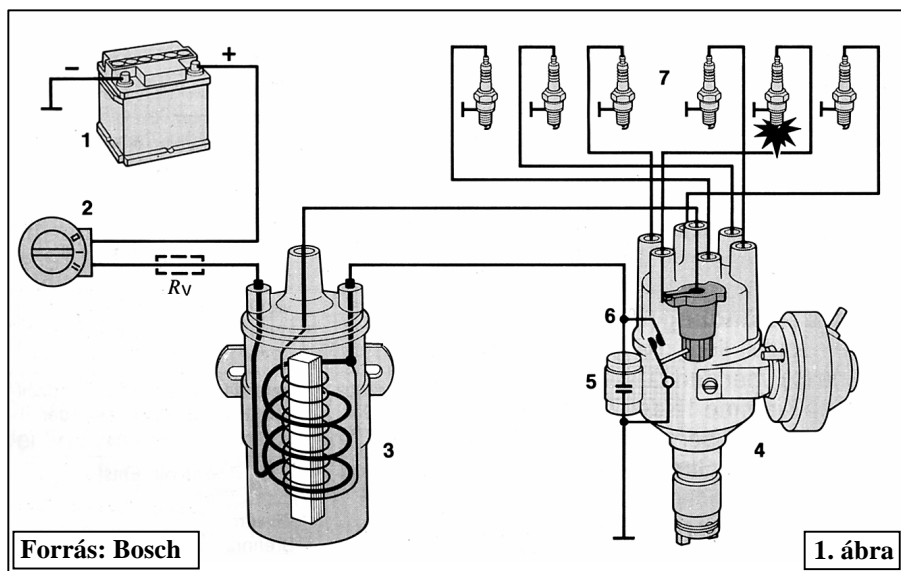


4.2. Villamos gyújtóberendezések (Második rész)

Bár hagyományos megszakító gyújtású járművet már kb. másfél évtizede nem gyártanak, még is ahhoz, hogy a korszerű rendszerek működését megérthessük, az alap – a megszakító tekercsgyújtás (SZ vagy BZ) – működését ismernünk kell. Sorozatunk második cikke ezért ezzel foglalkozik. Bemutatjuk szerkezeti felépítését, majd rátérünk működésére, először alap („sofőr”) szinten, majd felrajzoljuk helyettesítő kapcsolását. Ezt követően oszcillogramjai alapján ismertetjük részletesebben a rendszerben lejátszódó folyamatokat. Végül közlétezzük fontosabb típusváltozatait.

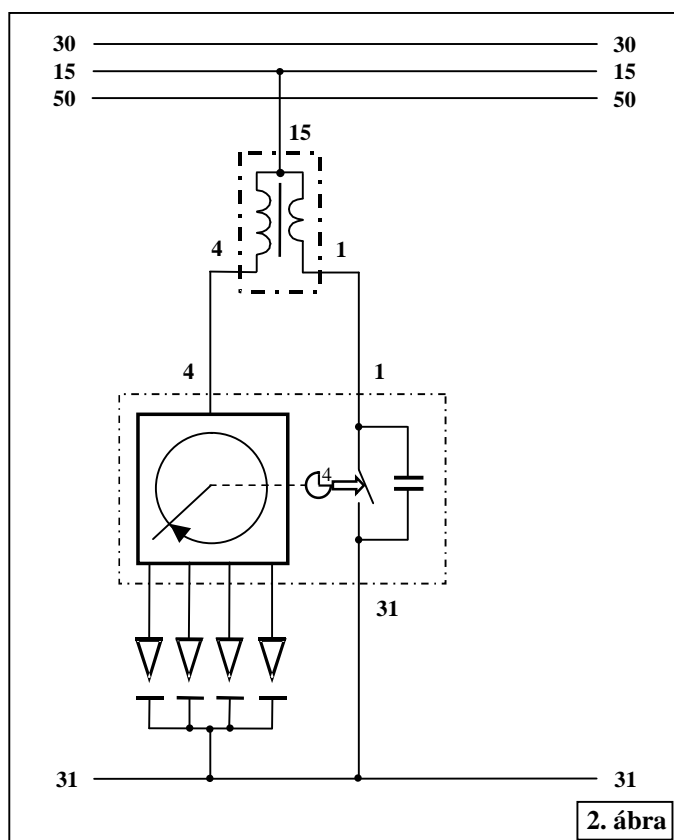
1. Akkumulátoros gyújtóberendezés általános felépítése, működési vázlata és leegyszerűsített működése



Azt feltételezzük, hogy a hagyományos tekercsgyújtás szerkezeti elemeit, az e fórumot „látogatók” a közölt működési vázlat (1. ábra) és a megnevezett alkatrészek alapján át tudják tekinteni.

- 1 – Akkumulátor
- 2 – Gyújtáskapcsoló
- 3 – Gyújtótekercs
- 4 – Gyújtáselosztó
- 5 – Kondenzátor
- 6 – Megszakító
- 7 – Gyújtógyertya
- R_v – Előtét-ellenállás (nincs mindig beépítve)

Forrás: Bosch



Az áramkör működése először nagyvonalakban a rendszer kapcsolási vázlatán alapján (2. ábra):

- Ha a gyújtáskapcsolót (a kapcsolási vázlaton ez nincs feltüntetve) zárjuk, és a megszakító is zárt helyzetben van, a primer tekercsbe növekedni kezd a primer áram, s ez abban mágneses tér formájában gyújtásenergiát tárol.

