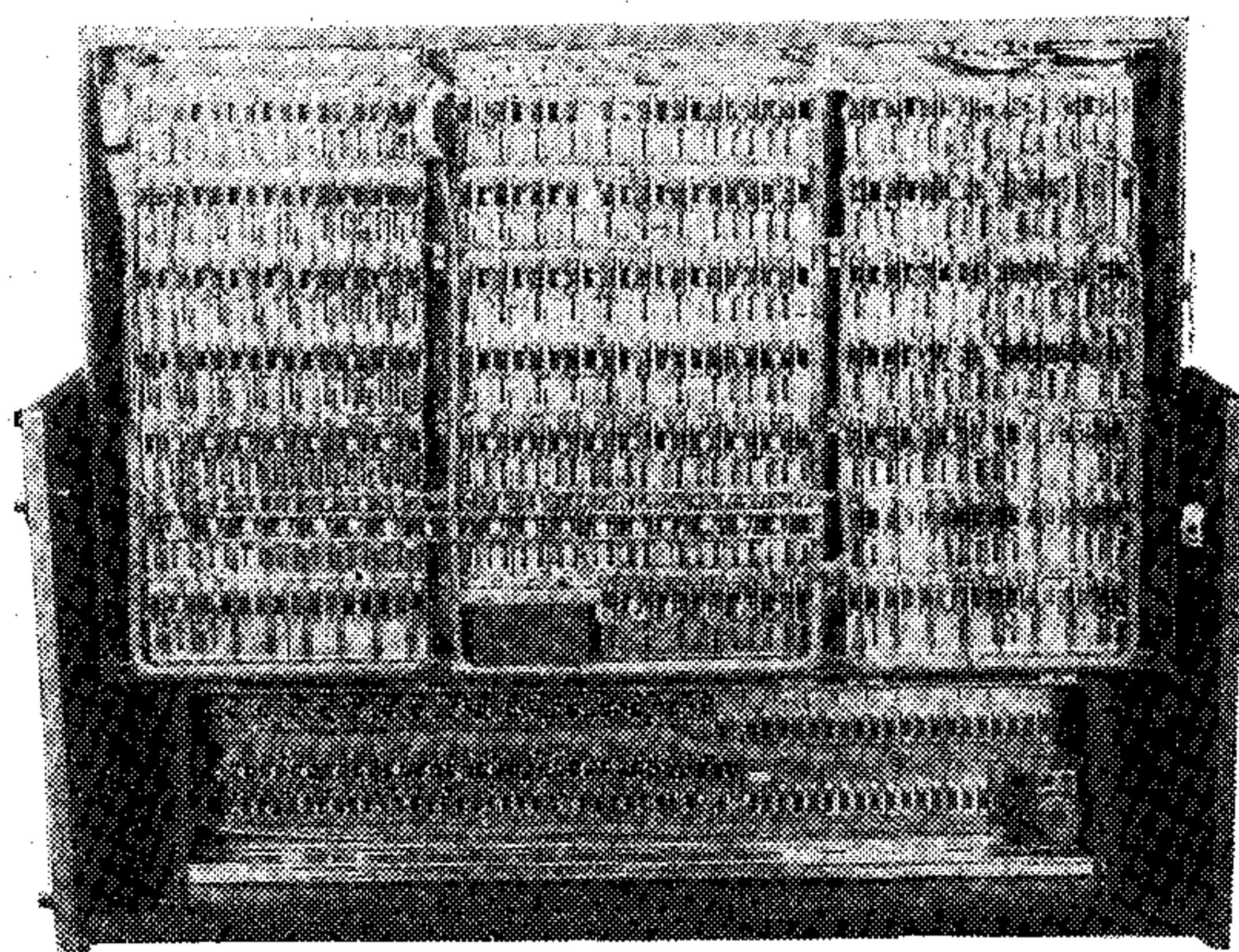
7. ábra



8. ábra



10. ábra



9. ábra

- kisebb méretek és súlyok, tűrésmezők csökkentése,
- szerszámozási fok lényeges növelése,
- szabadalmazott megoldások alkalmazása,
- műanyagok alkalmazásának további bővítése.

