

4-23. ábra

Schottky-dióda sztatikus karakterisztikája és töltéstárolási tulajdonsága pn (1) és arannyal szennyezett (2) pn diórával összehasonlítva

nyu diódkapacitás $U_R = 0$ V esetén 1 pF, $U_R = 12$ V-nál már csak 0,3 pF. A kisebbségi töltéshordozók élettartama 100 ps.

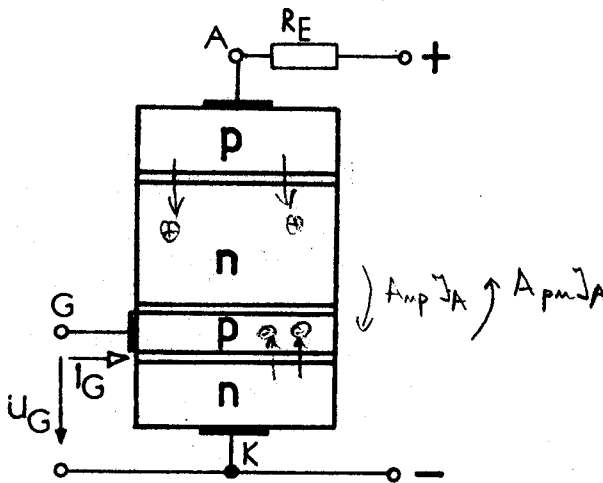
4—3. A tirisztor

4-3.1. A tirisztor felépítése, kapcsolási folyamatok

A tirisztor négyrétegű vezérelt szilícium egyenirányító (4-24. ábra), amelynek két szélső rétege erősebben, a két belső - un. bázisrétegek - pedig gyengébben van szennyezve. A rétegek között p-n átmenetek alakulnak ki. A két szélső valamint a közbenső p-bázisréteget kivezetéssel látják el, az utóbbit vezérlő elektródának nevezik. A tirisztor szerkezeti felépítése a 4-25. ábrán látható.

Kösszünk a tirisztorra olyan polaritású feszültséget, hogy az A anód pozitívabb legyen, mint a K katód (nyitóirányú igénybevétel), és a G vezérlő elektródát hagyjuk szabadon. Ekkor az 1 és 3 átmenetek nyitó, a 2 átmenet pedig záróirányú feszültséget kap. Az egyes rétegek valamint a nyitóirányban előfeszített átmenetek ellenállással elhanyagolhatóan kicsinyek a 2 átmenet ellenállásához képest. Tehát a külső feszültség döntő része a 2 átmenetre jut és normál üzemi feszültség mellett a tirisztoron első közelítésben csak a lezárt 2 réteg igen kicsi záróirányú árama folyik keresztül. A valóságban azonban ez az áram valamivel nagyobb, mint a záróirányú áram és ezzel magyarázható a tirisztor jellegzetes működése. A tirisztoron átfolyó teljes áram (I_A) úgy áll elő,

hogy a katódretegéből elektronok inektálódnak a p-bázisrétegbe, az anódretegéből pedig lyukak inektálódnak az n-bázisrétegbe. Mivel a bázisrétegek szennyezettsége jóval kisebb mérvű, mint az anód- és katódretegé, az előzővel ellentétes töltéshordozók inektálása - a különböző szennyezettség miatt - elhanyagolható [13], [40]. Az inektált töltéshordozóknak csak egy része tud rekombinálódni a megfelelő bázisrétegben, a maradék változatlanul átjut a 2 zárórétegen és emiatt az ábrán látható járulékos $A_{np} I_A$ és $A_{pn} I_A$ áramokat hozza létre, növelve ezzel a 2 átmeneti réteg I_Z záróirányú áramát. Tehát a tirisztoron átfolyó teljes áram, vezérlőáram alkalmazása nélkül



4-24. ábra

A tirisztor nyitóirányú igénybevétele

$$I_A = I_Z + A_{np} I_A + A_{pn} I_A$$

lesz, amelyből I_A -t kifejezve:

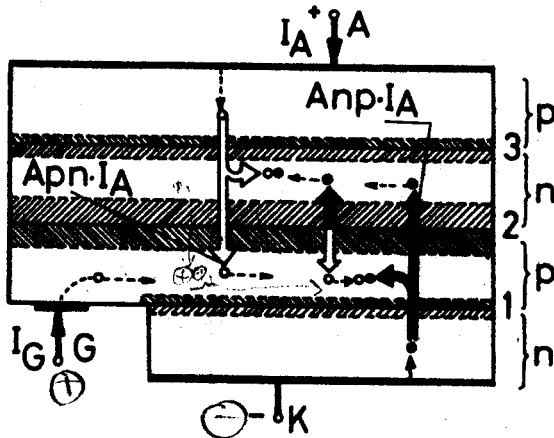
$$I_A = \frac{I_Z}{1 - (A_{np} + A_{pn})}$$

$\text{Mivel } A_{np} + A_{pn} = 1 \Rightarrow$
 (4-16)

összefüggést kapjuk.