- Ha a megszakító nyit, a primer tekercs és a kondenzátor rezgőkört alkot. A gyors primeráramcsökkenés – amelyet mágneses tér csökkenés kísér – akkora feszültséget indukál a szekunder tekercsben, amely képes az elosztó és az aktuális henger gyertyaelektrodái közötti légréseket ionizálni, és létrejön a gyújtóív (gyújtószikra). Ez indítja az égést az Otto-motorok hengerében.

A leírt jelentősen leegyszerűsített gyújtásműködés autójavítói szinten mindaddig elegendő volt, amíg az oszcilloszkópok a járműdiagnosztikában el nem terjedtek. Ekkor olyan folyamatokra derült fény, amelyekről a szerelők mindaddig mit sem sejtettek.

2. A gyújtóberendezés (részletes) működése oszcillogramjai alapján

2.1. A gyújtás helyettesítő kapcsolása

Ahhoz, hogy a gyújtás működését és a rendszerben lejátszódó folyamatokat részletesebben megismerjük és felrajzolhassuk oszcillogramjait, esetleg számításokat végezzünk a gyújtóáramkörben, célszerű megrajzolni annak helyettesítő kapcsolását (3. ábra).

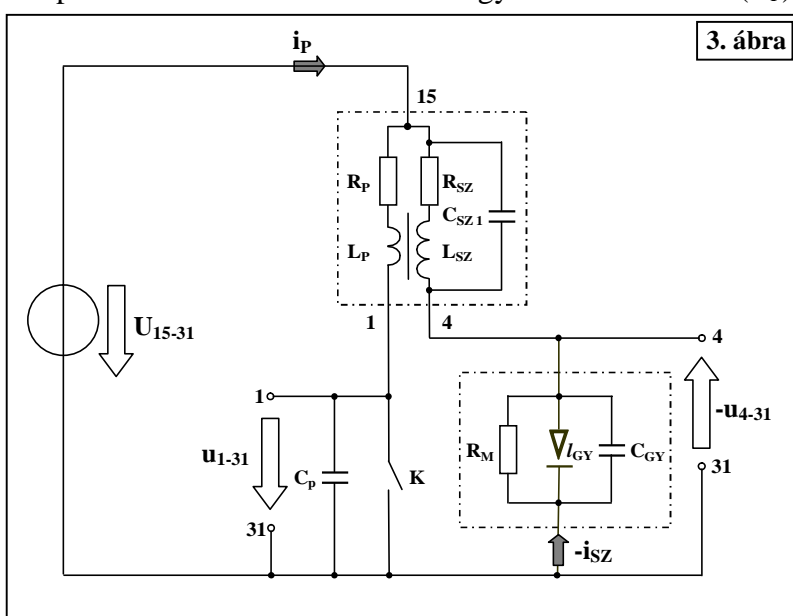
A helyettesítő kapcsolás nem más, mint egy modell készítése. A kör valóságos elemeinek helyettesítése ideális elemekkel egy adott cél megvalósítása érdekében.

Ez esetben az elsődleges cél az oszcillogramokon megjelenő – a gyújtókörben lejátszódó – folyamatok megértése az oszcilloszkópos gyújtásvizsgálat megalapozásához, általában a hibakereséshez.

A gyújtás szerkezeti elemeit az alábbiakkal modellezzük:

1 – akkumulátor – ez esetben egy feszültséggenerátor, melynek feszültségét állandónak – U_{15-31} – nek tekintjük (A fedélzeti feszültség változásával egyelőre nem bonyolítjuk az amúgy sem épp egyszerű folyamatokat.)

2 – primer tekercs modellünkben – egy ideális ellenállás (R_P) és egy vele sorba kötött induktivitás (L_P)



3 – megszakító – egy ideális kapcsoló (K)

4 – gyújtó kondenzátor – egy ideális kapacitás (C_P)

5 – szekunder tekercs – egy ideális induktivitás (L_{SZ}), egy vele sorba kötött ideális ellenállás (R_{SZ}) és egy párhuzamosan kapcsolt kapacitás (C_{SZ1}), mint a tekercs önkapacitása

6 – a primer és a szekunder tekercs induktív kapcsolatban, vannak mágneses terük jelentős része közös

7 – gyújtógyertya – egy légrés (I_{GY}), amelyet az ionizálódásig szigetelő, majd vezetőként – plazmaként – kezelünk, vele párhuzamosan kondenzátor (C_{GY}), mint energiatároló és ellenállás (R_M), mint mellékszár kapcsolódik.

A kondenzátor a gyertyakapacitást helyettesíti. Fontos szerepe van, hiszen a C_{GY} -vel magyarázható elsősorban az ionizálódáskor létrejövő több száz amperes áram. A mellékszár (R_M) a gyertya szigetelőporcelánjának a magas hőmérsékleten kialakuló „nem végtelen ellenállását” szimbolizálja.

