

IT jelű DC/DC kapcsolóüzemű tápegységcsalád

BALOGH DEZSŐ
BHG

BEVEZETÉS

A BHG Híradástechnikai Vállalat kutatói és fejlesztői által kidolgozott — napjainkban gyártásban levő — tárolt programvezérlésű elektronikus alközpontokkal (EP) kapcsolatban már több ismertető és publikáció is napvilágot látott. Az eddigiek során megjelent írások azonban nem tértek ki részletesen a központok egyik lényeges egységcsoportjára, a szekunder feszültségátalakítókra, melyek a központok elektronikus áramköreinek közvetlen tápfeszültség-ellátó berendezései. Ezek az egységek nem tartoznak ugyan a telefonos szolgáltatásokat megvalósító áramkörü egységek közé, de a rendszer kifogástalan működésének alapvető meghatározói.

A tranzisztor felfedezése (Bell Laboratórium, J. Bardeen, W. Bratton, W. Shockley) döntő fordulatot jelentett az elektronikai alkatrész és berendezés gyártó iparban. Az elektronikus technika kibővülésével növekedtek az áramellátással szemben támasztott követelmények is. A legkisebb méretek, a legkisebb veszteségek, valamint az összetett szabályozási karakterisztikák új készülékeket és alkatrészkonceptiókat követelnek. Példa erre a kapcsolóüzemű tápegységek széles körű felhasználása. Az áramellátási technikának a jövőbeni továbbfejlődése lényegében a teljesítményfelvezető-technika fejlődésétől függ. Tekintve, hogy e technika állandó fejlődésben van, számolni lehet az áramellátó területén jelentkező újabb eredményekkel.

Az elektronikus tárolt programvezérlésű telefonközpontok fejlesztése kapcsán kapcsolóüzemű feszültségátalakítók fejlesztése is folyt a BHG-ban. A munka egyik eredményeként jött létre az IT jelű DC/DC feszültségátalakító család, amely az eddigi igényeknek megfelelően 11 tagot számlál.

A továbbiakban ezen egységek fejlesztési célkitűzései és azokat megvalósító áramkörök általános ismertetésére kerül sor.

ÁLTALÁNOS CÉLKITŰZÉSEK

A fejlesztési feladatok kitérésre számos gondolat fogalmazódott meg, figyelembe véve a nemzetközi és postai előírásokat, az alkalmazási és felhasználói igényeket is. Ezek közül a fontosabbak a következők voltak:

Konstrukcióban:

- azonos felépítés,
- dugaszolható kivitel,
- mechanikusan kódolt csatlakozás,
- moduláris felépítés,
- biztosíték, kapcsoló, vizuális jelzések és mérési pontok az előlapon, és
- a központ konstrukciós igényeinek megfelelő méretek.

Elvi, elektromos jellemzők:

- kapcsolóüzemű forward elrendezés,
- egy vagy két egymástól független kimenet, melyek egymástól és a bemenettől is galvanikusan szétválasztottak,
- maximális terhelhetősége 60 W,
- a kimenetek terhelhetőségi aránya $N_{U1}/N_{U2} = 10$,
- a szabályozás pontossága jobb mint 1%,
- működési tartomány ($U_{Tn} \pm \Delta U$) a központok igényeinek megfelelően (U_{Tn} = névleges bemenő feszültség),
- csatlakozó védelem bedugaszolásakor,
- bemeneti túlfeszültség-védelem,
- bemeneti indulóáramkorlát,
- bemeneti alacsonyfeszültség-védelem,
- működés közben emberi fül számára hallható hang nem keletkezik,
- bármely kimeneti feszültség megszűnése esetén a másik kimeneti feszültség is megszűnik,
- vizuális és elektromos alarmjelzések,
- távkapcsolhatóság,
- soros automatikus bekapcsolás,
- automatikus kimeneti zárlatvédelem,
- kimeneti feszültségvédelem,
- külső pontról távszabályozható,
- beállítható túláramvédelem U_1 -en,
- megszakítás nélküli terhelőáram-mérés U_1 -en,
- előlapról mérhető U_1 , U_2 értéke a kimeneti csatlakozón, és
- a főbb egységek önállóan beállíthatók és vizsgálhatók.

Környezetre gyakorolt hatása:

- megfelel a KPMSZ P 263.8—76 szabvány előírásainak (rádiófrekvenciás zavar).

Megengedett környezeti hőmérséklet: -5 °C-tól $+60$ °C-ig.

Egyebekben a KGST POTÁB előírásai a mérvadóak.

AZ IT CSALÁD TAGJAI

A felmerült igények alapján a következő típusok kerültek kidolgozásra:

IT5	IT12/12
IT5/5	IT15
IT5/28,5	IT24
IT6/12	IT24/12
IT9	IT24/28,5
IT12	

Az IT betűjel utáni számok az U_1 , ill. U_2 kimeneti feszültség értékét jelölik.

AZ IT CSALÁD TAGJAINAK KONSTRUKCIÓS JELLEMZŐI

Az IT család tagjai 4E magasságú kártyarekeszbe illeszthető, perforált vaslemezről és alugrafikai előlapból álló rack rendszerű zárt fémdobozba épített egységek.

