

2.2. ábra.

Ohmos terhelésű AC szaggató átviteli jelleggörbéi

A feszültség maximális effektív értékét $a=0$ esetén éri el, és ilyenkor megegyezik a tápfeszültséggel (l. a 2.2. ábrát).

A kapcsolás átviteli jelleggörbéiből az is kitűnik, hogy a terhelés feszültségének (és egyben áramának) formátényezője is függvénye a vezérlési szögnek. Általánosságban:

$$F = \frac{U_{R(RMS)}}{U_{R(AVG)}} \geq \frac{\pi}{\sqrt{2}} = 1,11. \quad (2.5)$$

Az effektív érték számítása rendszerint jóval bonyolultabb, mint a középértéké. A további kapcsolásokat ezért csak az átlagértékek alapján hasonlítjuk össze.

2.2

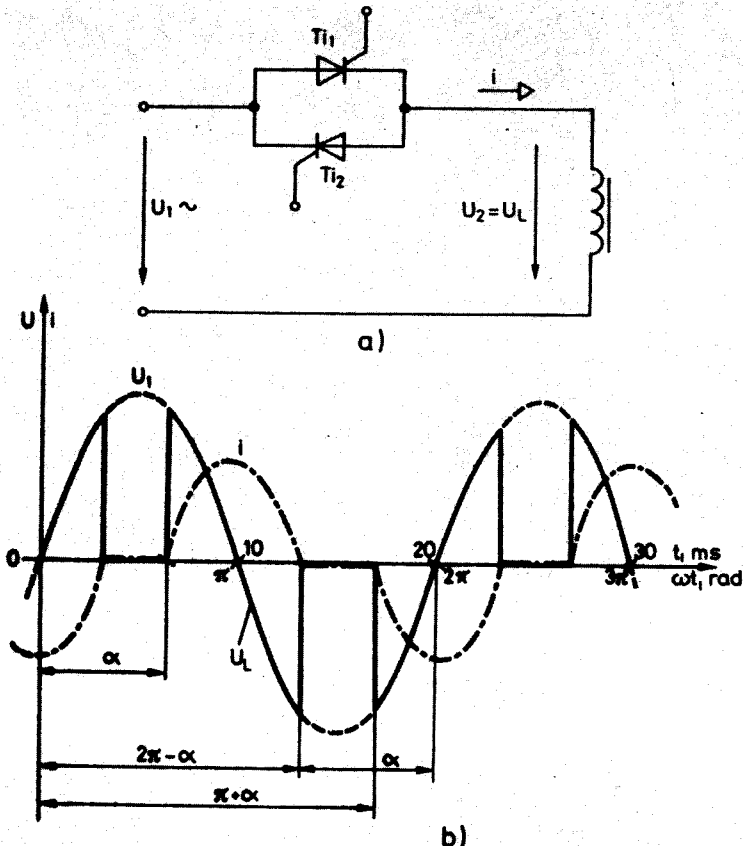
Váltakozóáramú szaggató induktív terheléssel

A második ideális esetet és annak hullámformáit a 2.3. ábra szemlélteti. Az áram és a feszültség nullaátmenete most nem esik egybe. Az éppen vezető tirisztor ezért nem a feszültség, hanem az áram nullaátmenetekor fog kikapcsolni. Amennyiben a tápfeszültség pozitív félperiódusában a Ti_1 tirisztor a késleltetéssel gyűjtjük, akkor a terhelés árama megindul. Ha feltételezzük, hogy az induktivitás ezt megelőzően energia-

mentes volt, akkor az állandósult periodikus terhelőáram pillanatértéke:

$$iU = \frac{\sqrt{2}U_1}{\omega L} (-\cos \omega t + \cos a). \quad (2.6)$$

Az áram hullámformája szaggatott, ún. szinuszsapka alakú, a feszültség nullaátmenetére nézve szimmetrikus. Így ha $\omega t = a$ szöghelyzetnél történik a gyűjtás, akkor $\omega t = 2\pi - a$ pillanatban következik be a megfelelő tirisztor kioltása.



