



Hollenczer Lajos

Teljesítményelektronikai mérések

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Erősáramú mérések végzése

A követelménymodul száma: 0929-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-013-50

TELJESÍTMÉNYELEKTRONIKAI MÉRÉSEK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy olyan kft-nél dolgozik, ahol különféle készülékeket gyártanak, többek között antenna-erősítőket, informatikai-jelátviteli berendezéseket. A cégnél kifejlesztették ezen berendezések tápegységeit is. A céghez egy villamosipari szakközépiskola növendékei érkeztek nyári munkára. Miután ők villamos szakemberek lesznek, és komoly érdeklődést mutatnak a szakmai iránt, az Ön főnöke elhatározta, hogy betanítja őket a legfontosabb teljesítményelektronikai berendezések működtetésére, az alkatrészek paramétereinek vizsgálatára. A diákok komoly szakmai tárgyakat még nem tanultak, ezért munkahelyi vezetője Önre bízta az alapismeretek rövid összefoglalását, és a legfontosabb tudnivalók átadásának feladatát. **Nem az az Ön feladata, hogy részletekbe menően megtanítsa a tanulókkal a teljesítményelektronika minden részletét, hanem az összefoglalás, áttekintés, a lényeg kiemelése, különös tekintettel a tirisztoros kapcsolásokra.**

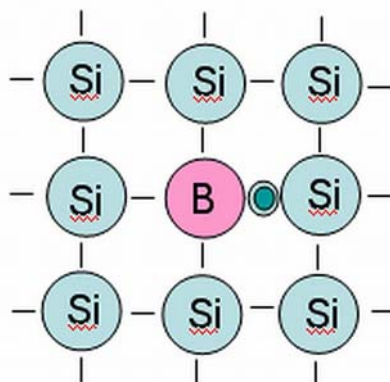
SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. A félvezetők (rövid áttekintés)

A teljesítményelektronikai alkatrészek félvezető alapanyagúak. Régebben germánium, ma szinte kizárólag szilícium (Si) az alkatrészek alapanyaga. A félvezetőket nem természetes állapotban használjuk, hanem szennyezőanyagok segítségével kétfajta réteget alakítunk ki.

A p-típusú szennyezés

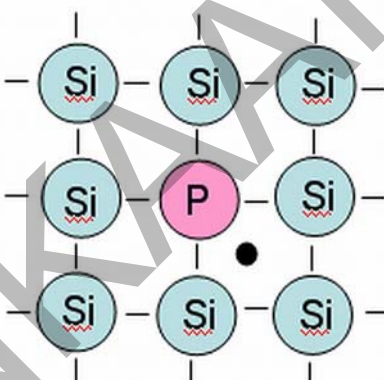
A szilícium 4 külső elektronnal rendelkezik, így alkot rácsos szerkezetet. Ha ebben a szerkezetben az egyik Si atomot kicseréljük például a 3 szabad elektronnal rendelkező bórra, akkor egy kötés elégtelen lesz, hisz nincs elég elektron az összes kötéshez. Az ilyen félvezetőt p-típusú félvezetőnek hívjuk. (Másképpen akceptor-befogadó szennyezés)



1. ábra. A "p" típusú szennyezés

Az n-típusú szennyezés

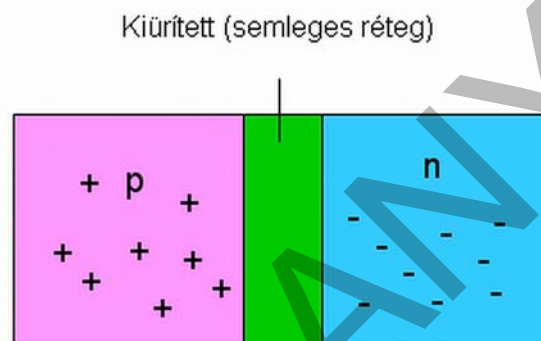
Szennyezzhetünk úgy is, hogy az egyik Si atomot 5 szabad elektronnal rendelkező atomra, például foszforra cseréljük ki. Ilyenkor a rács kötéseire rendben lesznek, de lesz egy maradék elektron is. Az ilyen félvezetőt n-típusú (másnéven donor) félvezetőnek hívjuk.



2. ábra. Az "n" típusú szennyezés

A pn-átmenet

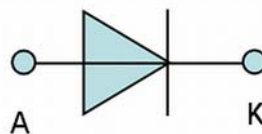
Ha összeillesztünk egy p és egy n-típusú félvezetőt, akkor érdekes jelenség játszódik le. Az egyik réteg (a p) elektronhiányban szenved, a másik réteg (az n) pedig elektrontöbbletben. A két félvezető határán, a p-n-átmenetnél a szabad elektronok egy része hőmozgásuk segítségével az n-rétegből átmegy a p-rétegbe, és rekombinálnak (egyesül) az ott lévő többségi töltéshordozókkal, a lyukakkal. Hasonlóan a "p" oldali lyukak is diffundálnak az "n" oldalra, és szintén rekombinálnak az elektronokkal. (A lyukak mozgására a következő képzetársítás lehet jó. Egy széksorban a sor bal szélén van egy üres szék-ez a lyuk-, a többin ülnek. Az ülő emberek az "elektronok". Ha mindenki egy széssel balra ül, akkor az elektronok balra vándorolnak, a lyuk viszont jobbra.) A rekombináció révén a pn-átmenetnél kialakul egy vékony "kiürített réteg", másnéven a záróréteg. Az átmenettől távolabbi kristályrészekben e jelenség már nem folytatódik, mert a záróréteg potenciálgátja megakadályozza a rekombináció terjedését. A záróréteg 10^{-6} m vastagságú.



3. ábra. A pn átmenet

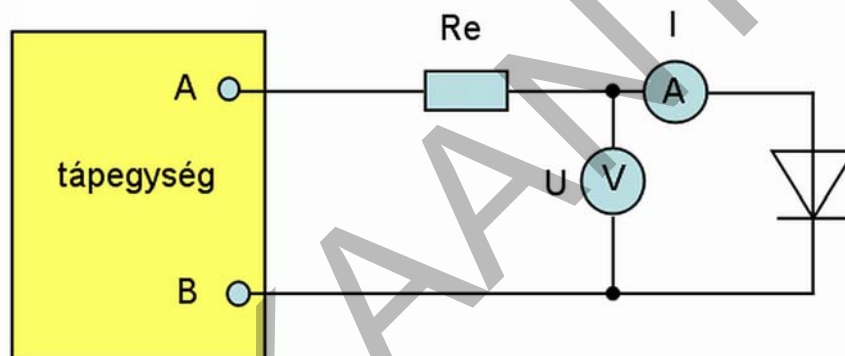
A záróréteg a pn-átmenet mentén elszigeteli egymástól a két (P és N) réteget. A pn átmenet a záróréteggel kondenzátort alkot, melynek töltéstároló képessége (kapacitása) van.

2. A dióda



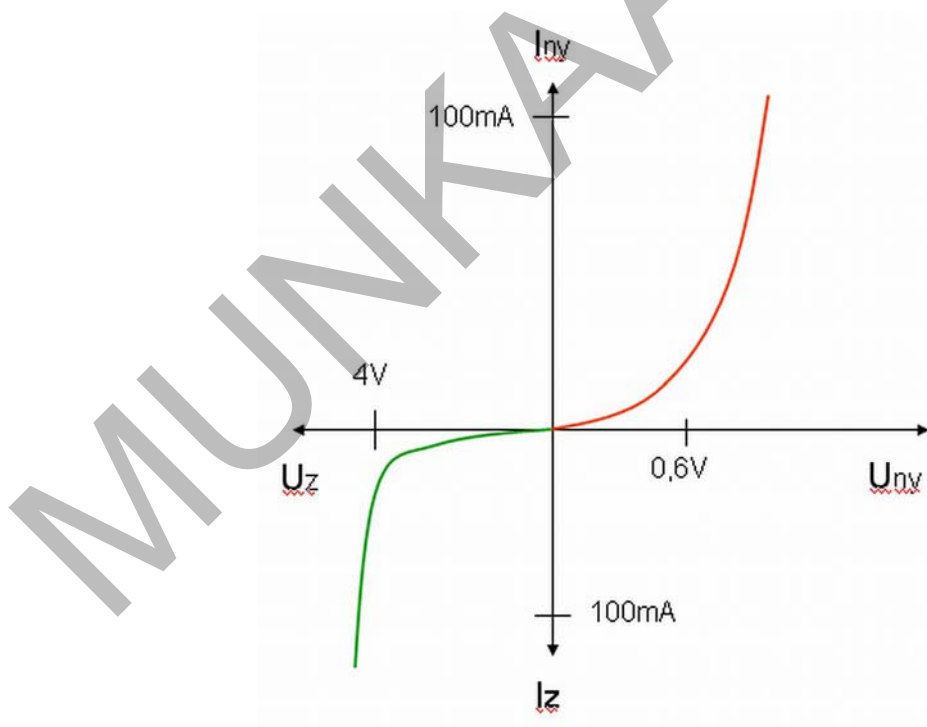
4. ábra. A dióda rajzjele

A dióda a legegyszerűbb félvezető. Mindössze egy p és egy n-típusú félvezetőből áll. Két kivezetése van, az anód (A) és a katód (K). Az anód a p-rétegre van kapcsolva, a katód pedig az n-re. A dióda az áramot csak az egyik irányba vezeti át, a másik irányba szakadásként viselkedik. A dióda vezet, ha az anódra a feszültségforrás pozitív, a katódra a negatív kapcsát kötjük. Ebben az esetben nyitóirányú igénybevételről beszélünk. Ilyenkor a kiürített réteg gyakorlatilag eltűnik, feltéve, ha akkora a nyitóirányú feszültség, mely a potenciálgátat legyőzi. Ez szilícium diódáknál kb. 0,7 V. Ez azért hasznos, mert így váltakozó áramot tudunk egyenirányítani, valamint megvédehetünk vele olyan áramköröket, ahol bajt okozna ha pl. valaki fordítva helyezi be az elemet. A dióda nyíl-alakú áramköri jelén látszik hogy merre engedi át az áramot. Ha a diódára olyan irányú áramot kapcsolunk, amelyet átenged, akkor nyitóirányú előfeszítésről beszélünk, ha olyat, amit nem (vagy csak nagyon kis mértékben) enged át, akkor záróirányú előfeszítésről. Záróirányú feszültség hatására a diódában a záróréteg kiszélesedik, rajta gyakorlatilag csak csekély számú (kisebbségi) töltéshordozó halad át. Nézzük meg azt, hogyan lehet megvizsgálni a dióda viselkedését, illetve hogyan lehet felvenni a nyitó-, valamint a záróirányú karakterisztikát.



5. ábra. A dióda nyitókarakterisztikájának felvétele

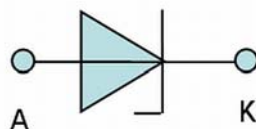
Ha a nyitóirányú karakterisztikát akarjuk felvenni, akkor "A" pont pozitív, "B" pont negatív polaritású legyen. Záróirányú karakterisztika esetén a polaritást meg kell cserélni. Re ellenállással a kialakuló áramot korlátozzuk. Kis feszültségnél nyitóirányban kicsi áram folyik, majd kb. 0,6 V-tól erős áramnövekedés figyelhető meg. A dióda kb. 0,7 V-os feszültségnél teljesen kinyit (küszöbfeszültség). Záróirányú igénybevétel esetén a feszültség növelésével a záróirányú áram egy bizonyos pontig gyakorlatilag nem változik. Tovább növelve a feszültséget hirtelen növekvő áramot figyelhetünk meg.. Ha a letörési feszültség 5V-nál kisebb, akkor Zener-letöréről beszélünk, amely abban nyilvánul meg, hogy a kialakuló nagy elektromos térerősség a rácsszerkezetről elektronokat szabadít ki, melyek a keletkező lyukakkal hozzák létre az I_z letörési áramot. Kb. 8 V felett alakul ki az ún. lavinaletörés, amikor a hőmozgás miatt kiszakadó elektronok felgyorsulnak, kiütik helyükből a rácspan lévő elektronokat, melyek felgyorsulva ütköznek az atomrács elektronjaival, és további szabad töltéshordozókat szabadítanak ki az atomi kötésből. 5V és 8 V között a két hatás egyszerre jelentkezik, ezért ebben a feszültségtartományban lehet a legjobb tulajdonságú diódát készíteni. Amikor rétegdiódákon először figyelték meg a letörési tartományt, azt a Zener – hatásnak tulajdonították, és az ilyen diódákat Zener-diódának nevezték el. Később kiderült, hogy sokszor a lavinamechanizmus hozza létre a letörést, de az elnevezésen már nem változtattak, és ezért e diódákat a letörés jellegétől függetlenül Zener-diódának nevezik.



6. ábra. A dióda karakterisztikája

Zener-diódák

Ezek speciális diódák, melyek a záróirányú karakterisztika letörési szakaszában üzemelnek. A letörési feszültség mértéke a szennyezéssel állítható be. Mivel a működési áram-tartományban a dióda feszültsége gyakorlatilag nem változik, ezeket a diódákat feszültségstabilizátor-kapcsolásokban alkalmazzák. A dióda védelme érdekében előtét-ellenállás beépítése szükséges! Alkalmazzák még ezeket a diódákat referencia-feszültség előállítására, tranzistoros erősítőfokozatok beállítására, tranzisztorok induktív túlfeszültségek elleni védelmére, stb.



7. ábra. A Zener-dióda rajzjele

Néhány speciális dióda

A túsdióda

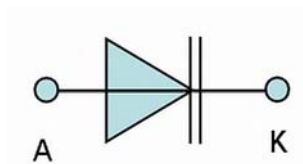
Egy n-típusú és egy belediffundált nagyon kicsi p-típusú félvezetőből áll, melyre egy tű van hegesztve. Jellemzője, hogy alkalmas nagyfrekvenciás működésre is, bár nagy az ellenállása. Speciális változata az aranytűs dióda, melyben ez ki van küszöbölve. Mindkettőt főleg a híradástechnikában, nagyfrekvenciás detektorokban és egyéb hasonló területeken alkalmazzák.

Teljesítménydiódák

Általában szilíciumalapúak. Nagy feszültségen nagyon kicsi a vezetőirányú ellenállása. (220 V esetén ol. 30 mΩ. Maximális hőmérséklete 200 °C körül van. 3000 V feletti zárófeszültségű diódákat is készítenek. Több ezer A-es kivitel is létezik. A nagyáramú diódákat hűtőtőnkre szerelik.

Varicap (kapacitás-) dióda

A záró irányban előfeszített diódában a kiürített rétegben nincsenek szabad töltéshordozók. Minél nagyobb a zárófeszültség, annál szélesebb lesz a kiürített réteg, amely elválasztja egymástól a katódban és az anódban felhalmozódott szabad töltéshordozókat. A lezárt dióda tehát úgy viselkedik, mint egy kondenzátor, ahol a szabad töltéshordozókat tartalmazó „fegyverzetek” távolsága a kiürített réteg szélességével, azaz a záró irányban bekapcsolt feszültség nagyságával szabályozható. Minél nagyobb a zárófeszültség, annál távolabb kerülnek egymástól a „fegyverzetek”, így annál kisebb lesz a kapacitás. A katód- és anód speciális adalékolásával különféle feszültség/kapacitás jelleggörbéjű varicap (kapacitás-) diódákat állítanak elő.

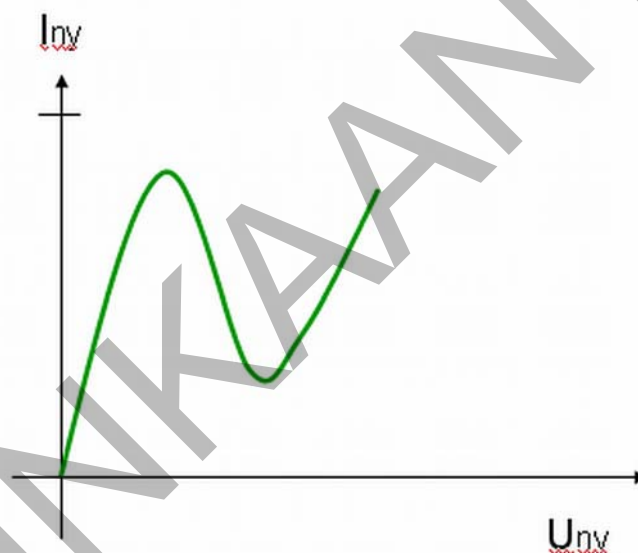


8. ábra. A varicap dióda

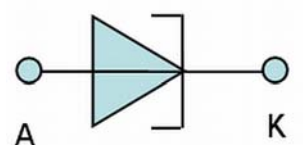
Alagút (tunnel) dióda

Mind a p, mind az n réteget sok adalékanyaggal szennyezve, speciális karakterisztikájú dióda állítható elő.

- záró irányban azonnal letörik, és jelentős áram folyik (ezt a tartományt nem használják),
- nyitó irányban a karakterisztika "alagútszerűen" változik. Ezt a tulajdonságát pl. LC oszcillátorokban, a rezgőköri veszteségek kompenzálására használják fel.



9. ábra. Az alagút dióda karakterisztikája



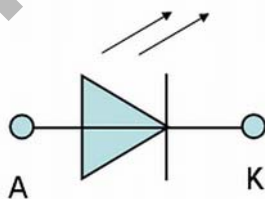
10. ábra. Az alagút dióda rajzjele

Schottky-dióda

A Schottky-dióda fém és félvezető között létesített átmenet. Az n típusú félvezető és a fém átmeneténél potenciálgát keletkezik, melynek magassága a félvezető felől nézve a rákapcsolt külső feszültséggel változtatható. A nyitó irányú (a félvezető a negatív, a fémréteg a pozitív) feszültség hatására a potenciálgát lecsökken, és a félvezetőből többségi töltéshordozókból álló áram indul meg a fém felé. A Schottky-dióda igen gyors kapcsolóeszköz. A kapcsolási sebességet csak a katód és az anód közti kapacitás korlátozza.