Befoglaló méreteik: $235 \times 150 \times 67$ mm

Tömegük: 28 N

Egy 19"-os kártyarekeszben 6 db egység helyezhető el. Hátlapján 2 db 8 pontos keses csatlakozóval csatlakozik a kártyarekeszhez. Előlapján szerelt fül teszi lehetővé kihúzását.

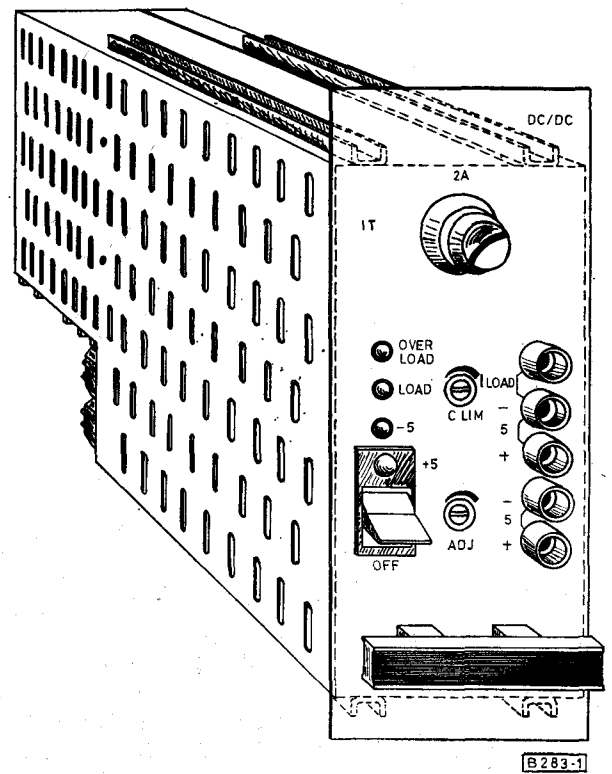
A vaslemezről hajlított hátlap és a vaslemezről és alugrafikai lemezről álló előlap hordozza a nyák lemezeket és egyéb alkatrészeket. A hátlapra csavarokkal van rögzítve a két 8 pontos csatlakozó, egy mikrokapcsoló és az U_1 feszültségkimenet egyenirányító diódáinak és a végfokozat teljesítménykapcsoló tranzisztorának hűtőbordája. A palást csavarokkal rögzíthető az előlaphoz.

Egy teljes kiépítésű egység 5 db kétoldalasan furatfémezett nyák lemezt tartalmaz (OP, CS, JN2, OV, LS).

Az egyes funkcionális egységek külön dugaszolható nyák lemezen helyezkednek el.

A csatlakoztatás mechanikus kódeleme a 2 db 8 pontos dugaszra szerelt négy csap. Ez biztosítja, hogy minden típus csak a saját helyére dugaszolható. Az üzem közbeni gyors csere alkalmával megakadályozza, hogy nem megfelelő kimenettel rendelkező egység legyen bedugaszolva. Az előlapon szerelt elemek a következők:

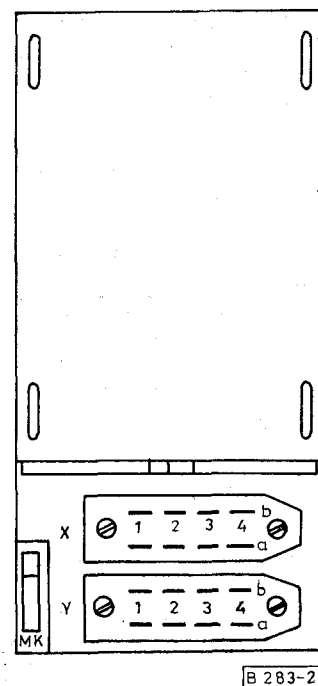
- a bemeneti túláramvédelem olvadó biztosítóka,
- az energiaátvitel ki-, bekapcsolója,
- a csatlakozón levő U_1 , U_2 feszültségek mérésére szolgáló banánhüvelyek,
- a megszakítás nélküli (U_1) terhelőáram mérésére szolgáló banánhüvelyek,
- a túlterhelést, az U_1 , U_2 kimeneti feszültségek jelenlétét és az U_1 kimeneten terhelést jelző LED-ek és
- az U_1 kimeneti feszültség áramkorlát-beállítása, valamint a névleges U_1 kimeneti feszültség $\pm 10\%$ -os változtatására szolgáló potenciométerek.



1. ábra. IT tápegység sematikus képe

Az egység sematikus képe az 1. ábrán látható.

Az egység hátulnézeti sematikus rajza a 2. ábrán látható.