A második generációs berendezési tipizálási munkáit 1968-ban fejeztük be. E gyártmányok darabszáma, forgalmazási értéke az első tipizálási rendszerhez képest lényegesen megnőtt. A berendezések konstruálásakor – hasonlóan az első generá-

ciós családhoz – a konstrukciótechnológia közös munkája volt a jellemző, azonban, ennél a tipizált rendszerrel a technológiai szempontok mellett előtérbe került a felhasználó kezeléstechnikai igényeinek maximális kielégítése (adástechnika) és a kezelőszemélyek ergonómiai igényeinek teljesebb kiszolgálása is.

A második generációs család adatainak a további első generációs családdal, valamint az egyedi jellegű stúdióberendezésekkel kapcsolatos összefüggéseket az 1. táblázat tartalmazza. A második generációs tranzistorizált FIT rendszerünk néhány jellemző típusát a 7., 8., 9., 10. képeken mutatjuk be.

#### 4. A harmadik generációs család

(IC technika alkalmazása)

A magyar híradástechnikaipar a jelenlegi 5 éves tervben dolgozza fel ezt a témát, valamint most alakítjuk ki az IC technika technológiai előfeltételeit.

Jelenleg összefoglaló történelmi visszapillantó jelleggel erről a technikáról még nem írhatunk. Az azonban nyilvánvaló, hogy ez a technika finomabb tűréseket igényel. Az előzőkből világosan láthatjuk, hogy ez a technika csak a megfelelően előkészített technológiai szintre épülhet fel.

Kovács György Siminszky Fedor  
ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

### MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGI MUTATÓK TÁBLÁZATA

1. táblázat

	Régi stúdiórendszer	Tipizált stúdiórendszer	FIT stúdiórendszer
Éves gyártási darabszám	10 db alatt	70 db alatt	200 db alatt
Mechanikus alkatrészek száma	380	152	101
Egyedileg gyártott alkatrészek száma	350	32	0
Szerszámozott alkatrészek száma	41	111	101
Alkatrészek tömeggyártási fokának jellemző sorozatnagysága	400	8000	12 000
Gyártási idő	2400	1700	105
Felhasznált nyersanyagféleség	68	15	20
Szakt munkás szüks. %			45
betan.	0	35	30
közepes	30	35	25
kiváló	70	30	
Konstrukciós óra	4600	2400	40
Súly (kg)	350	190	40
Terület (m <sup>2</sup> )	2,7	1,3	0,8



(Folytatás a 187. oldalról)

A világ átlagos telefonsűrűsége: 7,1 készülék/100 lakós. A legnagyobb sűrűség az Amerikai Egyesült Államokban jelentkezik: 50 készülék/100 lakós, de még ez sem éri el a telítettséget. Az elmúlt 10 évben megkétszereződött a készülékek száma, s az elkövetkező 10 évben is ilyen mértékű növekedésre számítanak. Az Európai Gazdasági Közösség országai 1985-ig megháromszorozni szándékoznak a telefonállomások számát. Igen komoly piaci lehetőségek állnak tehát tartósan rendelkezésre. Ehhez azonban figyelembe kell venni, hogy a gyártás súlypontját a kvázielektronikus, tárolt programvezérlésű központoknak kell képezniük (pl. a továbbfejlesztett kvázielektronikus ATSZK központok). Az átlagosan 20 évenként bekövetkező generációváltás viszont már az időosztásos, teljesen elektronikus központokra történő áttéréshez szükséges fejlesztést sürgeti. (MTTI információ)

\*

A rádióműsor-vevők nemzetközi szinten értékelt, fontosabb fejlesztési törekvései a következők:

- A műsorvevők áramköreinek folyamatos automatizálása (újabb megoldások az AGC és az AFC mellett);
- a digitális hangolás megvalósítása integrált áramkörök alkalmazásával;
- integrált áramkörös KF erősítők elterjesztésének előkészítése;
- az AM vevőknél az egyoldalsávós vétel (szorzó demodulátoros és pilotfrekvenciára szabályozó áramkörös kiegészítéssel);
- a retrokonverziós elv alkalmazása, az első keverő oszcillátor által behozott frekvenciaváltozás kiküszöbölésére. (MTTI információ)

\*

A korszerű átviteltechnikai berendezésekre megadott CCITT ajánlások alapján, az elkövetkező 15 évben az alábbi főbb fejlesztési irányelvekkel kell számolni:

- A csatornaszám növelése (nagyfrekvenciás technika, miniatürizálás alkalmazása);
- a minőségi és átviteli jellemzők javítása (megbízhatóság fokozása, zajparaméterek javítása);
- időosztásos PCM rendszerek alkalmazásának biztosítása;
- az egységes, digitális hálózat kialakítása (integrált hálózatok).