Az A_{np} és A_{pn} tényezők értéke nem állandó. Nagyságuk, geometriai és anyagi jellemzőkön kívül a mindenkorai anódáram és hőmérséklet értékétől is függ [13]. Üzemi hőmérsékleten, kis anódáram mellett (a tirisztor kikapcsolt állapotában) $A_{np} \approx A_{pn} < 0,1$, majd az átfolyó áram növelésével rohamosan növekedve 0,5...1 közötti értéket vesz fel. Amikor az $A_{np} + A_{pn}$ összeg megközelíti az 1-et, a (4-16) összefüggés nevezője közel nulla lesz és az I_A értéke ugrásszerűen megnő, azaz a tirisztor bekapcsol. Ezután a bekapcsolt állapot az állandóan folyó nagy anódáram miatt tartósan fennmarad. Ekkor az $A_{np} + A_{pn}$

1-nél nagyobb értéket vesz fel, ami azt jelenti, hogy a tirisztoron át-

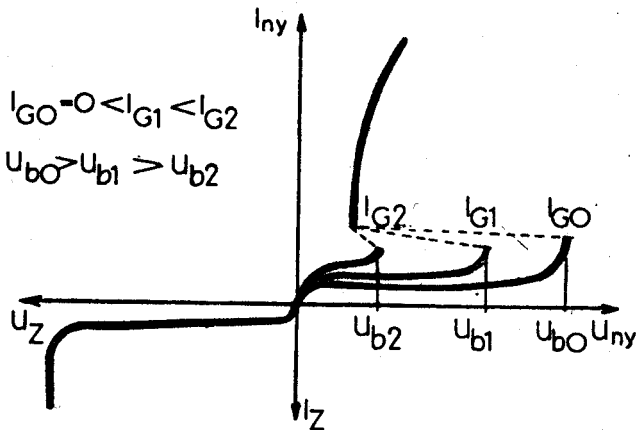


4-25. ábra

Tirisztor szerkezeti felépítése

folyó I_Z záróirányú áram megfordul, nyitóirányú lesz [13], emiatt a 2 átmeneti rétegen eső feszültség is ellentétes irányú lesz a másik két réteghez képest. Ennek megfelelően a tirisztoron mérhető eredő feszültség - bekapcsolt állapotban - alig nagyobb mint egyetlen dióda nyitóirányú feszültsége.

A 4-26. ábra a tirisztor bekapcsolási karakterisztikáját mutatja.



4-26. ábra

A tirisztor jelleggörbéi, paraméter a vezérlőáram

Az I_G (vezérlőáram) = 0-hoz tartozó görbén látható, hogy ha növeljük a feszültséget, a tirisztoron átfolyó áram eleinte kevésbé, majd rohamosan növekszik. U_B billenő feszültségnél, amely közel áll a tirisztor középső rétegének letörési feszültségéhez, az áram jelentősen megnő és a fent említett okok miatt a tirisztor vezetésbe billen. Ebben az esetben I_A nagyságát gyakorlatilag csak a fogyasztó ellenállása korlátozza. A valóságban nem szabad a tirisztort a billenő feszültséggel nyitni, mert az a tirisztor tönkremenetelét okozhatja.

A tirisztor nyitóirányú igénybevétele mellett, kikapcsolt állapotban kössünk egy feszültségforrást (gyujtófeszültséget) a vezérlő elektróda és a katód közé úgy, hogy a vezérlőelektróda legyen pozitívabb. A gyujtófeszültség hatására a 4-24. ábrán jelzett irányú I_G vezérlőáram folyik, és az ebből származó lyukak hozzáadódnak a 2 zárórétegen p-bázisrétegbe áthaladó lyukakhoz. Ez növeli a katódrétegből a p-bázisrétegbe injektált elektronok számát és egyben a nem rekombinálandó, n-bázisrétegbe átjutó elektronok számát is, amely végül is az anódáram növeléséhez vezet, és a tirisztor - adott körülmények között - sokkal kisebb üzemi feszültségnél bekapcsol. A tirisztoron átfolyó mindenkori anódáramot - a (4-16) összefüggéshez hasonlóan - a vezérlőelektródán átfolyó I_G vezérlőáram figyelembevételével is felírhatjuk [13]:

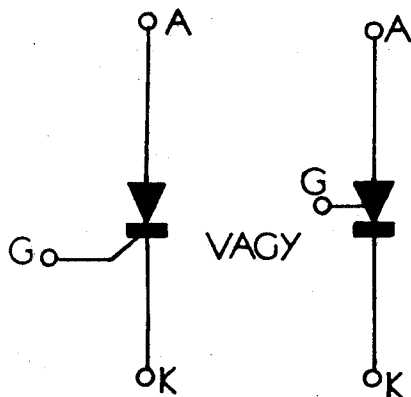
$$I_A = I_z + A_{np} (I_A + I_G) + A_{pn} I_A = \frac{I_z + I_G A_{np}}{1 - (A_{np} + A_{pn})} \quad (4-17)$$

Az összefüggésből látható, hogy a vezérlőáram megnöveli az anódáramot és ezzel elősegíti a bekapcsolt állapot létrehozását.

▼Minél nagyobb a vezérlő áram, annál kisebb külső feszültségnél következik be a tirisztor gyujtása. A feszültségviszonyokat a 4-26. ábrán látható jelleggörbe mutatja. Ha a vezérlőáramot olyan értékre választjuk, hogy a billenési feszültség kisebb legyen, mint az éppen alkalmazott üzemi feszültség, akkor a tirisztor átkapcsol vezetésbe (begyujt). A vezérlőáramnak ezt az értékét gyujtóáramnak nevezzük. Ezután a tirisztor a korábban említettek miatt tartósan vezetési állapotban marad a gyujtóáram megszüntetése után is, és kikapcsolása nem oldható meg a vezérlő elektródára adott kioltó vezérlőárammal sem. A kikapcsolás csak akkor következik be, ha az anódáram egy minimális érték - az ún. tartóáram - alá csökken.

Ha a tirisztorra olyan polaritású feszültséget kapcsolunk, hogy az anód negatívabb legyen mint a katód, ez a feszültség az 1 és 3 átmenetet záró, a 2 átmenetet nyitóirányban veszi igénybe. Feltételezhetjük itt

is, hogy a külső feszültséget a két lezárt átmenet veszi fel. Mivel a középső n réteg szennyezettsége igen gyenge, a 3 átmenet tértöltési tartománya sokkal szélesebb, mint az 1 átmeneté, így az előző átmenet záróirányu ellenállása jóval nagyobb az utóbbinál. Emiatt a külső feszültség java része a 3 átmenetre jut. A tirisztoron átfolyó áram ekkor igen kicsiny. A külső feszültség növelésével - hasonlóan a rétegdiodához -



4-27. ábra

A tirisztor jelképi jelölése

Színuszos váltakozó feszültségnél a terhelt tirisztoron átfolyó áram időbeli lefutását impulzus-gyújtás esetében a 4-28. ábrán láthatjuk. A terhelésre jutó teljesítmény nagyságát az impulzussorozat fázishelyzete szabja meg. A fázisszög változtatásával a fogyasztóra jutó teljesítmény a nulla és a maximális teljesítmény között változtatható, mozgó, mechanikus alkatrészek felhasználása nélkül, ezért a tirisztor viszonylag egyszerű módon, váltóáramu teljesítményszabályozásra is alkalmas.