3.2. A gyújtás oszcillogramjai

Ha oszcillogramokat rajzolunk, célszerű mindig adatokat felvenni és fontos, hogy megjelöljük azokat a helyeket, ahol a megnevezett feszültségek és áramok mérhetőek lennének. A körben nyilakkal jelöltük meg azokat a csomópontokat, illetve vezetékágakat, ahol keresett feszültségek, illetve áramok értendők. A primer áramot i_P , a primer feszültséget u_{1-31} -el jelöltük. A szekunder áramot i_{SZ} , a feszültséget u_{SZ} jelzi. Vegyük észre, hogy mindkettő a megegyezési iránnyal ellentétes, ezért negatív előjelet kapott. (A gyújtó feszültség tehát a testhez képest negatív feszültség, ami a jelölt negatív irányú áramot hozza létre.)

Az oszcillogram megrajzolásához felvett adatok és becsült, valamint számított értékek:

Adatok:

- a gyújtás típusa: SZ (BZ), elosztós
- hengershám: $z=4$
- ütemszám: $i=4$
- a pillanatnyi feszültség: $U_{15-31}=14V$
- a primer tekercs ellenállása: $R_P=3,5W$
- a primer tekercs induktivitása: $L_P=7\text{ mH}$
- a motor fordulatszáma: $n_m=3000\text{ 1/min}$
- a zárásszög: $\alpha_z=54^\circ$
- a gyújtótekercs menetáttele: $a=N_{SZ}/N_P=70$

Becsült értékek:

- terhelt primer csúcsfeszültség: $U_{P\text{ MAX}}=200V$
- terhelt szekunder csúcsfeszültség: $U_{SZ\text{ A2}}=-14kV$
- az ívfenntartási idő: $t_{IV}=1,5\text{ ms}$

Számított értékek:

- a gyújtás periódusideje: $T_{GY} = 10 \text{ ms}$

- a zárásidő: $t_z = 6 \text{ ms}$

- a nyitásidő: $t_{ny} = 4 \text{ ms}$

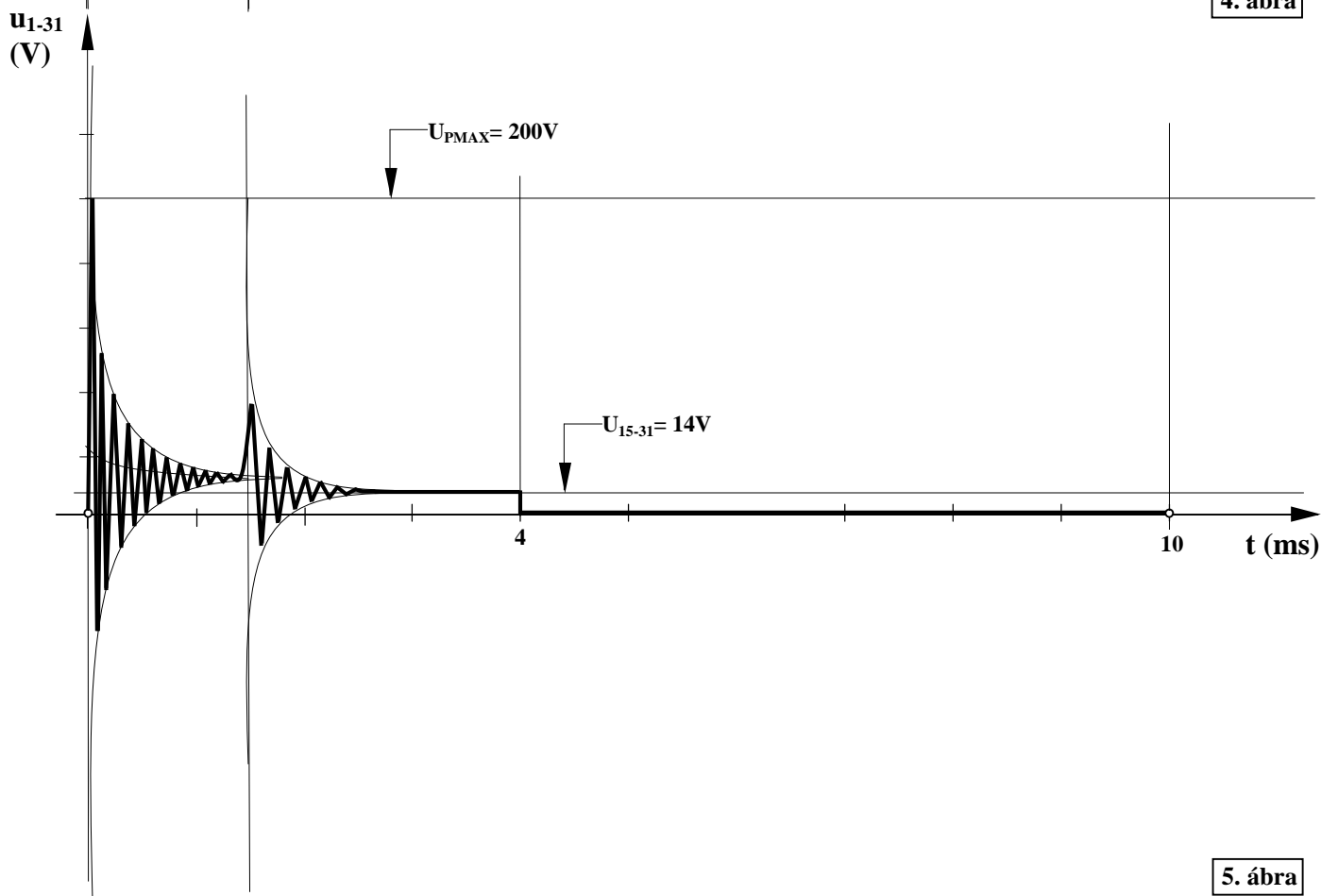
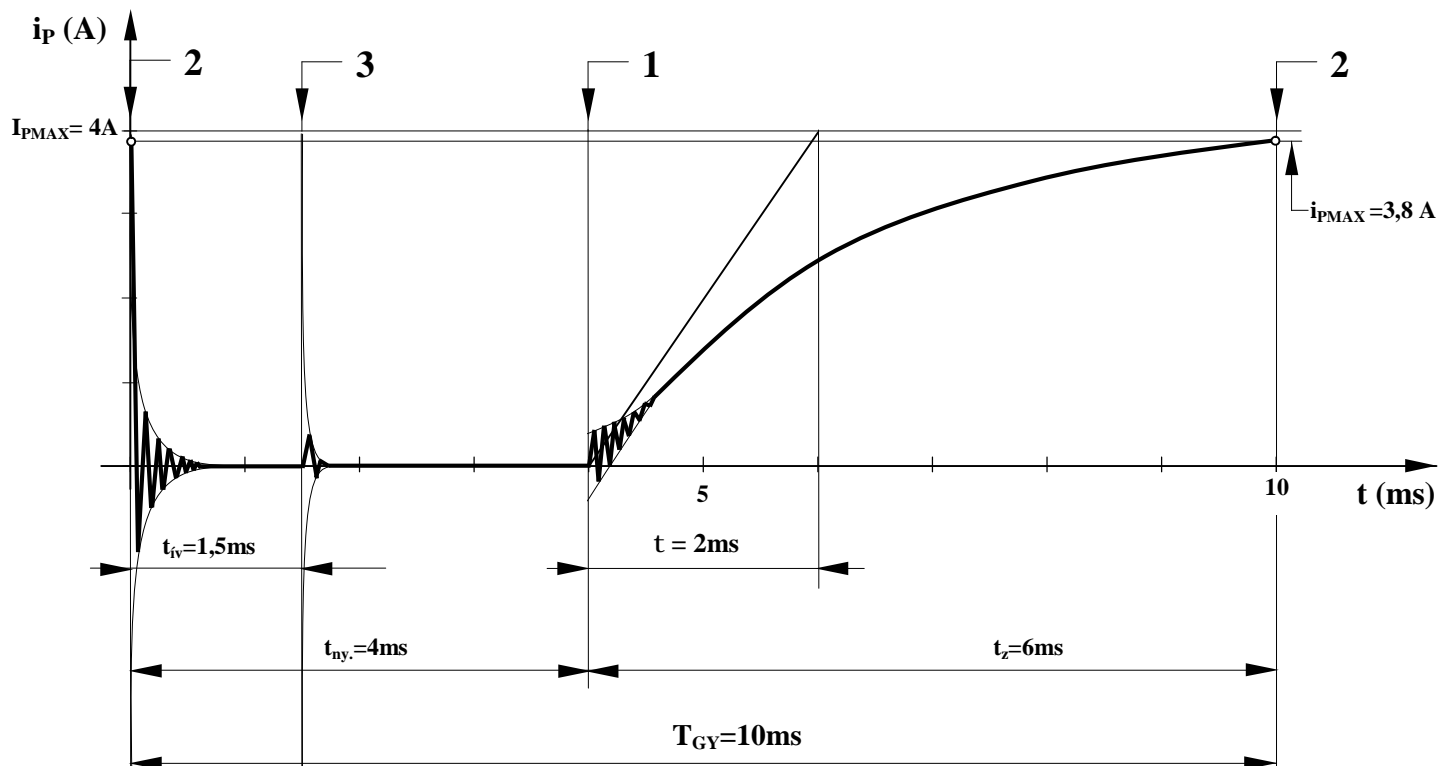
- a primer kör időállandója: $t_p = L_p/R_p = 2 \text{ ms}$