Fényemittáló dióda (LED)

Egy nyitó irányban előfeszített p-n átmenetben az n rétegből szabad elektronok haladnak a p rétegbe, ahol rekombinálódnak az ott többségi töltéshordozó lyukakkal. Hasonló módon a p rétegből lyukak haladnak át a határrétegen keresztül az n rétegbe, ahol az ott többségi töltéshordozó elektronokkal rekombinálódnak. Bizonyos félvezető anyagokban (ezek jellemzően 3 és 5 vegyértékű anyagok, pl. galliumarzenid) ez a rekombináció közvetlen fénykibocsátással jár. A keletkező fény színe az alapanyagtól, és a megfelelő arányban ötvözött adalékanyagoktól (pl. foszfor) függ. Jelenleg a vörös, zöld, sárga, narancs, kék színek különféle árnyalataiban, illetve fehér fényű fényemittáló diódákat (Light Emitting Diode = LED) gyártanak. A LED-ek nyitóirányú karakterisztikája a szilíciumdiódához hasonló. Záróirányban a LED karakterisztikája a kristály erős szennyezése miatt már kevésbé hasonló a szilíciumdiódához, a letörési feszültség sokszor csak 3...5V. A LED-eket különböző méretben, alakban (kerek, nyíl alakú, stb.), más-más munkaponti áramhoz (általában 10...50 mA) ill. hatásfokkal gyártják. A jobb hatásfokú LED ugyanakkora munkaponti áram esetén nagyobb intenzitású fényt szolgáltat. Szokás vörös és zöld fényű LED-et egy (színtelen) műanyag tokban gyártani. Az egyik kivezetés (pl. a két katód) közös, ezt, és a diódák anódját vezetik ki. Így ugyanaz a LED vörös, zöld, ill. mindkét fény bekapcsolásakor sárga színt bocsát ki.



11. ábra. A LED rajzjele

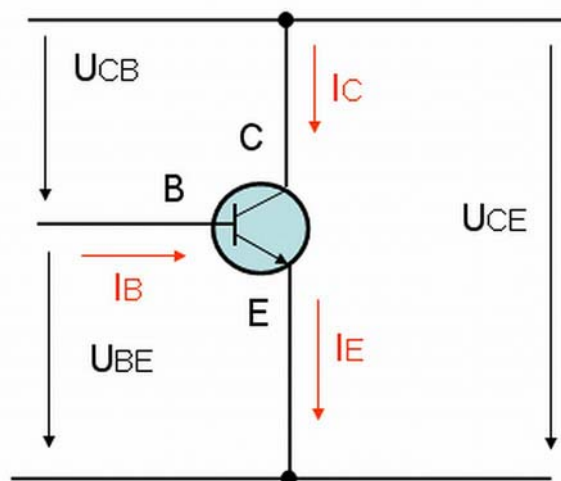
A diódák kivitele és jelölése

A kisteljesítményű diódák általában miniatűr (hengeres) üvegházaz tokozásúak. A katódot az üveg házon, a kivezetés melletti fekete (vagy más színű) karika jelzi. A dióda típusát számmal és betűkkel (néha több sorban egymás alá) szokták a házra írni. Közepes teljesítmény esetén a tok szintén hengeres, műanyagból készül. A katódot a szintén a tokon, a megfelelő kivezetés mellett körbefutó karika jelzi. A nagyobb teljesítményre méretezett diódákat fém házban hozzák forgalomba, amely alkalmas hűtőfelületre való felszerelésre (a fém házzal elektromosan összekötött elektróda – általában a katód – kivezetése körül csavarmenet van kialakítva, vagy a kivezetés maga csavarmenet). A fém házon megjelölik a dióda kivezetéseit.

3. A bipoláris tranzisztor (általános, rövid áttekintés)

A tranzisztor egy szilárdtest félvezető, amelyet elektronikus áramkörökben használnak erősítési és kapcsolási célokra. A tranzisztor három, egymást felváltva követő különböző vezetési típusú tartományú, egymáson elhelyezkedő rétegből áll. Minden réteg ki van vezetve egy lábra. A két szélső réteget kollektornak (C), és emitternek (E) nevezik, a középső réteget bázisnak (B) hívják. A tranzisztor lehet npn, illetve pnp típusú. Azokat a tranzisztorokat, melyeket max. 1A-ig használnak szokás kisjelű tranzisztornak is hívni. Az e feletti tranzisztorok a teljesítménytranzisztorok. Megkülönböztetünk még hangfrekvenciás, nagyfrekvenciás és kapcsolótranzisztorokat.

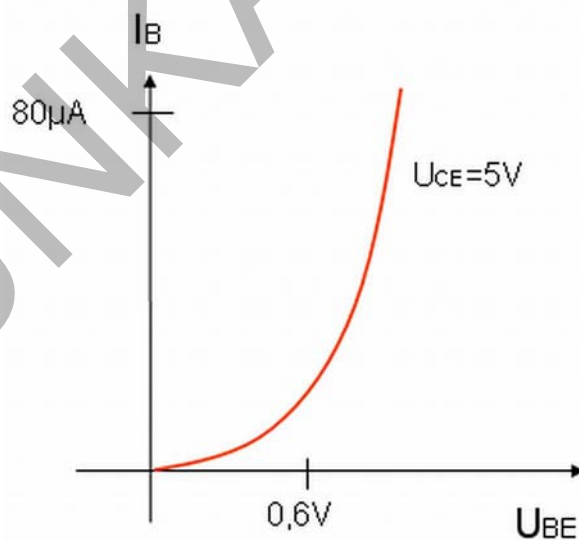
A bázis jóval vékonyabb mint a másik két réteg. A tranzisztor működése a pn-átmeneti réteg hatásán alapul. A tranzisztor működéséhez az szükséges, hogy emitterdiódája nyitó irányban, kollektordiódája záró irányban legyen igénybe véve. Ha a bázison keresztül nem folyik áram, akkor a tranzisztor kollektora és az emittere között sem folyik áram. Ilyenkor a kollektor-emitter között az ellenállás nagyon nagy. Amennyiben a bázison áram folyik át, akkor az áram mértékével arányosan folyik áram a kollektor és az emitter között. A tranzisztort tehát a bázisáram és az U_{BE} feszültség vezérli. Mivel a bázisáram jóval kisebb mint a kollektor-emitter áram, a tranzisztor erősítőként üzemel. Az áramerősítés mértéke akár több százszoros is lehet. Három félvezető réteg két egymással szembefordított p-n átmenetet alkot. A tranzisztorokon három feszültség lép fel, és három áram folyik:



12. ábra. Az npn tranzisztor feszültségei és áramai

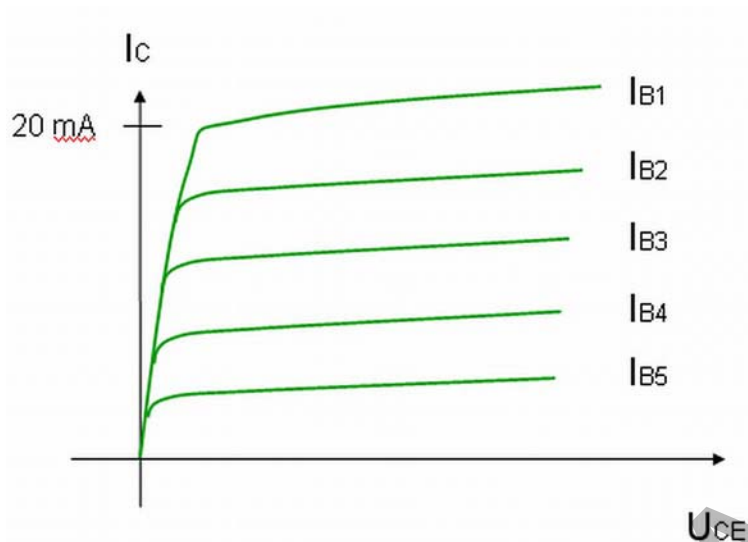
A pnp tranzisztor máshogy van szennyezve, ezért itt minden eddig elmondottat fordított polaritással kell tekinteni. Rajzjele a fenti ábráétól annyiban különbözik, hogy az emitter-bázis közötti a nyíl iránya fordított.

A tranzisztor legfontosabb jelleggörbéi: a bemeneti és a kimeneti jelleggörbe. A bemeneti jelleggörbe tulajdonképpen a nyitóirányban működő bázis-emitter dióda áram-feszültség jelleggörbéje.



13. ábra. A tranzisztor bemeneti jelleggörbéje

A kimeneti jelleggörbe azt mutatja, hogy a kollektor-emitter feszültség (változatlan bázisáram mellett) miként hat a kollektoráramra.



14. ábra. A tranzisztor kimeneti jelleggörbéje

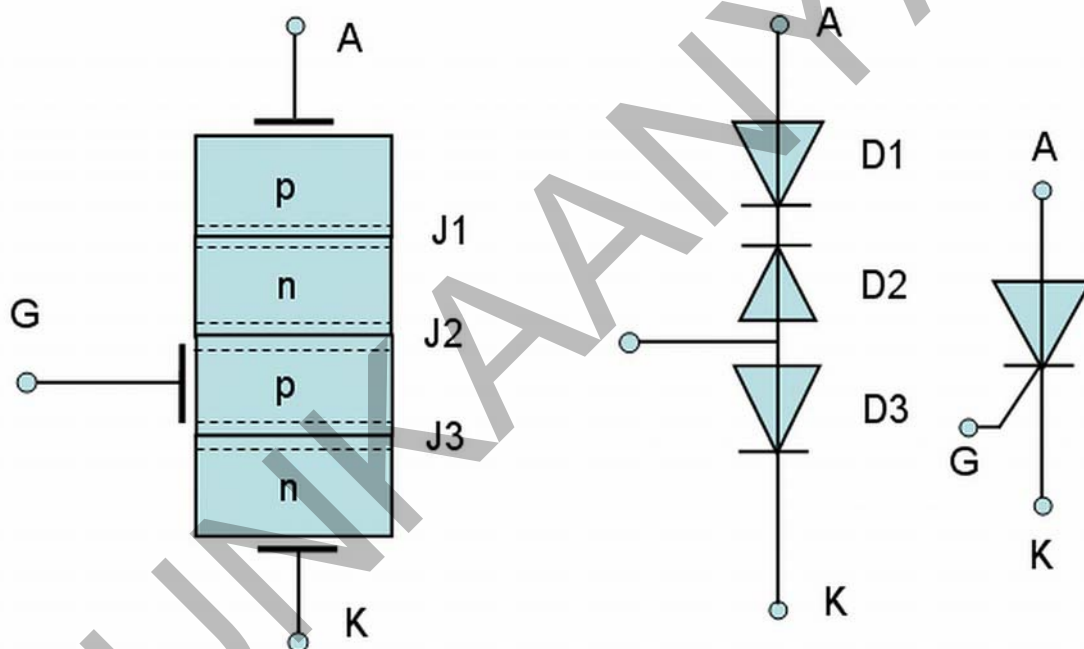
Tekintettel arra, hogy a kollektoráram az emitteráram (és ezzel együtt a bázisáram) függvénye, a kimenő karakterisztikaként több görbét adnak meg, melyek különböző bázisáramok esetén mutatják a kollektoráramnak a kollektor–emitter feszültségtől való függését.

A tranzisztor kivitele és bekötése

A tranzisztorok méretét, kivitelét alapvetően az a teljesítmény határozza meg, amelyet a tranzisztor képes disszipálni (hővé alakítani). A kis teljesítményű tranzisztorok miniatűr műanyag vagy fém tokban kerülnek forgalomba. Nagyfrekvenciás célra készült tranzisztornál sokszor (mint árnyékoló búrát) a fém tokot is kivezetik. A tranzisztoron disszipálódó hő a kollektoron keletkezik, ezért a tranzisztor kollektorát közepes, vagy nagyobb teljesítmény esetén hűteni kell. Közepes teljesítményű tranzisztor kollektorát belülről a fém házra szerelik. A nagyobb teljesítményre méretezett tranzisztor kollektorát szintén a tok részét képező fém felületre szerelik, amely lehetővé teszi, hogy a tranzisztort hűtőbordára erősítsék. Így a működés során keletkező hőt a tranzisztor hővezetéssel adja át a hűtőbordának, amely azt nagy felületével a környezetbe sugározza. A tranzisztor fém hűtőfelülete a kollektorral van összekötve, ezért ha a hűtőborda nem kerülhet a kollektor potenciáljára, elektromosan szigetelve kell felerősíteni. Ilyenkor a hűtőborda és a tranzisztor közé hővezető pasztával bekent csillám szigetelőlemez helyeznek, a felerősítő csavart a tranzisztor fém részétől e célra szolgáló hengeres műanyag szerelvénnel szigetelik.

4. A tirisztor

A teljesítményelektronikai kapcsolások legfontosabb eleme. Tulajdonképpen nem más, mint egy vezérelhető dióda. A tirisztor az erősáramú elektronikában ugyanolyan forradalmi változásokat idézett elő, mint a híradástechnikában az egy évtizeddel előbb előállított tranzisztor. A tirisztor olyan szilícium alapanyagú félvezető eszköz, amelyik a diódákhoz hasonlóan egyik irányban zár – nem vezet áramot –, a másik irányban pedig zár vagy nyit, attól függően, hogy a vezérlőelektrodáján milyen áram folyik. A tirisztorok aktív része a diódákéhoz hasonló félvezető kristály, amely négy – különböző szennyezettségű – rétegből épül fel. Az egyes rétegek sorrendje: P1 – N1 – P2 – N2. A két szélső /P1 és N2/ réteghez csatlakozó elektródák képezik a tirisztor anódját és katódját. A P2 réteghez csatlakozik a harmadik elektróda, amelyet vezérlő vagy kapu elektródának neveznek és általában G betűvel jelölnek. Az egyes rétegek szennyezettsége eltérő, a két szélső réteg erősebben, a két közbenső gyengébben szennyezett.



15. ábra. A tirisztor rétegei, leképezése és rajzjele

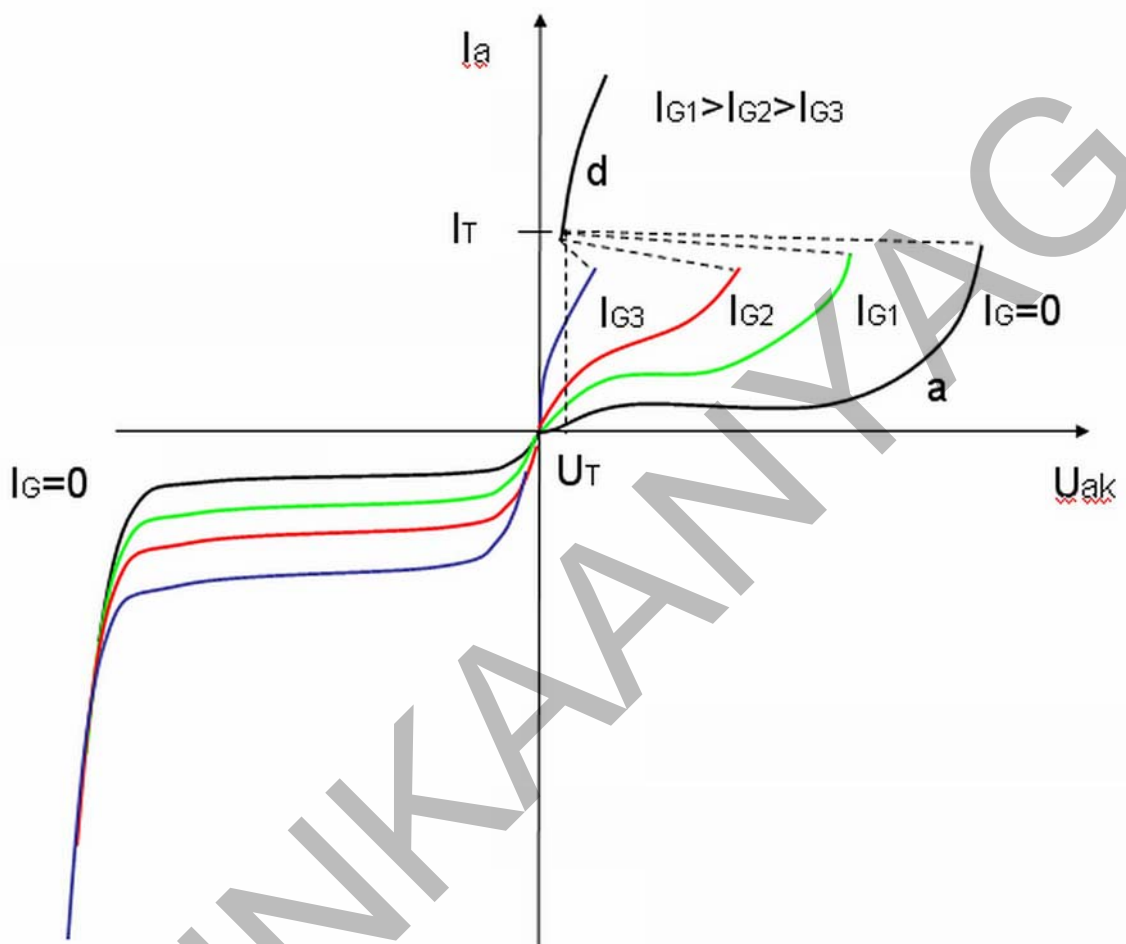
Az egymást követő P–N átmenetek alapján a tirisztort három, sorbakapcsolt diódával /D1, D2, D3 / helyettesíthetjük. A D1 dióda anódja alkotja a tirisztor anódját, a D3 katódja a tirisztor katódját, a vezérlő elektróda pedig a D2 és D3 közös anódjához csatlakozik. A tirisztor működését ezek figyelembevételével az alábbiak szerint magyarázhatjuk, amikor az anódra, a katódhoz képest negatív feszültséget kapcsolunk, a középső, J2 jelű átmenet nyitóirányú, a J1 és J3 átmenetek záróirányúak lesznek, így ezek az áramvezetést az anód és katód között gyakorlatilag megakadályozzák. Ha pozitív feszültséget adunk a katódhoz képest az anódra, a J1 és J3 átmenetek lesznek nyitóirányúak, de a középső – J2 átmenet – záróirányú lévén a tirisztor továbbra is zárt /nem vezető/ állapotban marad.

A lezárt állapotból a tirisztor kétféleképpen kapcsolható át vezető helyzetbe:

- a pozitív anódfeszültség növelésével,
- a vezérlő elektróda áramának megindításával.

Kikapcsolása történhet:

- az anód-katód feszültség polaritásának megváltoztatásával
- az anódáram tartóérték alá csökkentésével.