A tirisztor gyújtásához kívánatos jel meredek felfutásu és egy minimális értéknél hosszabb időtartamu impulzus. Rövidebb impulzushoz általában nagyobb amplitudóju jel szükséges. Minél meredekebb a vezérlőáram felfutása, annál kisebb a kapcsolási idő. Azonban minden tirisztornál megadnak egy kritikus árammeredekséget, amelyet nem szabad túllépni. Ez azzal magyarázható, hogy a gyújtás pillanatában, a tirisztoron átfolyó áramot a gyujtóelektróda környezetében egy keskeny csatorna kezdi vezetni. Ha a vezérlő áram meredeksége túllépi a megengedett értéket, a csatorna mentén tulmelegedés léphet fel, ami a tirisztor tönkremenetelét okozhatja.

A kapcsoló diódákhoz hasonlóan tirisztoroknál is beszélhetünk feléledési időről, amely a tirisztor két bekapcsolt állapota között minimálisan szükséges idő ahhoz, hogy lezárt állapotba, majd gyujtó impulzus

az áram gyakorlatilag nem nő, a tirisztor záróirányban van igénybevéve. Záróirányu igénybevétel alatt vezérlőáram nem folyhat, mert az 1 átmenet nyitása következtében jelentősen növekedhet a záróirányu áram.

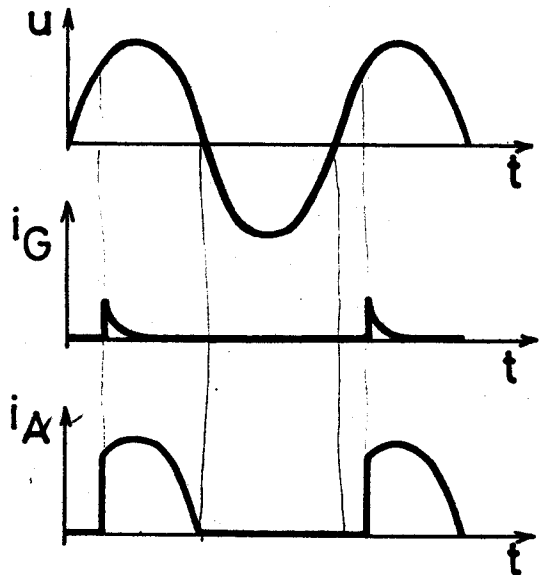
Megjegyezzük, hogy vezérlésre a tirisztor másik bázisrétege is felhasználható. Ebben az esetben a vezérlőfeszültséget az anód és az n-bázisrétegen levő vezérlőelektróda közé kell kapcsolni, az előzővel ellentétes polaritással. Az ilyen felépítésű tirisztorokat anti npnp tirisztoroknak nevezik.

A tirisztor szimbolikus jelölését a 4-27. ábrán tüntettük fel.

hatására ismét bekapcsolt állapotba kerülhessen. A felélelési idő tehát korlátozza a váltóáram frekvenciáját, amelyet szabályozni akarunk.

4-3.2. A tirisztorok fajtái

A tirisztor elnevezést általában csak az eddig ismerttetett felépítésű ún. tirisztor-triódákra használják. Ez a név azonban nagy általánosságban gyűjtőneve mindazon félvezető eszközöknek, amelyek legalább 3 pn-átmenetet tartalmaznak, és kapcsoló tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezek közül a legfontosabbakat az alábbiakban ismertetjük.



4-28. ábra

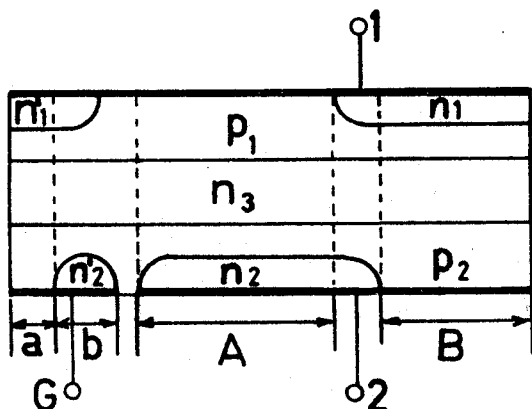
A terhelt tirisztoron átfolyó áram időbeni lefutása

Tirisztor-tetródák

Felépítésük a tirisztor-triódákétól abban különbözik, hogy mindkét bázisréteget vezérlőelektrodával látják el, ezáltal anód- és katódoldaltól is vezérelhetők. A tirisztor-tetródák egy része - az ún. binisztorok - vezérlőimpulzussal is kiolthatók. Ezek kis katódfelületű tirisztor-tetródák. Bistabil tulajdonságuk miatt egyszerű felépítésű logikai áramkörök készítésére használható.