2.3. ábra.
Váltakozóáramú szaggató induktív terheléssel
a) elvi vázlat; b) alapvető hullámformák

Az induktív terhelés feszültsége akkor szabályozható, ha az áram kis időre nullára csökken, mielőtt az ellenkező irányban újból megindulna. Ezért a legkisebb gyújtáskésleltetésre az alábbi feltétel írható:

ahonnan:

$$2\pi - a \leq \pi + a,$$

$$a \geq \frac{\pi}{2}. \quad (2.7)$$

Mindezek figyelembevételével a terhelés feszültségének, majd áramának egyenirányított középértéke:

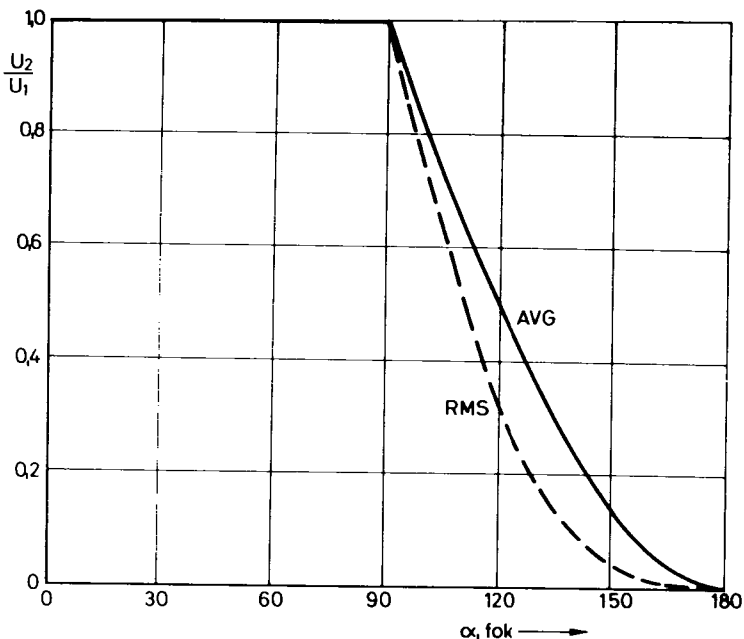
$$U_2 = U_{L(AVG)} = \frac{2\sqrt{2} U_1}{\pi} (1 + \cos a), \quad (2.8)$$

$$I_{L(AVG)} = \frac{2\sqrt{2} U_1}{\omega L} \sin a + (\pi - a) \cos a, \quad (2.9)$$

feltétel:

$$\frac{\pi}{2} < a < \pi. \quad (2.10)$$

A terhelés árama, feszültsége és egyben teljesítménye a maximum és nulla között folyamatosan szabályozható, miközben a gyújtás helyzetét 90° és 180° között változtatjuk (2.4. ábra). Végül megjegyezzük, hogy a működési rendelkezések elkerülése érdekében célszerű széles vagy sűrűn ismétlődő gyújtóimpulzusokat alkalmazni.



2.4. ábra.

Induktivitással terhelt váltakozóáramú (AC) szaggató átviteli jelleggörbéi

2.3

Váltakozóáramú szaggató soros *RL* terheléssel

A valóságos alkalmazásai példák zöménél a terhelést egy soros *RL* tag képezi. Gondoljunk csak arra, hogy a legtöbb fogyasztó (ideértve azok huzalozását is) induktivitása nem elhanyagolható. Az alapáramkört és a legfontosabb hullámformákat a 2.5. ábra szemlélteti.

Amennyiben a két triisztort rövidre zárjuk, úgy állandósult állapotban:

$$i = \frac{|\sqrt{2} U_1}{Z} (\sin \omega t - \varphi), \quad (2.11)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}, \quad (2.12)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R} \quad (2.13)$$

b) a gyújtáskésleltetési szög $a \geq \varphi$ legyen.

