

4.4. Villamos gyűjtőberendezések (Negyedik rész)

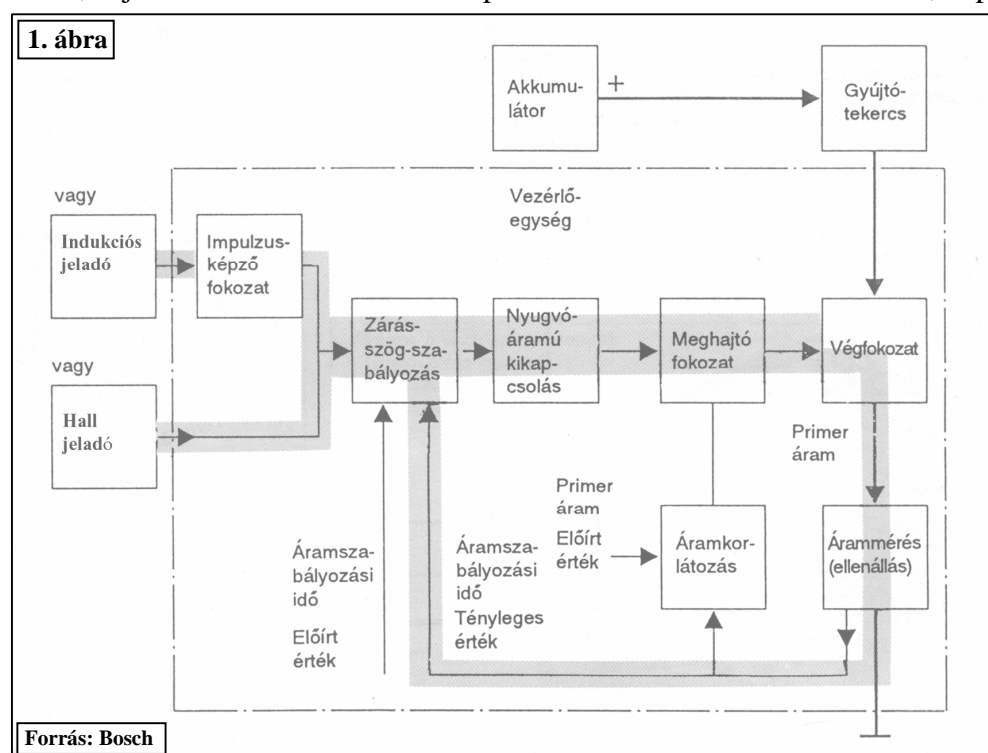
Előző írásunkban ismertettük az áramhatárolás nélküli, állandó zárásszögű, még megszakítóval vezérelt, de már tranzisztorral kapcsolt gyűjtások kedvezőtlen tulajdonságait. Közzétettük a mechanikus megszakítók kiváltására alkalmazható három legismertebb gyűjtás-jeladó működését. Sorozatunk negyedik részével elkezdjük a megszakító nélküli gyűjtások bemutatását.

1. Zárásszög-szabályzású és primer áram határolós gyűjtés blokkvázlata, működése és jellemzői

A gyűjtőberendezés általános működését először az 1. ábrán látható blokkvázlat felhasználásával ismertetjük. Ezt követően rátérünk egy konkrét gyűjtőáramkör bemutatására, oszcillogramjai ismertetésére.

1.1. Az áramkör működése blokkvázlata alapján

E rendszernél is a primer tekercset a végfokozatban egy tranzisztor kapcsolja ki és be. Ha a tranzisztor vezet, rajta keresztül növekedhet a primer áram. Ha a tranzisztor zár, a primer körben létrejövő gyors



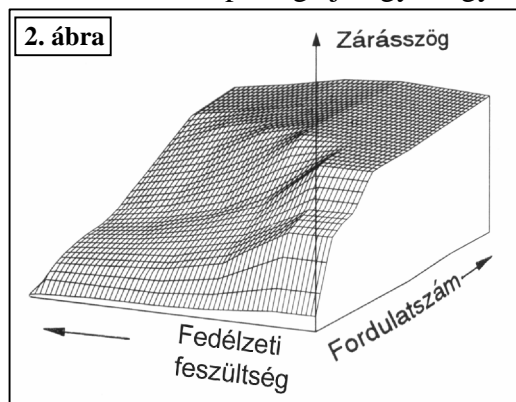
áramcsökkenés, amelyet fluxuscsökkenés kísér, akkora feszültséget indukál a szekunder tekercsben, hogy az létrehozza a gyűjtőívet.