E fejlesztési szempontok mintegy alapját képezik a nemzetközi viszonylatokban eladható, piacképes átviteltechnikai berendezések gyártásának. A szükséges műszaki-fejlesztési tevékenység tökeigényessége vitathatatlan. Célszerű tehát idejében felmérni a licencvásárlások és az egyéb kooperációk adta távlati lehetőségeket, s ennek megfelelően esetleges bontást végezni a hazai átviteltechnikai berendezések fejlesztési célkitűzései és gyártása terén. Az átviteltechnika alakulása és hazai fejlődésének elemzése — a külföldi információk alapján — azért igényel fokozott figyelmet, mert ez perspektivikusan az egyik legfontosabb eleme lesz az elkövetkező 20 évben kialakuló „információ-közlő iparnak”. (MTTI információ)

\*

Jugoszláviában azáltal kívánják elősegíteni a viszonylag drága színes televízió-vevőkészülékek elterjedését, hogy 5 éves időszakra bérleti szerződést kötnek a felhasználóval. A vásárló ennek megfelelően 5 éven keresztül bérlő a készüléket, ezután saját tulajdonába megy át. A bérleti díj tartalmazza a szervizköltséget, a gyártó cég vállalja az alkatrészcsere és meghibásodás esetén a készülékek gyors javítását. A bérleti rendszer első ízben — a színes televízió-vevőkészülékek esetében —

az NSZK-ban merült fel. Az előzetes felmérések során kétséget kizáróan megállapították, hogy ez a forma sokkal kedvezőbb a felhasználók számára, mint a vásárlási költségen biztosítása. E kísérletek tanulságait esetleg hazai vonatkozásban is hasznosítani lehet. (MTTI információ)

\*

Prognózist készítettek Angliában annak elemzésére, hogy miként alakul az elektroncsőgyártás és a félvezetőgyártás egymáshoz viszonyított helyzete. Az elemzési és adatgyűjtési időszak 1966-tól 1969-ig terjedt, az ellenőrző év az 1970-es volt, valamint az 1971. év első három negyedéve. A felmérés az alábbiakat eredményezte:

	millió £-ban				
	1966	1967	1968	1969	1973
elektroncsövek	47,3	47,9	52,0	55,0	46,0
félvezetők, integrált áramkörök	31,6	33,3	40,0	51,0	75,0

Az 1971. évi közlések szerint a félvezető-eszközök forgalma már meghaladja az elektroncsövek forgalmát. A teljesség kedvéért utalni kell arra, hogy az elektroncsőipar forgalmában nemcsak a vevőcsövek adatai szerepelnek, hanem az adócső, elektronsugárcső, képfelvevőcső és kijelzőcső értékesítés is bennfoglaltatik. (MTTI információ)

\*

A jövő telefonkészüléke a billentyűs kivitelű készülék, amely egyben egyszerű adatközlő végződésként is szolgálhat. A billentyűs készülékekről a számjegyek kódoltan, a billentyűk megnyomásával jutnak el a telefonközpontba. A billentyűs készülékek második generációjaként olyan egységek fognak kialakulni, amelyek már a világviszonylatú előfizetői távvalasztást is lehetővé teszik.

Az első generációs készülékek legfeljebb 10–12 billentyűt fognak tartalmazni, a második generációsak viszont mintegy 15-öt. Mindkét készülékgenerációnál számolnak azzal, hogy a számjegyek beadása mellett még további jelzéseket is le kell majd adniuk. A hosszabb hívószámok billentyűzhetőségével a tárcsázáshoz képest növekedik a számjegyek beadásának sebessége és egyben a tévesztés valószínűsége is csökken. Ez főleg a viszonylag drágább, nagy távolságú kapcsolásoknál nagy fontosságú.

A billentyűs készülékek közvetlenül csatlakoztathatók a számítógépekhez. Amennyiben az első generációs kiviteleknél erre még nem lenne mód, a csatlakoztatás — külön kívánságra — adapter segítségével megoldható. Az adapteres csatlakoztatásra azonban csak akkor kerül sor, ha a készülékek ára a jelenleg tervezettet meghaladja.