16. ábra. A tirisztor áram-feszültség jelleggörbéi a vezérlőáram függvényében

Az elmondottakat a 16. ábra szemlélteti. A tirisztor pozitív áram-feszültség tartományában két stabilis munkaponttal rendelkezik, a jelleggörbe a, vagy d szakaszán. Az "a" szakaszon a tirisztor belső ellenállása nagy, rajta csak kis áram folyhat. A "d" szakaszon a belső ellenállás viszont kicsi, így ezen szakaszon az áramot kizárólag a kör külső ellenállása szabja meg. A bekapcsolás után a vezérlő áram hatástalan, így áramimpulzussal (és így kis teljesítménnyel) billenthetjük vezető állapotba a tirisztort. A 16. ábrán látható az ún. tartóáram (I_T), és tartófeszültség (U_T) melynek a tirisztor kikapcsolásában van szerepe. Ha a feszültség illetve áram a tartóérték alá csökken, a tirisztor kikapcsol, ellenállása végtelenhez közelít.

Megjegyezzük, hogy nulla vezérlőáram esetén (csak feszültséggel) is "bebillenthető" a tirisztor vezető állapotba, ezt mutatja a legszélső, fekete görbe.

A tirisztor legfontosabb katalógusadatai: (miután a legtöbbet alkalmazott teljesítményelektronikai eszközről van szó!)

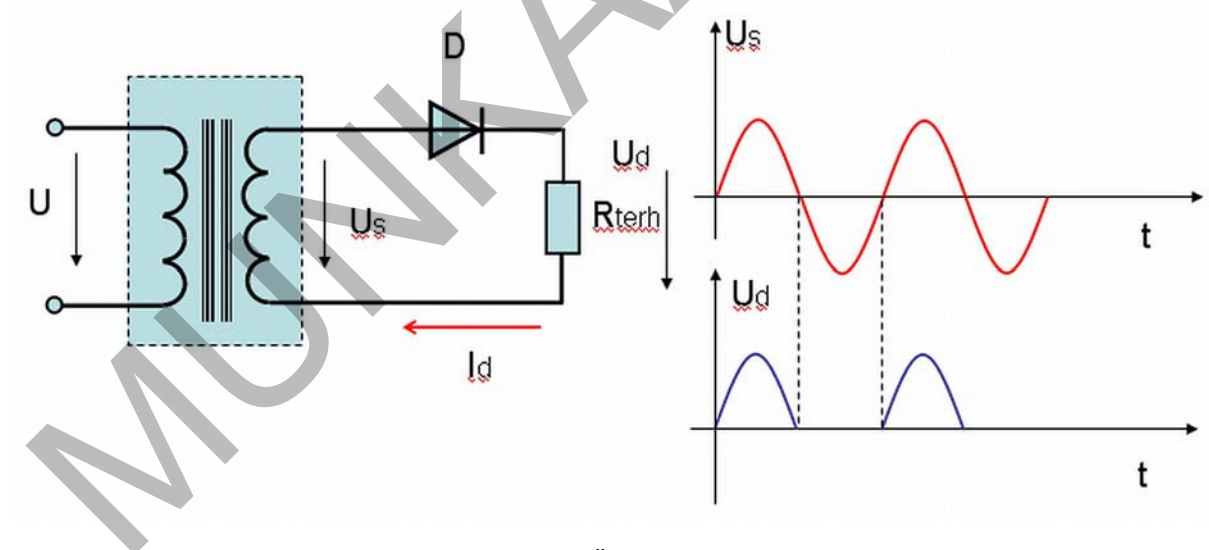
- Névleges áram I_N (a tartósan megengedett vezetési áram)
- Kritikus áram I_H (Melynél kisebb áram esetén a tirisztor kikaocsol)
- Gyújtóáram I_{GT} (a tirisztor bekapcsolásához "gyújtásához" szükséges vezérlő áram minimális értéke
- Gyújtófeszültség U_{GT} (a vezérlőelektróda és a katód között folyó vezérlőáramot létrehozó feszültség)
- Gyújtási idő t_{be} (az az idő, mely a kisellenállású állapotba billenéshez szükséges)
- Szabaddáválási idő t_{ki} (mely az áram nulla átmenetétől a tényleges zárt állapotig eltelik.)
- Periodikus csúcs zárófeszültség U_{DRM} , U_{RRM} ,

A tirisztor bekapcsolása egyenáramon egy impulzussal megtörténik, kikapcsolásához viszont bonyolult oltókörre van szükség. Váltakozóáramon minden periódusban be kell gyújtani a tirisztort, hiszen minden periódusban az magától kialszik.

5. Alkalmazási példák

5.1. 1F1U1Ü kapcsolás ohmos terheléssel

a.) Vezéreltlen egyenirányítóval



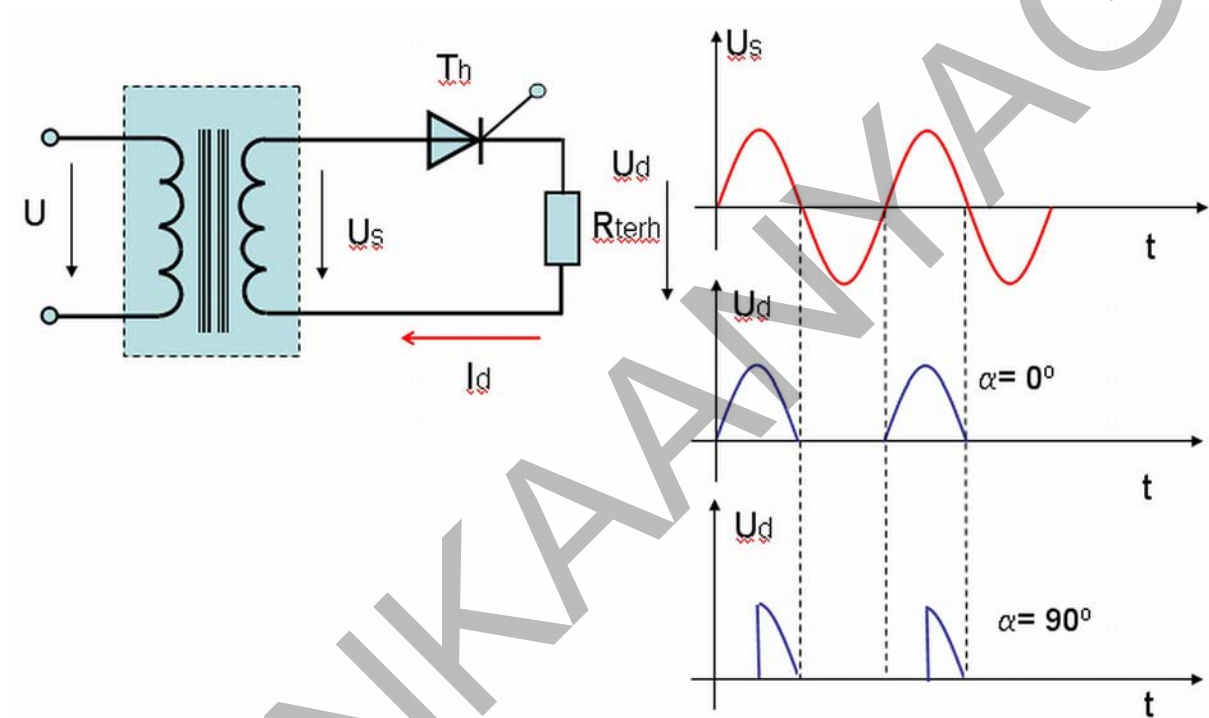
17. ábra. Az 1F1U1Ü kapcsolás és jelalakjai

A 17. ábrán látható a legegyszerűbb egyenirányító kapcsolás. A D jelű dióda vezet, amikor a hálózati feszültség a pozitív félperiódusban van, hiszen ekkor az anódra pozitívabb feszültség jut, mint a katódra. Negatív félperiódusban a dióda lezár, nincs áramvezetés. A kimeneti feszültség alakja "szaggatott", ez a kapcsolás egyszerű, de ritkán alkalmazott

Az egyenirányított feszültség középértéke: $U_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{\text{seff}} \approx 0,45 \cdot U_{\text{seff}}$. Az 1F egy fázisú, az 1U egyutas, az 1Ü egy ütemű egyenirányítást jelent. Mivel itt a szinuszhullámnak csak a pozitív félhullámát használjuk ki, egyutas egyenirányításról beszélünk. Az ütemszám azt adja meg, hogy az egyenirányított jelben egy periódusnyi időn belül hány ismétlődő hullámformát találunk.

b.) Vezérelt egyenirányítóval

Vizsgáljuk meg ugyanezt a kapcsolást tirisztor beépítésével.



18. ábra. 1F1U1Ü vezérelt egyenirányítás kapcsolás

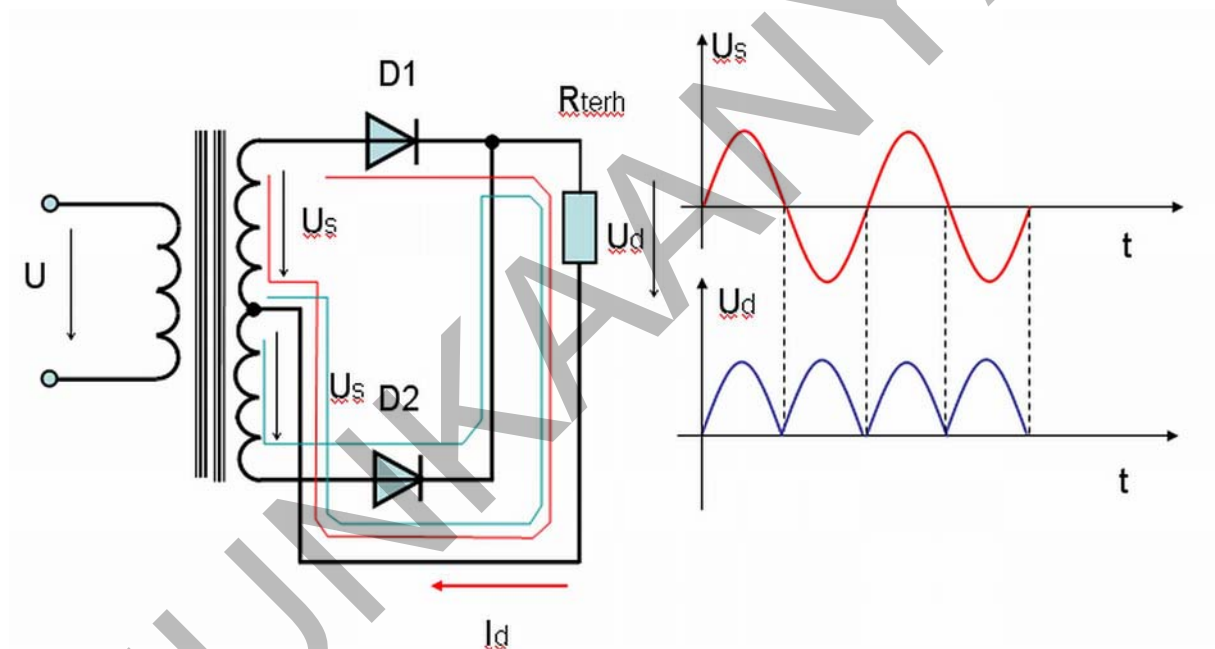
A tirisztor bekapcsolásának (gyújtásának) feltételei:

- az anód-katód feszültség vezetőirányú legyen
- a vezérlő elektródára a katódhoz képest pozitív impulzus érkezzon.

Az első feltétel a pozitív félhullám esetén teljesül. A pozitív félhullámban a tirisztor begyűjt, ha vezérlő impulzust juttatunk rá. A vezérlő impulzus szögét α -val jelöljük, és a nulla-átmenettől mérjük. Ha $\alpha=0^\circ$, akkor a tirisztor úgy viselkedik, mint egy dióda. Ha $\alpha>0^\circ$, akkor a kimeneti feszültség középvértéke csökken, hiszen az egyenirányított jel területe kisebb, mint alapesetben. Az ábrán az $\alpha=0^\circ$, és az $\alpha=90^\circ$ -os esetet ábrázoltuk. $\alpha=0^\circ$ vezérelt esetben az egyenirányított feszültség középvértéke: $U_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{Seff} \approx 0,45 \cdot U_{Seff}$. Tehát a tirisztorral feszültségszabályozást tudunk végrehajtani. (Ezt hívják fázishasításos feszültségszabályozásnak.) Megjegyezzük, hogy ohmos terhelés esetén a tirisztor minden feszültség nulla-átmenetkor kialszik. Természetesen itt még jobban zavaró a kimeneti jel szaggatottsága.

5.2. Középmegcsapolásos kétutas egyenirányítás ohmos terheléssel

a.) Vezéreltlen áramirányítóval



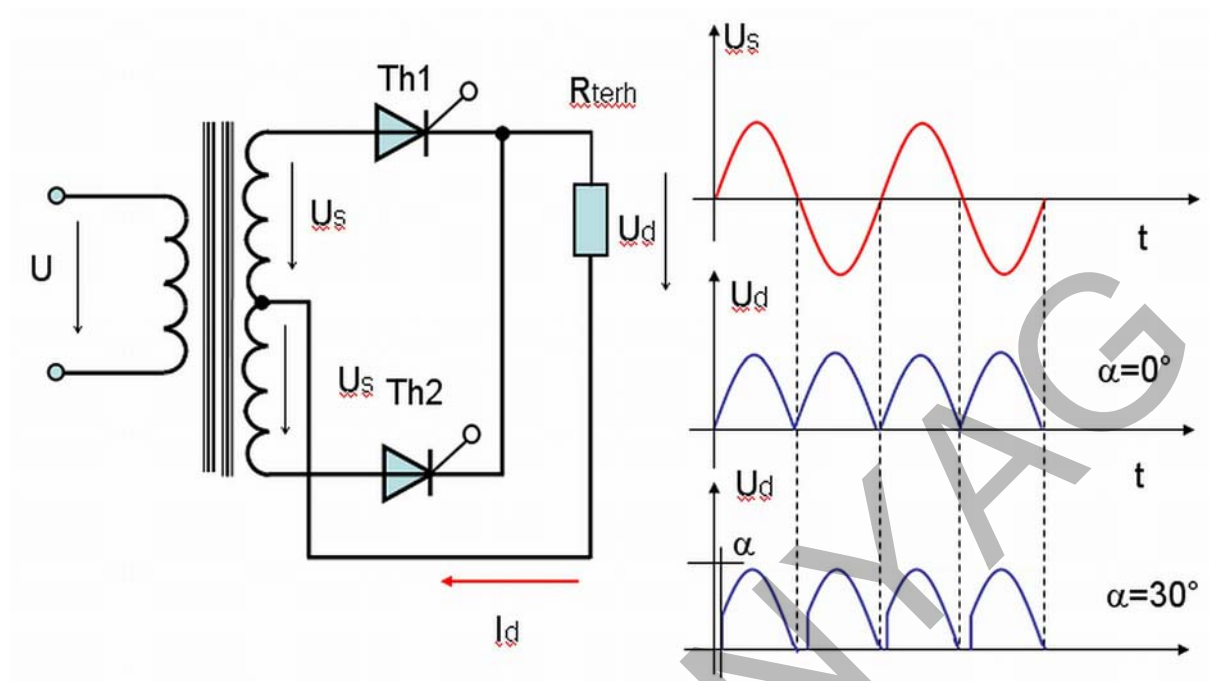
19. ábra. Középmegcsapolásos kétutas kapcsolás

Mint látható, ez egy dupla szekunder tekercselésű transzformátorból, és gyakorlatilag két egyutas kapcsolásból áll. A D1 dióda az egyik félpériódusban vezet, majd a másik félpériódusban átadja az áramvezetést a D2 diódának, és D1 lezár. Az ábrán látható piros vonal a D1 áramvezetését, a kék vonal D2 áramvezetését jelenti. A nulla-átmenetet természetes kommutációs pontnak, az áramvezetés átadását kommutációnak hívjuk. Az egyenirányított feszültség középvértéke:

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{Seff} \approx 0,9 \cdot U_{Seff}.$$

Az egyenfeszültség már nem szaggatott, de még igényesebb fogyasztókat nem láthatunk el ezzel sem.

b.) Vezérelt áramirányítóval

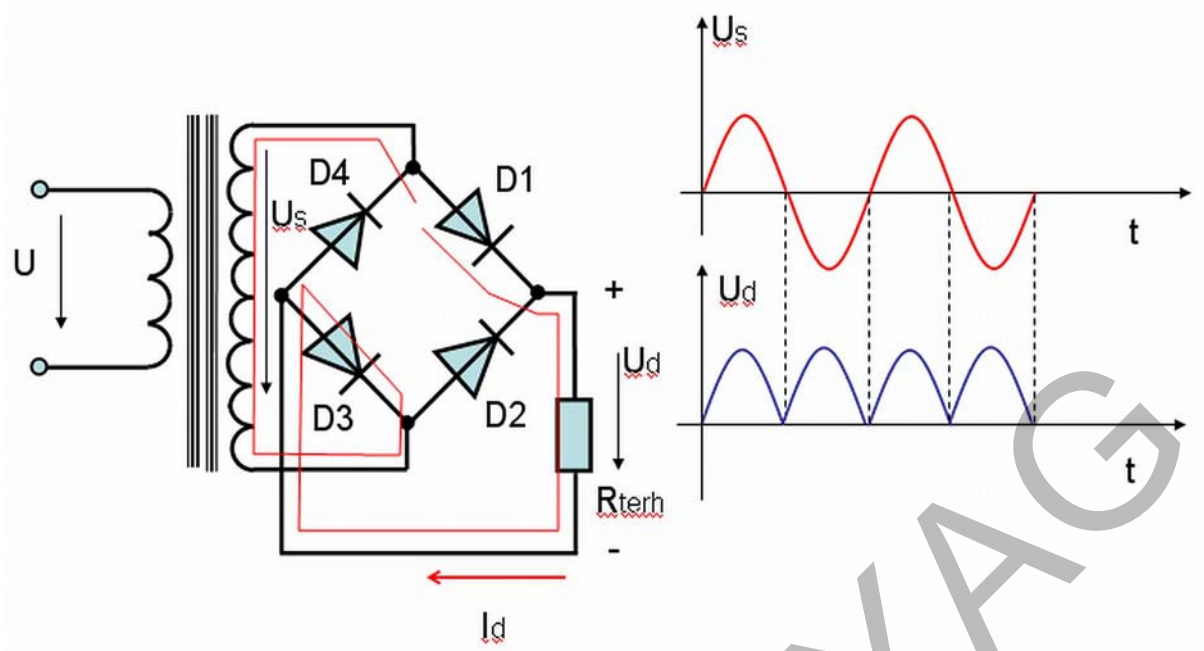


20. ábra. Középmegcsapolásos kétutas kapcsolás vezérelt áramirányítóval

Az ábrán az $\alpha=0^\circ$, és az $\alpha=30^\circ$ -os esetet ábrázoltuk. $\alpha=0^\circ$ vezérelt esetben az egyenirányított feszültség középértéke: $U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{seff} = 0,9 \cdot U_{seff}$. Amennyiben az $\alpha > 0^\circ$, úgy az áramvezetés szaggatott lesz, a kimeneti feszültséget matematikai úton, integrálszámítással tudjuk meghatározni. Tehát a tirisztorral feszültségszabályozást tudunk végrehajtani. Az α gyújtásszöget a természetes kommutációs ponttól mérjük.