A végfokozatot a meghajtó fokozat vezérli. A tranzisztor kikapcsolását üzem közben a meghajtó fokozat az indukciós vagy Hall jeladó lefutó élére hajtja végre. (A gyűjtásidőzítés a „TZ-nél” nem elektronikus.). A tranzisztor bekapcsolását (vezető állapotát) a zárásszög-szabályzó áramkör a pillanatnyi fordulatszámától, fedélzeti feszültségtől és az áramkorlátozási időtől

függően annyival a kikapcsolás előtt hozza létre, hogy a primer áram az optimális értéket – pl. 8A – el tudja érni, és ha lehetséges egy rövid áramhatároló szakasz is létrejöjjön. A primer áramot a rendszer egy a tekercsel sorba-kötött kis értékű ellenálláson – úgynevezett figyelő ellenálláson (R_F) – eső feszültség nagyságából tudja. (Ha például az ellenálláson 0,8 V esik, akkor $I_p = 8$ A, feltételezve, hogy $R_F = 0,1\Omega$). Az optimális primeráram elérésekor, az áramkorlátozó jele alapján a meghajtó-fokozat a primeráramot nem engedi tovább növekedni – pl. a primer tekercset nagy frekvenciával ki-be kapcsolgatja úgy, hogy I_p gyakorlatilag a nyitásig optimális értéken maradjon.

A zárásszög-szabályzó fokozat a primer áram korlátozási idejét tekinti visszacsatoló jelnek. Ha az túl hosszú, csökkenti a zárásszöget, ha rövid vagy nincs, ha tudja, növeli. (2. ábra) (Természetesen lehet olyan üzemmód – pl. magas fordulatszám és nem túl magas fedélzeti feszültség, hogy nincs mód a zárásidő további növelésére, hiszen a nyitási időt nem lehet korlátlanul csökkenteni, mivel az ívfenntartási időnek meg kell maradnia.)

A nyugvó áram kikapcsoló a tekercs és az energiarendszer védelmére szolgál. Azt hivatott megakadályozni, hogy a



gyújtótekercsen, „rajta felejtett gyújtás” esetén áram folyjon, a tekercs a motor álló helyzetében bekapcsolva maradjon.

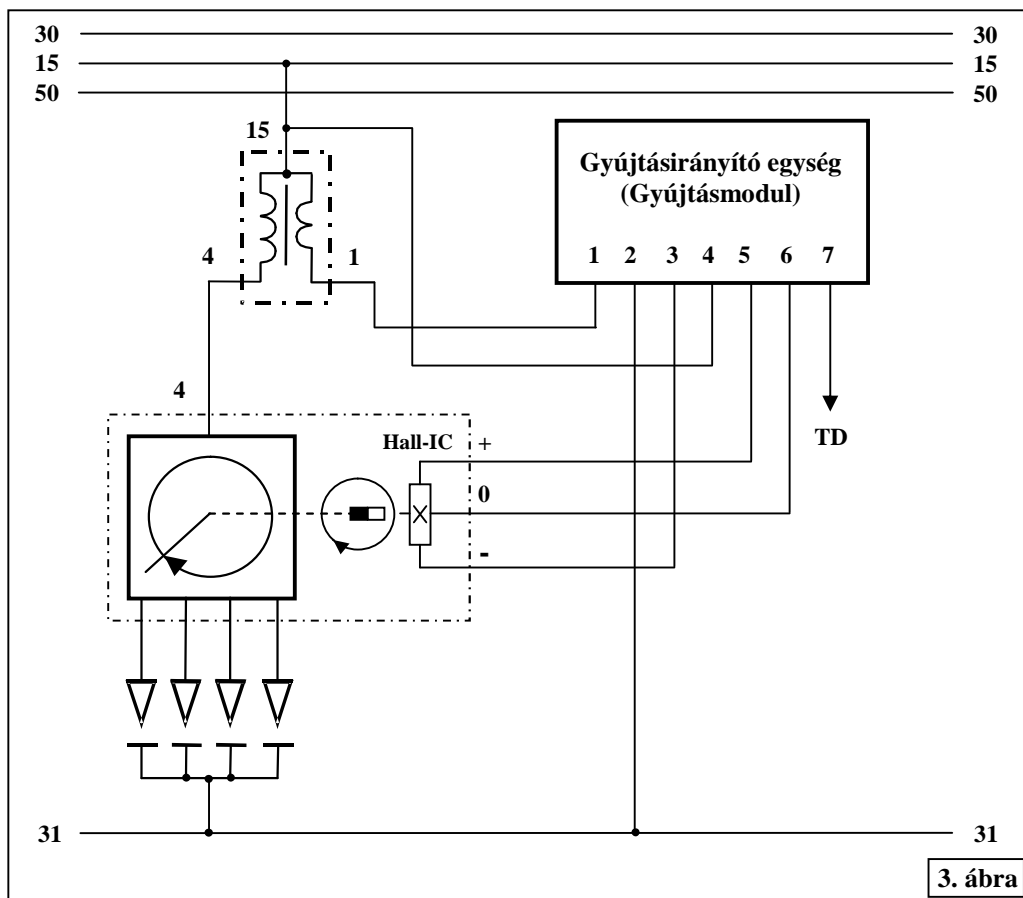
Ekkor a „nyugvó áramú kikapcsoló” a meghajtó-fokozaton keresztül a primer kört – lehetőleg ívhúzás nélkül – megszakítja, a végfok-tranzisztort lassan zárja.