A levezetéstől eltekintve, az állandósult állapot periodikus árama:

$$i = \frac{|\sqrt{2} U_1}{Z} \sin(\omega t - \varphi) + I_0 \exp - \frac{t}{\tau}, \quad (2.14)$$

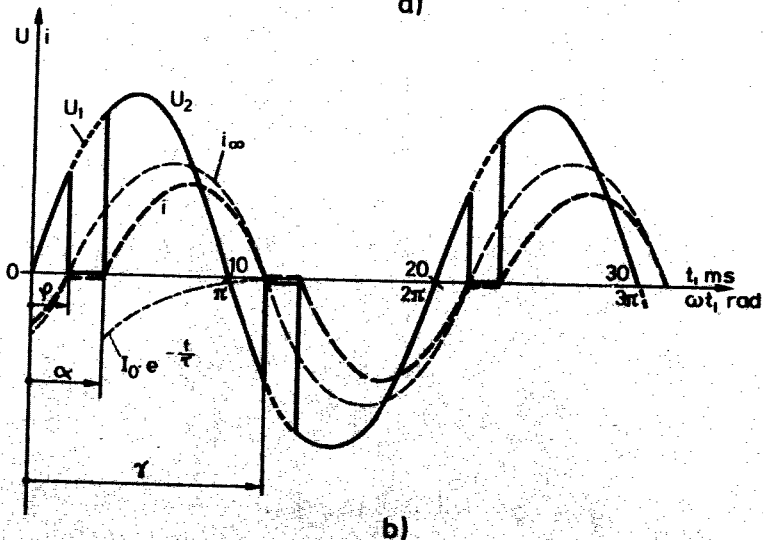
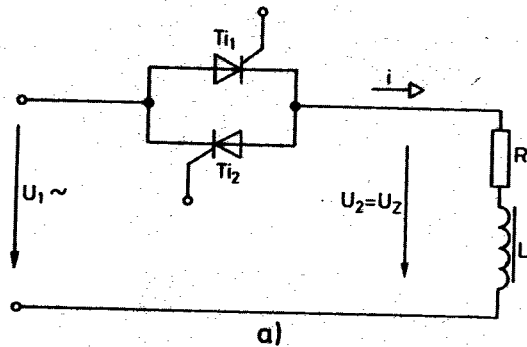
$$\text{ahol: } I_0 = \frac{|\sqrt{2} U_1 \sin(a - \varphi)}{Z \exp - \frac{a}{\omega \tau}} \quad (2.15)$$

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (2.16)$$

összefüggésekkel leírható szinuszos áram folyik. A szabályozhatóság feltételei a következők:

a) alkalmazzunk széles vagy sűrűn ismétlődő vezérlőjelet;

A 2.5. ábrából látható, hogy az áram „szaggatott” alakú. Az exponenciális tag következtében a hullámformája nem szimmetrikus a feszültség nullaátmenetére nézve. Másként fogalmazva: ha a gyújtás a szöghelyzetű, akkor a



2.5. ábra.
Váltakozóáramú szaggató soros RL terheléssel
a) elvi vázlat; b) jellemző hullámformák

kikapcsolás ($i=0$) nem $2\pi-a$ -nál, hanem az ún. γ kioltási szögnél következik be. A γ értéke függ a gyújtás helyzetétől és a terhelés jellegétől. Előző ismereteink alapján értéke csak rejtett (implicit) alakban adható meg:

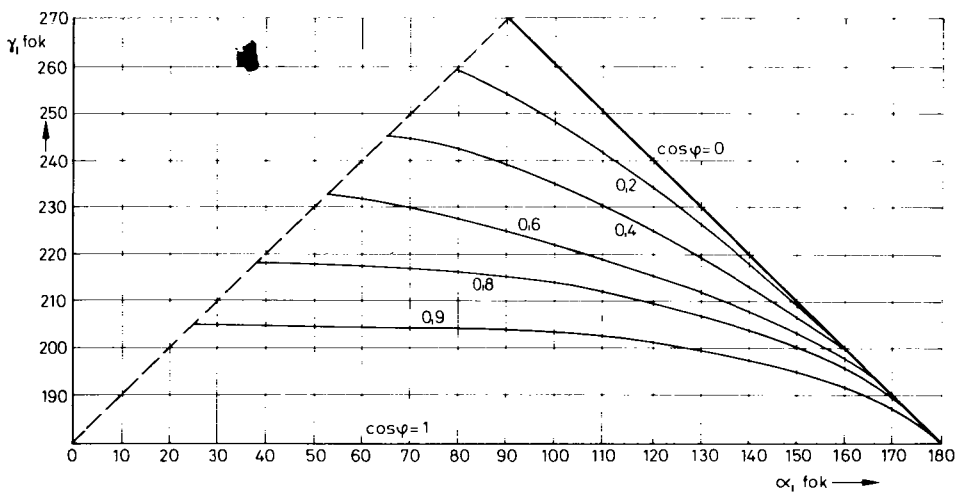
$$\sin(\gamma - \varphi) \exp \frac{\gamma}{\omega\tau} = \sin(a - \varphi) \exp \frac{a}{\omega\tau} \quad (2.17)$$

Ehelyett sokat segít a grafikus módszer alkalmazása (2.6. ábra), amely a gyakorlati tervezéshez kielégítő pontosságú.

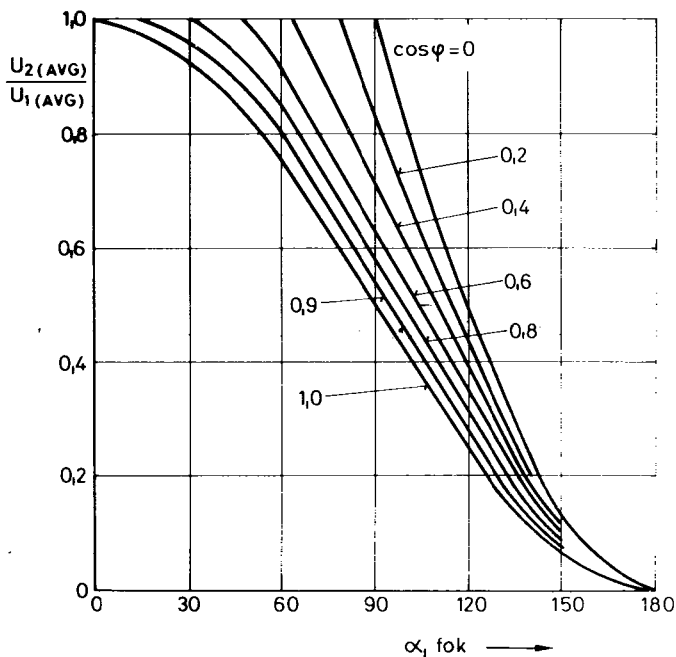
A terhelés feszültségének egyenirányított közepértéke:

$$U_2 = U_{Z(AVG)} = \frac{2\sqrt{2} U_1}{\pi} \frac{\cos a + \cos \gamma}{2} \quad (2.18)$$

Az elrendezésnek az átlagfeszültségre vonatkoztatott átviteli jelleggörbéit a 2.7. ábra szemlélteti. Paraméter a terhelés jellege, vagyis a fázistolási szög koszinusza. Az igen eredményesen használható görbeseregéből megfigyelhető, hogy egyaránt magába foglalja a tisztán ohmos ($\cos \varphi = 1$) és a teljesen induktív ($\cos \varphi = 0$) szélsőséges eseteket is.



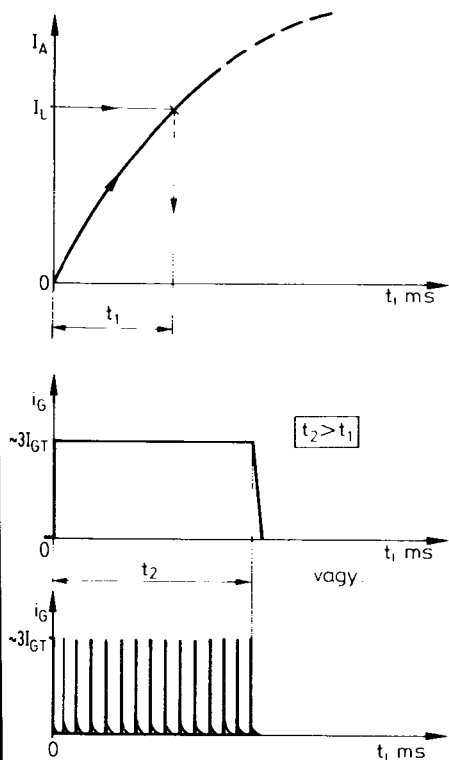
2.6. ábra.
Összefüggés a gyújtási és a kioltási szögek között. Paraméter a terhelés jellege