5.3. Egyfázisú hídkapcsolású kétutas egyenirányító (Graetz-kapcsolás) ohmos terheléssel

a.) Vezéreltlen áramirányítóval

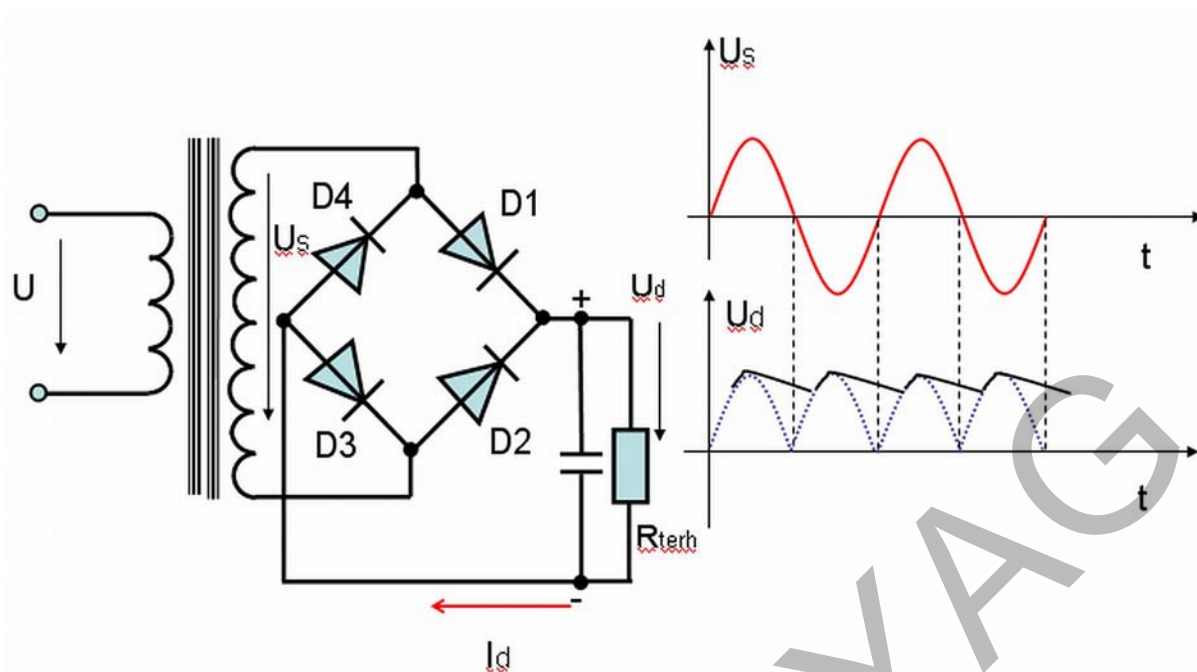


21. ábra. Egyfázisú kétutas kétütemű kapcsolás vezéreltlen egyenirányítóval

Gyakrabban alkalmazott, mint a középmegecsapolásos kapcsolás. Ennek oka, hogy nem igényel különleges transzformátort, csupán négy diódát. Egyszerre vezet a D1–D3, (ezt az áramutat berajzoltuk), illetve a D2–D4 dióda. Az egyenirányított feszültség középértéke:

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{\text{seff}} \approx 0,9 \cdot U_{\text{seff}}. \text{ Ahhoz, hogy igényesebb fogyasztót el tudjunk látni, ún.}$$

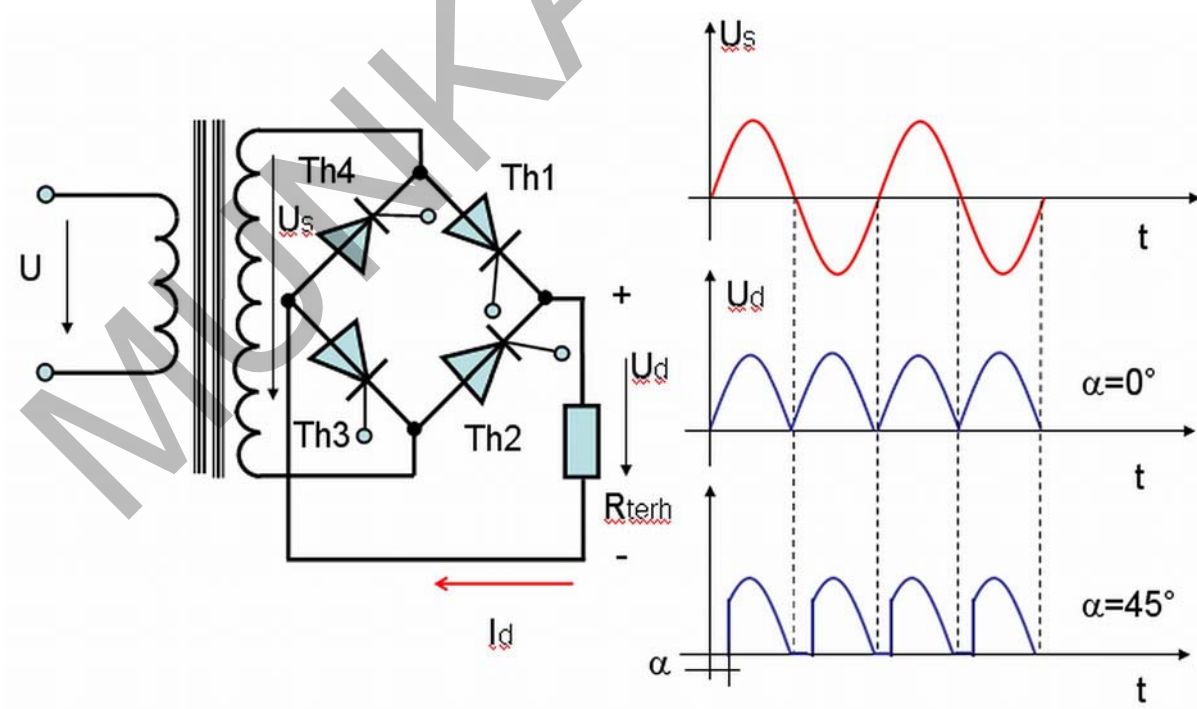
puffer (szűrő) kondenzátort kell alkalmazni. A kondenzátor minden félhullámnál feltöltődik a csúcsértékre, és amikor a feszültség elkezd csökkenni, a kondenzátor feszültségforrássá válik, egészen a következő feltöltődésig. A kisülés mértéke függ a kondenzátor kapacitásától, de "ököl szabályként" 1A-es terhelőáramhoz 2200 μF -os kondenzátor tartozik.



22. ábra. A puffer kondenzátor hatása

A fogyasztóra a feketével jelzett feszültség kerül ami már általában megfelelő az átlagos egyenáramú fogyasztó számára.

b.) Egyfázisú Graetz-kapcsolás vezérelt áramirányítóval

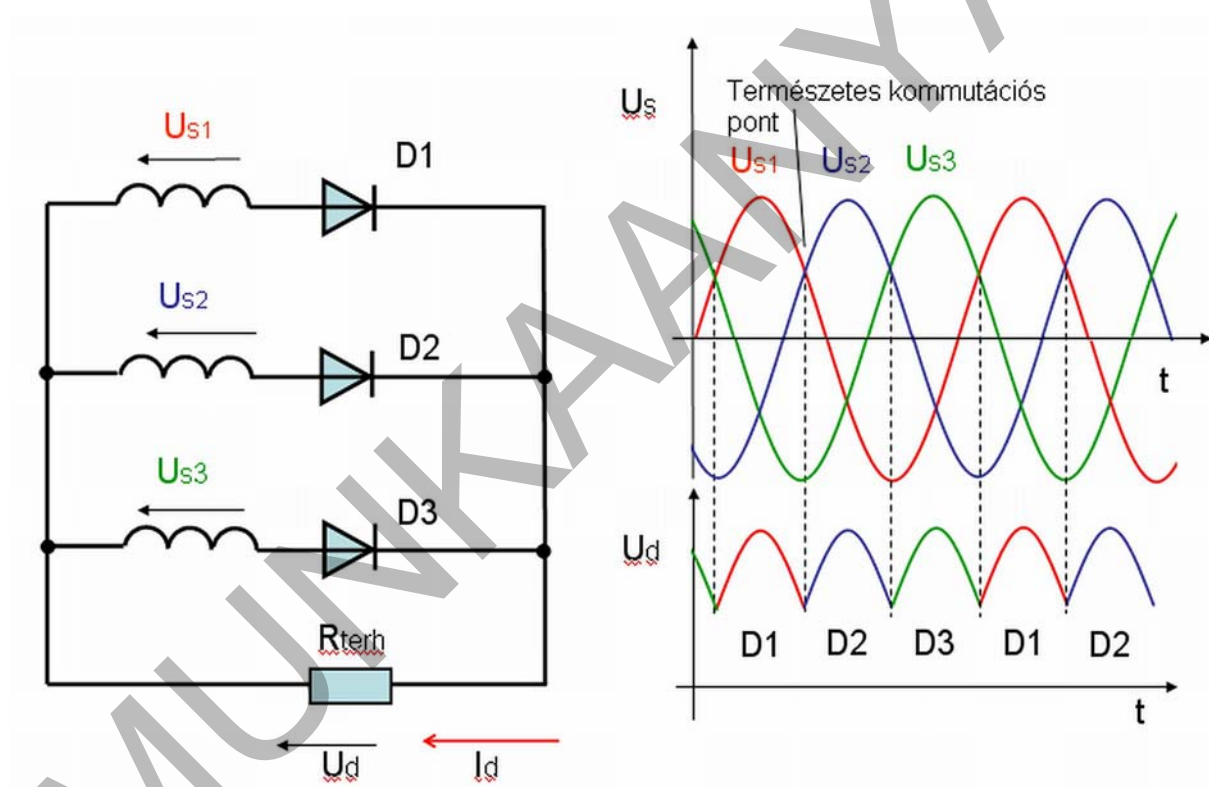


23. ábra. Egyfázisú vezérelt Graetz-kapcsolás

Az ábrán az $\alpha=0^\circ$, és az $\alpha=45^\circ$ -os esetet ábrázoltuk. $\alpha=0^\circ$ vezérelt esetben az egyenirányított feszültség középértéke: $U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{Seff} \cdot 0,9 \cdot U_{Seff}$. Amennyiben az $\alpha > 0^\circ$, úgy az áramvezetés szaggatott lesz, a kimeneti feszültséget matematikai úton, integrálszámítással tudjuk meghatározni. A tirisztorral feszültségszabályozást tudunk végrehajtani. Az α gyújtásszöget a természetes kommutációs ponttól mérjük. Megjegyezzük, hogy kevésbé igényes fogyasztóknál alkalmaznak ún. félig vezérelt hídkapcsolást, melynek lényege, hogy csak a híd egyik fele (Th1 ill. Th3) vezérelt, a másik fele (D2 ill. D4) sima dióda. Ilyen esetekben minden második hullám a nulla-átmenettől, a következő pedig az aktuális α szögtől indul.

5.4 3F1U3Ü (Háromfázisú egyutas három ütemű) kapcsolás ohmos terheléssel

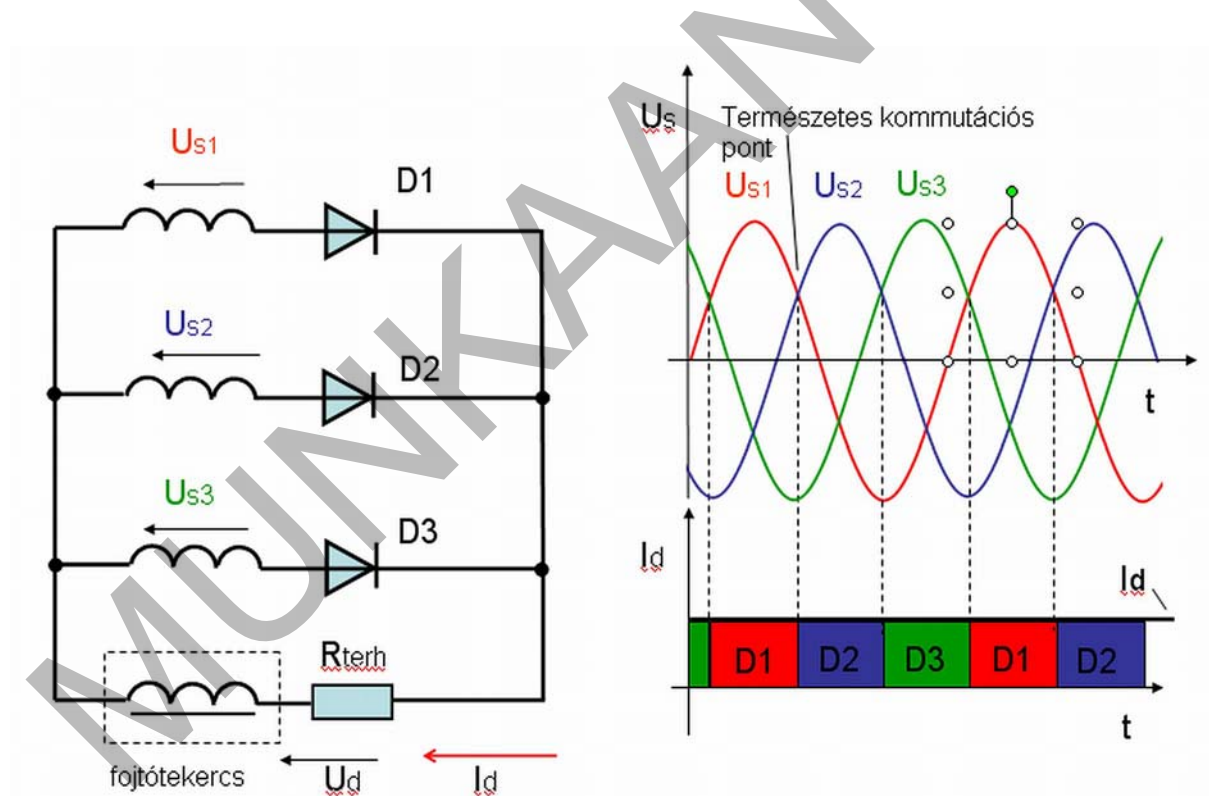
a.) Vezéreletlen áramirányítóval



24. ábra. A 3F1U3Ü kapcsolás és jelalakjai

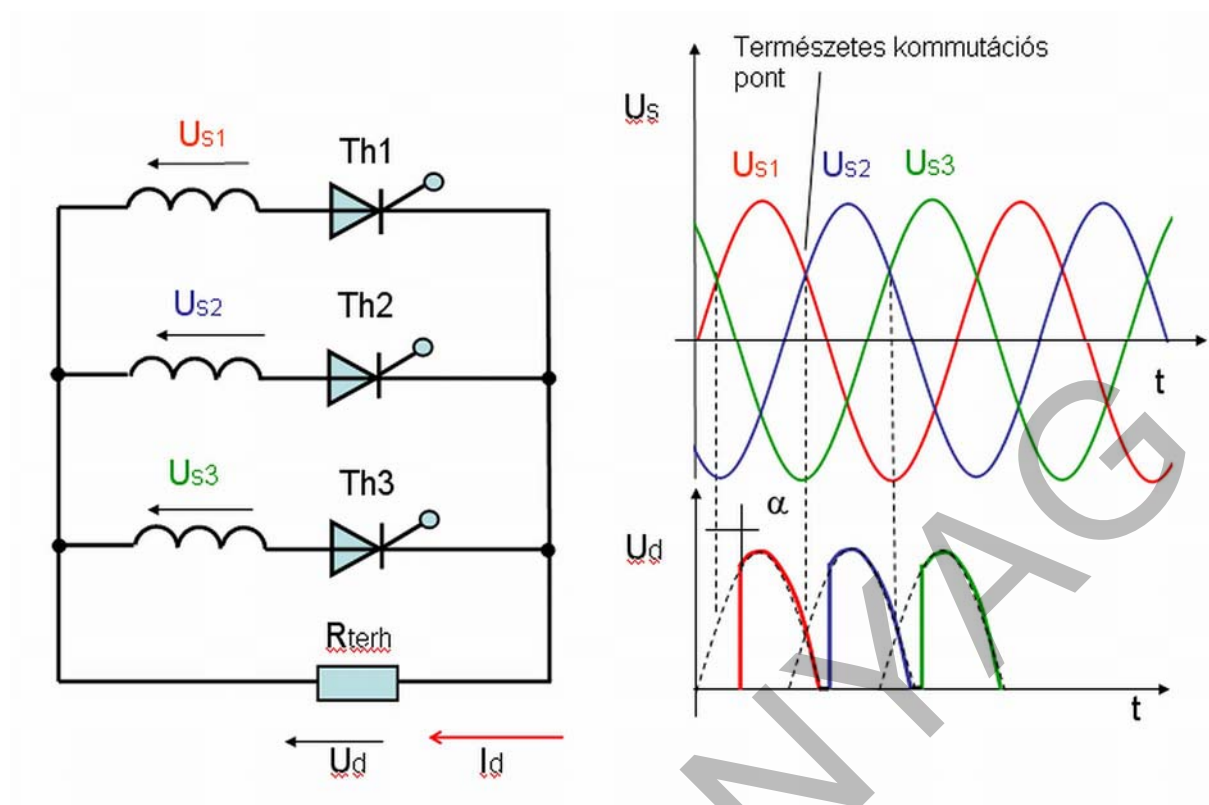
Ipari alkalmazásokban a háromfázisú egyenirányítás gyakoribb, mint az egyfázisú. A diódák egymásnak a természetes kommutációs pontokban adják át az áramvezetést, rendre D1–D2–D3 sorban. A kommutációs pontok háromfázisú kapcsolásban a feszültségek azonos értékeinél vannak. Ezeknél a pontoknál nyit ki a következő dióda (pozitívabb lesz az anód, mint katód.), és zár le az előző. Az egyenirányított feszültség értéke: $U_d = \sqrt{2} \cdot U_s \cdot \frac{p}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{p}$, ahol p az ütemszám (itt 3), U_s pedig a tápláló transzformátor szekunder oldali feszültsége.