2. ábra. IT tápegység sematikus hátulnézeti képe

Az X, Y csatlakozók pontjai az alábbiak szerint vannak bekötve:

Xa1	48 V	
Xb1	-48 V	bemeneti feszültség pontok
Xa2	-U ₂	
Xb2	+U ₂	U ₂ kimeneti feszültség pontok
Xa3,4	+U ₁	
Xb3,4	-U ₁	U ₁ kimeneti feszültség pontok
Ya1	- szab.	
Ya2	+ szab.	U ₁ külső szabályozó pontok
Yb1	AL	
Yb2	AL	U ₁ +U ₂ elektromos alarmjelzések pontjai
Ya3	LB	bejövő indítás indítójel csatlakozási pontjai (48 V földpont)
Yb3	LK	kimenő indítás indítójel csatlakozási pontjai (48 V földpont)
Ya4		házföldelési pont
Yb4	TAL	terhelés alarmjelzés pontja (48 V földpont)

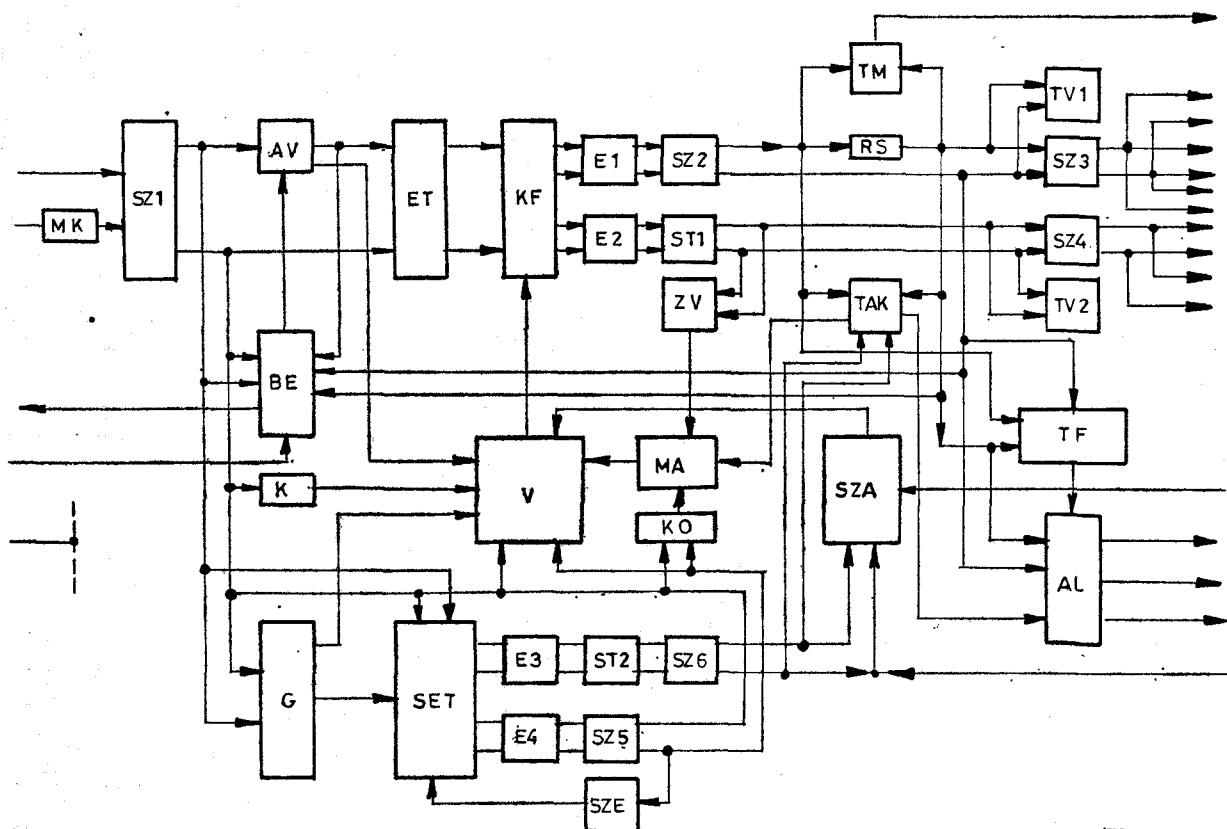
A 2. ábrán jelölt MK a bemeneti feszültség mikrokapcsolója, amely bedugaszoláskor automatikusan kapcsol.

ELVI, ELEKTROMOS JELLEMZŐK

Az elvi struktúrát és a működés funkcionális rész-áramköreit a 3. ábrán látható blokkdiagram tartalmazza.

A 3. ábra jelöléseinek értelmezése:

MK	bemeneti mikrokapcsoló
SZ1	bemeneti szűrő
SET	segéd feszültség teljesítmény végfok
E3	egyenirányító áramkör
E4	egyenirányító áramkör
ST2	analóg stabilizátor
SZ5	szűrőáramkör
SZ6	szűrőáramkör
SZE	visszacsatolás
ET	energiatároló
AV	áramkorlátozó
BE	bekapcsoló egység
KF	teljesítmény végfok
V	vezérlőáramkör
K	kapcsoló
SZ	feszültség szabályozó áramkör
E1	egyenirányító áramkör
E2	egyenirányító áramkör
SZ2	szűrő
ST1	stabilizátor
RS	söntellenállás
TM	terhelésmérő
TV1	U ₁ túlfeszültségvédő áramkör
TAK	terhelő áramot korlátozó áramkör
MA	memória áramkör
ZV	zárlatvédő áramkör
KO	újraindító áramkör
TV2	U ₂ túlfeszültségvédő áramkör
SZ3	U ₁ kimeneti szűrő
SZ4	U ₂ kimeneti szűrő
TF	terhelés-figyelő áramkör
AL	alarmáramkör



3. ábra. IT tápegység blokkvázlata

A részáramkörök szerepét, feladatát, valamint a célkitűzések megvalósítását a tömbvázlat alapján tekintjük át.