2.7. ábra.
Soros RL taggal terhelt AC szaggató átviteli jelleggörbéi. Paraméter a terhelés jellege

UJT gyújtókörök inuktívan terhelt tirisztorokhoz

Erősen inuktív jellegű munkaellenállás esetén a tirisztor anódárama nem hirtelen, hanem az áramkörü időállandó által megszabott exponenciális jelleg szerint növekszik a gyújtás pillanatát követően. A folyamat kezdeti szakaszát általában joggal tekinthetjük lineárisnak. A vezérelt tirisztor csak akkor marad meg vezető állapotban, ha a gyújtóimpulzus tartama alatt ki tud alakulni az anódkörében a típusfüggő I_L kapcsolóáram. Az I_G vezérlőáramot tehát bizonyos ideig fenn kell tartani, ellenkező esetben nem gyújt be a tirisztor teljes keresztmetszete, hanem újra kikapcsol, más szóval leblokkol (9.19. ábra).



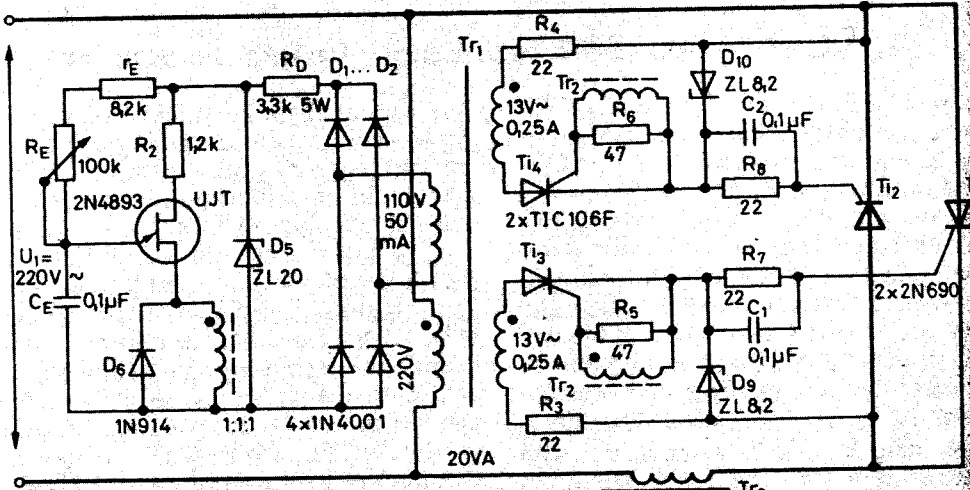
9.19. ábra.

A tirisztor gyújtása erősen inuktív jellegű anódkör esetén

A feladat egyik kézenfekvő megoldásának tűnik az ún. széles (esetleg több ms tartamú) gyújtóimpulzusok alkalmazása. Ennek technikai realizálása nem könnyű feladat, ui. ez esetben mind a vezérlőáramkörnek, mind pedig a tirisztor vezérlőelektrodájának számottevő többletdisszipációt kell elviselnie. Az UJT relaxációs oszcillátor impulzusait ilyenkor közvetett módon, általában segédtirisztorok útján hasznosítjuk. Természetesen ezzel mód nyílik nagyáramú – meglehetősen érzékenlen – tirisztorok biztonságos gyújtására is. A továbbiakban ezekre mutatunk be áramkörü példákat.

