

KORSZERŰ TRANZISZTOROS FESZÜLTSGSTABILIZÁTOROK

A cikk olyan tranzisztoros feszültségstabilizátort ismert, amelyik az eddigiektől több szempontból is eltér:

- szimmetrikus tápegységet használ
- referenciaeleme vezérlő zenerdióda.

Előbbiekkel biztosítható a nagyértékű stabilizálás és a tartós zárlatvédelem.

ETO: 621.311.6 521.316.722.1 621.382.3

A modern feszültségstabilizátorokkal szemben egyre fokozódó követelményeket állítunk. Ilyen a

- nagy stabilitás,
- nulláig való leszabályozhatóság,
- beépített zárlatvédelem stb.

Természetes, hogy mindezen feltételek biztosítását egyetlen tápegységtől nem várhatjuk el, valamilyen téren mindig kompromisszumra kényszerülünk. Főleg a jó hatásfok miatt az egész világon elterjedtek az IC-áramkörös stabilizátorok, amelyek kialakításuknál fogva alkalmasak mind soros, mind pedig kapcsoló üzemi használatra. Fokozódó térhódításuk következtében gyakran olyan helyeken is alkalmazzuk őket, ahol ez nem is indokolt. Mindez talán annak tudható be, hogy az integrált áramkörös stabilizátorok használata divat lett, és ennek következtében kezdjük méltánytalanul elfelejteni az egyszerű, megbízható és az esetleges meghibásodás esetén is könnyen és olcsón javítható tranzisztoros tápegységeket. Ez viszont idővel azt fogja eredményezni, hogy a tranzisztoros stabilizátorok fejlesztése megáll a jelenlegi szinten, s nem tud lépést tartani a fokozódó követelményekkel, pedig nem mondhatunk le azokról az előnyökről, amit az IC-s áramkörök jellegükénél fogva sohasem lesznek képesek nyújtani.

A következőkben bemutatunk néhány olyan tranzisztoros feszültséggenerátort, amelyek – az eddigiektől eltérően – vagy egy nálunk még alig ismert elvre épülnek, vagy a már ismert módszerek továbbfejlesztett, módosított változatai.

Külföldön már jó pár éve ismert az úgynevezett „fold back” elv, amelyet jellegzetes visszahajló karakterisztikájánál fogva főleg IC-s stabilizátorok zárlatvédő egységeként fejlesztettek ki. Ezt a nagyszerű elvet azonban tranzisztoros tápegységeknél nem csak zárlatleoldásra, hanem stabilizálásra is felhasználhatjuk, amelyre gyakorlati példát a „Das Elektron” c. fo-

lyóirat mutatott be (1973. p. 18–20) mono változatban. Ennek alapján készült el az eddig még újnak számító és most bemutatásra kerülő szimmetrikus változat, amely annyiban nyújt többet az előbb említett alapváltozatnál, hogy stabilitása lényegesen nagyobb, s mivel referenciaelemként nem teljesítmény-, hanem vezérlőzénert tartalmaz, a terhelőáram – s ezzel a kivethető teljesítmény – nem függ a zénerteljesítménytől. Ezáltal az alapáramkör még olcsóbbá és sokoldalúbban felhasználhatóvá vált, a kivethető teljesítményt pedig gyakorlatilag csak a párhuzamosan kapcsolt szeleptranzisztorok disszipációs teljesítménye korlátozza. A most bemutatásra kerülő szimmetrikus tápegységeknél részletesen kifejtett okok miatt kívánatos volt olyan stabilizátorok kifejlesztése is, amelyek kimenőfeszültsége széles határok között változtatható, s ha kell 0 V-ra is leszabályozható.

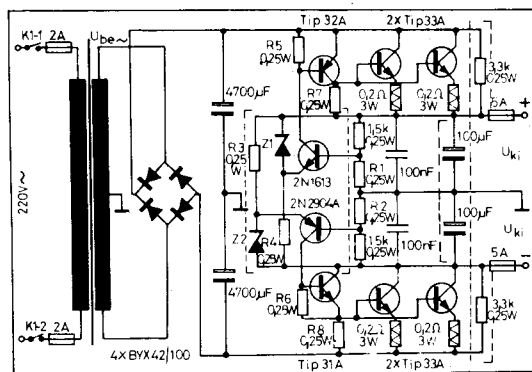
Nagyteljesítményű szimmetrikus feszültségstabilizátorok

Viszonylag kevés számú alkatrészből építhetünk egy sokoldalúan használható szimmetrikus feszültséggenerátort (1., 2. és 3. ábra). Mindhárom változat hat megépített példányának adatait mutatja az 1. táblázat.