BEMENETI MIKROKAPCSOLÓ (MK)

Az egység helyére való bedugaszolásakor a csatlakozók érintkezésének első pillanatában a mikrokapcsoló nyitott, a bemeneti primer feszültség ezáltal nem jut be a belső áramkörökbe. Nincs áramfelvétel, így szikrázások sem keletkezhetnek a csatlakozó pontokon. Továbbdugaszolásakor — amikor az érintkezés már megfelelő — automatikusan zár a mikrokapcsoló és ekkor kapnak feszültséget a belső áramkörök. Kihúzáskor a folyamat ellentétes irányú. Ilyen módon a mikrokapcsoló biztosítja a csatlakozó védelmét a feszültség alatt levő rendszerekben az IT egységek ki- és bedugaszolásakor.

BEMENETI SZŰRŐ (SZ1)

A nagyfrekvenciás szűrő megakadályozza, hogy a működés során keletkező belső zavarjelek kijussanak a primer táprendszerre és ott rádiófrekvenciás zavarokat okozzanak.

SEGÉDFESZÜLTSGÉK ÁRAMKÖREI

A belső vezérlő, figyelő és szabályozó áramkörök számára szükséges tápfeszültséget egy kis teljesítményű, két kimenetű, DC/DC szabályozott feszültségátalakító biztosítja. Segédfeszültségek: -5 V DC a bemeneti primer feszültséghez képest, valamint $+12$ V DC a kimeneti U_1 -hez képest, amelyik galvanikusan izolált a bemeneti primer feszültségtől. A segédfeszültség áramkör részáramkörei: G, SET, E3, E4, ST2, SZ5, SZ6, SZE.

A kapcsolójel alaposzcillátora (G), relaxációs oszcillátor, amely két kimenettel rendelkezik:

- segédfeszültség teljesítményfokozatának vezérlésére (SET) és
- a vezérlőáramkör működtetésére.

A G áramkör frekvenciája 30 kHz.

A SET bemeneti áramkörei a G tüimpulzusaiból a SET kapcsoló tranzistorai számára szükséges négyszögimpulzusokat állítják elő.

A SET kimenetén levő egyenirányító (E4) és a vele sorbakapcsolt SZ5 szűrő (egyben puffer) áramkör állítja elő a -5 V segédfeszültséget. Az SZ5 kimenetről visszacsatolás van (SZE) a SET kapcsoló tranzistorainak bemenetére, ami által a -5 V stabilitása megfelelően biztosított.

Működés közben a -5 V segédfeszültség terhelése változik 30 és 100 mA között. A megfelelően méretezett SET második segédfeszültség kimenete elegendő teljesítményt biztosít az E3 egyenirányító, ST2 analóg stabilizátor és SZ6 szűrő és puffer számára, hogy a 12 V segédfeszültség a működés minden helyzetében stabil maradjon. A segédfeszültség áramkör az egység működését biztosító bemeneti feszültséghez képest

jelentős tartalékkal rendelkezik, ami azt jelenti, hogy $U_{be} = U_{be\ névi} \cdot 0,8$ esetén is megfelelőek a segédfeszültségek értékei. Az ST2 analóg stabilizátor vesztesége a bemeneti feszültség növekedésével nő ugyan, de ez nem jelentős a kis terhelés miatt.

ENERGIATÁROLÓ (ET)

Az energiatároló egy nagy kapacitású kondenzátor. Szerepe kettős. Egyrészt a kimeneten levő puffer kondenzátorokkal együtt biztosítja, hogy a bemenet megszakítása után még 50 W terhelés esetén is legalább 10 ms-ig nem csökken az U_1 kimenő feszültség értéke, másrészt zajcsökkentő hatása van a primer tápfeszültség felé.

ÁRAMKORLÁTOZÓ (AV)

A primer feszültség bekapcsolásakor az induló áram az IT jelenléte ellenére alacsony marad, mert az AV korlátozza az induló áramot és tiltja a vezérlőjelet. Az AV inaktív állapotában nincs energiaátvitel a kimenetekre. Bekapcsolás után az aktív állapotot a bekapcsoló egység (BE) hozza létre. Az AV aktiválásakor fémesen rövidre záródik a korlátozó ellenállás, megszűnik a vezérlőjel tiltása és softstarttal indul az energia átvitel.

BEKAPCSOLÓ EGYSÉG (BE)

A BE figyeli az ET feszültséget és csak egy meghatározott érték elérése után aktiválja AV-t. AV feszültségének csökkenése esetén 1,8–2,4 V-tal a bekapcsolási érték alatt BE AV-t újra inaktív állapotba hozza. Ezzel valósul meg az alacsonyfeszültség-védelem, amely primer oldali puffer üzem esetén az alkalmazott akkumulátorokat védi a mélykisütéstől.

Az AV aktiválásának csak egyik feltétele ET feszültségének meghatározott szintű jelenléte, további feltétel még a külső indítójel megléte. BE figyeli az U_1 kimenő feszültséget és ennek megjelenése esetén kimenő indító jelet generál, amivel más azonos egység indítható. Az indítójelet a primer feszültség pozitív pontja.

A BE áramkör ki- illetve bemeneti indítópontjain keresztül valósítható meg az IT egységek sorrendi, illetve lánckapcsolása.