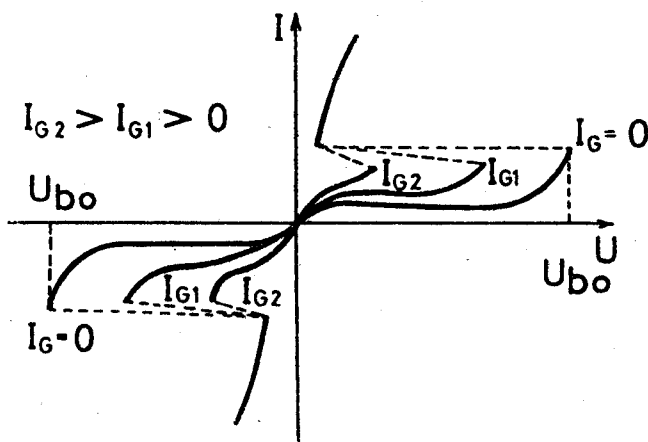
A kétirányú tirisztor (triac)

Váltakozó áramok kisteljesítményű vezérléséhez fejlesztették ki a kétirányú tirisztort, melyet az irodalomban igen gyakran triacnak vagy szimisztornak is neveznek. A triacnál a szilícium lapka belsejében két szembekapcsolt pnpn rétegelrendezést képeznek ki. A 4-29. ábrán láthatóan a triacnak három kivezetése van. Az 1 és 2 jelű főelektrodák egyaránt betölthetik az anód és a katód szerepét, a V vezérlőelektrodára pedig akár pozitív, akár negatív áramimpulzust adunk, a begyújtás létrejön (4-30. ábra).



4-29. ábra
A triac vázlatos felépítése

Vezéreljük a triacot pl. pozitív impulzussorozattal. Ha az 1 főelektródán pozitív, a 2-n negatív a feszültség, akkor a vezérlőelektróda érintkezőjének p_2 réteghez csatlakozó a része az A rétegelrendezés ($p_1 n_3 p_2 n_2$) vezérlőelektródájaként működik és a triac bekapcsol. Ha viszont a váltóáram második félperiódusában a 2 főelektróda van pozitív, az 1 negatív feszültségen, az B rétegelrendezés van nyitótírányu igénybevétel alatt.



4-30. ábra
A triac jelleggörbéi, paraméter a vezérlőáram

A vezérlőáram most a vezérlőelektróda a része és a 2 főelektróda n_2 -vel határos része között folyik, aminek következtében az a rétegsor ($p_2 n_3 p_1 n_1$) kapcsol be elsőként, amely magával vonja a B rétegelrendezés bekapcsolását [40].

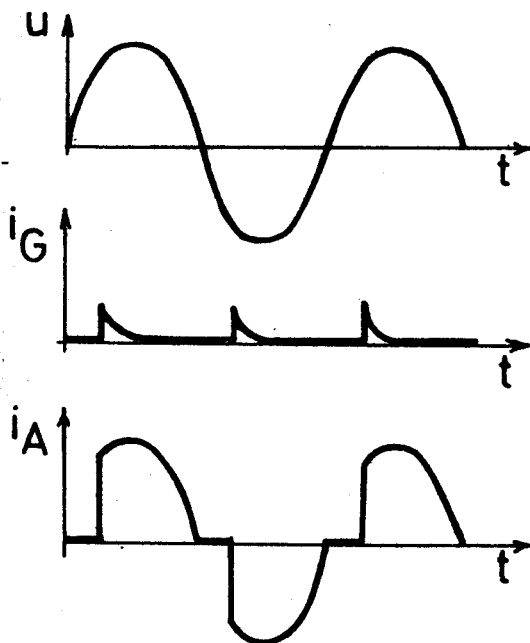
A terhelt triacon átfolyó áram időbeli lefutását a tirisztorhoz hasonlóan itt is a gyújtóimpulzusok fázishelyzete szabja meg (4-31. ábra). A triac szimbolikus jelölése a 4-32. ábrán látható.

4-3.3. Tirisztorok alkalmazása

A tirisztorokat leggyakrabban váltóáramu teljesítményszabályozásra, vezérelt egyenirányítóként és egyenáramu kapcsolóként használják. Az első két esetben a szabályozást a gyújtószög változtatásával oldják meg. A gyújtóimpulzusok előállítására megfelelő vezérlőgenerátor szolgál. A vezérlőgenerátor impulzusainak természetesen együtt kell futnia a szabályozandó váltófeszültség félperiódusaival. A gyújtószög vezérlése legegyszerűbben RC-taggal oldható meg pl. a 4-33. ábrán látható kapcsolás segítségével. Itt a tirisztor vezérelt egyutas egyenirányítóként működik. A C kondenzátort a hálózati feszültség negatív félperiódusa a D_2 diódán keresztül $-U_0$ csúcsertékre

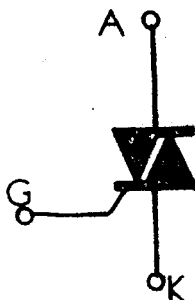
tölti. Eközben a tirisztor záróirányu feszültséget kap, tehát az R_t terhelésen nem esik feszültség, A veszélyesen nagy negatív feszültség felléptét a tirisztor vezérlő elektródáján a D_1 dióda akadályozza meg.

Miután a hálózati feszültség pillanatnyi értéke a negatív csúcserték alá csökken, az R ellenálláson keresztül megkezdődik a C kondenzátor kisütése. Ez a folyamat átnyulik a pozitív félperiódus tartományába. Amint az R ellenálláson átfolyó pozitív áram a kondenzátort egy kritikus $+U_G$ gyújtási feszültségre tölti, a tirisztor bekapcsol és a pozitív félperiódus hát-



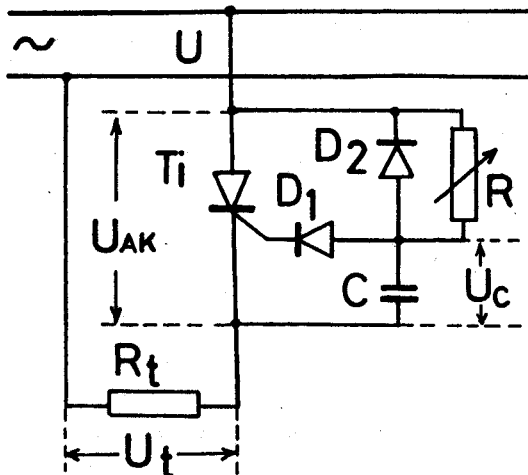
4-31. ábra

A terhelt triacon átfolyó áram időbeli lefutása pozitív impulzusvezérlés esetén



4-32. ábra

A triac jelképi jelölése



4-33. ábra

Gyújtásszög vezérlés RC taggal

értékeknél ($R_2 > R_1$) a 4-34. ábrán láthatók.