A későbbiekben többcélú építőkocaként is felhasználható szabályozóegységet láthatunk a 9.20. ábrán. A megoldás erősáramú része egy ellenpárhuzamos tirisztorpár, amely a vele sorosan kapcsolt és transzformátorosan csatolt, erősen inuktív jellegű terhelés teljesítményét szabályozza. Az elrendezés lényeges eleme a Tr_1 elválasztótanszformátor, amelynek a primertől jól elszigetelt 3 db szekunder tekercese van. Ezek közül a 13 V-osak szolgáltatják a főtirisztorok gyújtóáramát, míg a 110 V-os biztosítja az UJT relaxációs oszcillátor táplálását.

Ebben az áramkörü részben található többek között az áramkorlátozó-ellenállás, az egyenirányító-híd, valamint a trapézosító Z-dióda. Az időzítési ciklus, vagyis a gyújtáskésleltetési szög az R_E potenciométerrel manuálisan szabályozható. Végössorban az UJT generátor a hálózattal félperiódusonként szinkronizált gyújtóimpulzusokat állít elő (9.21. ábra). Ezek a keskeny (szemléletesen szólva: tű alakú) impulzusok a Tr_2 galvanikus elválasztást biztosító transzformátoron keresztül vezérik az érzékeny TIC 106F típusú segédtirisztorokat. A primer oldali D_6 dióda, valamint a szekunder körben R_5 és R_6 ellenállások elsősorban a házármentes, szelektív működést szavatolják.



9.20. ábra.
Induktívan terhelt AC szaggató teljes kapcsolási rajza

A teljesítménytirisztorok vezérlőköre a következőképpen alakul. A két darab $22\ \Omega$ -os ellenállás a D_9 és a D_{10} trapézosító Z-diódák, valamint a vezérlőelektrodák áramát, ill. disszipációját korlátozzák. A C_1 és a C_2 kondenzátor a vezérlőelektroda áramát differenciálja, határozottabbá téve ezzel a főtirisztorok gyújtását. Látható, hogy nagyon egyszerű áramköri fogásokkal biztosítottuk az egymáshoz képest 180° -kal eltolt, kellő erősségű és szélességű vezérlőáramokat. Végül nyomatékosan szeretnénk felhívni a figyelmet a transzformátorok helyes menetirányaira!

Lényegesen egyszerűbb lesz a szabályozónk triak alkalmazásával (9.22. ábra). Az erősáramú körben foglal helyet a transzformátorral illesztett, induktív terhelés, valamint a gyújtásszögvezérelt triak. Ez utóbbit állandóan negatív árammal, vagyis a II. és a III. gyújtási módokban vezéreljük.

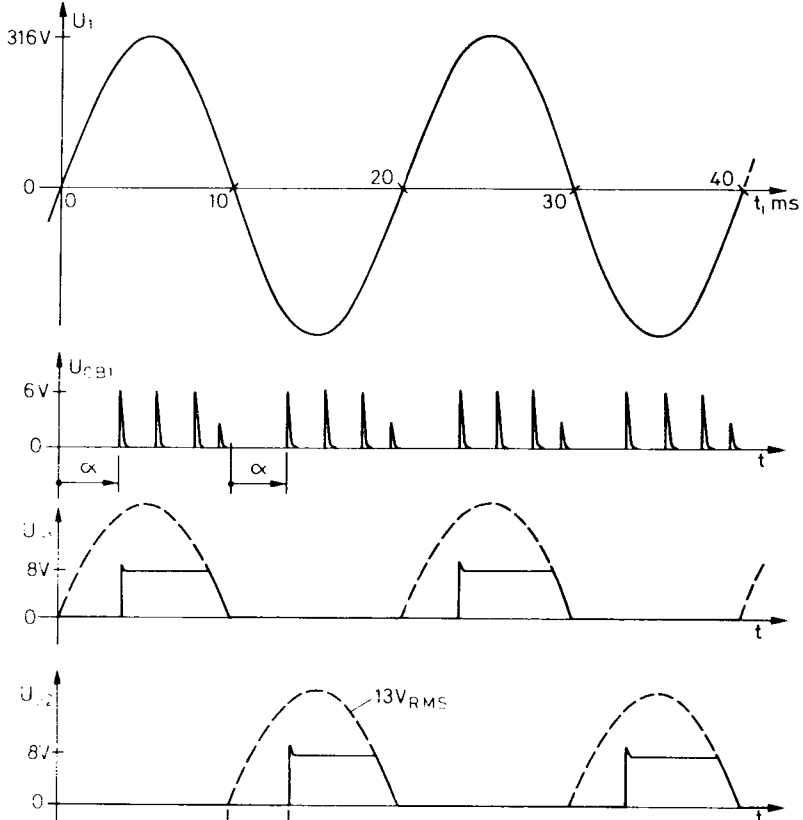
Most is megtaláljuk a Tr_1 elválasztó- és táplálótranszformátort, amelynek szekunder tekerése célszerűen közép-pont-megcsapolású. A kétütemű egyenirányító negatív polaritású feszültséget