Már az első generációs kiviteleknél is tökéletesíteni kívánják a hangátalakítást. A jelenleg alkalmazott mikrofon és hallgató helyett tökéletesebb átalakítókat használnak fel. Feltehetően elhelyeznek majd a készülékben erősítőt is. Olyan automatikákat is terveznek, amelyek a gyakrabban hívott előfizetők számára tárolására és automatikus, billentyűzés nélküli hívására alkalmasak. Ezzel tovább csökkenthető a hívási tévedések száma. (MTTI információ)

\*

Londoni körökben szükségesnek látták felülvizsgálni az eddigi elektronikai kiállítások során tett ráfordításokat, valamint a bemutatók eredményeként nyert hasznot. Megállapították, hogy az elektronikus kiállítások és bemutatók szervezési, építési és egyéb költségei nem állnak arányban az ezek által hozott haszonnal. Határozat született arra vonatkozóan, hogy a közeljövőben drasztikusan csökkenteni kell a kiállítási területek nagyságát és azok beépítését. (Radio-Mentor Elektronik 1971. 9. sz.)

## Tartalmi összefoglalások

ETO 621.315.592.4:621.382.3:681.325.65

Baranyai A.:

**MOS logikai rendszerek statikus és dinamikus tulajdonságai**

HÍRADÁSTECHNIKA XXIII. (1972) 6. sz.

A cikk első részében a MOS logikai rendszerek statikus tulajdonságait vizsgálja. Megállapítja, hogy az egységek bemenő logikai szintjeit főleg a tranzisztorok  $V_T$  küszöb feszültsége és  $g_m$  meredeksége, a kimenő szinteket a kapcsoló-tranzisztor és a munkaellenállás-tranzisztor  $L/W$  (csatornahosszúság/csatornaszélesség) arány-számának viszonya határozza meg. A dinamikus tulajdonságokat elsősorban a terhelő kapacitások és a munkaellenállás-tranzisztorok (esetleg ohmos munkaellenállások) vagy a nyitó üzemmódban dolgozó kapcsoló tranzisztorok ellenállása által alkotott időállandók határozzák meg.

ETO 621.316.722.1.027.3

Cseh K.:

**Kapcsoló üzemi stabilizátor**

HÍRADÁSTECHNIKA XXIII. (1972) 6. sz.

A cikk impulzus frekvencia modulációs elven működő nagyfeszültségű és jó hatásfokú feszültségstabilizátort ismertet. Tárgyalja a kimenőfeszültség széles határok között történő változtatásának lehetőségét. Részletesen ismertet egy megépített stabilizátorkapcsolást.

## Обобщения

ДК 621.315.592.4:621.382.3:681.326.65

Баранай, А.:

**Статистические и динамические свойства логических схем МОП**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIII. (1972) № 6

В первой части статьи рассматриваются статистические свойства логических систем МОП. Установлено, что входные логические уровни блоков определяются главным образом пороговым напряжением  $V_T$  и крутизной  $g_m$  транзисторов, а выходные уровни отношением  $L/W$  (длина канала/ширина канала) транзисторов коммутационного режима и нагрузкой рабочего сопротивления. Динамические свойства определяются в первую очередь постоянными времени, созданными из нагрузочных емкостей и сопротивлений транзисторов, работающих в коммутационном или нормальном режиме.

ДК 621.316.722.1.027.3

Чех, К.:

**Стабилизатор коммутационного режима**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIII. (1972) № 6

Статья описывает стабилизатор напряжения, работающий по принципу импульсно-частотной модуляции. Рассматривается возможность изменения выходного напряжения между широкими пределами. Подробно излагается схема осуществленного стабилизатора.

ДК 518.5:681.32:800.92

Бохуш, М.:

**Применение символических языков к функциональной и параметрической симуляции цифровых систем**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIII. (1972) № 6

Статья рассматривает принципиальные вопросы построения и применения символических языков. Испытываются основные блоки, состояния, а также условные и безусловные операции, исполняемые между ними. Дан метод структурального описания управлений в случае исполнения операций разом и группами во времени. Симуляция распространяется с функционального моделирования на параметрическое моделирование и решается метод искания синхронизации.

ETO 518.5:681.32:800.92

Bohus M.:

**Символические языки felhasználása digitális rendszerek funkcionális és parametrikus szimulációjára**

HÍRADÁSTECHNIKA XXIII. (1972) 6. sz.