A 24. ábrán csak a transzformátor szekunder oldali tekercseit rajzoltuk be. Az egyenfeszültség lüktetése lényegesen kisebb, mint az egyfázisú kapcsolások esetében. A legtöbb fogyasztó azonban még ezt sem viseli el. Nagyobb áramok esetén ezért simító fojtótekercset kötnek sorba a fogyasztóval. Ha megfelelően nagy az induktivitása, akkor az egyenfeszültség váltakozó összetevőjét igen kis értékű áramváltozás mellett a tekercs magára veszi, és a terhelésen az egyenirányított áram középértékével (I_d) megegyező egyenáram folyik. Az alábbi ábrában $L_d = \infty$ induktivitásra berajzoltuk az I_d áramot, külön jelölve, hogy ezt melyik dióda vezeti.



25. ábra. A simító fojtótekercs alkalmazása

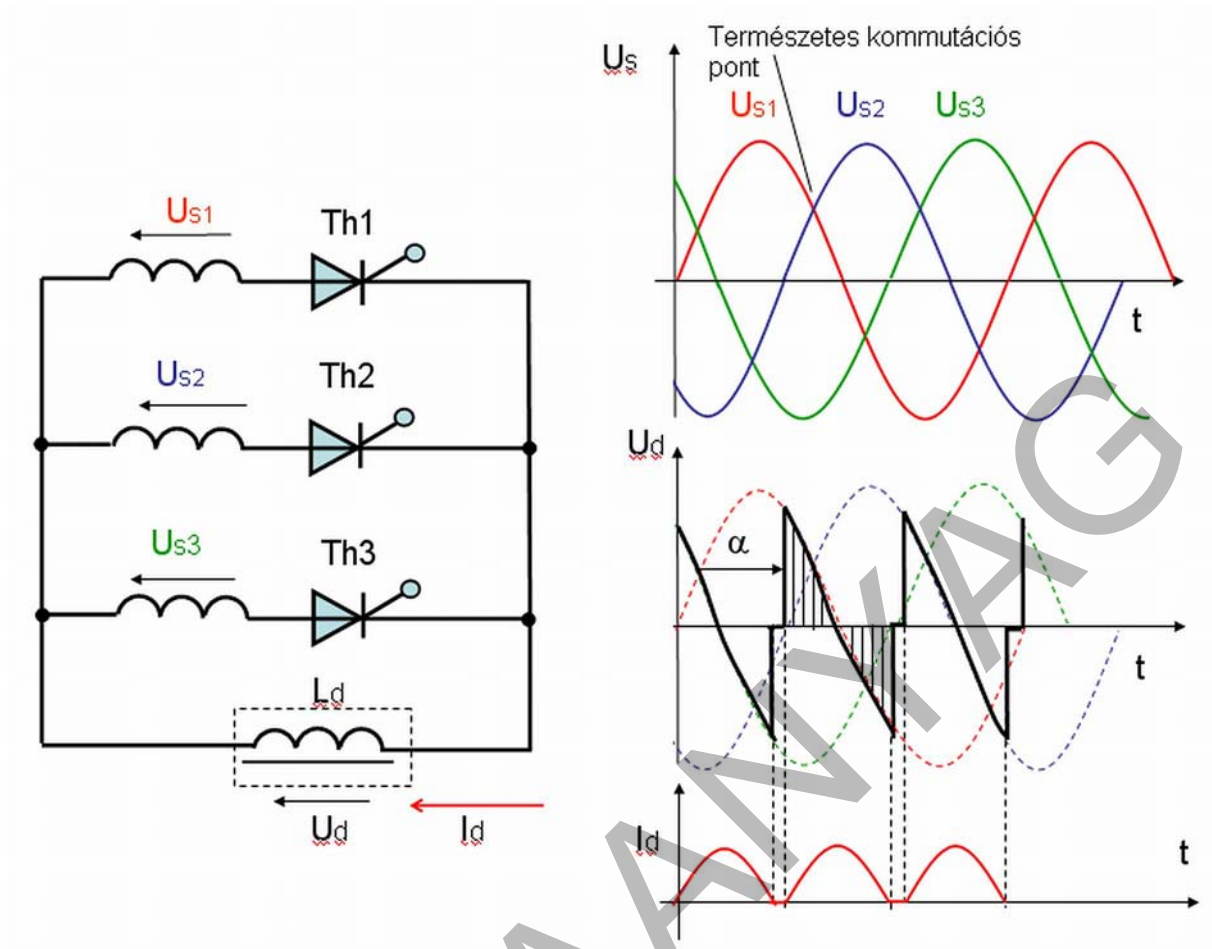
b.) Vezérelt áramirányítóval



26. ábra. 3F1U3Ü vezérelt áramirányítóval

Mint látható, a kimeneten mérhető egyenfeszültség középértéke az α szög nagyságával szabályozható. Fontos, hogy a természetes kommutációs pontban a tirisztor nem alszik ki, hiszen a következő tirisztor a kommutációs ponttól csak α szög múlva fog begyújtani. Ezért egészen addig, míg az anód-katód feszültség polaritása nem fordul meg, az eredeti tirisztor vezet. Az ábrán akkora az α gyújtásszög, hogy szaggatott lesz az áramvezetés. Az egyenirányított feszültség értéke folyamatos áramvezetésnél: $U_d = \sqrt{2} \cdot U_s \cdot \frac{p}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{p} \cdot \cos \alpha$, ahol p az ütemszám (itt 3), U_s pedig a tápláló transzformátor szekunder oldali feszültsége.

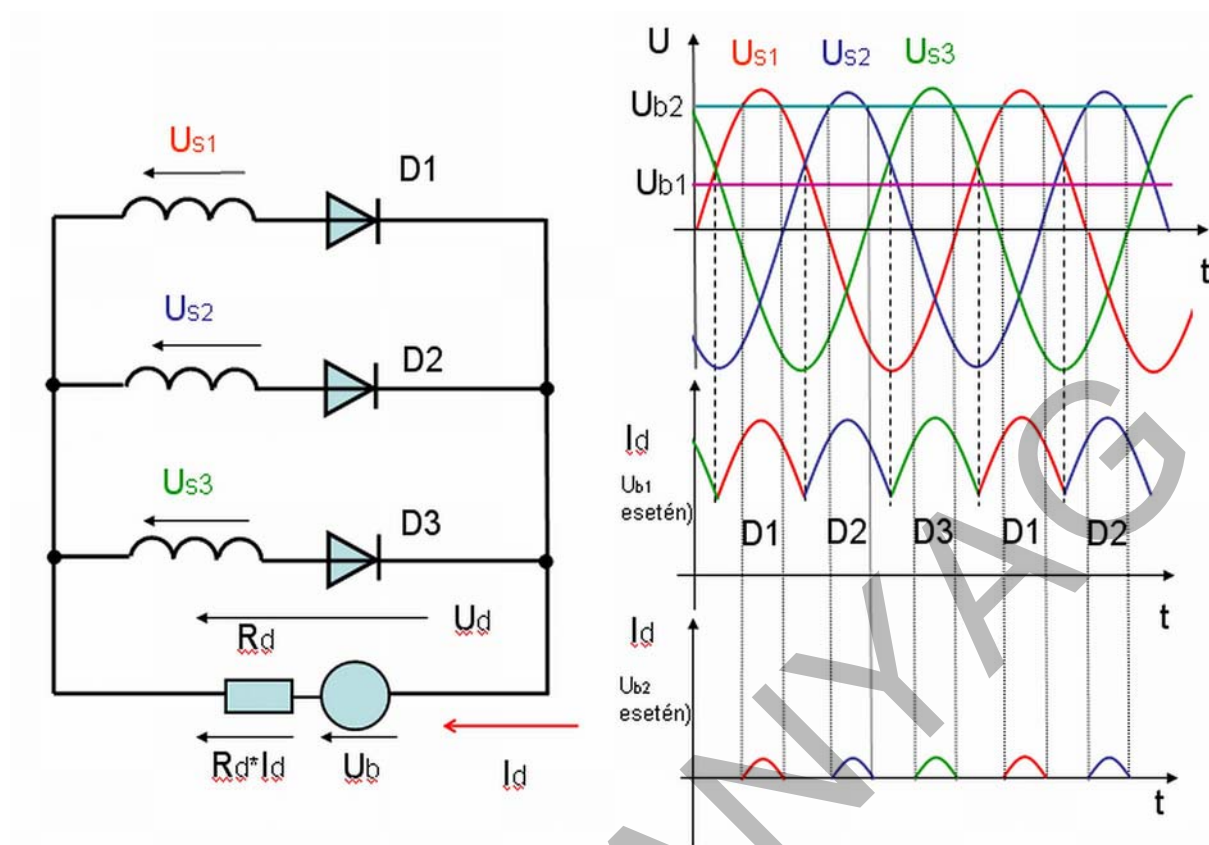
5.5. 3F1U3Ü (Háromfázisú egyutas három ütemű) vezérelt áramirányítás kapcsolás induktív terheléssel



27. ábra. 3F1U3Ü vezérelt áramirányítós kapcsolás ideális induktív terheléssel

A Th1 tirisztor gyújtása α szögnél következik be, azonban a feszültség nulla-átmeneténél nem zár le, hanem a vonalkázott területnek megfelelően tükörszimmetrikus feszültségképet kapcsol a terhelésre. A két vonalkázott terület tehát egyenlő, ez azt eredményezi, hogy a feszültség középvértéke nulla, tehát a kapcsolás zérus egyenfeszültségű összetevőt juttat al L_d induktivitásra, a terhelőkörben mégis folyik I_d egyenáram. Az áram maximuma a feszültség nulla-átmeneténél van, és szintén tükörszimmetrikus. A szaggatott áramvezetés határa függetlenül az ütemszámtól $\alpha_r=90^\circ$. Tiszta induktív terhelés a valóságban nincs, de nagyon fontos megjegyezni, hogy a tekercset tartalmazó terhelések esetén a kapcsolás viselkedése megváltozik.

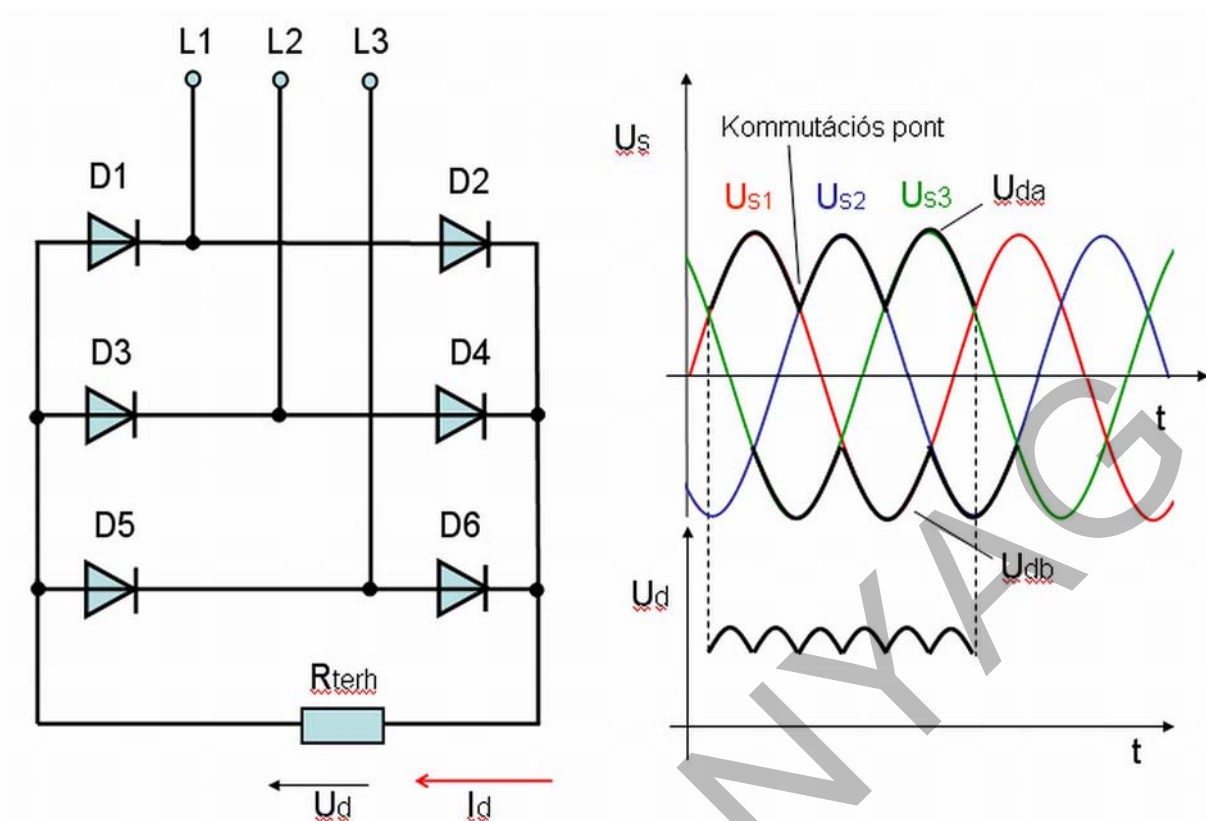
5.6. 3F1U3Ü (Háromfázisú egyutas három ütemű) vezéreltlen áramirányítós kapcsolás belső feszültségű fogyasztóval és ohmos terheléssel



28. ábra. 3F1U3Ü vezéreltlen áramirányító kapcsolás belső feszültségű fogyasztóval és ohmos terheléssel

Az ábrán U_{b1} és U_{b2} belső feszültségű fogyasztó esetére rajzoltuk meg az áram jelalakjait. Az látható, hogy amíg $U_{b1} < \sqrt{2} \cdot U_s \cdot \cos \frac{\pi}{p}$, biztosan folyamatos áramvezetés áll elő, az R_d ellenállásra $U_d - U_{b1}$ feszültség jut, és az áram ezzel a különbséggel arányos. Ha $U_{b2} > \sqrt{2} \cdot U_s \cdot \cos \frac{\pi}{p}$, az áramvezetés biztosan szaggatott lesz, mert az áram csak $U_d > U_{b2}$ esetben folyhat. Vezérelt áramirányító esetében áramvezetés csak olyan gyújtásszög esetén lép fel, ahol $U_d > U_b$. Induktivitást tartalmazó fogyasztónál a helyzet még bonyolultabb, itt nem tárgyaljuk.

5.7. 3F2U6Ü (háromfázisú kétutas, hatütemű kapcsolás) vezéreltlen áramirányító ohmos terheléssel

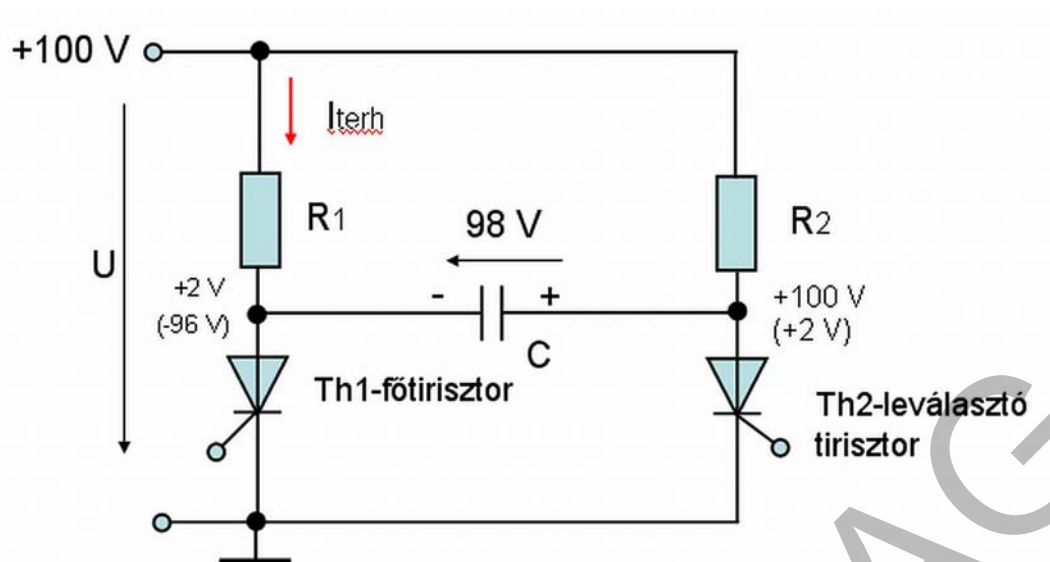


29. ábra. 3F2U6Ü (háromfázisú hídkapcsolás) rajza és jelalakjai

A háromfázisú hídkapcsolás tulajdonképpen kettő db 3 ütemű kapcsolás összedolgozása. A kimeneti feszültség ennek megfelelően: $U_d = U_{da} + U_{db} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_s \cdot \frac{3}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{3} = 2,34 \cdot U_s$, ahol U_s a bemeneti fázisfeszültség effektív értéke. A kapcsolás előnye a kimeneti feszültség viszonylagos simasága, hátránya a sok dióda. A hullámosság itt is csökkenthető fojtótekerccsel. Amennyiben vezérelt áramirányítókat alkalmazunk, a kimeneti jel szabályozhatóvá válik. (bonyolultsága miatt e kapcsolás jellemzőinek ismertetésétől eltekintünk.)

5.8. Tirisztor alkalmazása egyenáramú körökben

A tirisztorok egyenáramú körökben kis vezérlőárammal nagy terhelőáramot képesek bekapcsolni. A terhelőáram kikapcsolása már nem olyan egyszerű. Csak speciális tirisztornál lehet negatív vezérlőimpulzussal a tirisztort kikapcsolni, normál tirisztor esetén ez csak úgy valósítható meg, ha az áramot a kritikus érték alá csökkentjük, legalább rövid időre. A tirisztorral persze sorba köthetünk mechanikus kapcsolót, mellyel ez megvalósítható, de ez a megoldás nem korszerű, hiszen a mechanikus kapcsoló mozgó alkatrészei, érintkezői könnyen sérülhetnek az egyenáram megszakításakor keletkező ív miatt. A következő ábra érintkező nélküli kikapcsolásra mutat be példát.