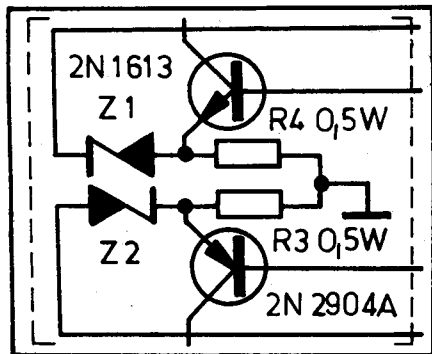
A megvalósításnál a fentiekben már röviden vázolt újfajta stabilizálási elv került felhasználásra, amely – amellet, hogy nagymértékben stabilizál – magában hordozza a tartós zárlatvédelem lehetőségét is, anélkül, hogy erre külön áramkört kellene kiépíteni. A kimenő karakterisztika a terhelőáram növekedésével enyhén lejt, majd egy bizonyos határ alatt hirtelen letörik, és a kimenőfeszültség leesik nullára (4. ábra). A zárlat megszűnése után a készülék minden külső beavatkozás nélkül ismét üzemképes lesz (2. ábra).

A stabilitás

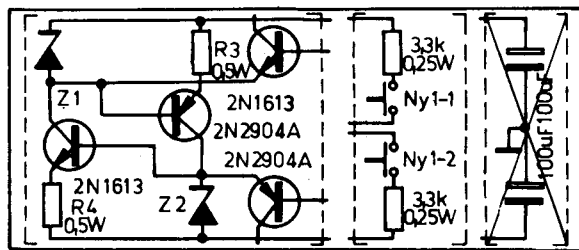
A stabilitásnak két fő kritériuma van. Az egyik az, hogy elegendő bemenőteljesítmény álljon rendelkezésre a stabilizáláshoz. Ez azt jelenti, hogy a transzformátor szekunder teljesítménye legalább 30%-kal



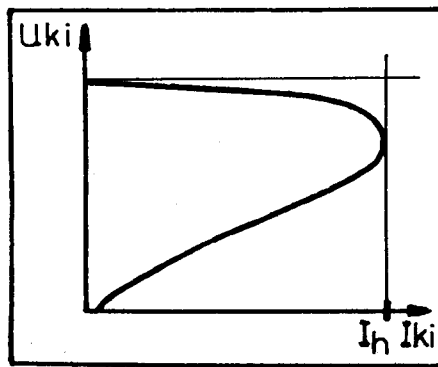
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

legyen nagyobb, mint a kívánt kimenőteljesítmények összege. A másik, hogy a zenerdióda névleges feszültsége a kívánt kimenőfeszültség 45–50%-a közé essen. Elméletileg a maximális stabilitás akkor adódik, ha a zener névleges feszültsége pontosan fele a kimenőfe-

szültségnek. Ha a zenerfeszültség ettől az optimális ponttól akár lefelé, akár felfelé eltér, a stabilitás rohamosan csökkenni fog. Ebből adódik a szűk –5%-os alsó korlát. Az áramkörnek azonban másik feladata is van, a zárlatleoldás. Ezt a funkciót a referenciatranzisztor látja el azáltal, hogy tulajdonképpen önmaga végzi a stabilizálást is, a Darlington teljesítmény-tranzisztorok közbeiktatásával.

1. táblázat

UKi	Ube ~	Z ₁ – Z ₂	R ₁ – R ₂	R ₃ – R ₄	R ₅ – R ₆	R ₇ – R ₈
1 2 3.	1 2 3.	1 2 3.	1 2 3.	1 3. 2.	1 2 3.	1 2 3.
2 X 6V	2 X 8V ~	ZG–2,7	1,5 k	470 150	470	100
2 X 9V	2 X 11V ~	ZG–4,3	1,5 k	820 220	560	120
2 X 12V	2 X 14V ~	ZG–5,6	2,2 k	1 k 330	680	150
2 X 15V	2 X 17V ~	ZG–6,8	2,2 k	1,5 k 470	820	180
2 X 20V	2 X 22V ~	ZG–10	1,8 k	3,9 k 1 k	1 k	220
2 X 25V	2 X 27V ~	ZG–12	1,8 k	4,7 k 1,5 k	1,2 k	330