A cikk szimbolikus nyelvek felépítésének és alkalmazásának általános elvi kérdéseivel foglalkozik. Megvizsgálja a deklarációs alap-egységeket, állapotokat, valamint a közöttük végrehajtható feltételes és feltétlen műveleteket. Megadja a vezérlések strukturális leírásának módját időben egyszeres és csoportos műveletvégzés esetén. A szimulációt kiterjeszti a funkcionális modellezéstől a parametrikus modellezésre és megoldja az időzítések kezelésének módját.

ETO 681.32.001.4:800.92 SUBSET

Bohus M.—Dr. Németh G.—Trón T.—Varró L.:

**A SUBSET szimulációs nyelv digitális rendszerek funkcionális vizsgálatára**

HÍRADÁSTECHNIKA XXIII. (1972) 6. sz.

A cikk az SZKI—SIEMENS 4004/45 gépre készült szimulációs nyelvről, a SUBSET-ről számol be. Ismerteti a nyelv jellemzőit, alapelemeit, ezek meta-nyelvi definícióit és a teljes utasításkészletet az utasítások értelmezésével. Adatokat közöl az értelmező program működéséről, korlátairól, majd néhány alkalmazási lehetőséget említ.

## Zusammenfassungen

DK 621.315.592.4:621.382.3:681.325.65

Baranyai, A.:

**Statische und dynamische Eigenschaften der MOS Logik-Systeme**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

In dem ersten Teil des Artikels werden die statischen Eigenschaften der MOS Logik-Systeme untersucht. Es wird bestätigt, dass die Logik-Pegel am Eingang hauptsächlich durch die Schwellenspannung  $V_T$  und Steilheit  $g_m$ , die Ausgangspegel durch das Verhältnis  $L/W$  (Kannallänge/Kanalbreite) bei Schalttransistoren und Arbeitswiderstand-Transistoren bestimmt wird. Die dynamischen Eigenschaften werden zuerst durch die Zeitkonstante der Belastungskapazitäten und der Widerstände der Arbeitswiderstandstransistoren oder bei Schalttransistoren, bestimmt.

DK 621.316.722.1.027.3

Cseh, K.:

**Stabilisator im Schaltbetrieb**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

In dem Artikel wird ein Spannungsstabilisator mit hoher Spannung und gutem Wirkungsgrad, der nach dem Prinzip der Impulsfrequenzmodulation funktioniert, erörtert. Es werden die Möglichkeiten der Veränderung der Ausgangsspannung zwischen breiten Grenzen zerlegt. Eine gebaute Stabilisationsschaltung wird eingehend erörtert.

DK 518.5:681.32:800.92

Bohus, M.:

**Andwendung der symbolischen Sprachen zur funktionaler und parametrischer Simulation von digitalen Systemen**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

In dem Artikel werden die allgemeinen Grundprobleme der Konstruktion und Anwendung der symbolischen Sprachen erörtert. Die erklärten Grundeinheiten, Zustände und die zwischen ihnen ausführbare bedingte und unbedingte Operationen werden untersucht. Die Methode der strukturellen Beschreibung der Steuerungen ist gegeben im Falle von Durchführung der Operationen in einfacher Weise oder gruppenweise in der Zeit. Die Simulation wird von der funktionellen Modellierung auf die parametrische Modellierung verbreitet und die Behandlungsmethode der Zeitpunktbestimmung wird gelöst.

ДК 681.32.001.4:800.92 SUBSET

Бохуш, М.—Д-р Немет, Г.—Трон, Т.—Варро, Л.:

**Язык симуляции SUBSET для функционального испытания цифровых систем**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIII. (1972) № 6

Статья дает отчет о языке симуляции SUBSET, изготовленном для ЭВМ типа SZKI—SIEMENS 4004/45. Излагаются характеристики, основные элементы языка, их определения в мета-языке, а также полный комплект указаний с их толкованием, далее данные по функции, пределам программы толкования и наконец упоминаются несколько возможностей применения.

#### Summaries

UDC 621.315.592.4:621.382.3:681.325.65

Baranyai, A.:

**Static and Dynamic Properties of MOS Logic Systems**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

In the first part of the paper the static properties of MOS logical circuits are examined. It is stated that the input logic levels of the units are determined especially by the threshold voltage  $V_T$  of the transistor and its slope  $g_m$ , the output levels are determined by the ratio of the pull up and the pull down resistor L/W (length of the canal/width of the canal). The dynamic properties are determined first by the time constants formed by load capacitance and resistance of the working load type transistors or the commutation type transistors.