A 4-35. ábra váltóáramu teljesítményszabályozó kapcsolási rajzát mutatja. Itt a tirisztorok (Ti_1, Ti_2) ellen-párhuzamosan

kapcsolódnak egymáshoz, így az R_t terhelésen a gyújtási szögek-től függő váltakozó feszültség jelenik meg. A tirisztorok gyújtóimpulzusait a Tr_1 és Tr_2 impul-

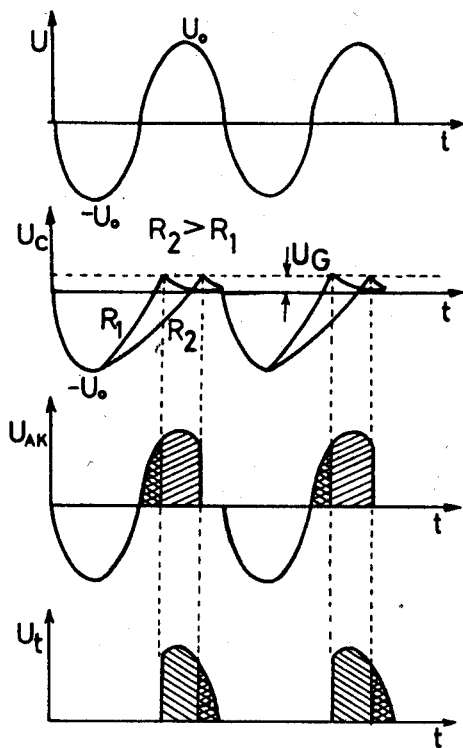
zustranzsfómátorok szolgáltatják, amelyek egyuttal megoldják a tirisztorok és a gyújtógenerátorok közötti galvanikus szigetelést is. A két gyújtógenerátor egymással megegyező felépítésű.

Működési elvük a 4-36. ábrán látható jelformák alapján nyomon követhetők. Az u_1 feszültség

negatív félperiódusában a C kondenzátor a D_1 diódán

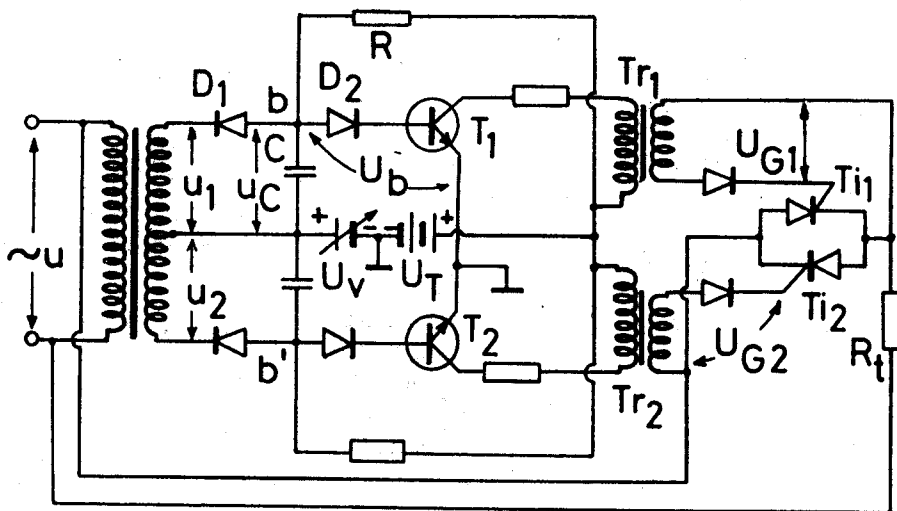
keresztül negatív csúcsertékre töltődik. A b ponton ekkor a csúcsertéknél U_v -vel kisebb

ramaradó tartományában végig vezetési állapotban marad. A kioltás a nullátmenet környezetében akkor következik be, amikor az R_t által korlátozott anódáram a tartóáram értéke alá csökken. A gyújtás időpontja az R ellenállás értékének változtatásával állítható be. Ezzel a kapcsolási megoldással a gyújtási időpont a pozitív félperiódusban - mintegy 150 °-os intervallumon belül változtatható. A gyújtóáramkör impulzusalakjai különböző R



4-34. ábra

Feszültségviszonyok RC tagos gyújtásvezérlés esetén



4-35. ábra

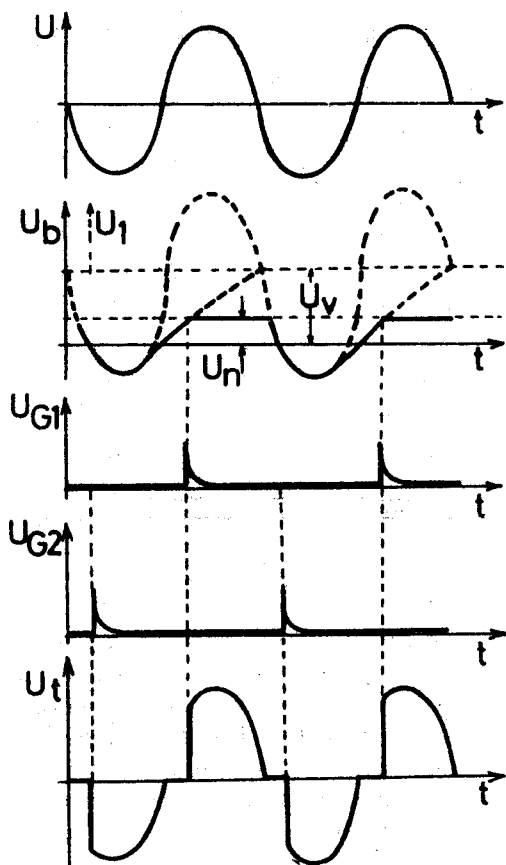
Tranzisztoros gyújtásszög-vezérlő áramkör impulzustranzformátorral