A terhelés növekedésekor a referenciatranzisztor bázispontján kismértékű feszültségesés jön létre, ami az osztásviszonyok alapján körülbelül fele a kimeneti feszültségesésnek. Ez a bázispotenciál-csökkenés zárásba kellene, hogy vezérelje a referenciatranzisztor, ami által a kimenőfeszültség még jobban lecsökkenne. Hogy mégsem ez történik, ez a zeneráramkör újszerű kialakításának köszönhető, amelynek lényege, hogy a zenereffektus hatására a kismértékű kimenőfeszültség esést egy rohamos zeneráramcsökkenés követi, ami a zenerelőfeszítő ellenálláson egy hasonló mértékű feszültségcsökkenést hoz létre. Ezáltal a hibajelerősítő emitterpotenciálja a bázispotenciálhoz képest jóval nagyobb mértékben csökken, és ez a megnövekedett feszültségkülönbség – legyőzve az előbbi záróhatást – kinyitja a referenciatranzisztor, ami a záróirányba előfeszített Darlington tranzisztorpárt végül is nyitásba vezérli.

Zárás esetén ugyanez a folyamat játszódik le, ellenkező előjellel. A referenciatranzisztor kettős funkciója úgy oszlik meg, hogy amint a kimenőfeszültség annyira leesik, hogy a zenerelőfeszítő ellenállás már nem képes biztosítani a minimális zeneráramot, az egész stabilizálási folyamat összeomlik. Ettől kezdve a referenciatranzisztor elkezd zárlatvédelmi funkcióját. Az emitterpotenciál egyenlővé válik a bázispotenciállal, a tranzisztor hirtelen lezár, és megszünteti a Darlington tranzisztorpár nyitóáramát. Esetleges zárlat esetén az egész folyamat annyira gyors, hogy szinte egyáltalán nem mérhető zárlati áram a körben. A zárlatleoldás teljesen automatikus, semmilyen külön beállítást nem igényel, amennyiben beállítjuk az optimális stabilitást, biztosak lehetünk benne, hogy a zárlatvédelem a lehető legkésőbbi időpontban fog működesbe lépni, de még elég korán ahhoz, hogy megvédje önmagát a tönkremeneteltől.

Az áramköri elemek megválasztása

Mint a fentiekben is kitéjtük, a stabilitás és ezen keresztül a zárlatleoldás szempontjából igen kritikus a zenerdióda kiválasztása. Emiatt a kimenőfeszültség széles határok közötti változtatására nincs lehetőség, ezért változtatható feszültségű tápegységként való megépítése nem javasolható.

Amennyiben a táblázattól eltérő változatot kívánunk építeni, a fentiekben kívül még a következőkre kell ügyelnünk:

- a szeleptranzisztorok hűtőbordára vonatkoztatott disszipációs teljesítménye legalább fele legyen a maximális kimenőteljesítménynek, kollektoráramuk pedig a maximális terhelőáram legalább kétszerese
- amennyiben 25 V-nál is nagyobb kimenőfeszültségre van szükségünk, úgy számításainkból ne hagyjuk ki a tranzisztorok feszültségigénybevételét sem; vagy nagyobb zárófeszültségű „B” – „C” változatú példányokat alkalmazzunk, vagy pedig más nagyobb U_{CE} feszültségű kiváltótípusokat keressünk

- a középen megcsapolt szekundertekercs feszültségét inkább 1–2 V-tal nagyobbra méretezzük, mert ez csak a stabilitást javítja, de már 1 V feszültségcsökkenés is jelentősen leronthatja a készülék stabilitását
- az áramkör többi elemére vonatkozóan hosszas elméleti számítások helyett gyakorlatilag jó eredményt kapunk, ha a kívánt feszültségre vonatkozó értékeket a táblázat alapján aránypárok útján számoljuk ki.

Zárlat- és túlterhelésvédelem

A stabilizátor automatikusan csak zárlat ellen véd, az esetleges túlterhelések ellen nem. Ez főleg abban az esetben probléma, ha a transzformátor teljesítménye adott, s egy jóval kisebb fogyasztású készüléket kívánunk vele üzemeltetni. Mivel a tranzisztorok disszipációs teljesítményét ebben az esetben is nem a bemenő-, hanem a kimenőteljesítményhez választjuk, esetleges túlterhelés esetén olyan nagy disszipációs teljesítmény halmozódik fel a szeleptranzisztorokban, hogy azok valahol a kimeneti karakterisztika „0” és „I_h” pontja közötti szakaszon szabályszerűen szétolvadnak. Ebben az esetben a kimenetekre feltétlenül kössünk egy túlterhelésvédő biztosítót.