UDC 621.316.722.1.027.3

Cseh, K.:

**Stabiliser in Commutation Service**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

A voltage stabiliser with high voltage and good efficiency operating on the principle of pulse frequency modulation is presented. The possibility of the variation of the output voltage between wide limits is discussed. A realized stabiliser circuit is presented in detail.

UDC 518.5:681.32:800.92

Bohus, M.:

**Use of Symbolic Languages for the Functional and Parametric Simulation of Digital Systems**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

The paper deals with the general theoretical questions of the composition and application of symbolic languages. The declarable basic units, conditions and the conditional and unconditional operations to be made between them are examined. The method of the structural description of controls is given in case of single or group operation in time. Simulation is spread out from the functional modelling to the parametric modelling and the method of handling the timing is solved.

UDC 681.32.001.4: 800.92 SUBSET

Bohus, M.—Dr. Németh, G.—Trón, T.—Varró, L.:

**Simulation Language SUBSET for the Functional Examination of Digital Systems**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

The paper gives account of the simulation language SUBSET prepared for the computer SZKI—SIEMENS 4004/45. The characteristics and basic elements of the language, their meta-language definitions and the complete set of instructions with the interpretation of instructions are presented. Data are given concerning the operation of the instruction program, its limitations and further some possibilities of application are mentioned.

DK 681.32.001.4:800.92 SUBSET

Bohus, M.—Dr. Németh, G.—Trón, T.—Varró, L.:

**Simulationsprache SUBSET zur funktionellen Prüfung von Digitalsystemen**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

Der Artikel erörtert die zur Rechenmaschine SZKI—SIEMENS 4004/45 ausgearbeitete Simulationsprache. Es werden die Charakteristiken, die Grundbegriffe der Sprache und deren Definitionen, der Meta-Sprache und der ganze Instruktionssatz mit der Interpretation der Instruktionen erörtert. Es werden Angaben über die Funktion des Interpretationsprogramms und deren Beschränkungen mitgeteilt und zuletzt werden einige Anwendungsmöglichkeiten beschrieben.

#### Résumés

CDU 621.315.592.4:621.382.3:681.325.65

Baranyai, A.:

**Propriétés statistiques et dynamiques des systèmes logiques MOS**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

L'article examine dans la première partie les propriétés statiques des systèmes logiques MOS. On peut constater que les niveaux d'entrée logiques sont déterminés par la tension de seuil  $V_T$  et la pente  $g_m$  des transistors, les niveaux de sortie par le rapport L/W (longueur du canal/largeur du canal) des transistors à fonction de commutation et à charge de résistance de régime. Les propriétés dynamiques sont déterminées d'abord par les constantes de temps formées par les capacités de charge et les résistances de régime ou les résistances de charge respectivement.

CDU 621.316.722.1.027.3

Cseh, K.:

**Un stabilisateur à régime de commutation**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

L'article expose un stabilisateur pour hautes tensions et de haut rendement fonctionnant selon le principe de modulation de fréquence. La possibilité de la régulation de la tension de sortie entre amplitudes limites est traitée. Un circuit de stabilisateur réalisé est décrit en détail.

CDU 518.5:681.32:800.92

Bohus, M.:

**Utilisation des langues symboliques pour la simulation fonctionnelle et paramétrique des systèmes numériques**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

L'article traite les questions théoriques générales de la composition et application des langues symboliques. Les blocs fondamentaux à déclarer, les états, ainsi que les opérations conditionnelles et inconditionnelles entre ceux-ci sont examinés. La méthode de la description structurale des commandes est donnée, en cas de l'accomplissement des opérations en même temps et par groupes. La simulation est étendue du modelage paramétrique et la méthode du traitement de la synchronisation est aussi résolue.

CDU 681.32.001.4:800.92 SUBSET

Bohus, M.—Dr. Németh, G.—Trón, T.—Varró, L.:

**Langue de simulation SUBSET pour l'examen fonctionnel des systèmes numériques**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIII. (1972) № 6

L'article rend compte de la langue de simulation SUBSET, préparée pour l'ordinateur SZKI—SIEMENS 4004/45. Les caractéristiques fondamentales, leur définitions de méta-langue et l'assortiment complet des instructions avec l'interprétation de celles-ci sont exposés. Il y a des données en ce qui concerne la fonction du programme d'interprétation, ses limites, ainsi quelques possibilités d'application sont mentionnées.