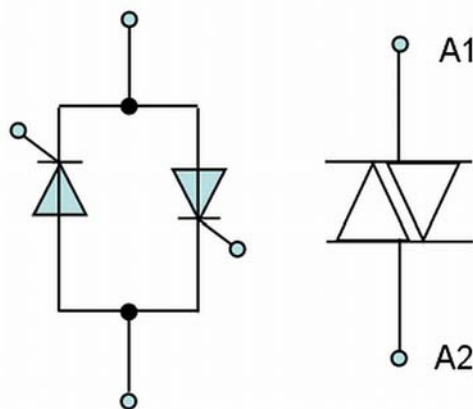


30. ábra. A tirisztor kikapcsolása egyenáramú körben

A Th1 a fő-tirisztor, mely a kívánt áramot kapcsolja. A Th2 a lekapcsoló tirisztor, mely kisebb teljesítményre méretezhető. A Th1 bekapcsolt állapotában a C kondenzátor feltöltődik, Th2 zárva van. Ha vezérlőimpulzus segítségével Th2-t bekapcsoljuk, akkor a tirisztor anódfeszültsége kb. 2V-ra csökken. Mivel a kondenzátor kb. 98 V-ra fel van töltve, a másik fegyverzetén rövid ideig -96 V van, minek következtében a terhelőáram gyakorlatilag megszakad, A Th1 tirisztor lezár. Ilyen áramköröket alkalmaznak targoncákban, akkumulátoros járművekben.

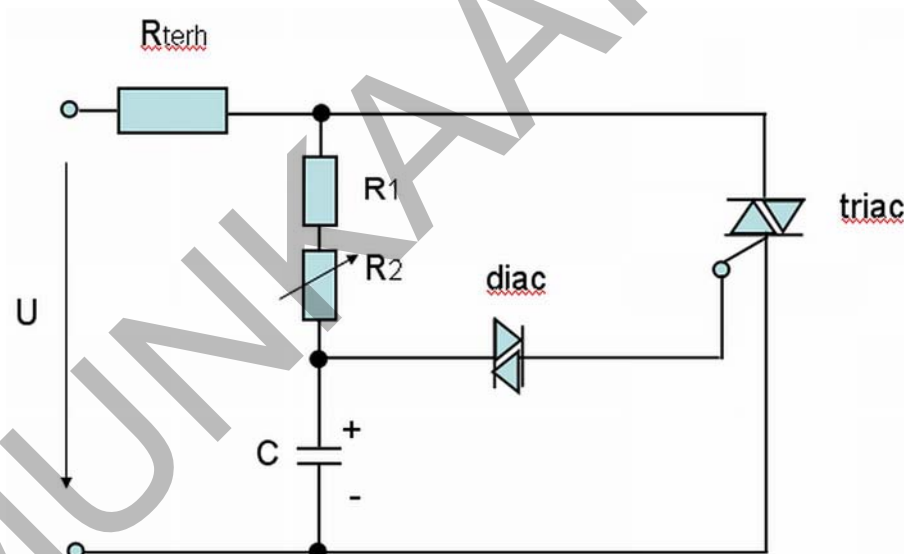
6. A triac

Gyakori az az igény, hogy váltakozófeszültségen a feszültség értéket szabályozzuk. (például fényerő-szabályozás). Ilyen esetekben mindkét félhullámban szükséges a fázishasítás, tehát egy-egy tirisztort kell használni mindkét félhullámban. Ez megoldható két tirisztor ellenpárhuzamos (antiparalell) kapcsolásával. Gyártják őket egybeépítve is (triac), melynek így csak egy vezérlő elektródája van.



31. ábra. A triac elvi felépítése és rajzjele

Triac segítségével a váltakozóáramú körök egyszerűen vezérelhetők és szabályozhatók. A vezérléshez nagyon kicsi teljesítmény szükséges. Triacos áramkörökben mindig gondoskodni kell arról, hogy az áramkörben lévő hatásos ellenállás úgy korlátozza az áramot, hogy az áramerősség maximális értéke ne haladja meg a legnagyobb megengedett terhelőáram értékét.



32. ábra. Dimmeráramkör diac által történő vezérléssel

A diac egy négyrétegű dióda, mely a sarkaira kapcsolt megfelelő nagyságú feszültséggel vezető állapotba billenhet. Minden félperiódusban vezetésbe billenti (tehát vezérlő impulzust ad) a triac-ot abban az esetben, ha a kondenzátor feszültsége eléri a diac átbillentési értékét. A gyújtásszöget R_2 -vel szabályozhatjuk.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. feladat: Egyfázisú egyenirányítók vizsgálata

A mérésnél használt műszerek adatai:

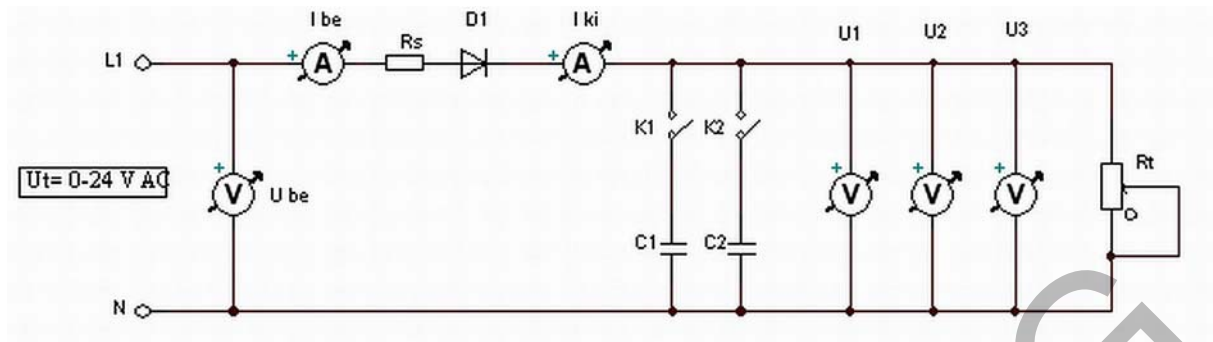
Mérendő mennyiség	A műszer				
	rendszere	gyártója	gyári száma	méréshatára	Skála terjedelme

A mért készülék és egyéb eszközök adatai:

Megnevezés	Jellemző érték	Gy.szám	Típusjel	megjegyzés
R _s				
R _t				
D1				
C1				
C2				

1./a.) feladat :1F 1U 1Ü egyenirányító vizsgálata

A mérés kapcsolása:



33. ábra. 1F1U1Ü kapcsolás vizsgálata

A mérés során az alábbiakat végezze el:

- Készítse el a fenti ábra kapcsolását és csatlakoztassa a mérőasztal megfelelő kimenetére. A K1 kapcsoló nyitott állapotában állítson be $I_{ki} = 0,1$ A-es terhelőáramot és írja le a műszerek által mutatott értékeket!
- Kapcsolja be az áramkört, és állítsa a bemeneti feszültséget (U_{be}) a mérésvezető által kijelölt értékre!
- U_{be} alapján számolja ki a bemeneti feszültség csúcsértékét!

U_{be} cs=

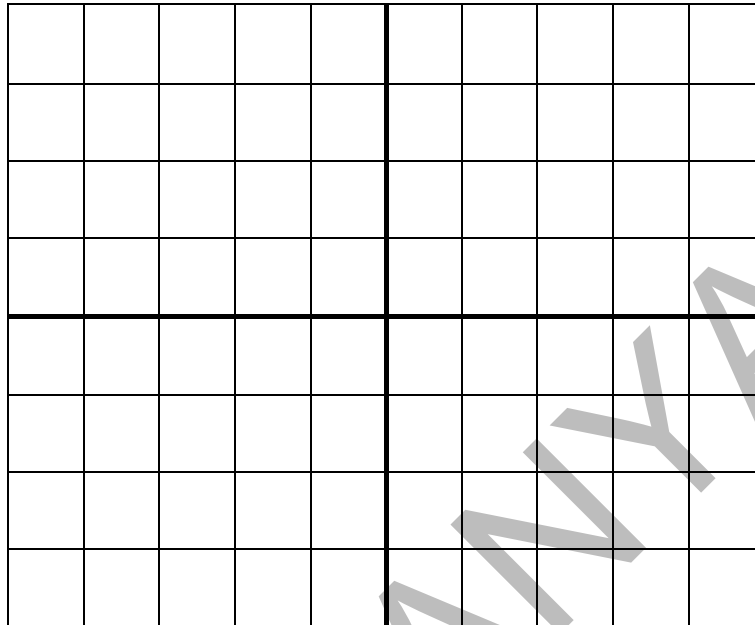
- Oszilloszkópon ellenőrizze a számított értéket, és ábrázolja az $U_{be} = f(t)$ időfüggvényt az alábbi ábrába!

- Az U_{be} csúcsértéke ismeretében határozza meg U_{ki} csúcsértéket ($U_{ki\ cs}$), középértékét ($U_{ki\ k}$), effektív értékét ($U_{ki\ eff}$), és írja az alábbi táblázatba!

	Számított érték	Mért érték					
	C nélkül	Kondenzátor nélkül			Kondenzátorral (C_1)		
	V	α	C	V	α	C	V
$U_{be\ eff}$							
$U_{be\ cs}$							
$U_{ki\ cs}$							
$U_{ki\ k}$							
$U_{ki\ eff}$							

- Ellenőrizze oszcilloszkóppal a számított $U_{ki\ cs}$ helyességét! Az $U_{ki} = f(t)$ időfüggvényt rajzolja be az alábbi ábrába!

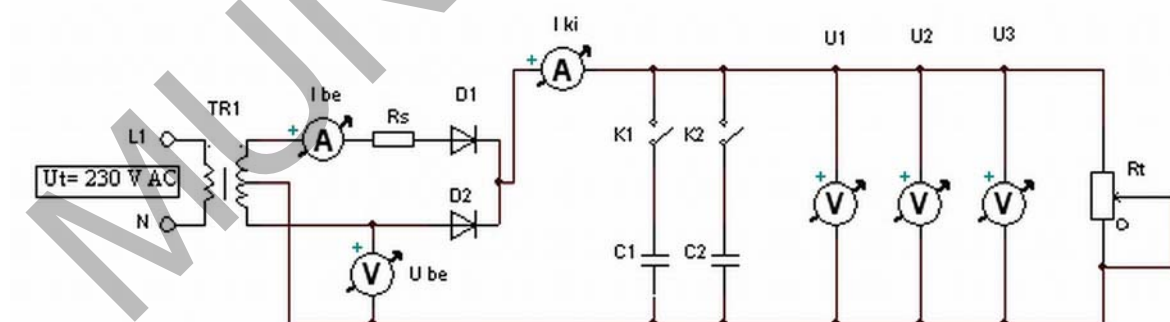
- Kapcsolja át az U1-et mérő GU1-es műszert váltakozó állásba és hasonlítsa össze U2 értékével. A tapasztaltakat indokolja!
- Zárja a K1 kapcsolót, és írja be a táblázat megfelelő sorába a műszerek mutatott értékeit!
- Ábrázolja ismét az $U_{ki} = f(t)$ időfüggvényt!



Zárja a K2 kapcsolót is, és figyelje meg az $U_{ki} = f(t)$ változását! A görbét eltérő színnel rajzolja be a fenti ábrába!

1/b.) 1F 2U 2Ü egyenirányító vizsgálata

A mérés kapcsolása:



34. ábra. Az 1F2U2Ü kapcsolás

A mérés eszközei:

Megnevezés	Jellemző	Gy.szám	Típusjel	megjegyzés
------------	----------	---------	----------	------------

	érték			
R_s				
R_t				
D_1, D_2				
C_1				
C_2				

A mérés során az alábbiakat végezze el:

- Készítse el a fenti ábra kapcsolását és csatlakoztassa a mérőasztal megfelelő kimenetére. A K_1 kapcsoló nyitott állapotában állítson be $I_{ki} = 0,1$ A-es terhelőáramot és írja le a műszerek által mutatott értékeket!
- Kapcsolja be az áramkört, és állítsa a bemeneti feszültséget (U_{be}) a mérésvezető által kijelölt értékre!
- U_{be} alapján számolja ki a bemeneti feszültség csúcserőértékét!

U_{be} cs=

- Oszilloszkópon ellenőrizze a számított értéket, és az ábrázolja az $U_{be} = f(t)$ időfüggvényt az alábbi ábrába!

- Az U_{be} csúcserőértéke ismeretében határozza meg U_{ki} csúcserőértékét (U_{ki} cs), középértékét (U_{ki} k), effektív értékét (U_{ki} eff), és írja az alábbi táblázatba!

	Számított érték	Mért érték					
	C nélkül	Kondenzátor nélkül			Kondenzátorral (C1)		
	V	α	C	V	α	C	V
U _{be eff}							
U _{be cs}							
U _{ki cs}							
U _{ki k}							
U _{ki eff}							

- Ellenőrizze oszcilloszkóppal a számított U_{ki cs} helyességét! Az U_{ki} = f(t) időfüggvényt rajzolja be az alábbi ábrába!

- Kapcsolja át az U₁-et mérő GU1-es műszert váltakozó állásba és hasonlítsa össze U₂ értékével. A tapasztaltakat indokolja!

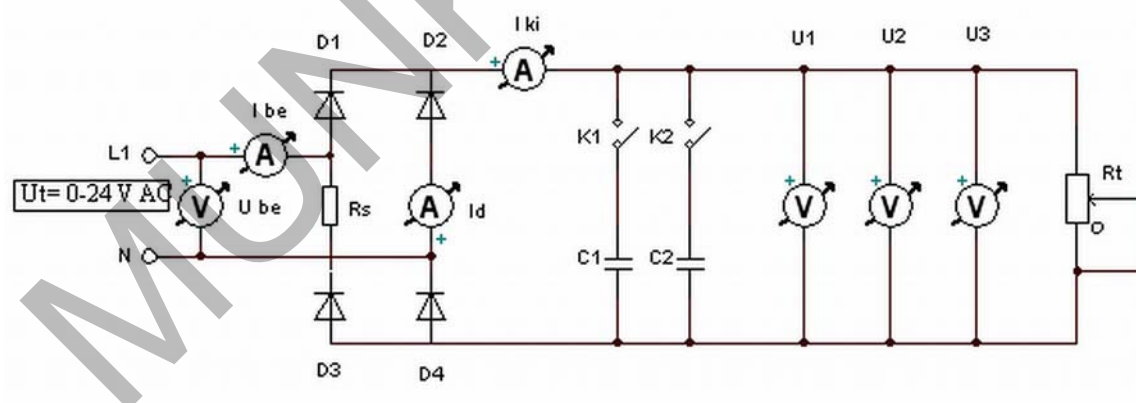
- Zárja a K1 kapcsolót, és írja be a táblázat megfelelő sorába a műszerek mutatott értékeit!
- Ábrázolja ismét az $U_{ki} = f(t)$ időfüggvényt!

[illegible]

Zárja a K2 kapcsolót is, és figyelje meg az $U_{K1} = f(t)$ változását! A görbét eltérő színnel rajzolja be a fenti ábrába!

1 /c.) 1F 2U 2Ü egyenirányító (Graetz–kapcsolás)

A mérés kapcsolása:



35. ábra. A Graetz- kapcsolás

A mérés eszközei:

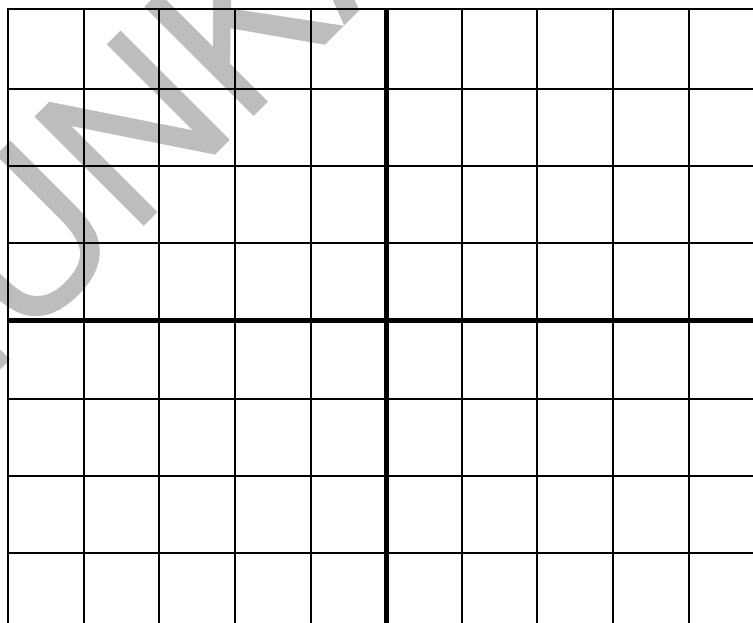
Megnevezés	Jellemző érték	Gy.szám	Típusjel	megjegyzés
R_s				
R_t				
D_1, D_2, D_3, D_4				
C_1				
C_2				

A mérés során az alábbiakat végezze el:

- Készítse el a fenti ábra kapcsolását és csatlakoztassa a mérőasztal megfelelő kimenetére. A K_1 kapcsoló nyitott állapotában állítson be $I_{ki} = 0,1$ A-es terhelőáramot és írja le a műszerek által mutatott értékeket!
- Kapcsolja be az áramkört, és állítsa a bemeneti feszültséget (U_{be}) a mérésvezető által kijelölt értékre!
- U_{be} alapján számolja ki a bemeneti feszültség csúcsértékét!

U_{be} cs=

- Oszilloszkópon ellenőrizze a számított értéket, és az ábrázolja az $U_{be} = f(t)$ időfüggvényt az alábbi ábrába!



- Az U_{be} csúcsértéke ismeretében határozza meg U_{ki} csúcsértékét (U_{ki} cs), középértékét (U_{ki} k), effektív értékét (U_{ki} eff), és írja az alábbi táblázatba!