feszültség (U_b) jelenik meg. A kondenzátor kisütéséről az R ellenállás gondoskodik. Kisütés közben a b pont feszültsége negatívból pozitív felé növekszik. Amint U_c és U_v eredője eléri a T_1 tranzisztor bázis-emitter valamint a D_2 dióda nyitóirányú feszültségeinek összegét (U_n), T_1 nyit és a Tr_1 transzformátor gyújtóimpulzust bocsát a Ti_1 tirisztorra. A másik gyújtógenerátor működése ugyanilyen, csak itt a vezérlés u_1 -hez képest 180° -ot eltolt u_2 -vel történik, ezáltal a Ti_2 gyújtóimpulzusai is 180° -ot késnek a Ti_1 -éhez képest.

A gyújtási szög szabályozása U_v vezérlőfeszültség változtatásával lehetséges. Ha U_v -t csökkentjük a b és b' pont feszültsége negatívabb lesz, megnyulik a kondenzátorok kisütési ideje, ennek megfelelően a tirisztorok gyújtása is később következik be.

Ezzel a megoldással a gyújtási szög változtatása teljes 180° átfogással lehetséges. A kapcsolást megfelelő szabályozó áramkörrel kiegészítve automatikus teljesítményszabályozó (pl. kemencék hőmérsékletének stabilizálására) építhető.

A tirisztorok gyújtására az említetteken kívül még jónéhány megoldás ismeretes. Gyújtógenerátorként igen jól alkalmazhatók a speciálisan impulzustechnikai célokra kifejlesztett kétbázisú diódák is. Erre a későbbi fejezetekben (a kétbázisú dióda tárgyalásánál) még kitérünk.



4-36. ábra

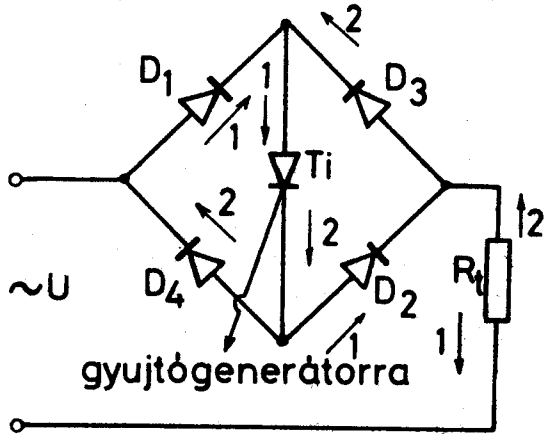
Tirisztoros gyújtásszög vezérlő áramkör impulzusai és a terhelésen fellépő feszültség alakjai

Váltóáramu teljesítmény-szabályozás egyetlen tirisztor felhasználásával is megoldható pl. 4-37. ábra szerinti ún. takarékkapcsolásban. Itt a tirisztor a diódás Graetz-hid egyenáramú ágába van kötve, ezért a rajta átfolyó áram egyenirányított félperiódusokból áll. A tirisztor bekapcsolt állapotában az R_t terhelésen a bemeneti u feszültség jelenik meg. Pozitív félperiódusban (1) az áram utja, D_1 , T_1 , D_2 , R_t negatív félperiódusban (2) R_t , D_3 , T_1 , D_4 . Ha a tirisztor nem kap gyújtóimpulzusokat, az áram utja mindkét irányban meg van szakitva és a terhelésen nem esik feszültség. A gyújtóimpulzusok fázishelyzetének változtatásával a kimenő teljesítmény is változik.

Egyenáramu stabilizátorokban igen gyakran használnak tirisztoros, kétutas, vezérelt egyenirányítókat. Segítségükkel a stabilizátorok hatásfoka lényegesen növelhető, mivel a gyújtásszög változtatásával mindig beállítható az a legkedve-

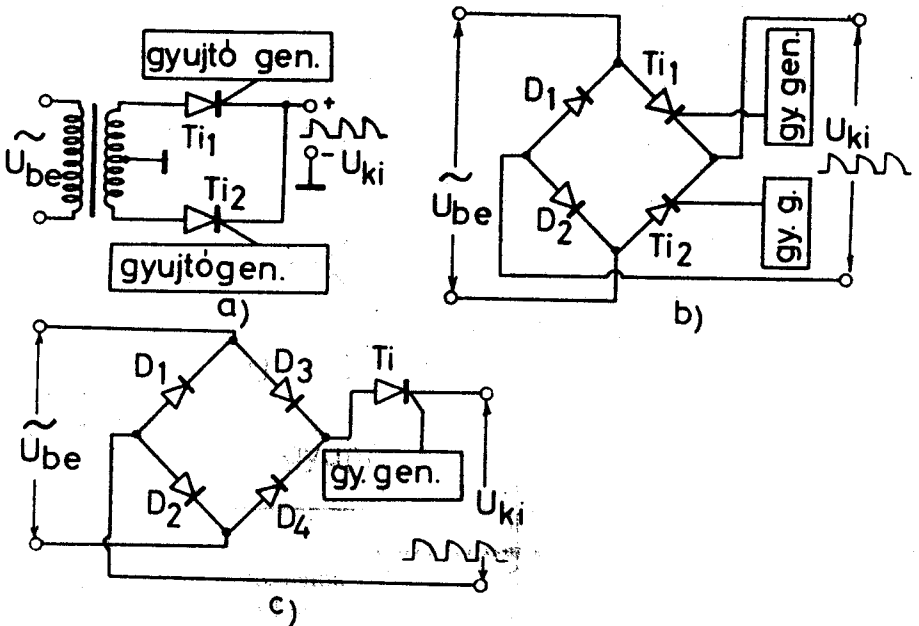
zőbb helyzet, amelynél a stabilizáló rendszeren csak a helyes működéshez éppen szükséges, minimális veszteségi teljesítmény esik. A gyújtásszög vezérlése ilyen esetekben mindig automatikusan történik. A vezérelt kétutas egyenirányítóra néhány példát a 4-38. ábrán mutatunk be.