állít elő, amit az R_7D_3 komplexum trapéz alakúra formál. Az UJT generátor immár klasszikus felépítésű, csak a polaritásoknak megfelelően fordított. Az elrendezés lehetőséget kínál arra, hogy a TIC 47 típusú segédtrisztorot és a triakot galvanikusan csatoljuk az UJT-hez.

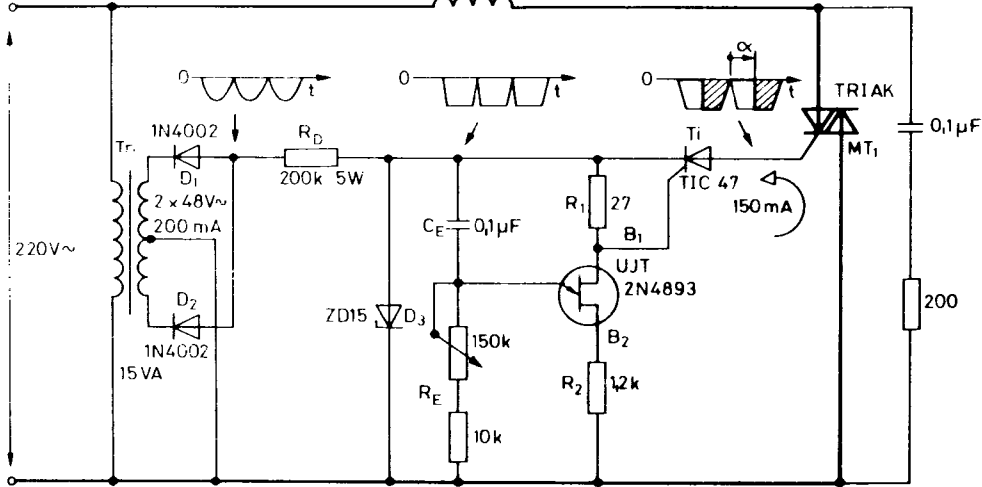
A triakkal párhuzamosan kapcsolt RC tag a kommutációt könnyíti, és ezzel a rendszer biztonságát növeli.

Nem igényel elválasztótranszformátort a 9.23. ábrán vázolt szabályozó. A vezérlés ezenkívül az I. és a III. módusokban történik, ami lehetővé teszi a legkisebb költségkihatású robusztus ún. hálózati triakok felhasználását. A megoldás a transzformátor elhagyása fejében további két diódát (D_5 , D_6) és egy kisáramú, érzékeny tirisztorot igényel.