- a primer áram lehetséges maximális értéke: $I_{P_{MAX}} = 4 \text{ A}$

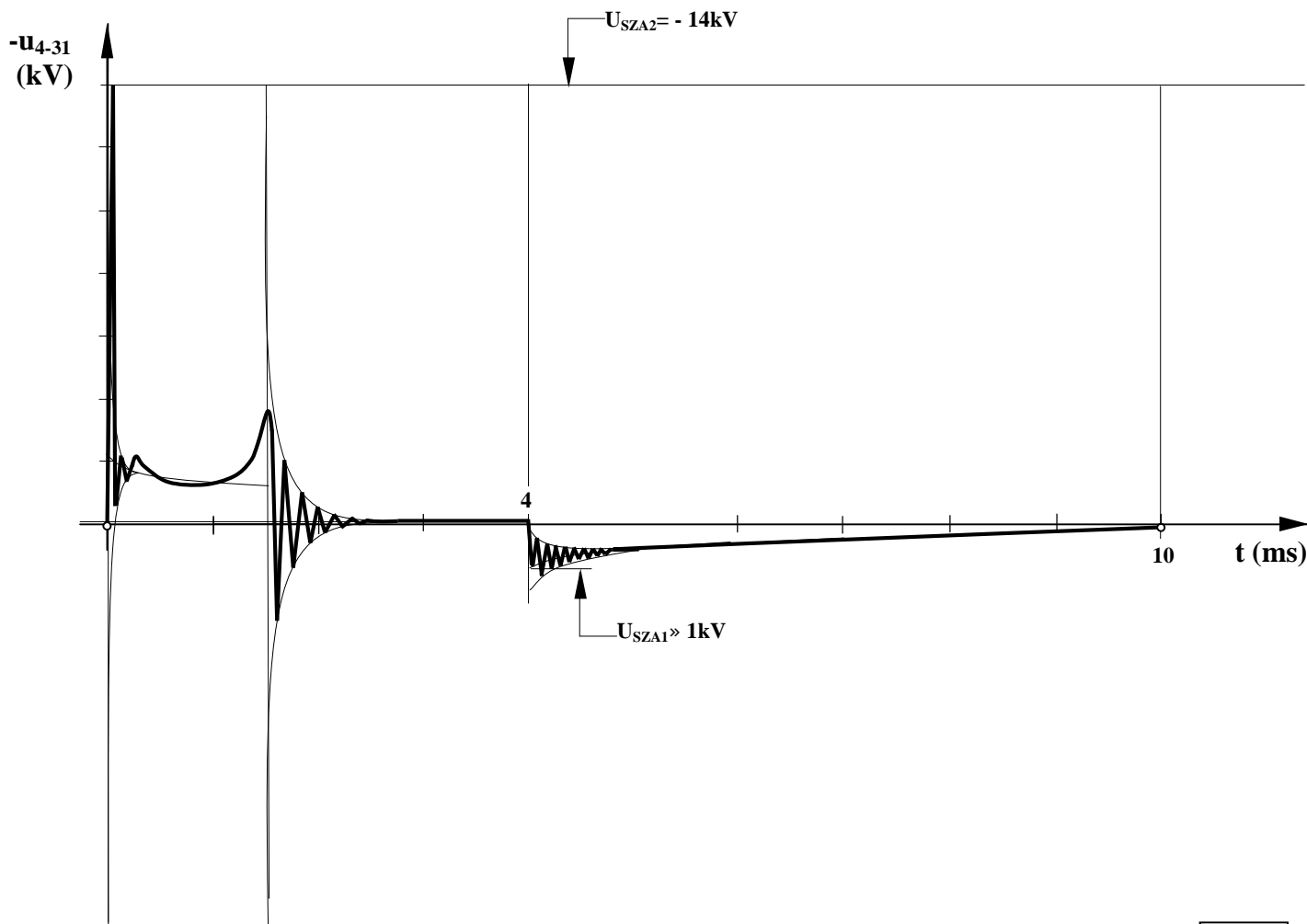
- a primer áram nyitás előtti értéke: $i_{P_{MAX}} \gg 3,8 \text{ A}$