A hagyományos felépítésű tirisztorokat gyakran használják egyenáram be- ill. kikapcsolására is. A bekapcsolás gyújtóimpulzus segítségével egyszerűen megoldható, a kikapcsoláshoz viszont az állandóan átfolyó anódáram miatt megfelelő kényszeroltásról kell gondoskodni. Kényszeroltáskor az a cél, hogy a tirisztoron átfolyó áramot kis időre a tartóáram értéke alá csökkentsük, ezután a kikapcsolt állapot már fennmarad és az ismételt bekapcsoláshoz újabb gyújtóimpulzus szükséges.



4-37. ábra.

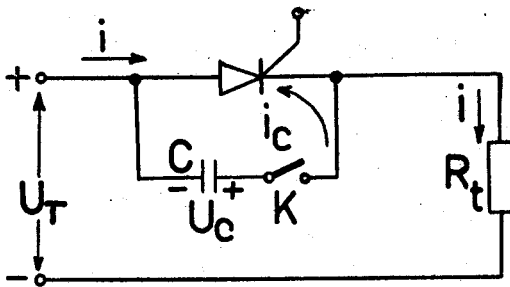
Váltakoramu teljesítmény-szabályozás egyetlen tirisztor felhasználásával



4-38. ábra

Kétutas vezérelt egyenirányító kapcsolások:

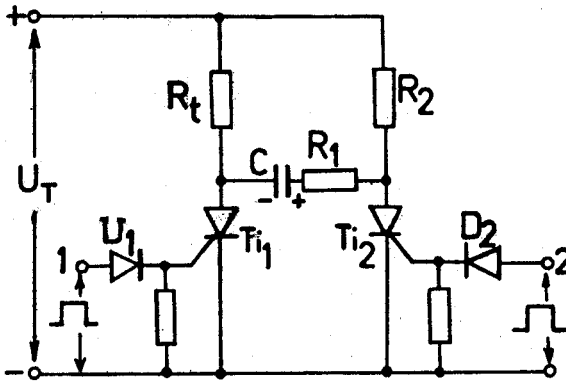
- a) középleágazású transzformátorral, b) Graetz-hidas kapcsolás,
- c) Graetz-hidas egyenirányító takarékkapcsolásban



4-39. ábra

Tirisztor kikapcsolása oltókapacitá-
torral

A kikapcsolás megvalósítására több megoldás ismeretes. Erre a célra gyakran alkalmaznak a tirisztorral párhuzamosan kapcsolt oltókapacitát a 4-39. ábra szerinti elvi felépítésben. A K kapcsoló zárásakor az ábrán jelzett polaritással felöltött C kondenzátor egy kis időre megszakítja a tirisztor áramát, így az kikapcsolt állapotba kerül. A kapcsoló helyett igen gyakran egy másik un. segéd-tirisztor alkalmaznak.



4-40. ábra

Tirisztoros egyenáramú kapcsoló segéd-
tirisztor felhasználásával

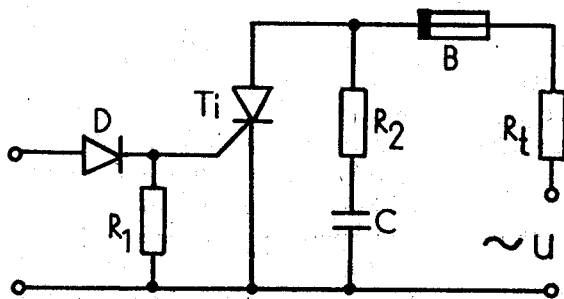
Segéd-tirisztoros egyenáramú kapcsoló gyakorlati megvalósítása látható a 4-40. ábrán. Alaphelyzetben mindkét tirisztor kikapcsolt állapotban van, a C kondenzátoron nulla feszültség mérhető. A terhelés (R_t) bekapcsolását a T_1 fő-tirisztor végzi az 1 bemenetre adott pozitív gyújtóimpulzus hatására. Ekkor a T_2 segéd-tirisztor még kikapcsolt állapotban marad és a kondenzátor az ábrán jelzett polaritással gyakorlatilag U_T feszültségre töltődik, R_1 -en és R_2 -en keresztül. T_1 kikapcsolása a 2 bemenetre adott gyújtóimpulzussal lehetséges. A kapcsoló impulzus vezetésbe billenti a segéd-tirisztor, amely a C kondenzátort, mint pillanatnyi záróirányú feszültségforrást rákapcsolja a fő-ti-

risztorra. Ezzel Ti_1 kikapcsol, majd a kondenzátor az előzővel ellentétes polaritással ismét U_T feszültségre töltődik R_t -n keresztül. A töltődés befejezése után a segéd-tirisztoron már csak az R_2 ellenálláson átfolyó áram megy át. A veszteség csökkentése miatt R_2 értékét célszerű úgy megválasztani, hogy ez utóbbi áram kisebb legyen a Ti_2 tartóáramánál. Ha ez teljesül, a segéd-tirisztor is kikapcsolt állapotba kerül, így az egész kapcsolóáramkör kikapcsolt állásban gyakorlatilag fogyasztásmentesnek tekinthető. A Ti_2 kikapcsolása után a kondenzátor is kisül. Az R_1 ellenállásnak itt áramkorlátozó szerepe van.