TELJESÍTMÉNYVÉGFOK (KF)

A teljesítményvégfok kapcsolótranzisztorokból és a kollektorkörükben levő transzformátorból áll, ismert forward kapcsolási elrendezésnek megfelelően. Két kimenetén az U_1 , illetve U_2 feszültségek előállításához szükséges feszültségimpulzusok jelennek meg. A KF működtetését végző kapcsolójelek nagy merekségűek és biztosítják a végfokozat lezárását is. A KF-en $-5^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C}$ hőmérséklet-tartományban 60 W hasznos teljesítménynek megfelelő energia vihető át. A kapcsoló tranzisztorok gyors működése biztosítja a kis veszteségű energia átvitelt. A kimenetnek

megfelelő szélesség-modulált kapcsolójelet a vezérlő áramkör állítja elő G oszcillátor 30 kHz-es tümpulzusaiból.

VEZÉRLŐÁRAMKÖR (V)

A vezérlőáramkör a 30 kHz-es kapcsolójelet állítja elő a KF számára G tümpulzusaiból. Alapvetően egy monostabil multivibrátor, melynek időzítő körén keresztül SZA szabályozó áramkör U_1 kimenő feszültség stabilitásának megfelelően az impulzus szélességet változtatja 0–45% kitöltés között. A vezérlőjel tiltható: AV, SZA, MA áramkörökből, valamint a K kapcsolóval. MA felőli bemenete optocsatolóval galvanikusan leválasztott. MA, K, AV felőli vezérlőjel tiltás után indítás softstarttal történik.

(–5V) segéd feszültség megszűnése esetén, valamint (+12 V) segéd feszültség +8 V-ra való csökkenésekor is megszűnik a vezérlőjel. Ez a belső védelem.

KAPCSOLÓ (K)

Az előlapon szerelt kapcsoló szerepe: az energia átvitel tiltása, illetve engedélyezése a vezérlőjel tiltása, illetve engedélyezése által. Nem szakítja meg a bemenő primer feszültséget, ezáltal vizsgálat és szervizelés esetén a belső áramkörök működése ellenőrizhető.

FESZÜLTSGSZABÁLYOZÓ ÁRAMKÖR (SZA)

U_1 kimenőfeszültség értékét figyeli és stabilitásnak megfelelően szabályozza V áramkörben a vezérlőjel szélességét. Az előlapról elérhető potencióméterrel U_1 értéke a névleges érték $\pm 10\%$ között állítható. SZA bemenete külső pontról szabályoz. A tápvezeték vesztése kiküszöbölhető, ha a szabályozás a terhelés kapcsairól történik. A kimeneti tápvezeték rendszeren eső feszültség azonban nem lehet több mint U_1 25%-a, mert ekkor a kimenet túlfeszültségvédő áramköre működésbe lép.

EGYENIRÁNYÍTÓ (EL)

Gyorskapcsoló teljesítmény diódákat tartalmaz. KF kimeneti jeleiből U_1 előállításához szükséges DC jelet állítja elő a további áramkörök számára.

EGYENIRÁNYÍTÓ (E2)

Gyorskapcsoló diódákat tartalmaz. KF kimeneti jeleiből U_2 előállításához szükséges DC jelet állítja elő a további áramkörök számára.

SZŰRŐ (SZ2)

E1 kimenetén megjelenő feszültség szűrését és pufferelesét végzi. Kimenetén nagyfrekvenciásan szüretien U_1 jelenik meg.

STABILIZÁTOR (ST1)

Analog integrált stabilizátor, szűrővel és puffer kondenzátorokkal. Kimenetén U_2 nagyfrekvenciásan szüretien feszültség jelenik meg. A beépített potencióméterrel U_2 értéke változtatható. A stabilizátor IC túláram és túlmelegedés elleni védelemmel rendelkezik. Túláram esetén áramgenerátorként viselkedik, ami a felhasználási területek nem mindegyikén felel meg. Ha ugyanis a túlterhelés valamely olyan elem meghibásodása miatt következett be, amely a további áramhatására tűzveszélyessé válik (pl. tantál kondenzátor), akkor ez potenciális veszély az egész rendszer számára. Ezért az IT-kben a zárlat és túláramvédelemre más módszert kellett kidolgozni.

SÖNTELENÁLLÁS (RS)

RS ellenállás értéke körülbelül 10 mohm. U_1 terhelő árama RS-n átfolyva, a megszakítás nélküli terhelésmérés, a túláramvédelem és a terhelésszjelzés áramkörei számára feszültségesztést hoz létre RS-n.

TERHELÉSMÉRŐ (TM)

Az RS-en eső feszültségből a terhelőáram értékével arányos feszültséget állít elő. 10 mV megfelel 1A terhelésnek. Ez az előlapról mérhető 20 kohm/V-os műszerrel.

U_1 TÚLFESZÜLTSGVÉDŐ ÁRAMKÖR (TV1)

U_1 kimenőfeszültség meghatározott érték fölé növekedése esetén egy tirisztor begyújtása révén rövidre záródik a kimenet. Ha a túlfeszültség belső szabályozási hiba következtében jelentkezett, az így létrehozott túláram működteti a túláramvédő áramkört és az energiaátvitel megszűnik. Ezáltal védi a táplált áramkört is. Ha a magasabb feszültség külső eredetű, a vezérlés automatikusan leáll, a tirisztor védelmi szerepét az előbbivel azonos módon látja el.