Természetesen az előbbieken leírtak nem azt jelentik, hogy a joggal zárlatbiztosnak mondott készülékünkhöz minden esetben csatlakoztatnunk kell egy olvadóbiztosítót. Ebben az esetben semmi értelme sem lenne a zárlatvédelemnek, mert ha egy áramkört túlterhelés ellen védünk, az ezáltal már zárlat ellen is védve van. Amennyiben betartjuk a bevezetőben említett alapfeltételt, mely szerint a bemenőteljesítmény kb. 30%-kal legyen nagyobb, mint a kívánt kimenőteljesítmény és a szeleptranzisztorok kiválasztásánál is ügyelünk a minimális követelményekre, akkor áramkörünk nem csak zárlat, hanem túlterhelés ellen is védni fog. Ha viszont túl nagy a bemenőteljesítmény, akkor nem tud létrejönni a zárlatleoldási folyamat kezdete, mely szerint a kimenőfeszültségnek annyira le kell esnie, hogy a zenerelőfeszítő ellenállás ne legyen képes a stabilizáláshoz biztosítani a minimális zeneráramot sem. Ugyanis az aránytalanul nagy bemenőteljesítmény olyan mértékű energiatartalékkal rendelkezik még a stabilizátor szempontjából kívánatos áramkorlátozás környékén is, hogy nem engedi a kimenőfeszültséget lecsökkenni. Annak ellenére,

hogy a stabilizátorban a zárlatleoldás látszólag pillanatok alatt végbemegy, ez nem jelenti azt, hogy egy bizonyos áramérték alatt a feszültség hirtelen leesik nullára. A leoldási karakterisztikának van egy visszahajló szakasza is, amelynek elviselése a legkritikusabb a szeleptranzisztor számára. Egy aránytalanul nagy bemenőtéljesítmény esetén a megfelelően kiválasztott szeleptranzisztor számára a leoldási idő alatt keletkezett hő nem jelent különösebb problémát, s ha az erre az időre fellépő igen nagy áramot is sikerül elviselnie, akkor létrejön a zárlatleoldás. Túlterhelés-kor azonban a szeleptranzisztor — útban a zárlatleoldás felé — nemcsak néhány miliszekundumot, hanem gyakran tartósan időzik ezen a szakaszon. A tranzisztort gyakran már a tartósan fellépő igen nagy áram tönkretesz, még mielőtt szétolvadna az elviselhetetlen disszipáció következtében. A bemeneti és a kimeneti disszipációt tehát úgy kell összhangba hoznunk, hogy a szeleptranzisztor disszipációs teljesítményébe a leoldási karakterisztikának a visszahajló szakasza is biztonságosan beleférjen, s az aránytalanul nagy bemenőtéljesítmény a visszahajló szakasz rovására ne nyújtja meg túlságosan a karakterisztikának az enyhén lejtő stabilizáló szakaszát.

A stabilitás és a zárlatbiztonság növelése

A bemenőfeszültség növelésével szinte az abszolút stabilitási vonalig fokozhatjuk készülékünk stabilitását. E módszer alkalmazásának a gyakorlatban azonban vannak határai is. Ugyanis a bemenőfeszültség növelésével arányosan növekszik a szeleptranzisztorokra eső feszültség, s ezzel a disszipálandó teljesítmény is. Főleg nagyobb feszültségű példányoknál a másik problémát az alkalmazott tranzisztorok záróirányú feszültség-igénybevétele jelenti, mivel a megnövelt bemenőfeszültséget a csúcsfeszültségre töltő pufferek még tovább növelik. Végül nem elhanyagolandó az a tény sem, hogy a bemenőfeszültség növelésével a nem kapcsolóüzemű stabilizátorokra amúgy is jellemző kis hatásfok még tovább csökken. Mindezen szempontok figyelembevételével kiválaszthatjuk az igényeinknek és lehetőségeinknek megfelelő optimális megoldást. A kimenőfeszültség kétszeresénél nagyobb váltakozó bemenőfeszültséget azonban már nem célszerű alkalmazni.