- a felhalmozott gyújtási energia: $W_{GY} \gg 54 \text{ mJ}$

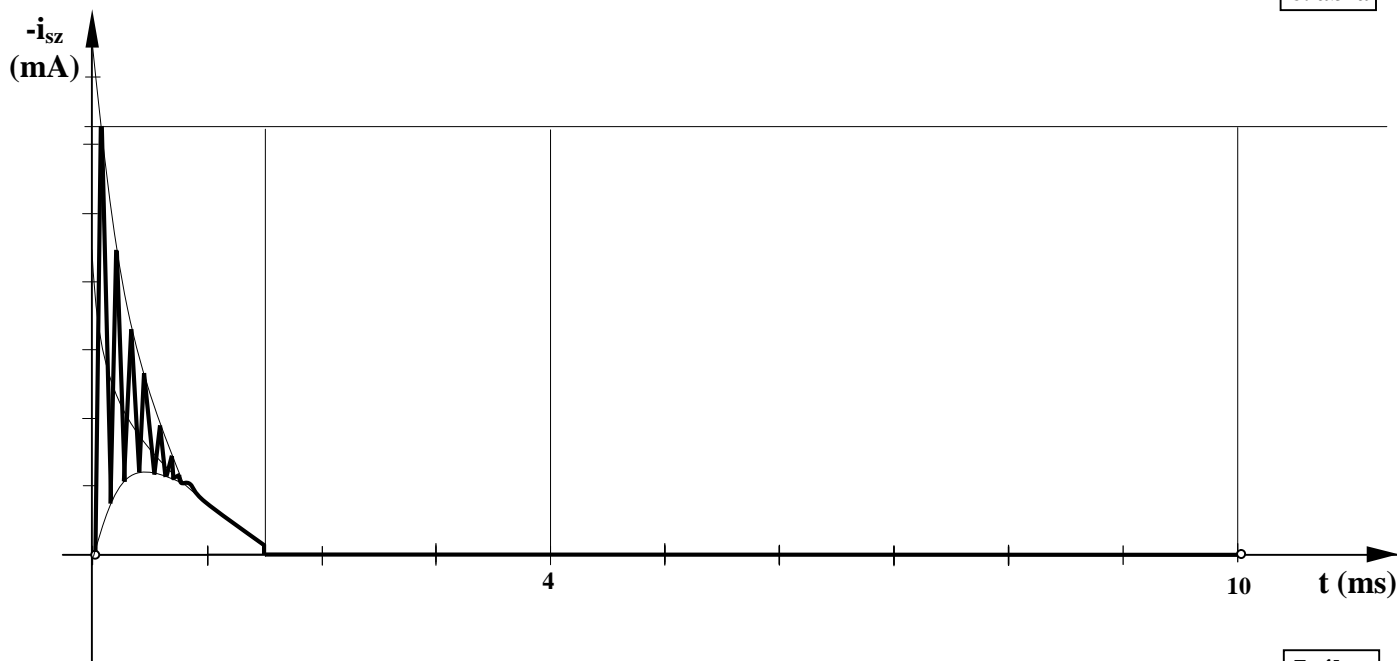
A primer áram és feszültség oszcillogramjai:



A szekunder feszültség és áram oszcillogramjai:



6. ábra



7. ábra

A gyújtás működése az oszcillogramok alapján

Bár a gyújtásoszcillogramokat hagyománytiszteletből (az analóg szkópoknál a triggerelés miatt) a megszakító nyitási pillanatával kezdjük rajzolni, e működésleírást még is a zárásnál indítjuk, hiszen a folyamat logikailag itt kezdődik, a gyújtásenergia felvétellel. (A megszakítónak előbb kellő ideig zárva kell lennie ahhoz, hogy a nyitás után gyújtóív keletkezhesen.)

- Ha a megszakító zár – a primeráram oszcillogramján ez az „**1 jelű**” időpillanat – a primer körben közel exponenciális lefolyással növekedni kezd, a primer áram: $i_p \approx \frac{U_{15-31}}{R_p} (1 - e^{-t_z/t_p})$. A primer tekercsben i_p mágneses tér formájában energiát tárol: $W_{GY} = 1/2 \cdot L_p \cdot i_p^2$. (Esetünkben a nyitás pillanatára $i_p \approx 3,8$ A-re, $W_{GY} \approx 54$ mJ-ra növekszik.) A primer feszültség a zárasi szakaszban $u_{1-31} = 0$, hiszen az ideális kapcsolónak feltételezett megszakító az oszcilloszkóp bemenetét ekkor összekapcsolja. (A valóságban a primer feszültség a zárasi szakasz végére, hibátlan megszakító esetén, kb. 0,1-0,2V-ra emelkedik a megszakító átmenet ellenállása miatt.). A primer áram növekedése a kölcsönös indukció elvén feszültséget indukál a szekunder tekercsben, 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 menetáttételszerese ($U_{SZ1} = U_{15-31} \cdot a = 14V \cdot 70$), ami esetünkben megközelítőleg 1kV. A záraskor 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 a zárást követő első szakaszában is. Mivel a szekunder feszültség ekkor még nem elegendő a légrés ionizálásához, a jelölt mérési helyen a zárasi szakaszban számottevő (mérhető) szekunder áram nem jön létre.

- Ha a megszakító nyit – a primer áram oszcillogramján ez a „**2 jelű**” időpillanat – a primer tekercs és a kondenzátor szabadon hagyott rezgőkört alkot, amelynek frekvenciája kb. 4-7kHz.

($f_0 \approx \frac{1}{2p \cdot \sqrt{L_p \cdot C_p}}$). 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 légrés(ek) ionizációs feszültségét. (Ez példánkban a szekunder oldalon -14kV, a primer oldalon 200V.) Ekkor a légrés ellenállása nagyságrendekkel csökken, nagy számú iont és elektront tartalmazó magas hőmérsékletű anyag – úgynevezett plazma – vezeti a gyertya-légrésben az áramot. Ezt az autós szakma gyújtóívnek, szikrának nevezi. Bár a jelölt mérési helyen az áram csak száz milliamperes nagyságrendű, de a gyertya-légrése a kisülő gyertyakapacitás (C_{GY}) az ionizációt követően igen rövid ideig 100A-es nagyságrendet ér el. Ez a száz kilowatt nagyságrendű kezdeti teljesítmény az, ami biztosan el tudja indítani az égést az Otto-motorok hengerében.

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 „**3 jelű**” időpillanatban a szekunder áram ugrásszerűen csökken, azaz kialszik az ív.