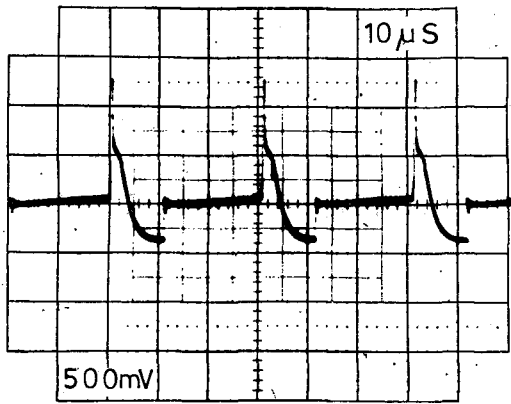
TERHELŐ ÁRAMOT KORLÁTOZÓ ÁRAMKÖR (TAK)

A TAK feladata az RS-n átfolyó áram figyelése és a memória áramkör (MA) felé való jelzés a vezérlés tiltására, ha a terhelő áram az előre beállított értékénél magasabb. Az előlapról potencióméterrel az U_1 kimenet megengedett maximális terhelőáram értéke 5–100 W közötti kimenő teljesítménynek megfelelő értékre állítható.

60 W-nál magasabb érték beállításának dinamikus, rövid idejű terhelése esetén van értelme. Túláram esetén az energiaátvitel teljesen megszűnik.

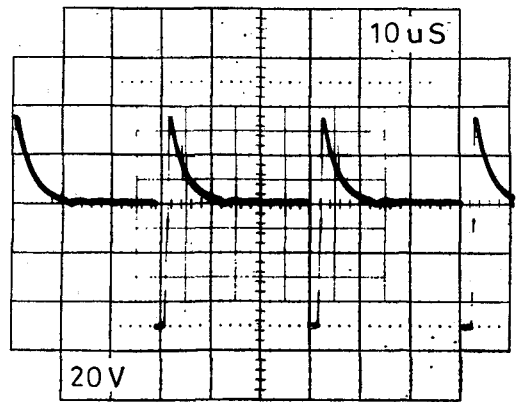
MEMÓRIA ÁRAMKÖR (MA)

A TAK, valamint a ZV zárlatvédő (U_2) áramkör hatására MA tiltja a V-n keresztül a vezérlőjelet. MA bemenetei optocsatolóval galvanikusan szét vannak