Az előzőekben nem derült ki, hogy a zenerdióda kiválasztásánál miért nem alkalmazhatjuk a +5%-os felső korlátot. Ugyanis megnövelt bemenőfeszültség esetén a még minimálisan beállítható kimenőfeszültség a zenerfeszültség kétszerese.

Még tovább növelhetjük a stabilitást abban az esetben, ha a zenerelőfeszítő ellenállásokat nem a földre, hanem az ellenkező csatorna kimenetére kötjük (1.

ábra). Ebben az összeállításban viszont le kell mondanunk a zárlatvédelemről, ezért okvetlenül biztosítsuk a kimeneteket. A 2. ábra az 1. ábrán látható áramkör zárlatbiztos változatát ábrázolja. A 3,3 k Ω -os ellenállások mindkét csatornában a bekapcsolás és a zárlat utáni feléledés sebességét szabályozzák. Ez a változat megépíthető aszimmetrikus és mono kivitelben is, csak pozitív vagy csak negatív feszültséget igénylő készülékek táplálására. A kényesebb szimmetrikus táplálású készülékek rendkívül érzékenyen reagálnak egy esetleges csatornazárlat esetén a féloldalas táplálásra. A 3. ábrán látható változat segít ezen a problémán. Bármelyik csatorna zárlata esetén mindkét csatorna egyidejűleg leoldja kimenetét, s ezzel mindkét feszültség megszűnik. Ennek az áramkörnek a megépítése azonban egy kis kényelmetlenséggel jár, mivel ebben az összeállításban a bekapcsolás és a zárlat utáni automatikus feléledést elősegíti 3,3 k Ω -os ellenállások nem köthetjük közvetlenül a kimenetekre, hanem erre a célra egy kettős kézi nyomógombot kell közbeiktatni. Az építésnél mindkét csatorna kimenetéről a 100 μ F-os elkókat el kell hagyni. Ellentétben a 2. ábrán bemutatott változattal, itt a két kimenet között is működik a zárlatvédelem.

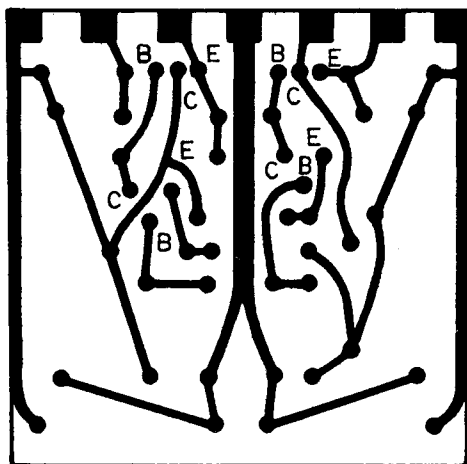
A 2. és 3. ábrán látható változat megépítésénél ne kerülje el figyelmünket, hogy terhelőáram csak valamelyik kimenet és a föld között folyhat, ezért még egy kontroll lámpát se kössünk a két kimenet közé, mert ezzel felborítanánk a zárlatleoldás folyamatát. Az 1. ábrabeli áramkör viszont — mivel nem zárlatbiztos kivitelű — alkalmas arra, hogy a két kimenetével viszonylag nagy stabil feszültséget állítsunk elő, de ügyeljünk arra, hogy a két kimenet terhelésével egyidejűleg ne kerüljön terhelés a kimenetek és a föld közé.

Néhány gyakorlati szempont

Az R₁–R₂ táblázatban megadott értékek a tranzisztorok nagy szórása miatt tájékoztató jellegűek. Csökkentésükkel a kimenőfeszültség is csökken. A 100 nF-os kondenzátorok induktívzegény kivitelűek legyenek. A feléledés érdekében mindhárom készüléket lehetőleg csak bekapcsolás után terheljük, fokozottan vonatkozik ez a 2. ábrabeli változatra. A készülékek terhelhetősége feszültségtől függően 5–6 A, természetesen megfelelő hűtés mellett. Kisebb terhelhetőségű példányoknál a két Tip 33-as tranzisztor helyett elegendő egy darabot alkalmazni. Ilyenkor természetesen az RE ellenállás elhagyható, s a Tip 31–32-es meghajtótranzisztorok helyett használhatunk 2N2904-et és 2N1613-at is. Ebben az esetben viszont a kimenőáram csak maximum 2–3 A lehet.