1.2. Zárásszög-szabályzású és primer áram határolós gyújtás jellemzői

1. A felhalmozott gyújtásenergia tág fordulatszám-és fedélzeti-feszültségtartományban állandó.
2. A rendszer energia felvétele kicsi, hiszen a tekercs alacsony fordulatszámon is szinte csak a szükséges legrovidebb ideig van bekapcsolva.
3. A gyújtótekercset és a kör többi elemét a rendszer feleslegesen nem melegíti.
4. A gyújtóáramkör tág tartományban képes korrigálni a gyártási szórásból és a tekercs hőmérséklet-változásából adódó ellenállás-változását.
5. Az áramhatároló védi a kört, például a zártas gyújtótekercs miatt kialakuló túláramtól.
6. Mivel a rendszerben nincs megszakító, a kör karbantartást és utánállítást nem igényel.
7. A bemutatott gyújtóberendezés, (a „Bosch terminológia szerint) tranzisztros gyújtás (TZ), előgyújtásvezérlése még mechanikus, tehát rendelkezik annak összes hátrányával.

2. Zárásszög-szabályzású, primer áram határolós gyújtás kapcsolási vázlata, oszcillogramjai és működése az oszcillogramok alapján

A 3. ábrán a 80-as évek közepén gyártott autók legelterjedtebben alkalmazott gyújtásának kapcsolási vázlatát láthatjuk. Az úgynevezett „7 lábás gyújtásmodul” a 4 jelű csatlakozáson kapja a „+” tápot és a 2 jelűn a testet. A primer kört az 1 és 2 jelű közé kötött kapcsolótranzisztor kapcsolja. (Ezzel van sorba kötve a figyelőellenállás is.) A Hall jeladóban lévő Hall-IC a gyújtásmodultól kapja a tápfeszültséget (3 ill. 5) és 6-os a jelkivezetése. A 7. kivezetése a motorfordulatszám jelet biztosítja, például egy központi befecskendezéses motor irányítóegységének.



A gyújtás részletes működését az alábbiakban ismét konkrét adatok felvételét követően oszcillogramok felhasználásával ismertetjük részletesen. A közölt adatok alapján megrajzoljuk a Hall jeladó, a primer feszültség-és áram, valamint a szekunder feszültség és áram oszcillogramjait.

Egy példa:

Adatok:

- a gyújtás típusa: TZ-H, zárásszög szabályzású, primeráram határolás, elosztós
- hengerszám: $z=4$
- ütemszám: $i=4$
- a pillanatnyi fedélzeti feszültség: $U_{15-31}=12,5V$
- a primer tekercs és a figyelőellenállás együtt: $R_p=1,15W$
- a primer tekercs induktivitása: $L_p=3,45mH$
- a primeráram növekedési ideje: $3ms$
- a primeráram optimális (határolási) értéke: $6,6A$
- a motor fordulatszáma: $n_m=3000\text{ l/min}$
- a pillanatnyi zárásszög: $\alpha_z=36^\circ$
- a Hall jeladó feszültségének kitöltési tényezője: 70%