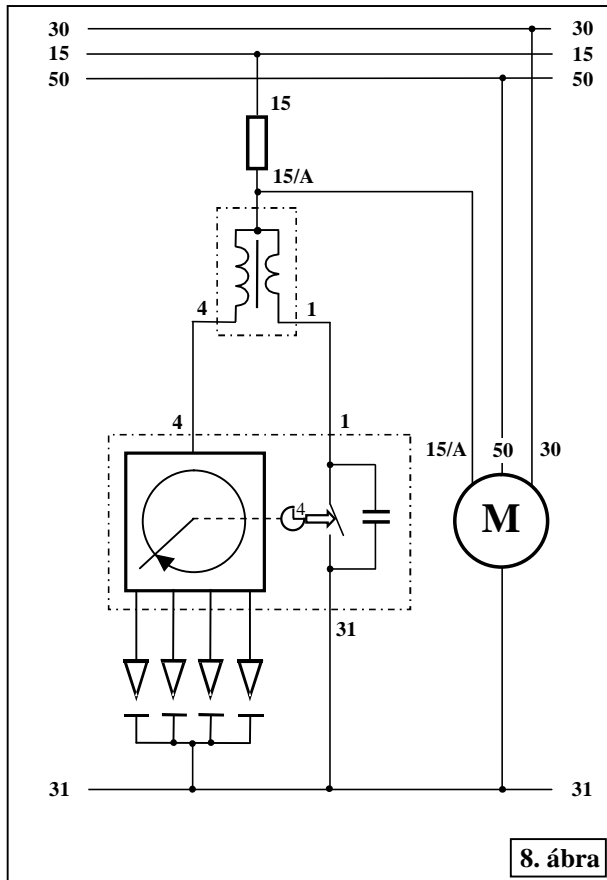
- Az ív megszűnése – a primer áram oszcillogramján ez a „**3 jelű**” időpillanat – jelentős mágneses tér csökkenéssel jár. (Bár a szekunder áram ekkor már igen kicsi, de szinte nulla idő alatt szűnik meg.) Ez gerjeszti mind a primer oldali, mind a szekunder oldali – a tekercsvasmagon keresztül induktív kapcsolatban lévő – rezgőköröket. A rezgések a körök ohmos ellenállásai miatt csillapodnak. A nyitási szakasz végére az áramoszcillogramokon $i_{SZ} = i_p = 0$, a feszültség oszcillogramokon fedélzeti feszültség jelenik meg a megszakító újabb zárásáig.

3. Különböző gyakorlatban megvalósított akkumulátoros gyújtások működése

3.1. Előtét-ellenállásos gyújtás

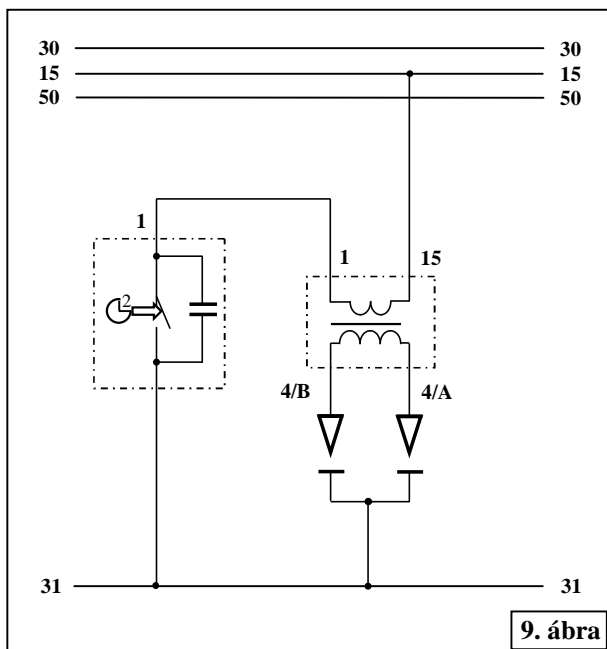
Az előtét-ellenállásos gyújtás (8. ábra) a rendszer indítózás okozta fedélzeti feszültség csökkenésének a gyújtóberendezésre gyakorolt kedvezőtlen hatását igyekszik megszüntetni.

Lényege, hogy ekkor a körbe egy kisebb ellenállású, de egyébként azonos jellemzőkkel bíró tekercset építenek be. (A primer tekercset ilyenkor vastagabb huzalból tekercselik.) Természetesen ahhoz, hogy a tekercs a már üzemelő motor esetén megfelelően működjön, egy előtét ellenállást kell a körbe iktatni. (Pl. az egyébként 4 Ω-os primer tekercset 3Ω-osra gyártják és elé egy 1Ω-os előtétet kapcsolnak.)