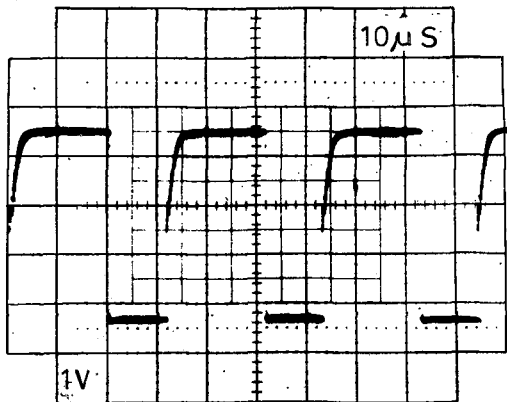
B 283-4

4. ábra. G relaxációs oszcillátor tüimpulzusai



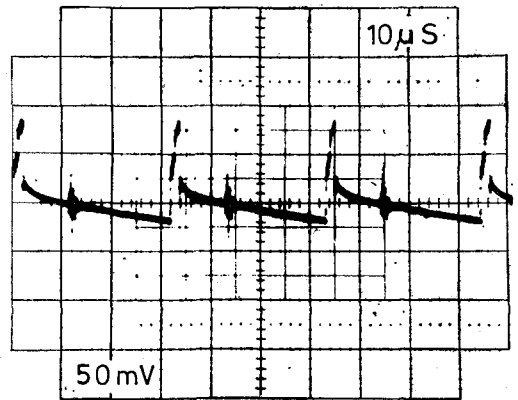
B 283-7

7. ábra. SET ák. kapcsoló tranzisztorainak kollektoroldali jelei



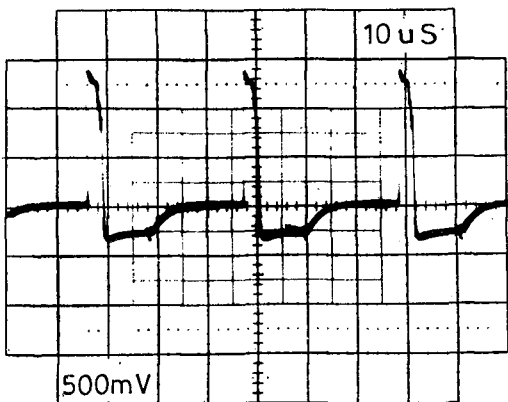
B 283-5

5. ábra. V vezérlőáramkör szélességmodulált belső jelalakja



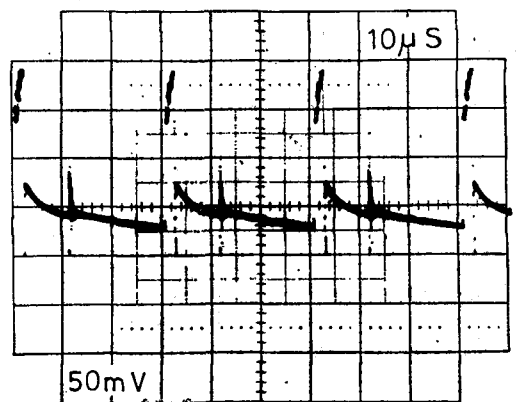
B 283-8

8. ábra. ST2 ák. bemenetén levő jelalak



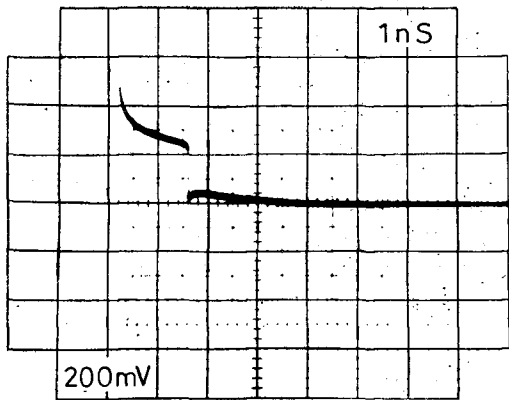
B 283-6

6. ábra. SET ák. belső kapcsolójel



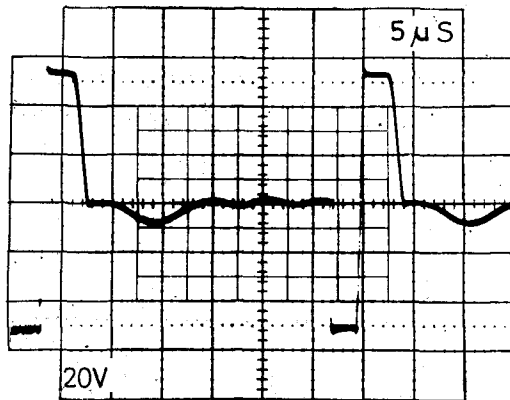
B 283-9

9. ábra. Sz5 ák. bemenetén levő jel



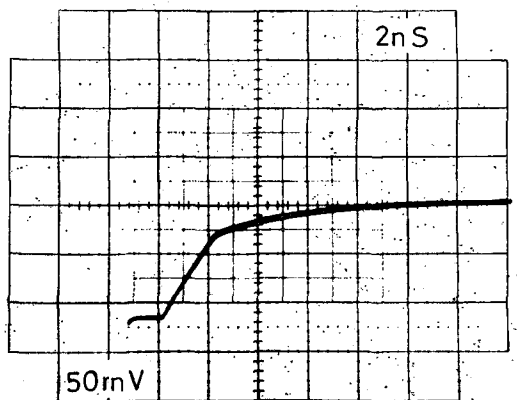
B 283-10

10. ábra. MA ák. zárlatvédelem kioldó jele



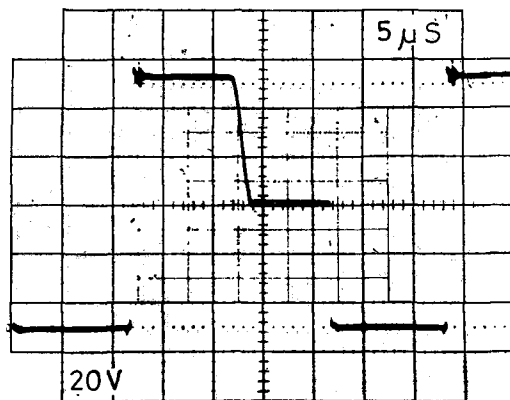
B 283-13

13. ábra. KF ák. kapcsoló tranzisztorainak kollektoroldali jelei (U_1 -en terhelés: 10 mA)



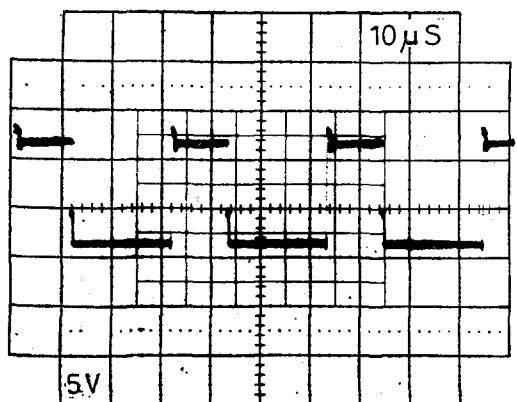
B 283-11

11. ábra. MA ák. tiltást felszabadító jele



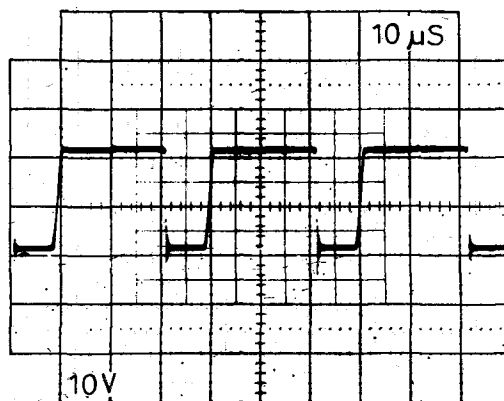
B 283-14

14. ábra. KF ák. kapcsoló tranzisztorainak kollektorpontjain levő jelalak. (U_1 terhelése: 50 W)