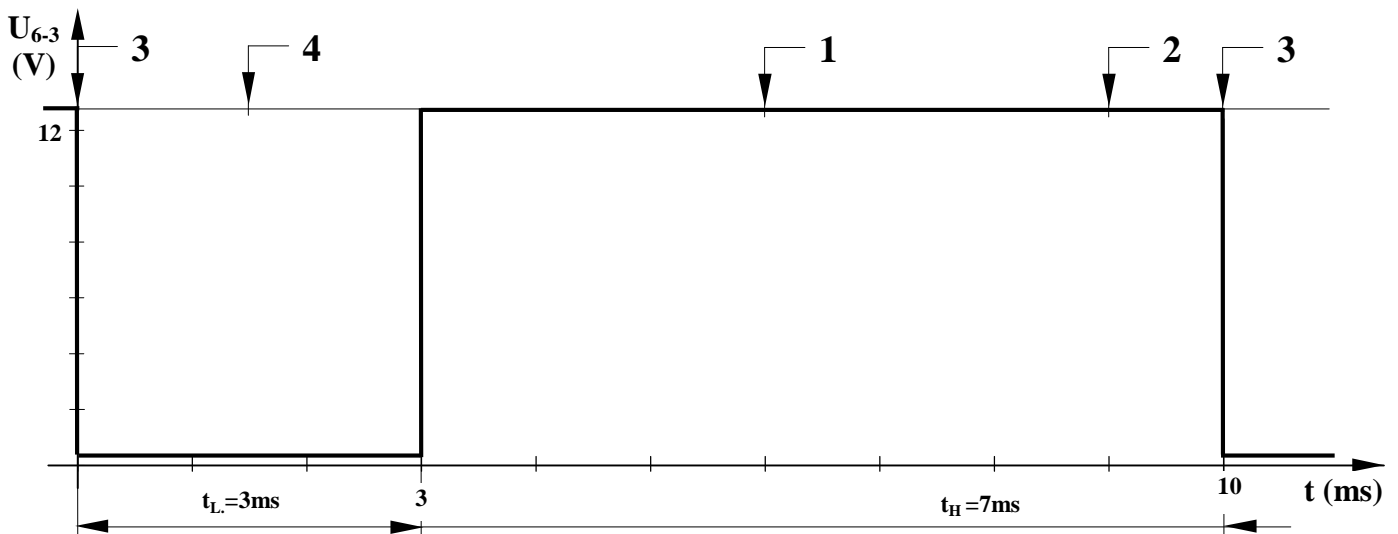
Becsült értékek:

- terhelt primer csúcsfeszültség: $U_{P\text{MAX}}=280V$
- terhelt szekunder csúcsfeszültség: $U_{SZ2}=15kV$
- az ívfenntartási idő: $t_{fV}=1,5ms$
- maximális szekunderáram: $I_{SZ\text{MAX}}=117mA$

Számított értékek:

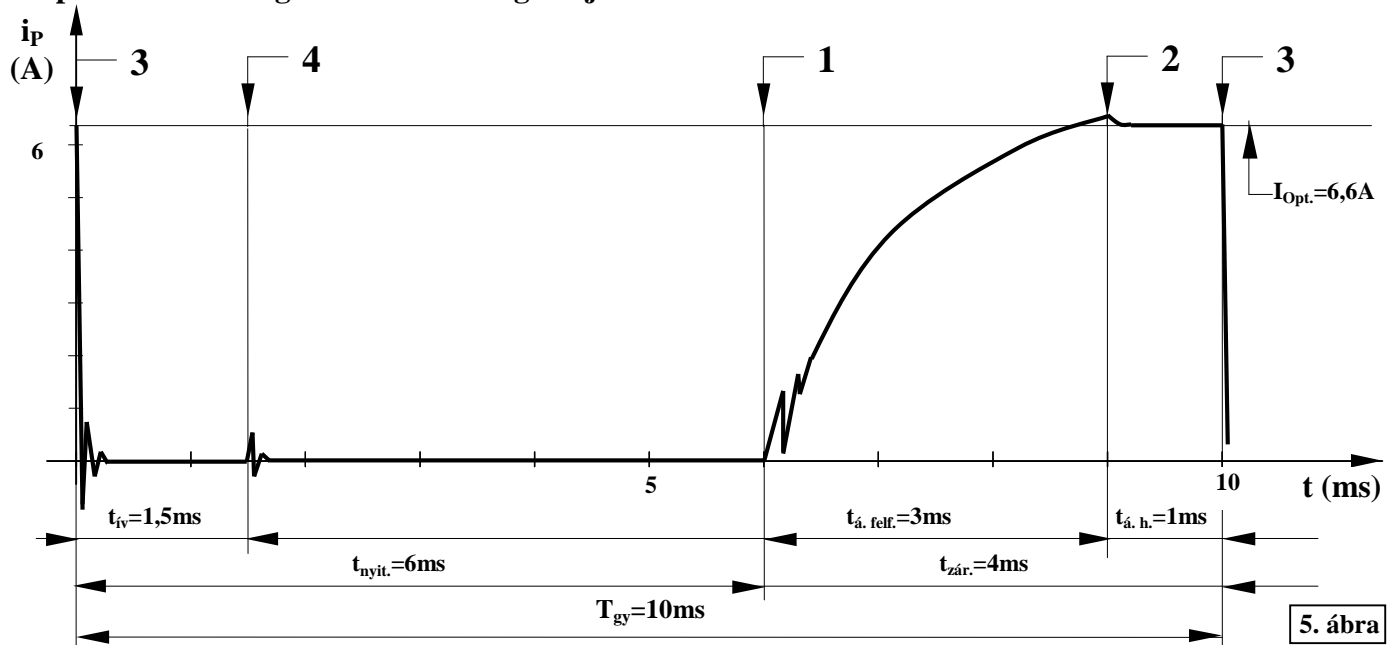
- a gyújtás periódusideje: $T_{GY}=10ms$
- a zárásidő: $t_z=4ms$
- a nyitásidő: $t_{ny}=6ms$
- az áramhatárolási idő: $t_{á,h}=1ms$
- a primeráram csúcsértéke: $6,87A$
- a primeráram megszakítás előtti értéke ($i_{Opt.}$): $6,6A$
- a felhalmozott gyújtási energia: $W_{GY}\gg 75mJ$