A fő-tirisztor kikapcsolásához ugyanis időre van szükség; emiatt a Ti_1 egy darabig még akkor is vezetésben marad, ha rajta a feszültségesés ellentétes irányu lesz. Ez azt jelenti, hogy a segéd-tirisztor bekapcsolásakor a kondenzátor energiája védőellenállás nélkül igen nagy áramot hozna létre. Ezen kívül az áramkorlátozás miatt megnyulik a C kisütési ideje is, biztosítva ezzel a fő-tirisztor kikapcsolásához szükséges időtartamot.

Minden elektromos berendezésben előfordulhat, hogy az egyes alkatrészek igénybevétele pillanatszerűen megnő. Ilyenkor - általában külső behatások (ki-, bekapcsolás, zárlat stb.) miatt - az alkatrészeken eső feszültség és az átfolyó áram az üzemi érték sokszorososa is lehet. Ez sok esetben az építőelemek tönkremeneteléhez vezet. A félvezető elemek különösen érzékenyek a túlterhelésre, ezért mint minden félvezető eszközt, a tirisztort is védeni kell a nemkívánatos feszültség- és áramlökésektől.

Mindenekelőtt a veérlőelektródára jutó veszélyesen nagy negatív feszültséget kell elkerülni. Erre a célra legtöbbször a 4-41. ábrán látható soros védődiódát (D) és egy párhuzamos védő ellenállást (R_1) alkal-



4-41. ábra
Tirisztor bemeneti és kimeneti védelme

maznak. A dióda csak a nyitóirányu vezérlőimpulzusokat engedi át, ellentétes irányban lezár, és az ellenállás söntölő hatása miatt a tirisztor vezérlőelektrodájára gyakorlatilag nem jut negatív feszültség.

Az anód-katód közötti negatív vagy pozitív túlfeszültség ellen különböző védőáramköröket építenek be. Ilyenek lehetnek a tirisztorral párhuzamosan kötött gyorskapcsoló, feszültségfüggő ellenállás (VDR), induktív terhelésnél (kikapcsoláskor a túlfeszültségek kialakulása ellen) a terheléssel párhuzamosan kapcsolt védődióda, vagy ezek megfelelő kombinációja. Általános célokra azonban - egyszerű felépítése és olcsósága miatt - az előbbi ábrán látható soros RC tagot (R_2 , C) használják.

Itt a túlfeszültség kialakulását a kondenzátoron átfolyó nagy töltőáram korlátozza. Az R_2 ellenállásra azért van szükség, hogy a tirisztor bekapcsolásakor pillanatszerűen ne folyjon túlságosan nagy anódáram. Megjegyezzük, hogy az RC tag alkalmazása nem nyújt minden esetben kellő védelmet.

A zárlat okozta nagy anódáramok kiküszöbölésére legeredményesebben szintén gyorskapcsolók (elektronikus vagy elektromechanikus kapcsolóáramkörök) használhatók, de általános célokra itt is a korábbi ábrán látható egyszerűbb megoldást választják. A tirisztorral sorosan, olvadó biztosítót (B) kapcsolnak, amely a határáram túllépésekor rövid idő alatt kiolvad és megszakítja az áramkört. A tirisztorokhoz erre a célra különösen gyors olvadó biztosítókat fejlesztettek ki. A gyárak az egyes tirisztorokhoz rendszerint megadják a javasolt olvadó biztosító típusát is.

4-3.4. Tirisztorok jellemző adatai

A tirisztorok alkalmazásakor minden esetben figyelembe kell venni azok határ- és egyéb jellemző adatait. Az alábbiakban ismertetjük a katalógusokban általában megtalálható legfontosabb jellemzőket:

U_{DSM}	maximális pozitív záróirányu feszültség, amelynél a tirisztor vezérlés nélkül még kikapcsolt állapotban marad adott hőmérsékleten;
U_{RSM}	maximális negatív záróirányu feszültség, amelyet a tirisztor letörés nélkül kibír adott hőmérsékleten;
I_{TAVM}	tartós határáram, nyitott állapotban folyó áram tartósan megengedett legnagyobb, egy periódusra átlagolt számítani középvértéke, 50 Hz-es, szinuszos váltófeszültségénél, egyutas kapcsolásban, hatásos ellenállás terheléssel;
I_{TSM}	nyitott állapotú lökőáram, maximálisan 10 ms időtartamu, nyitott állapotban folyó, periódikusán nem ismétlődő áram legnagyobb megengedett csúcserőértéke;

I_{GT}	gyújtóáram, amelynél a tirisztor adott körülmények között bekapcsol;
U_{GT}	az I_{GT} gyújtóáram létrehozásához szükséges vezérlő-elektroda - katód közötti feszültség;
I_R	a tirisztoron átfolyó negatív záróirányú maradékáram adott anódfeszültség és környezeti hőmérséklet mellett;
I_D	a tirisztor pozitív maradékárama kikapcsolt állapotban adott anódfeszültség és hőmérséklet mellett;
I_H	tartóáram, az az anódáram érték, amely alatt a tirisztor bekapcsolt állapotból kikapcsolt állapotba kerül adott hőmérsékleten;
t_{on}	bekapcsolási idő, a gyújtóimpulzus kezdetétől a bekapcsolt állapot létrehozásáig eltelt idő, mialatt a tirisztoron eső feszültség az üzemi feszültség 10%-ára esik;
t_{off}	kikapcsolási idő
t_q	feléledési idő
$(dU_D/dt)_{krit}$	zárt állapotú anódfeszültség kritikus meredeksége;
$(dI_t/dt)_{krit}$	nyitott állapotú áram meredekség kritikus értéke;
T_j	maximális réteghőmérséklet, amelynél a tirisztor még nem veszti el kapcsoló tulajdonságát;
R_{th}	termikus ellenállás.