	Számított érték	Mért érték					
	C nélkül	Kondenzátor nélkül			Kondenzátorral (C1)		
	V	α	C	V	α	C	V
U _{be eff}							
U _{be cs}							
U _{ki cs}							
U _{ki k}							
U _{ki eff}							

- Ellenőrizze oszcilloszkóppal a számított U_{ki cs} helyességét! Az U_{ki} = f(t) időfüggvényt rajzolja be az alábbi ábrába!

- Kapcsolja át az U₁-et mérő GU₁-es műszert váltakozó állásba és hasonlítsa össze U₂ értékével. A tapasztaltakat indokolja!

- Zárja a K1 kapcsolót, és írja be a táblázat megfelelő sorába a műszerek mutatott értékeit!
- Ábrázolja ismét az $U_{ki} = f(t)$ időfüggvényt!

Zárja a K2 kapcsolót is, és figyelje meg az $U_{ki} = f(t)$ változását! A görbét eltérő színnel rajzolja be a fenti ábrába!

Foglalja össze magában a tapasztaltakat az alábbiak figyelembevételével:

- Írja le a fázisszám, útszám és ütemszám fogalmát!
- Mi a matematikai ill. a fizikai megfogalmazása az egyenirányított jel közép- és effektív értékének?
- Mely műszerekkel mérhetjük az egyenirányított jel középértékét?
- Mely műszerekkel mérhetjük az egyenirányított jel effektív értékét?
- Milyen feszültségű és áramú diódát kell választanunk az 1F 1U 1Ü egyenirányítóhoz?
- Miért és hogyan változik meg a diódát terhelő áram puffer-kondenzátor alkalmazásakor?

2. feladat: Egyfázisú vezérelt hídkapcsolás vizsgálata

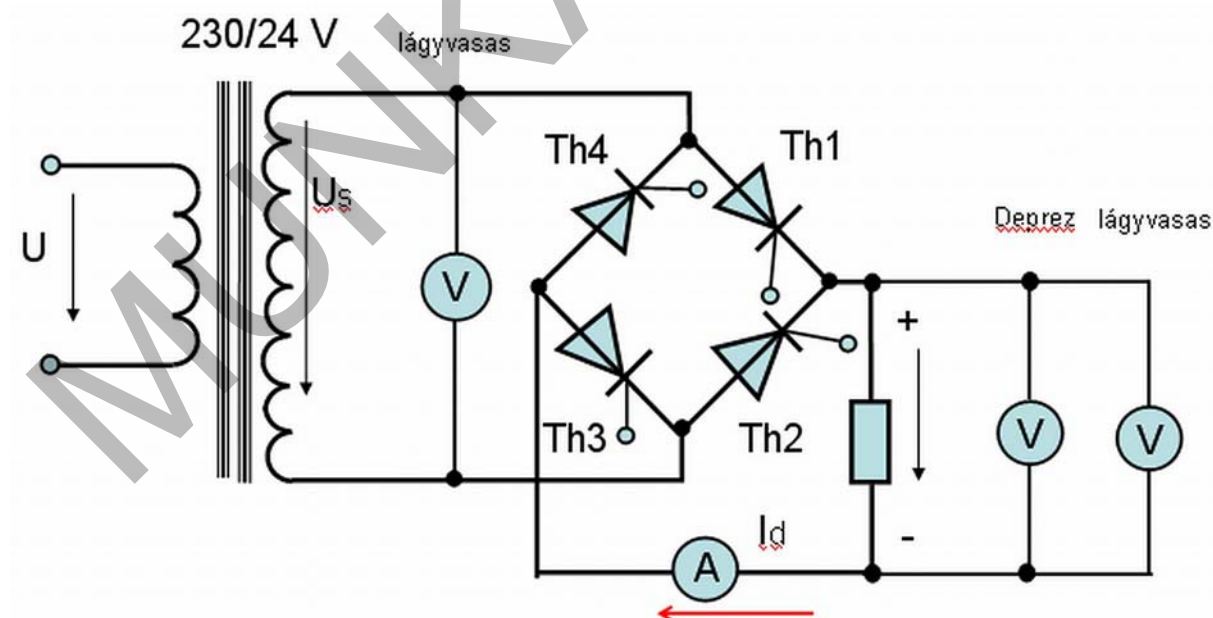
A mérésnél használt műszerek adatai:

Mérendő mennyiség	A műszer				
	rendszere	gyártója	gyári száma	méréshatára	Skála terjedelme

A mért készülék és egyéb eszközök adatai:

Megnevezés	Jellemző érték	Gy.szám	Típusjel	megjegyzés
Rt				
Th1,Th2,Th3,Th4				

A mérés kapcsolása:

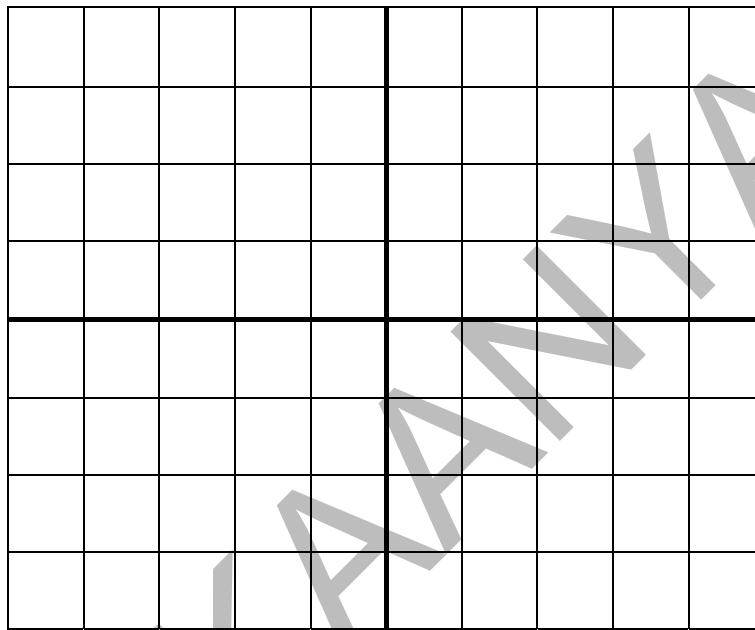


36. ábra. ábra. Egyfázisú vezérelt hídkapcsolás vizsgálata

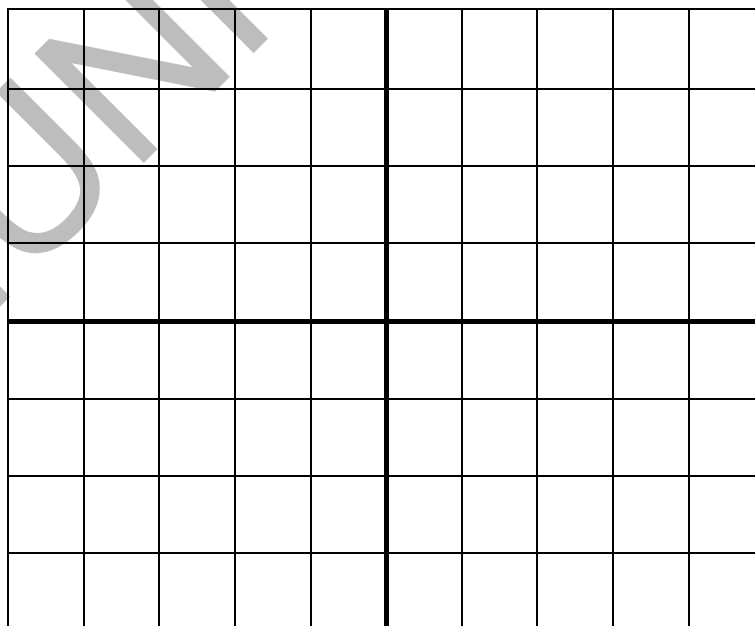
A mérés során az alábbiakat végezze el:

- Állítsa össze a kapcsolást !
- Mérje meg a transzformátor szekunder oldalán a bemenő feszültséget !
- Mérje meg az egyenirányító kapcsolás kimeneti áramát $\alpha=0^\circ$, $\alpha=30^\circ$, $\alpha=45^\circ$, $\alpha=90^\circ$, $\alpha=120^\circ$ esetén ! Az értékeket foglalja táblázatba !
- Számítsa ki $\alpha=0^\circ$ gyújtásszög esetén a kimeneti feszültség értékét! Hasonlítsa össze a mért értékkel a kapott eredményt ! Mit tapasztal?
- Oszilloszkóppal ellenőrizze el az eredményeket! A jelalakokat az alábbi diagramokban ábrázolja:

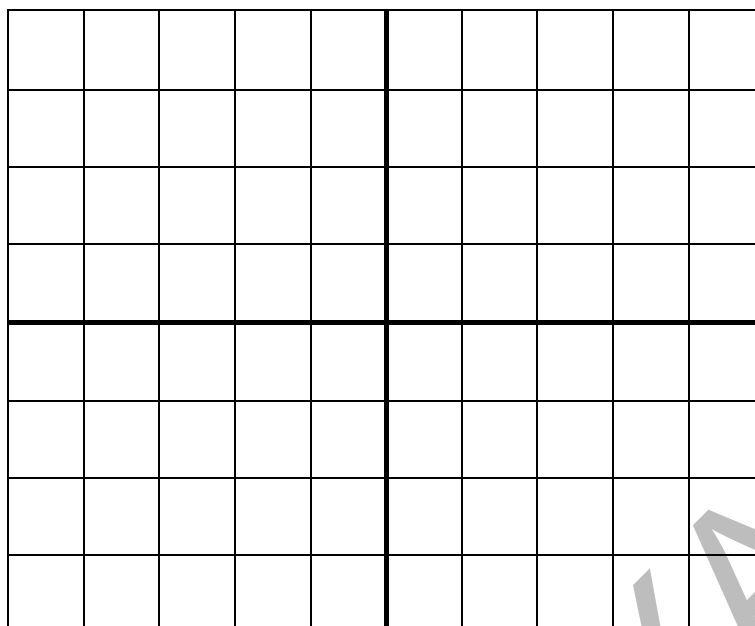
$\alpha=0^\circ$



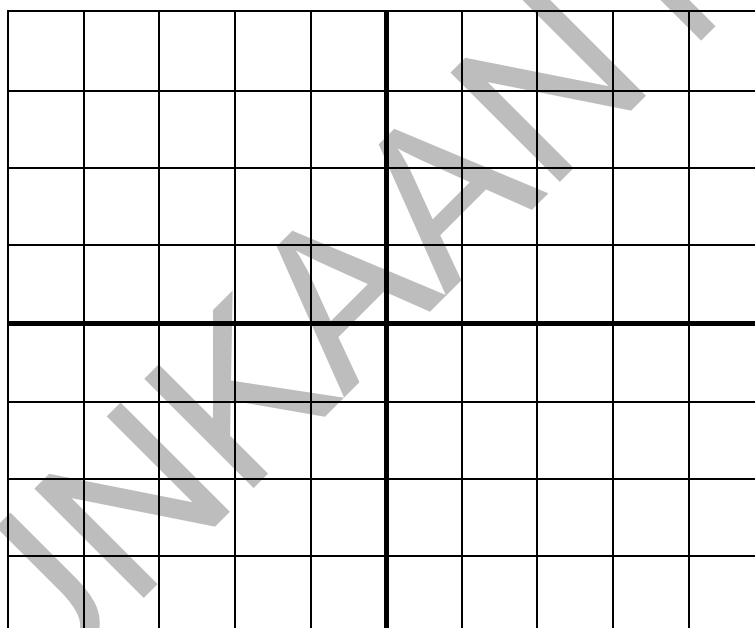
$\alpha=30^\circ$



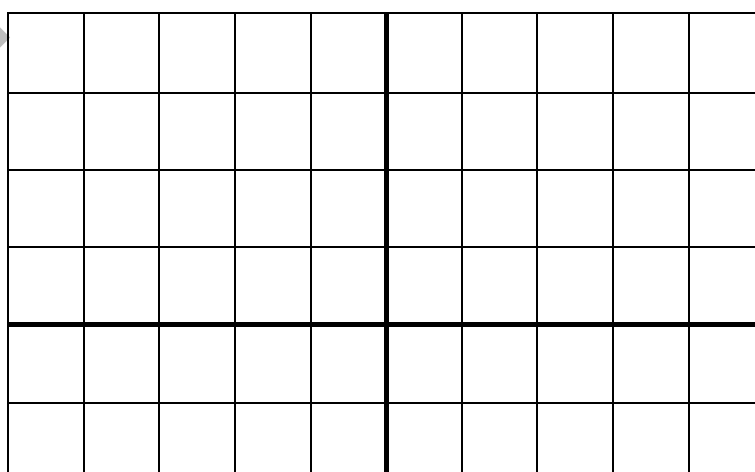
$\alpha=45^\circ$



$\alpha=90^\circ$



$\alpha=120^\circ$



A bemeneti feszültség alakja:

A mért értékek táblázata:

Ube			Id			Uki(lágyvasas)			Uki (Deprez)			gyújtásszög
α	c	V	α	c	A	α	c	V	α	c	V	$\alpha=0$
												$\alpha=30$
												$\alpha=45^\circ$
												$\alpha=90$
												$\alpha=120$

Számítások:

Uki számított	gyújtásszög
	$\alpha=0$

Foglalja össze magában a tapasztaltakat az alábbiak figyelembevételével!

- Hogyan működik a tirisztor?
- Mi a különbség a terhelések jellege és a kimeneti feszültségek vonatkozásában?
- Hogyan lehet változtatni a kimeneti feszültséget?
- Mi a Deprez és a lágyvasas műszer által mutatott értékek közötti különbség magyarázata?
- Mire lehet a fenti kapcsolást használni?

3. feladat: Vezérelt áramirányító vizsgálata

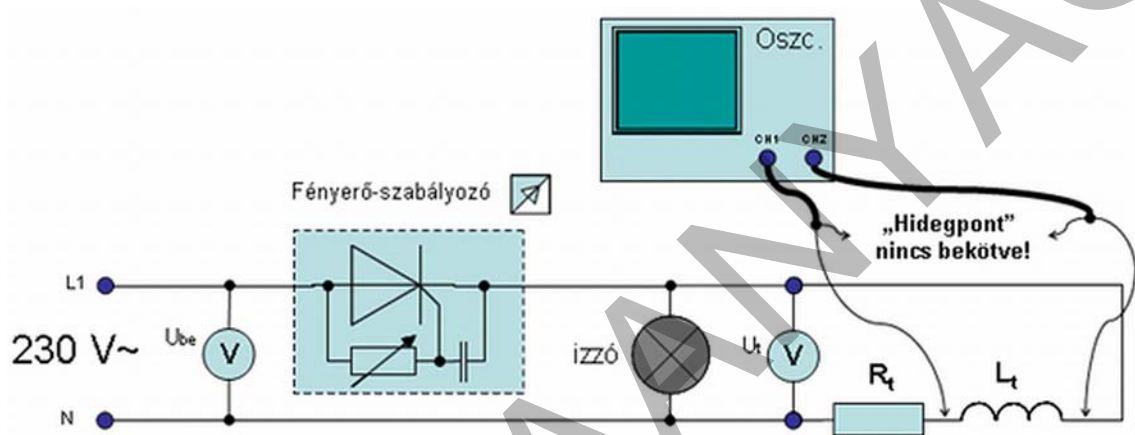
Írja a műszerek adatait az alábbi táblázatba!

Mérendő mennyiség	A műszer				
	rendszere	gyártója	gyári száma	méréshatára	Skála terjedelme

A mérésnél használt egyéb eszközök adatai:

3/a.) feladat: R-terhelés vizsgálata

3/b.) feladat: Soros R-L-terhelés vizsgálata



38. ábra. Soros R-L terhelés vizsgálata

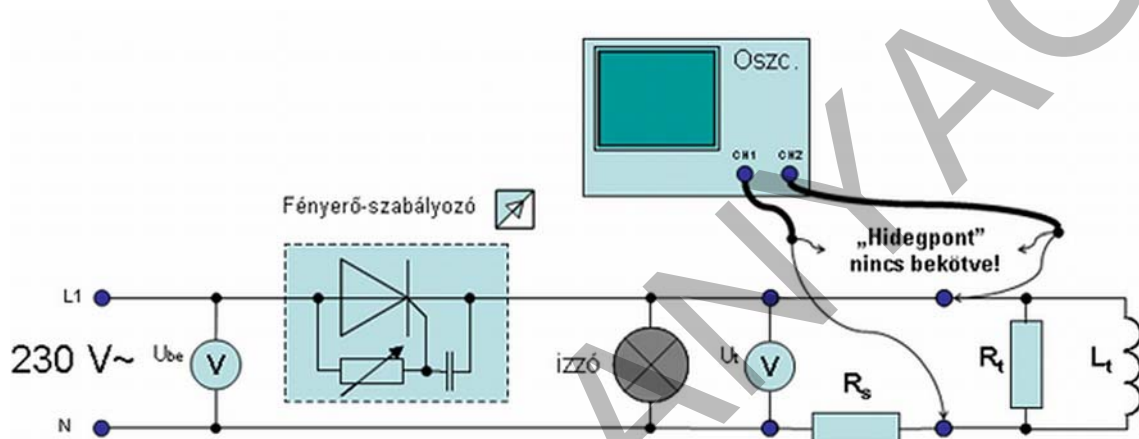
- Készítse el a mérési kapcsolást
- Kapcsolja hálózatra az áramkört és állítsa a gyújtásszöget 60°-ra!
- A U_t feszültséget és az oscillogramokat rögzítse az alábbi ábrába!
- A mérés végeztével kapcsolja ki és feszültségmentesítse az áramkört!

$U_t = \dots\dots\dots V$

$C_{Uki} = \dots\dots\dots V/cm$

$C_x = \dots\dots\dots s/cm$

3/c.) feladat: Párhuzamos R-L-terhelés vizsgálata



39. ábra. Párhuzamos R-L vizsgálata

- Készítse el a mérési kapcsolást!
- Kapcsolja hálózatra az áramkört és állítsa a gyújtásszöget 720-ra!
- A U_t feszültséget és az oscillogramokat rögzítse a 2.3 ábrába!
- A mérés végeztével kapcsolja ki és feszültségmentesítse az áramkört!

$U_t = \dots\dots\dots V$

$C_{Uki} = \dots\dots\dots V/cm$

$C_x = \dots\dots\dots s/cm$

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Foglalja össze magában a tapasztaltakat az alábbiak figyelembevételével!

MUNKANYAG

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat**

Mit jelent a p és n típusú szennyezés?