A Hall jeladó feszültség oszcillogramja

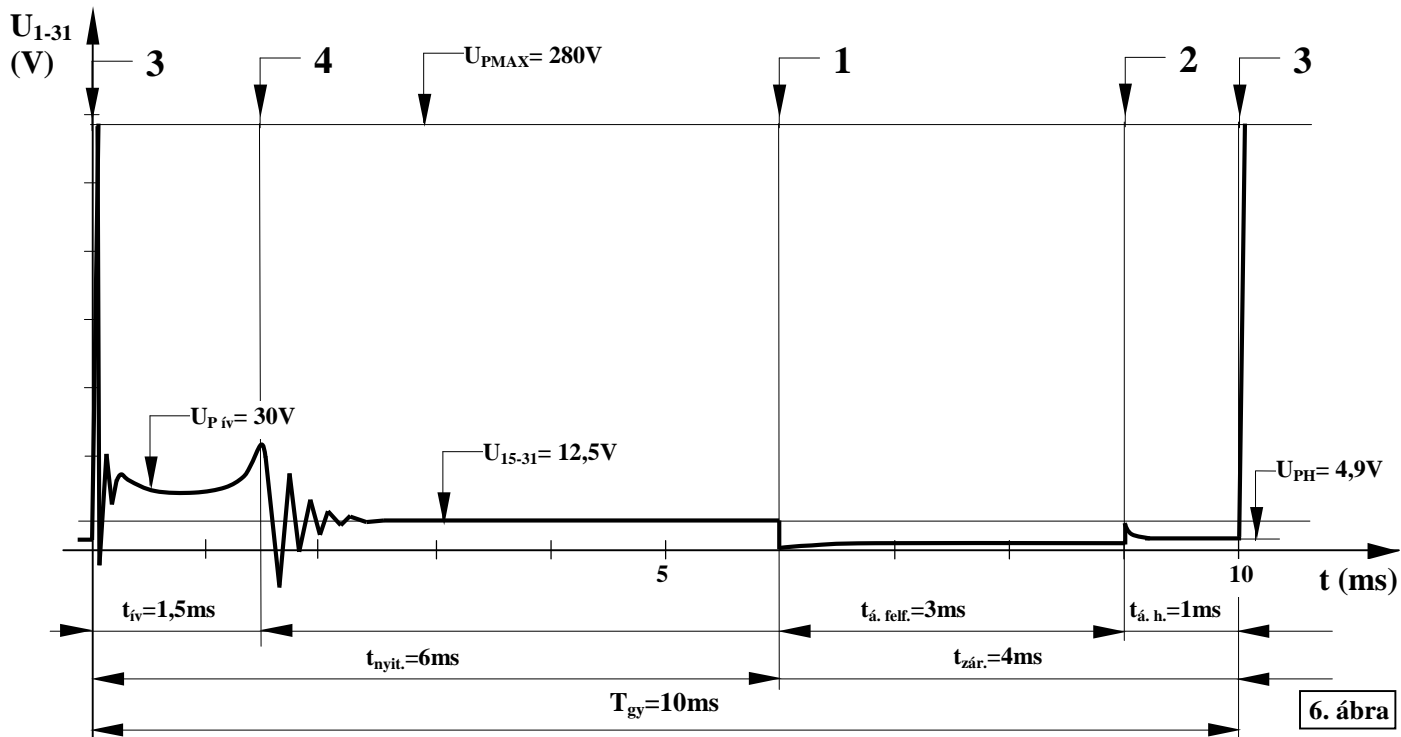


4. ábra