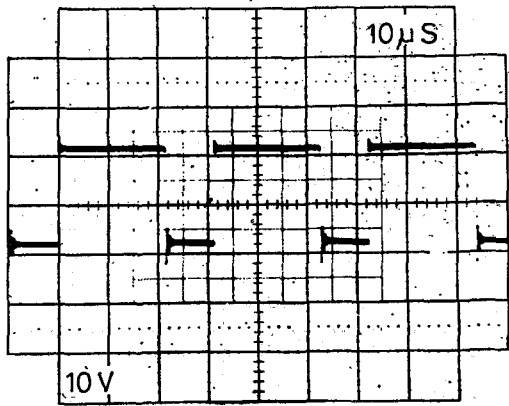
B 283-12

12. ábra. KF ák. bemenetén levő jel



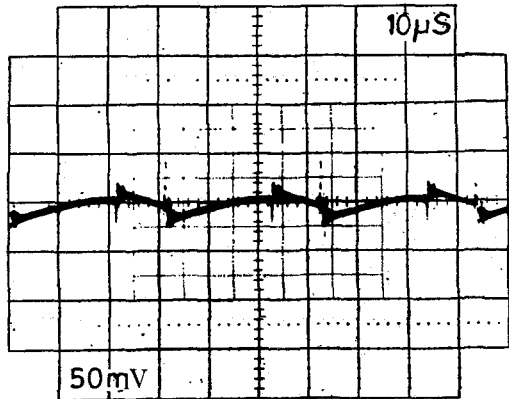
B 283-15

15. ábra. E1 ák. soros diódáján levő jelalak



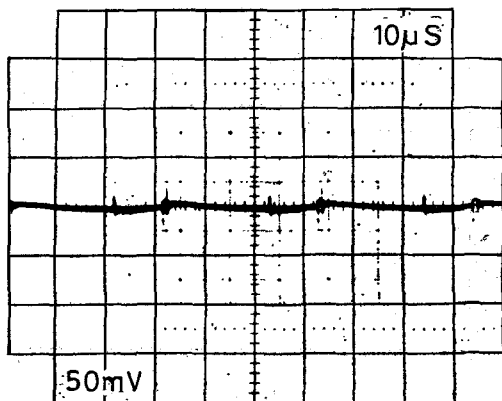
B 2 83-16

16. ábra E1 ák. párhuzamos diódáján levő jelek



B 2 83-17

17. ábra U_1 kimenet hullámossága $I_t=0,8 I_{t \max}$ terhelő áram esetén



B 2 83-18

18. ábra U_1 kimenet hullámossága $I_t=0,4 I_{t \max}$ terhelő áram esetén

választva a ZV és TAK áramköröktől. ZW és TAK jelzése MA-ban tárolódik, az előlapon vizuális jelzés jelenik meg. Az automatikus újraindítás KO relaxációs oszcillátor tüimpulzusainak hatására történik 6 másodpercenként, amikor törlődnek MA-ban ZV, illetve TAK jelzései. Újraindítás softstarttal történik, amennyiben a túlterhelés továbbra is fennáll, akkor a tiltás újra bekövetkezik. Mivel MA a TAK és ZV jeleire egyaránt tilt, ezért bármely kimenet zárata esetén mindkét kimeneten megszűnik a feszültség.

ZÁRLATVÉDŐ ÁRAMKÖR (ZV)

ZV az U_2 ST1 kimenetén levő értékét méri, amennyiben ez meghatározott érték alá csökken — túláram esetén ST1 áramgenerátorként viselkedik — jelzést küld MA-nak a vezérlés tiltására.

ÚJRAINDÍTÓ ÁRAMKÖR (KO)

6 másodpercenként tüimpulzusokat generáló relaxációs oszcillátor. Impulzusai MA-ban a vezérlőjel tiltását tároló elemet állítják alaphelyzetbe, ami a tiltás megszüntetését jelenti.

U_2 TÚLFESZÜLTSEGVÉDŐ ÁRAMKÖR (TV2)

Zenerdiódás védelem. Biztosítja, hogy U_2 értéke megengedett érték fölé ne nőhessen.

L_1 KIMENETI SZŰRŐ (SZ3)

U_1 kimenet nagyfrekvenciás szűrője.

U_2 KIMENETI SZŰRŐ (SZ4)

U_2 kimenet nagyfrekvenciás szűrője.

TERHELÉS FIGYELŐ ÁRAMKÖR (TF)

U_1 kimenet terhelő áramát figyeli. Amikor a terhelés a 2–3 W-ot eléri, az előlapon vizuális, az AL áramkör felé elektromos jelzés generálását indítja. Segítségével távoli ponton is figyelhető a terhelés jelenléte, illetve leszakadása.

ALARM ÁRAMKÖR (AL)

Feladata a vizuális és elektromos alarmjelzések előállítására.

Alarmjelzések: — U_1 feszültség megszűnt
— U_2 feszültség megszűnt
— U_1 terhelés megszűnt
— túlterhelés

A működés szempontjából lényeges néhány jelalak a 4. – 18. ábrákon látható.