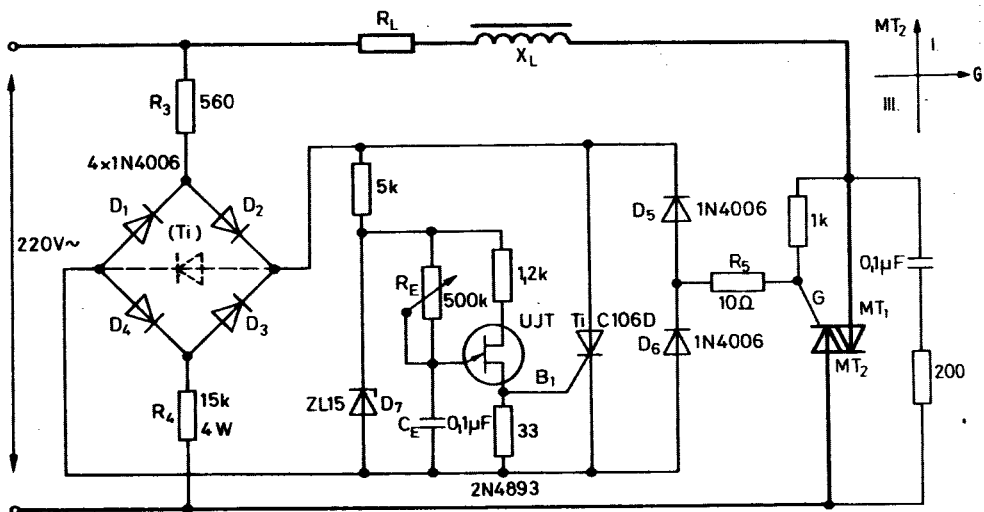
A manuálisan szabályozható UJT impulzusgenerátor kialakítása, táplálása, szinkronizálása stb. az előzőekkel azonos. Érdekes viszont a triak gyújtóáramának kialakulása! Az I. módusban, amikor az MT_2 pozitívabb az MT_1 -nél: hálózat, R_4 , D_3 , a begyújtott Ti , D_6 , R_5 vezérlőelektroda, MT_1 és vissza a hálózatba. A III. módusban



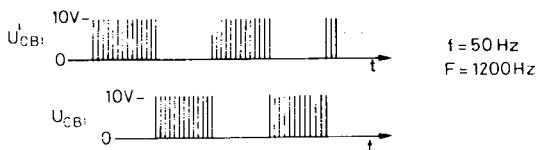
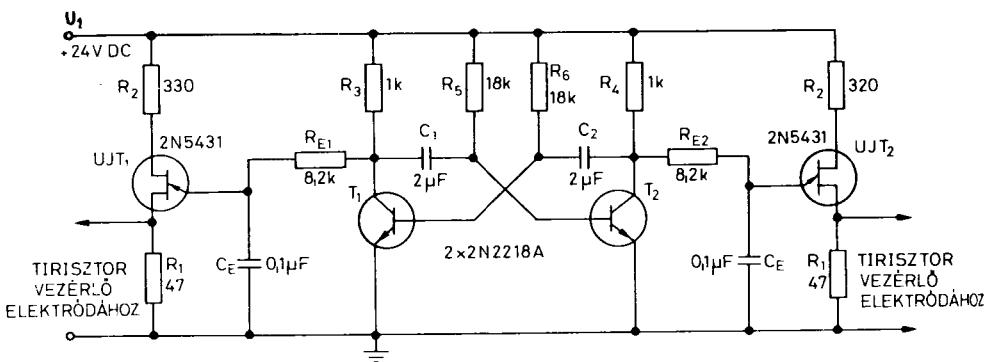
9.21. ábra.
A gyújtóköri hullámformák



9.22. ábra.
Induktívan terhelt AC szaggató triakkal és UJT gyújtókörrel



9.23. ábra.
Az induktív terhelésű triak egy további, lehetséges vezérlési módszere



9.24. ábra.
Kétfázisú impulzusköteg-generátor

(MT_2 negatívabb MT_1 -nél:) hálózat, terhelés, MT_1 , vezérlőelektroda, R_5 , D_5 , Ti , D_4 , R_4 és vissza a hálózatba.

Az előzőekben már utaltunk arra, hogy a széles gyűjtőimpulzussal többekévesbé egyenértékű egy sűrű impulzusköteg. Így joggal mondhatjuk, hogy ér-

deklódásra tarthat számot az alábbi megoldás, már csak azért is, mivel egyáltalán nem tartalmaz transzformátort. A 9.24. ábra egy ilyen kétfázisú impulzusköteg-keltő áramkör elvi megoldását szemlélteti.

Ez két szimmetrikus, UJT relaxációs