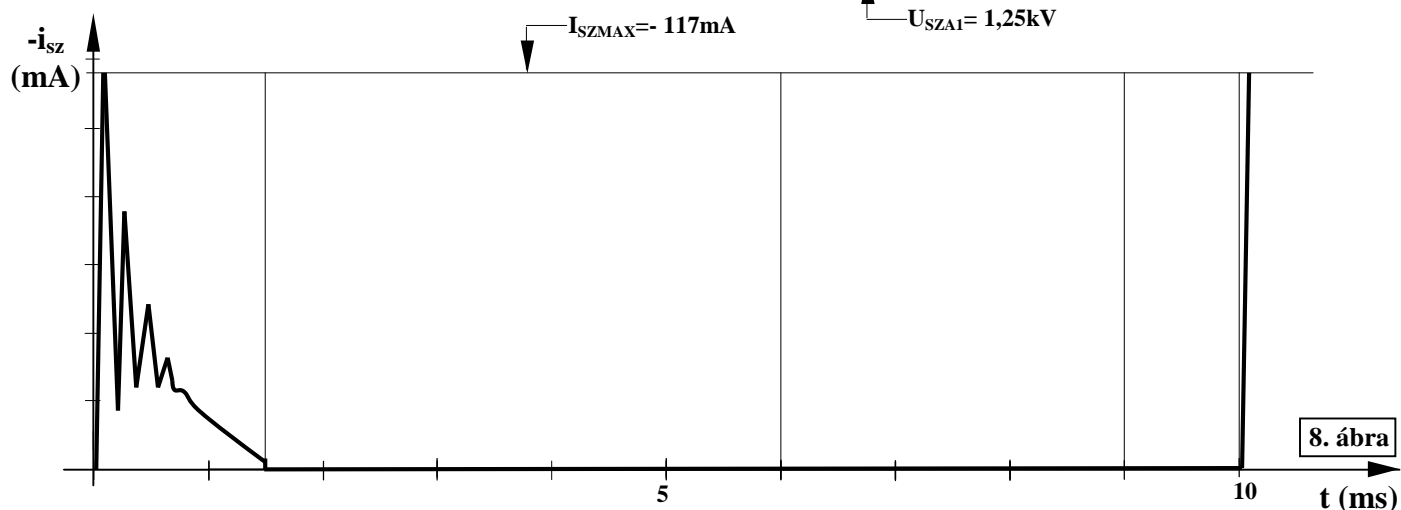
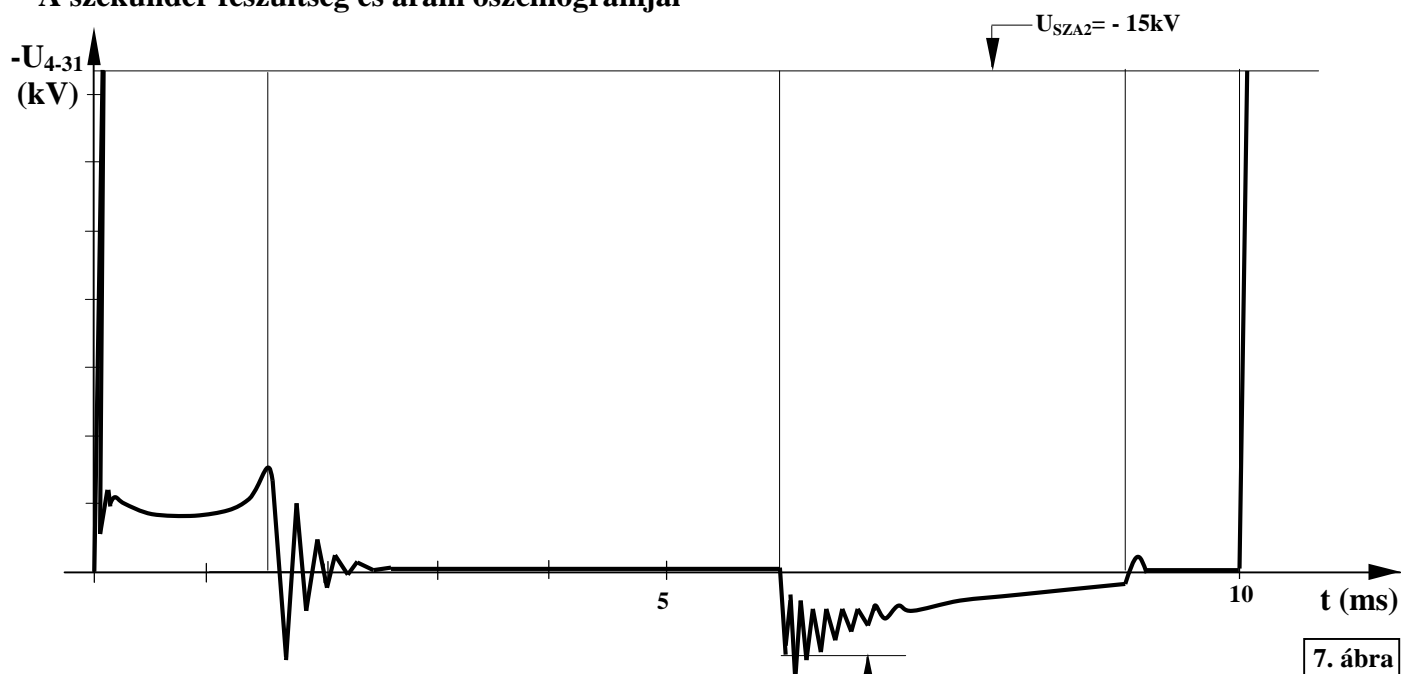
A primer feszültség és áram oszcillogramjai



5. ábra



A szekunder feszültség és áram oszcillogramjai



A gyújtás működése

- Ha a gyújtáskapcsolót zárjuk, de a motor áll, tehát a gyújtáselosztó sem forog, a gyújtásmodul végfok-tranzisztorát zárva (nem vezető állapotban) tartja. Primer áram nem folyik a körben. A Hall jeladó ugyan kap a gyújtásmodultól tápfeszültséget, de jelvezetékének potenciálja nem változik, vagy alacsony, vagy magas a mágneskapu állásától függően.

- Ha a motor forog, a gyújtásmodul érzékeli a motorfordulatszám jelet. Az $U_{6.3}$ jelfeszültség a mágneskapu kivágásából adódóan egy 70%-os kitöltési tényezőjű négyszögjel. (4. ábra) A pillanatnyi bemeneti információk alapján (n_m , U_{15-31} , i_p) a gyújtásmodul 36° -os zárásszöveget állít be. A végfok-tranzisztor a fordulatszám jel lefutó élére kapcsol ki (szakít meg) és bekapcsolását a modul esetükben 4ms-mal a kikapcsolás előttre időzíti. Tehát az „**1 jelű**” időpillanatban a végfok-tranzisztor nyit, és kis ellenállással összekapcsolja a modul 1-2 csatlakozásait. Ekkor a primer körben közel exponenciális lefolyással (lásd 5. ábra!) növekedni kezd, a primer áram: $i_p \approx \frac{U_{15-31}}{R_p}(1 - e^{-t_z/t_p})$ a generátor 30;

gyújtáskapcsoló 30; 15; primertekercs 15; primer tekercs; primer tekercs 1; gyújtásmodul 1; (végfok-tranzisztor; figyelőellenállás;) gyújtásmodul 2, 31; generátor 31 úton. A primer tekercsben i_p mágneses tér formájában energiát tárol: $W_{GY} = 1/2 \cdot L_p \cdot i_p^2$. A primer feszültség (5. ábra) a zárási szakaszban először nulla, majd az áramhatárolási szakasz megkezdődéséig a tranzisztor átmeneti ellenállása és a figyelőellenállás miatt közel exponenciálisan növekszik. (Az áramfelfutási szakasz végére kb. 2V.) A primer áram növekedése ez esetben is a kölcsönös indukció elvén feszültséget indukál a szekunder tekercsben (6. ábra), hiszen a két tekercs közös vasmagon helyezkedik el, mágneses terük jelentős részben közös. Ez a feszültség – mivel azt i_p növekedése hozza létre – a gyújtófeszültséggel ellentétes irányú. A zárás pillanatát követően a szekunder feszültség nagysága a primer önindukciós feszültség menetáttétel-szerese, ami esetünkben megközelítőleg 1,25kV. A záráskor keletkezett szekunder feszültség gerjeszti a szekunder oldali rezgőkört, amelyet a szekunder tekercs induktivitása és a szekunder kapacitások alkotják. A létrejövő szekunder oldali rezgések a kör ohmos ellenállásai miatt csillapodnak. Az említett rezgések visszahatnak a primer oldalra. A hatás megfigyelhető a primer áram oszcillogramjának (4. ábra) a zárást követő első szakaszában is. Mivel a szekunder feszültség ekkor még nem elegendő a légrések ionizálásához, a jelölt mérési helyen a zárási szakaszban számottevő (mérhető) szekunder áram nem jön létre (8. ábra).

- A kapcsolótranzisztor vezető állapota után 3 ms-mal a – „**2 jelű**” időpillanatban – a primer áram eléri a 6,87 A-t, tehát meghaladja az optimális értéket, 6,6A-t. (Az áramhatároló tehát esetünkben kis késéssel reagál.) Ekkor 1 ms időtartamra működésbe lép az áramhatároló, hiszen az figyelő ellenállásán keresztül érzékeli i_p nagyságát. A határoló a kapcsoló-tranzisztor nagyfrekvenciás (pl. 20 kHz) ki-be kapcsolásával $I_{opt.}=6,6$ A-re korlátozza a primer áram értékét. Az áramkorlátozás kezdetekor létrejövő primeráram csökkenés feszültséget indukál mindkét tekercsben, amelyek megfigyelhetőek mindkét feszültség oszcillogramon.