Ha azonban a gépkocsi-vezető indítózik, az indítómotorban kialakított kapcsoló a 30 és a 15/A jelű pontokat összekapcsolja. Ekkor a primer áram az előtét-ellenállást „megkerülve” folyik, és az indítózás okozta feszültségesést a kör ellenállás-csökkenése ellensúlyozza. (Gondoljunk az Ohm törvényre, ha „U” csökken és „R”-t is megfelelően csökkentjük, „I” lehet ugyanakkora.) Az előtét ellenállás alkalmazása tekercsmelegedési szempontból is előnyös. Üzem közben a kör ellenállásain keletkező hő egy része e műszaki megoldásnál az előtéten fejlődik, ezért a tekercs ez esetben – ugyanolyan egyéb feltételek mellett – kevésbé fog melegedni.

3.2. „Duplaszikkás” gyújtás



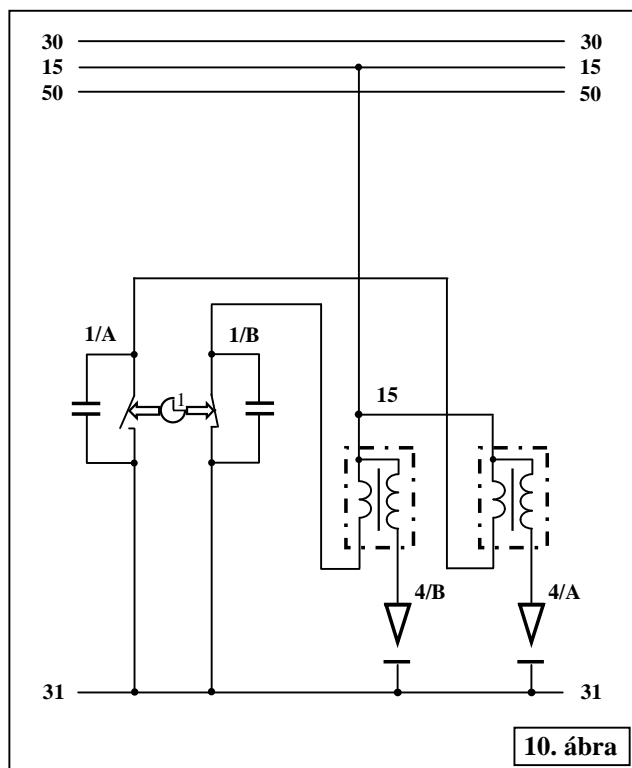
Olyan négyütemű kéthengeres motoroknál, ahol a forgattyús tengely elékelési szöge 360° – tehát a két henger dugattyúja „együtt jár” – kialakítható a 9. ábrán látható gyújtóáramkör. Ekkor a körben nincs nagyfeszültségű gyújtáselosztó, hanem a szekunder tekercs mindkét végét kivezetik, és a két henger gyújtógyertyáihoz kapcsolják. Mivel a megszakító mozgató – vezérműtengely fordulatszámmal forgó – bütyök kétprofilú, a megszakító motorfordulatonként hoz létre egy-egy gyújtóívet mindkét gyertya elektródája között. Természetesen csak az épp sűrítési ütemben járó hengerben lesz égés, a másik gyertya íve „semmit nem csinál”, ezért ezt a szikrát parazita (élősködő) szikrának nevezik. (Innen kapta e gyújtás a másik nevét a „parazitaszikrás” elnevezést.)

E gyújtás előnye, hogy megspórolt egy nagyfeszültségű mechanikus alkatrészcsoporthoz, a gyújtáselosztót.

Felmerülhet persze a kérdés, hogy nem adódik-e abból

probléma, hogy e rendszer két helyen hoz létre ívet, tehát látszólag az elosztós gyújtáshoz képest pocskelja a gyújtásenergiát. Gondoljuk meg, az elosztós gyújtás is két helyen hoz létre ívet, hiszen az elosztóban is – a szegmens és a rotor között – légrés van. Másodszor e gyújtás nem „szimmetrikusan” osztja ketté a gyújtásenergiát, hiszen az épp sűrítési ütemet végző hengerben nagyobb a nyomás, ezért nagyobb a légrés átütési feszültsége is. Emiatt nagyobb feszültségre töltődik az átütés előtt a gyertyakapacitás, ezért ott mindig nagyobb a kezdeti íváram és az ívet tartó feszültség is.

3.3. Kétütemű motorok „különszikkás” gyújtása



A többhengeres kétütemű motorokhoz a gyártók általában nem akartak az elosztóhoz külön hajtást kialakítani, hiszen ezek a járművek elsősorban az egyszerűségről és az olcsó műszaki megoldásokról szóltak. A főtengelevégére azonban az elosztót nem látták célszerűnek felszerelni, hiszen a főtengelevég általában alulra-oldalra (pl. Trabant), vagy alulra-előre került. (Pl. Wartburg). Ezekre az esőben nedves helyekre nem szerencsés egy nagyfeszültségű rendszert telepíteni. Célszerűbbnek mutatkozott a mellékelt megoldás.

A főtengelevégére egy egyprofilú megszakítóbütyköt rögzítettek, amely az alaplapon, illetve segédalaplapon elhelyezkedő hengerszámnak megfelelő számú megszakítót mozgat. A megszakítók egymástól független külön gyújtóáramköröket működtetnek.

E megoldás működési szempontból jól bevált, de a gyújtás beállítása az elosztónál több szakértelmet és több időt igényelt.

2008-02-24

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