Az 1. ábrán látható áramkör nyomtatási rajzát az 5.

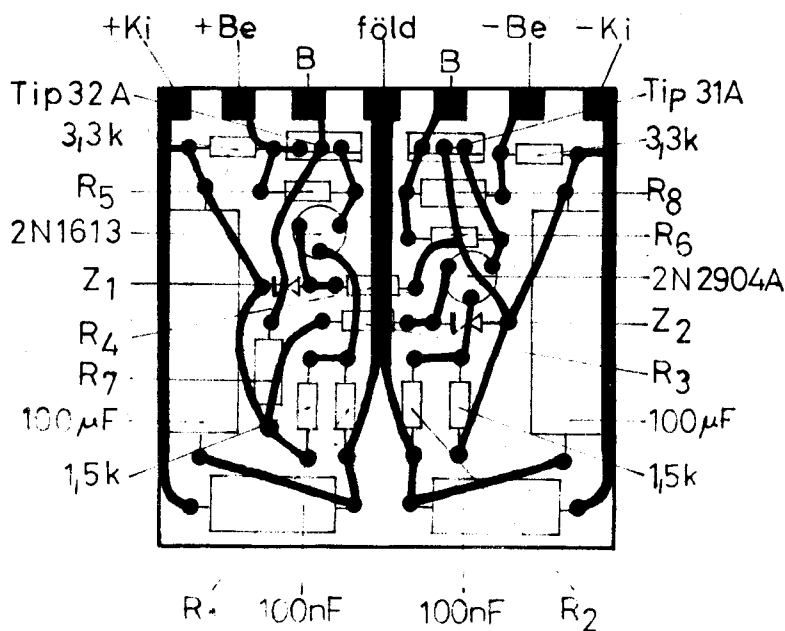
ábra, elrendezési rajzát pedig a 6. ábra tartalmazza. A 2. ábra szerinti változatot szintén megépíthetjük ezen a panelon, csak a zenerelőfeszítő ellenállásokat vágjuk le a szomszédos csatorna kimenetéről, s kössük a földre. A szeleptranzisztorokat egy kb. 100 mm hosszú, alumínium szaküzletekben beszerezhető 13 bordás hűtőnkre szereljük. A könnyebb szerelhetőség végett legcélszerűbb a tranzisztorokat egymással szembefordítani. Az RE ellenállásokat mangáninból spirálba tekercselve a hűtőbordán szereljük, a tranzisztorok alá feltétlenül tegyünk szilikonsírt. Az egyenirányító diódákat szintén ajánlatos hűtőbordára



5. ábra

szerelni. Sajátosságainál fogva mindhárom készüléket önálló tápegységként célszerű megépíteni.

Amennyiben erre nincs lehetőség, s a fogyasztót kénytelenek vagyunk a stabilizátorral összeépíteni, akkor a szeleptranzisztorokat átsöntölő 3,3 k Ω -os ellenállások értékét addig kell csökkentenünk, amíg a tápegység – bekapcsolás vagy zárlat után – terhelt kimenettel is biztonsággal feléled. Az ellenállás csökkentésével azonban sajnos arányosan ^{csökken} a stabilitás. Ezért káros hatások kiküszöbölésére, ebben az esetben mindhárom variációnál alkalmaznunk kell a 3. ábra szerinti változatnál leírt nyomógombos módszert, vállalva az ezzel járó kényelmetlenséget. A készülék megépítése során – főleg rossz földpontkialakítás, feleslegesen hosszú vékony összekötőhuzalok, vagy kusza szerelés következtében – káros gerjedések léphetnek fel. Ezt legfőképpen az előbb említett hibák felszámolásával szüntethetjük meg, de kismértékű szerelési hanyagság okozta gerjedékenységet eredményesen megszüntethetünk azáltal, hogy egy 100 nF-os kondenzátorral a negatív szeleptranzisztor bázisát a negatív kimenetre, a pozitív szeleptranzisztor bázisát pedig a földre lehidegítjük. A pozitív oldalt tudatosan vegyes Darlington tranzisztorokból alakítottuk ki, ugyanis a PNP teljesítménytranzisztor sokkal költségesebb, s minden tekintetben jóval érzékenyebb, mint az NPN párja. A stabilizátorban alkalmazott tranzisztorok bármely más hasonló típussal kiválthatók, a tökéletes szimmetria érdekében érdemes a tranzisztorokat válogatni.



6. ábra