A nyitás pillanatára 6,6A primeráram alakul ki, amely $W_{GY} \approx 75$ mJ gyújtásenergiát halmoz fel. A szekunder feszültség az áramhatárolási szakasz kezdetét követően 0, hiszen már nincs i_p változás. A primer feszültség a nyitás előtti pillanatban 4,9V, hiszen az $R_p=1,15\Omega$ ellenállású primer körben 6,6A-t, kb. 7,6V tud létrehozni. A „maradéknak” – tehát 12,5V - 7,6V = 4,9V-nak – kell a „ki-be kapcsolgató” tranzisztoron esnie.

- A Hall jeladó lefutó élére – tehát a „**3 jelű**” időpillanatban – a kapcsolótranzisztor a modul zárásra vezérli. A primer tekercs és a kör önkapacitása (elsősorban a zárt tranzisztor kapacitása) szabadon hagyott rezgőkört alkot. A primer oldali igen gyors áramcsökkenés jelentős nagyságú feszültséget indukál mind a primer, mind a szekunder tekercsben. A feszültségek mindkét oldalon addig növekednek, amíg a szekunder feszültség el nem éri a légrések ionizációs feszültségét. (Ez példánkban a szekunder oldalon - 15kV, a primer oldalon 280V.) Ekkor a légrések ellenállása nagyságrendekkel csökken, nagyszámú iont és elektront tartalmazó magas hőmérsékletű anyag – úgynevezett plazma – vezeti a gyertya-légrésekben az áramot. Bár a jelölt mérési helyen ez esetben is az áram csak száz milliampères nagyságrendű, (-117 mA) de a gyertya-légrésekben a kisülő gyertyakapacitás (C_{GY}) az ionizációt követően igen rövid ideig 100A-es nagyságrendet is elérhet. Az ívfenntartási szakaszban a szekunder átlagáram intenzíven csökken, hiszen fogy a felhalmozott gyújtásenergia, miközben a primer oldalon a rezgőkör rezgései csillapodnak. (Ez persze hatással van a szekunder oldalra is.) A csökkenő szekunder áram növeli a plazma ellenállását, ami

viszont csökkenti az áramot, s az önmagát fékező folyamat eredményeként a „**4 jelű**” időpillanatban a szekunder áram ugrásszerűen csökken, azaz kialszik az ív.

Az oszcillogramokon megfigyelhető, hogy az ívfenntartási szakaszban jelentősen kevesebb rezgés jön létre, mint a hagyományos (SZ) gyújtásoknál (Lásd Műszaki Info 4.2. cikk!) Ez elsősorban azzal magyarázható, hogy lényegesen kisebb a primeroldali kapacitás, hiszen nincs az általában 0,22 μ F-os gyújtókondenzátor, csak a rendszer önkapacitása „van jelen”.

- Az ív megszűnése („**4 jelű**” időpillanat) jelentős mágnestér csökkenéssel jár. (Bár a szekunder áram ekkor már igen kicsi, de szinte nulla idő alatt szűnik meg.) Ez gerjeszti mind a primer oldali, mind a szekunder oldali – a tekercsvasmagon keresztül induktív kapcsolatban lévő – rezgőköröket. A rezgések a körök ohmos ellenállásai miatt csillapodnak. A nyitási szakasz végére az áram-oszcillogramokon $i_{SZ}=i_P=0$, a feszültség oszcillogramokon fedélzeti feszültség jelenik meg a kapcsolótranzisztor újabb vezető állapotáig.

Felmerülhet a kérdés, hogyan változnának meg az oszcillogramok, ha valamely „bemeneti információt”, esetleg jellemzőt változtatnánk? Néhány példán keresztül vizsgáljuk meg a kérdést!

1. Ha csak a fordulatszám növekedne, de nem túl magasra, akkor természetesen csökkenne a periódusidő, a zárásidő nem változna, tehát növekedne a zárásszög.
2. Ha a motorfordulatszámot tovább növelnénk egy bizonyos határ fölött, a zárásszög növekedés megállna, hiszen azt csak egy határig lehet növelni, hagyni kell időt a gyújtóívnek. Ha tovább növelnénk a fordulatszámot, az áramhatárolási idő kezdene csökkenni, majd teljesen megszűnne. E fölött kezdene csökkenni a primer áram, tehát a felhalmozott gyújtásenergia is.
3. Ha a csak a fedélzeti feszültséget emelnénk meg, a rendszer csökkentené a zárásszöget, hiszen a primer áram gyorsabban növekszik, kevesebb idő elég az optimális érték elérésére.
4. Ha egy nagyobb ellenállású tekercset építenénk be, a zárásszög-szabályzás megnövelné a zárásszöget, hogy a primer áram el tudja érni az optimumot (ha lehet).

2008-04-21

A témakör ötödik „cikke” három hét múlva jelenik meg!