**2. feladat**

Milyen tulajdonságai vannak a pn átmenetnek feszültség nélkül?

**3. feladat**

Mit jelent egy diódánál a vezető irány?

4. feladat

Milyen jelenség játszódik le diódánál záróirányú igénybevételnél?

5. feladat

Milyen dióda a LED?

6. feladat

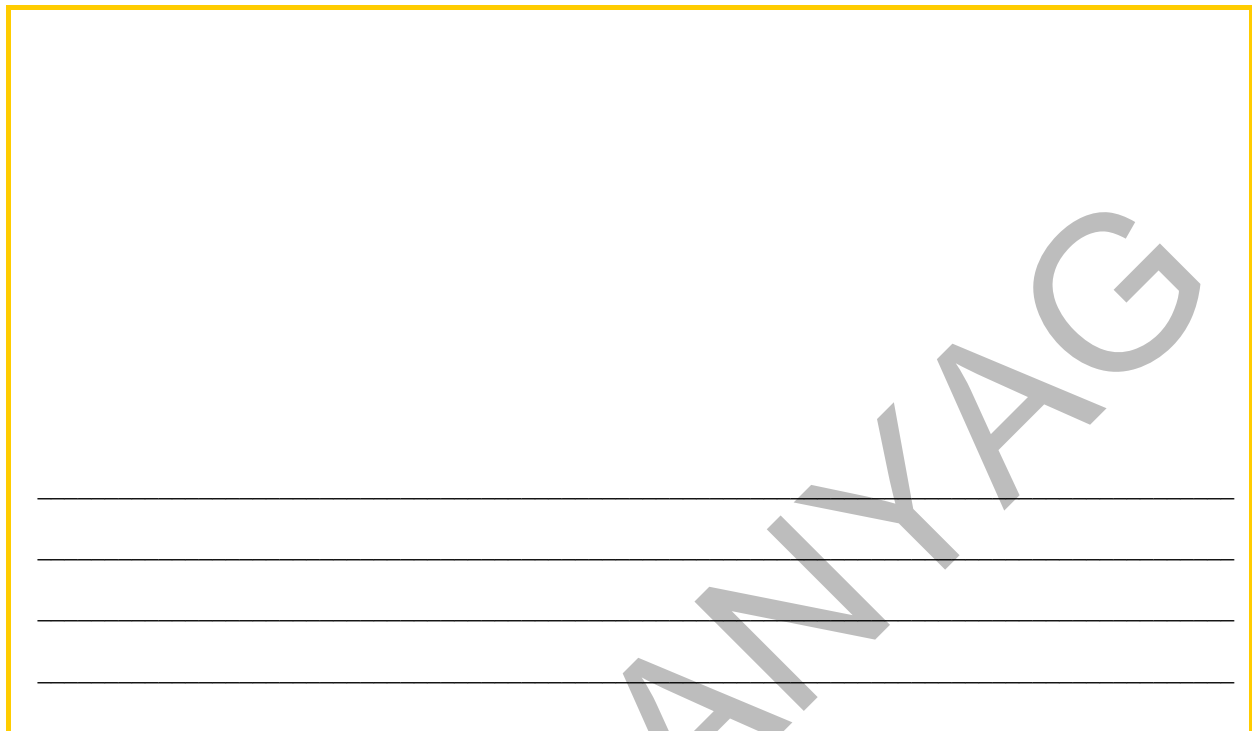
Mire jó, és hogy lehet bekapcsolni a tirisztort?

7. feladat

Hogy lehet kikapcsolni a tirisztort?

8. feladat

Ismertesse a középmegecsapolásos kapcsolás működését diódákkal !



9. feladat

Rajzolja le az egyfázisú vezérelt hídkapcsolást, a kimeneti és bemeneti jelalakokkal !

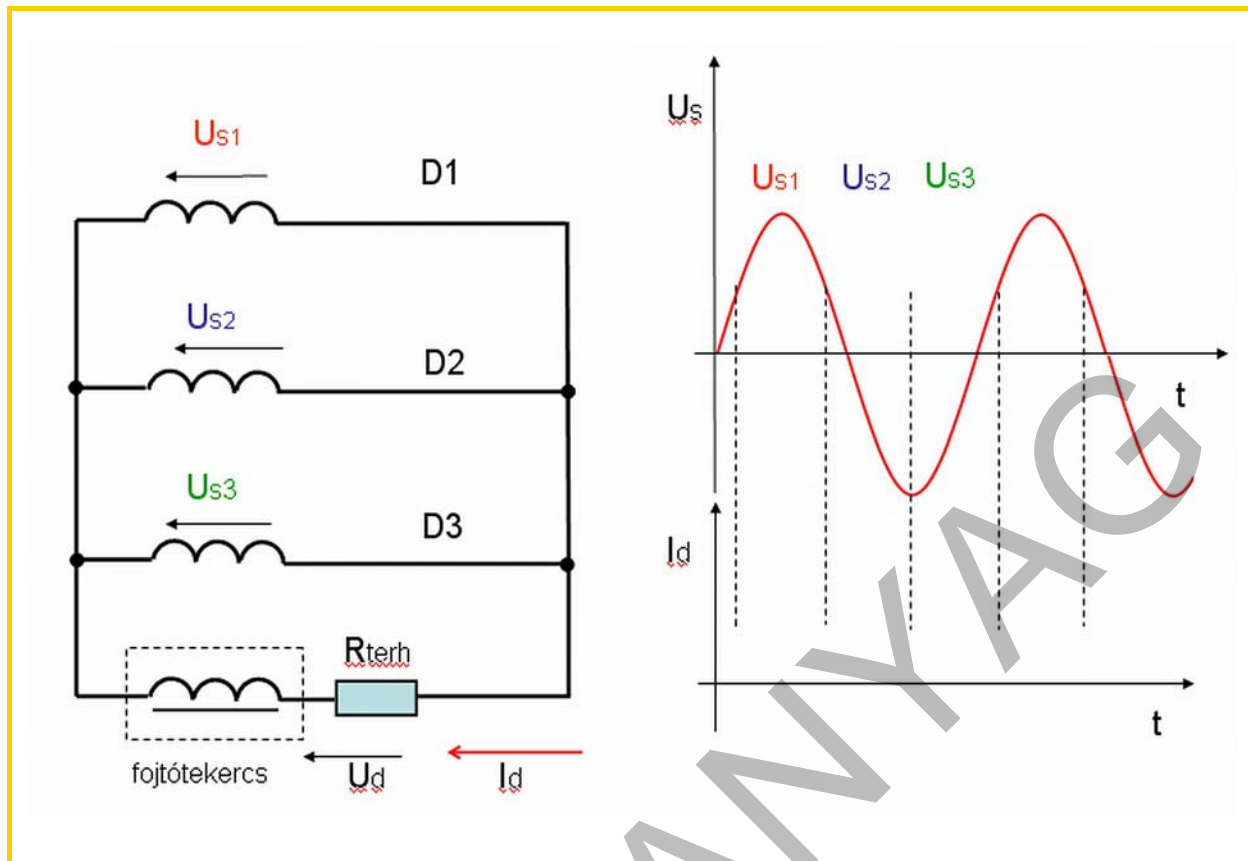


10. feladat

Rajzolja le a 3F1U3Ü kapcsolást és jelalakjait vezéreltlen áramirányítóval!

**11. feladat**

Egészítse ki a 3F1U3Ü kapcsolást és rajzolja le jelalakjait vezérelt áramirányítóval, simító tekercs alkalmazásával! (segítségül U_{s1} -et berajzoltuk.)



40. ábra.

12. feladat

Rajzolja le a 3F1U3Ű kapcsolás jelalakjait vezérelt áramirányítóval, tiszta induktív terhelés alkalmazásával!

13. feladat

Rajzolja le a 3F2U6Ü kapcsolást és jelalakjait!

14. feladat

Mire jó a triac? Mi a rajzjele?

15. feladat

Rajzoljon le egy egyszerű triac-os áramkört, magyarázza el a működését !

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Lásd az 1. és 2. ábrát!

A p-típusú szennyezés

A szilícium 4 külső elektronnal rendelkezik, így alkot rácsos szerkezetet. Ha ebben a szerkezetben az egyik Si atomot kicseréljük például a 3 szabad elektronnal rendelkező bórra, akkor egy kötés elégtelen lesz, hisz nincs elég elektron az összes kötéshez. Az ilyen félvezetőt p-típusú félvezetőnek hívjuk. (Másképpen akceptor-befogadó szennyezés)

Az n-típusú szennyezés

Szennyezhetünk úgy is, hogy egy 5 szabad elektronnal rendelkező atomra, például foszforra cseréljük ki az egyik Si atomot. Ilyenkor a rács kötési rendben lesznek, de lesz egy maradék elektron is. Az ilyen félvezetőt n-típusú (másképpen donor) félvezetőnek hívjuk.

2. feladat

Lásd a 3. ábrát!

Ha összeillesztünk egy p és egy n-típusú félvezetőt, akkor érdekes jelenség játszódik le. Az egyik réteg (a p) elektronhiányban szenved, a másik réteg (az n) pedig elektrontöbbletben. A két félvezető határán, a p-n-átmenetnél a szabad elektronok egy része hőmozgásuk segítségével az n-rétegből átmegy a p-rétegbe, és rekombinálnak (egyesül) az ott lévő többségi töltéshordozókkal, a lyukakkal. Hasonlóan a "p" oldali lyukak is diffundálnak az "n" oldalra, és szintén rekombinálnak az elektronokkal. (A lyukak mozgására a következő képzettársítás lehet jó. Egy széksorban a sor bal szélén van egy üres szék-ez a lyuk-, a többin ülnek. Az ülő emberek az "elektronok". Ha mindenki egy széssel balra ül, akkor az elektronok balra vándorolnak, a lyuk viszont jobbra.) A rekombináció révén a pn-átmenetnél kialakul egy vékony "kiürített réteg", másképpen záróréteg. Az átmenettől távolabbi kristályrészekben e jelenség már nem folytatódik, mert kialakul egy potenciálgát, mely megakadályozza a rekombináció terjedését. A záróréteg 10^{-6} m vastagságú. A záróréteg a pn-átmenet mentén elszigeteli egymástól a két (a P és N) réteget. A pn átmenet a záróréteggel kondenzátort alkot, melynek töltéstároló képessége (kapacitása) van.

3. feladat

A dióda az áramot csak az egyik irányba vezeti át, a másik irányba szakadásként viselkedik. A dióda vezet, ha az anódra a feszültségforrás pozitív, a katódra a negatív kapcsát kötjük. Ebben az esetben nyitóirányú igénybevételről beszélünk. Ilyenkor a kiürített réteg gyakorlatilag eltűnik, feltéve, ha akkora a nyitóirányú feszültség, mely a potenciálgátat legyőzi. Ez szilícium diódáknál kb. 0,7 V. Ez azért hasznos, mert így váltakozó áramot tudunk egyenirányítani, valamint megvédhetünk vele olyan áramköröket, ahol bajt okozna ha pl. valaki fordítva helyezi be az elemet. A dióda nyíl-alakú áramköri jelén látszik hogy merre engedi át az áramot.

4. feladat

Záróirányú feszültség hatására a diódában a záróréteg kiszélesedik, rajta gyakorlatilag csak csekély számú töltéshordozó halad át.. Záróirányú igénybevétel esetén a feszültség növelésével a záróirányú áram egy bizonyos pontig gyakorlatilag nem változik. Tovább növelve a feszültséget hirtelen növekvő áramot figyelhetünk meg.. Ha a letörési feszültség 5V-nál kisebb, akkor Zener-letöréről beszélünk, amely abban nyilvánul meg, hogy a kialakuló nagy elektromos térerősség a rácsszerkezetről elektronokat szabadít ki, melyek a keletkező lyukakkal hozzák létre az I_z letörési áramot. Kb. 8 V felett alakul ki az ún. lavinaletörés, amikor a hőmozgás miatt kiszakadó elektronok felgyorsulnak, kiütik helyükből a rácspan lévő elektronokat, melyek felgyorsulva ütköznek az atomrács elektronjaival, és további szabad töltéshordozókat szabadítanak ki az atomi kötésből. 5V és 8 V között a két hatás egyszerre jelentkezik, ezért ebben a feszültségtartományban lehet a legjobb tulajdonságú diódát készíteni.

5. feladat

Fényemittáló dióda (LED)

Egy nyitó irányban előfeszített p–n átmenetben az n rétegből szabad elektronok haladnak a p rétegbe, ahol rekombinálnak az ott többségi töltéshordozó lyukakkal. Hasonló módon a p rétegből lyukak haladnak át a határrétegen keresztül az n rétegbe, ahol az ott többségi töltéshordozó elektronokkal rekombinálnak. Bizonyos félvezető anyagokban (ezek jellegzetesen 3 és 5 vegyértékű anyagok, pl. galliumarzenid) ez a rekombináció közvetlen fénykibocsátással jár. A keletkező fény színe az alapanyagtól, és a megfelelő arányban ötvözött adalékanyagoktól (pl. foszfor) függ. Jelenleg a vörös, zöld, sárga, narancs, kék színek különféle árnyalataiban, illetve fehér fényű fényemittáló diódákat (Light Emitting Diode=LED) gyártanak. A LED-ek nyitóirányú karakterisztikája a szilíciumdiódához hasonló. Záróirányban a LED karakterisztikája a kristály erős szennyezése miatt már kevésbé hasonló a szilíciumdiódához, a letörési feszültség sokszor csak 3...5V. A LED-eket különböző méretben, alakban (kerek, nyíl alakú, stb.), más-más munkaponti áramhoz (általában 10...50 mA) ill. hatásfokkal gyártják. A jobb hatásfokú LED ugyanakkora munkaponti áram esetén nagyobb intenzitású fényt szolgáltat. Szokás vörös és zöld fényű LED-et egy (színtelen) műanyag tokban gyártani. Az egyik kivezetés (pl. a két katód) közös, ezt, és a diódák anódját vezetik ki. Így ugyanaz a LED vörös, zöld, ill. mindkét fény bekapcsolásakor sárga színt bocsát ki.

6. feladat

A tirisztor a teljesítményelektronikai kapcsolások legfontosabb eleme. Tulajdonképpen nem más, mint egy vezérelhető dióda. A tirisztor olyan szilícium alapanyagú félvezető eszköz, amelyik a diódákhoz hasonlóan egyik irányban zár – nem vezet áramot –, a másik irányban pedig zár vagy nyit, attól függően, hogy a vezérlőelektródája vezet-e áramot vagy nem. A tirisztorok aktív része a diódákéhoz hasonló félvezető kristály, amely négy – különböző szennyezettségű – rétegből épül fel. Az egyes rétegek sorrendje: P1 – N1 – P2 – N2. A két szélső /P1 és N2/ réteghez csatlakozó elektródák képezik a tirisztor anódját és katódját. A P2 réteghez csatlakozik a harmadik elektróda, amelyet vezérlő vagy kapu elektródának neveznek és általában G betűvel jelölnek. Az egyes rétegek szennyezettsége eltérő, a két szélső réteg erősebben, a két közbenső gyengébben szennyezett. A lezárt állapotból a tirisztor kétféleképpen kapcsolható át vezető helyzetbe:

- a pozitív anódfeszültség növelésével,
- a vezérlő elektróda áramának megindításával.

7. feladat

A tirisztor kikapcsolása történhet:

- az anód–katód feszültség polaritásának megváltoztatásával
- az anód–katód áram, illetve feszültség tartóérték alá csökkentésével.

8. feladat

Lásd a 19. ábrát!

Mint látható, ez egy dupla szekunder tekercselésű transzformátorból, és gyakorlatilag két egyutas kapcsolásból áll. A D1 dióda az egyik félperiódusban vezet, majd a másik félperiódusban átadja az áramvezetést a D2 diódának, és D1 lezár. Az ábrán látható piros vonal a D1 áramvezetését, a kék vonal D2 áramvezetését jelenti. A nulla-átmenetet természetes kommutációs pontnak, az áramvezetés átadását kommutációnak hívjuk. Az egyenirányított feszültség középértéke:

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{Seff} \approx 0,9 \cdot U_{Seff}$$

. Az egyenfeszültség már nem szaggatott, de még igényesebb fogyasztókat nem láthatunk el ezzel sem.

9. feladat

Lásd a 23. ábrát!

10. feladat

Lásd a 24. ábrát!

11. feladat

Lásd a 25. ábrát!

12. feladat

Lásd a 27. ábrát!

13. feladat

Lásd a 29. ábrát!

14. feladat

Gyakori az az igény, hogy váltakozófeszültségen a feszültség értéket szabályozzuk. (például fényerő-szabályozás). Ilyen esetekben mindkét félhullámban szükséges a fázishasítás, tehát egy-egy tirisztort kell használni mindkét félhullámban. Ez megoldható két tirisztor ellenpárhuzamos (antiparalell) kapcsolásával. Gyártják őket egybeépítve is (triac), melynek így csak egy vezérlő elektródája van. Triac segítségével a váltakozóáramú körök egyszerűen vezérelhetők és szabályozhatók. A vezérléshez nagyon kicsi teljesítmény szükséges. Triacos áramkörökben mindig gondoskodni kell arról, hogy az áramkörben lévő hatásos ellenállás úgy korlátozza az áramot, hogy az áramerősség maximális értéke ne haladja meg a legnagyobb megengedett terhelőáram értékét.

Jelképét lásd a 31. ábrán !

15. feladat

Lásd a 32. ábrát!

A kapcsolásban a diac egy négyrétegű dióda, mely a sarkaira kapcsolt megfelelő nagyságú feszültséggel vezető állapotba billenhető. Minden félperiódusban vezetésbe billenti (tehát vezérlő impulzust ad) a triac-ot abban az esetben, ha a kondenzátor feszültsége eléri a diac átbillentési értékét. A gyújtásszöget $R2$ -vel szabályozhatjuk.

MUNKANYAG

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM:

Klaus Beuth–Olaf Beuth: Az elektronika alapjai. Műszaki Könyvkiadó, 1991.

Szerzői Kollektíva: Elektrotechnikai szakismeretek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993.

AJÁNLOTT IRODALOM

Csáky–Ganszky–Ipsits–Marti: Teljesítményelektronika. Műszaki Könyvkiadó, 1973.

A(z) 0929–06 modul 013–as szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 522 01 0000 00 00	Erősáramú elektrotechnikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
16 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató