

**XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2013. április 16-18.
Nemzeti Köszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar**

**A belsőégésű motor és a hosszú távú repülés
hatósugár növelés, a gyújtás korszerűsítésével**

Jelige: *KAG*

Dolgozat lezárásának időpontja: 2012, *október*

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. fejezet: A gyertya, és a gyertyahézagban lejátszódó folyamatok bemutatása	4
2. fejezet: Alkalmazott tekercsgyújtások bemutatása	10
3. fejezet: Jellegmezős gyújtás-szabályozás összehasonlítása az ionárammérésen alapuló szabályozással	17
4. Fejezet: Gyújtási időpont hatása az égés minőségére	20
5. Fejezet: Alkalmazható keverékképzési módok a hatásfok növelésére	24
Összegzés	28
Irodalomjegyzék	31

Bevezetés

Napjainkban mind szárazföldön, vízen , és levegőben is egyre fontosabb témává válik a közlekedési eszközök gazdaságosabbá tétele, hatósugár növelése. Mindez olyan keretek között, hogy az a meglévő technológiákkal kompatibilis legyen, beépítése ne igényeljen új gyártástechnológiákat, új anyagokat.

Elvárás, hogy a kivitelezendő fejlesztés költséghatékonyan megoldható legyen, hiszen mind civil- és katonai használatban, a részegységek beépítésének időigényét és árát minimalizálni kell. Így a legkézenfekvőbb módját kell választanunk a járművek hatósugár növelésére.

Dolgozatom témája a pilóta nélküli repülőgépek hajtóművének takarékosabbá így effektívebbé tételének módszereit taglalja, a lehető legkisebb átalakítás keretein belül.

A hajtás megválasztása a hőerőgépekre, azon belül is a belsőégésű négyütemű benzinmotorra esett. Ezt a hajtásmódot a teljesítmény/tömeg aránya és a működéséhez szükséges tüzelőanyag energiasűrűsége ideálissá teszi a repülésben való alkalmazáshoz.

A benzin motor hatásfokának növelése érdekében alkalmazható az ún. irányított öngyulladás, mellyel a gázolaj üzemű motorok előnyös tulajdonságait át lehet ültetni a benzinüzemű motorokra úgy, hogy a negatív tulajdonságait nem örökli meg. Ezen felül normál keverékképzésű üzemmódban is hatékonyabbá lehet tenni a motort az előgyújtás állítás optimalizálásával.

Az ionárammérés lényege, hogy ciklusról ciklusra tájékoztasson bennünket a gyújtás idejének megfelelőségéről és az égés lefutásának mikéntjéről. A módszer nem igényel bonyolult és drága szenzorokat, illetve drasztikus motor módosítást, tehát minden olyan motornál alkalmazható ahol az égést gyújtóív segítségével indítjuk el.

Megismerhetjük a mérés segítségével, minden üzemi körülmény között azt a hajtókarszöget, ahol a gyújtást meg kell kezdenünk annak érdekében hogy az indikált középnyomás a legnagyobb legyen az égéstérben. Ennek eléréséhez tudnunk kell a nyomás lefutásának függvényét a dugattyú helyzete függvényében. Ehhez nagynyomású érzékelőt kellene telepítenünk a hengerfejbe, ami a hely szűke, és a hengerfej magas mechanikai igénybevétele miatt nem ajánlott. Az ionáram mérésével viszont akár a gyújtógyertyát is használhatjuk nyomásmérésre, illetve az égés kezdetének detektálására, ezzel mindig a

megfelelő pillanatra tudjuk időzíteni a gyújtás kezdetét, a legnagyobb termikus hatásfok elérése érdekében. A gyertya hézaga közötti gáz ionvezetőképessége a lángfront elhaladása közben változik, illetve nagyban függ a nyomástól. Így ha a gyújtás után a gyertya két elektródája közé $100\text{--}400\text{ V}^1$ egyenfeszültséget kapcsolunk, az áram-idő függvényből arányosan megkapjuk a nyomás-idő függvényt.

A hagyományos gyújtásvezérlők előre meghatározott tényezőkre támaszkodnak, melyek a gyártás során vannak beprogramozva a vezérlőbe. Az adott körülményeknél a gyújtás időzítésének helyessége attól függ, hogy a tervezők mennyire voltak képesek számolni az összes olyan paraméterrel, ami az égés sebességét befolyásolja. (beszívott levegő minőségén kívül, még közrejátszik az idő előrehaladtával a motor kopásából adódó paraméterváltozások)

Dolgozatomban megkísérlem bemutatni a négyütemű benzinmotorok gyújtórendszereinek fejlődését, és a bennük rejlő lehetőségeket, különös tekintettel az ionáramméréses gyújtásra.

1. Fejezet: A gyertya, és a gyertyahézagban lejátszódó folyamatok bemutatása²

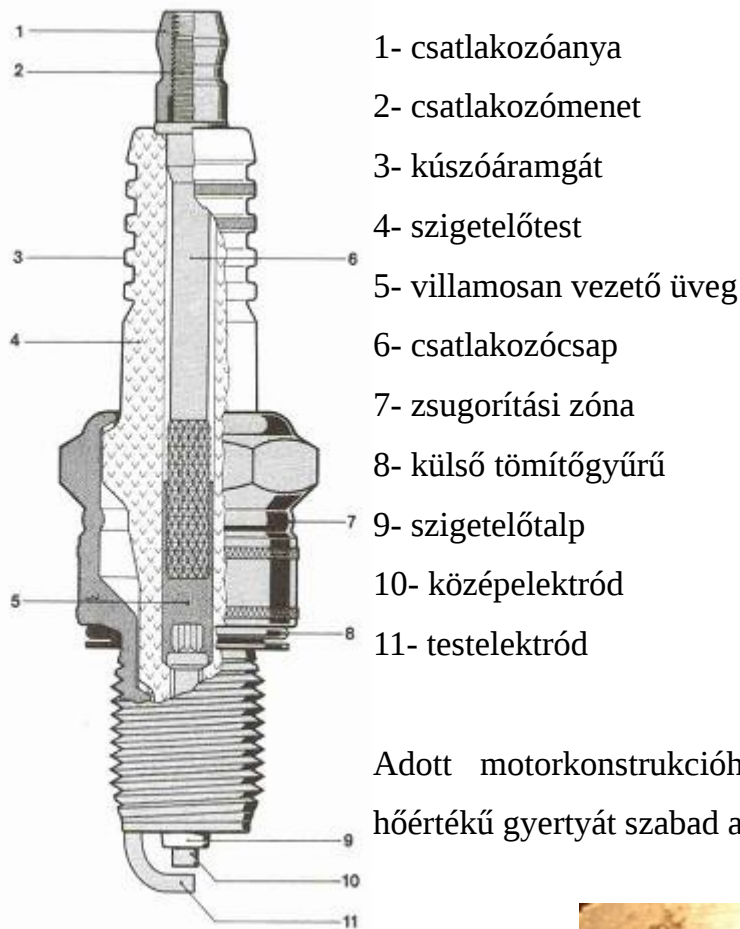
Gyertya bemutatása

A gyújtógyertya feladata a gyújtási energiát az égéstérbe vezetni és az elektródok közötti villamos szikrával a levegő/tüzelőanyag keveréket meggyújtani. Ezenfelül a teljes élettartama alatt biztos hidegindítást, gyújtáskimaradástól mentes motor terhelés növekedést, és órákig tartó üzemet kell biztosítani a motor maximális teljesítménye mellett, anélkül, hogy túlságosan felmelegedne vagy tömítetlenséget okozna. A szigetelőtest /4/ villamos szilárdságának 1000°C – ig kellően nagynek kell lennie, és a gyertya élettartama alatt nem változhat. Ezen felül ellen kell állnia az égéstérben fellépő periodikus nyomásváltozásnak, anélkül, hogy gáztömörsége kárt szenvedne. A gyertya égéstérbe nyúló része vöröszízig felhevülhet. Lehűléskor a harmatpont átlépésekor, az üzemanyag egyes alkotórészei a gyertyán lecsapódnak és megváltoztathatják annak villamos és kémiai tulajdonságait. Munkavégző ütemben a forró gázok hirtelen felhevítik a gyertyát, majd a szívás ütemben a „hideg” benzin/levegő keverék lehűti, így a gyertyának termosokk

¹ DIY ion sensing ignition subsystem - Ville Vartiomaara 2002

² BOSCH Műszaki útmutató füzetek- Gyújtógyertyák ; Maróti műszaki könyvkiadó

(hűtés) szempontjából is ellenállónak kell lennie.



1. ábra. Forrás: Bosch

gyertya
milyen

mértékben adja át az égéstérben felvett hőt a hengerfejnek. A megadott hőértéktől egyik irányban sem szabad eltérni. Ha túl magas hőértékű gyertyát teszünk a motorba, a gyertya nem éri el az öntisztulási hőmérsékletét, ami ahhoz kell, hogy az elektródákra lerakódott kokszt és egyéb égésterméket le tudja égetni magáról. Ha mégis maradna ilyen

anyag az elektródákon, azok izzó

parázsdarabokként korábban meggyújtáná a keveréket mint a gyújtóív, így kopogásos égéshez vezetne.

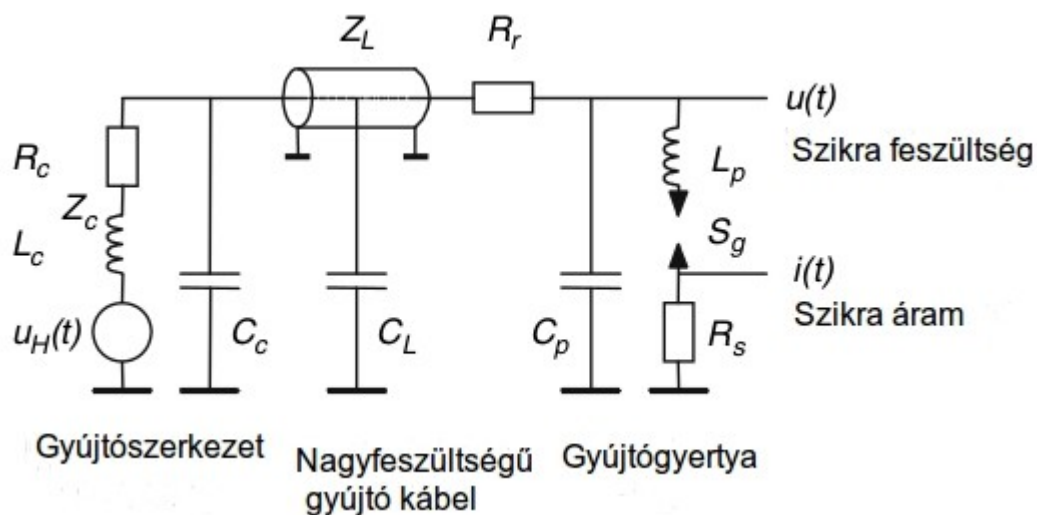


2. ábra. Rossz minőségű gyertya okozta sérülések a hengerfejen; forrás: www.injektor.hu/index.jsp?id=2&main=149&akt=2 letöltve: 2012.10.08.

Ha túl alacsony hőértékű a gyertya, az elektródáról nem tudja elvezetni a hőt, és annak felizzása miatt történik meg a korai gyulladás. Ez szélsőséges esetben odáig is vezethet, hogy a testelektród /11/ fellágyul és beleesik a hengerbe, ott súlyos károkat okozva.

A gyújtóív bemutatása³

Bár sokféle tekercsgyújtásos rendszer van forgalomban, mindegyikre megfelelő helyettesítő képet adhat az alábbi ábra:



3. ábra. Gyújtás helyettesítő képe; forrás: C. Arcoumanis · T. Kamimoto - *Flow and Combustion in Reciprocating Engines* ; fordította: Kosztolányi Tamás

Az áram és a feszültség karakterisztikáit az elektromos ívnek, az alkatrészek tulajdonságai, és a légrésben tartózkodó gáz tulajdonságai adják meg. A nagy feszültségek periodikus változásai miatt, minden alkatrész minimális kapacitása, kihat a gyújtás lejátszódására. Az elektromos ív keletkezését és lejátszódását négy szakaszra bonthatjuk.

1. Előbontás

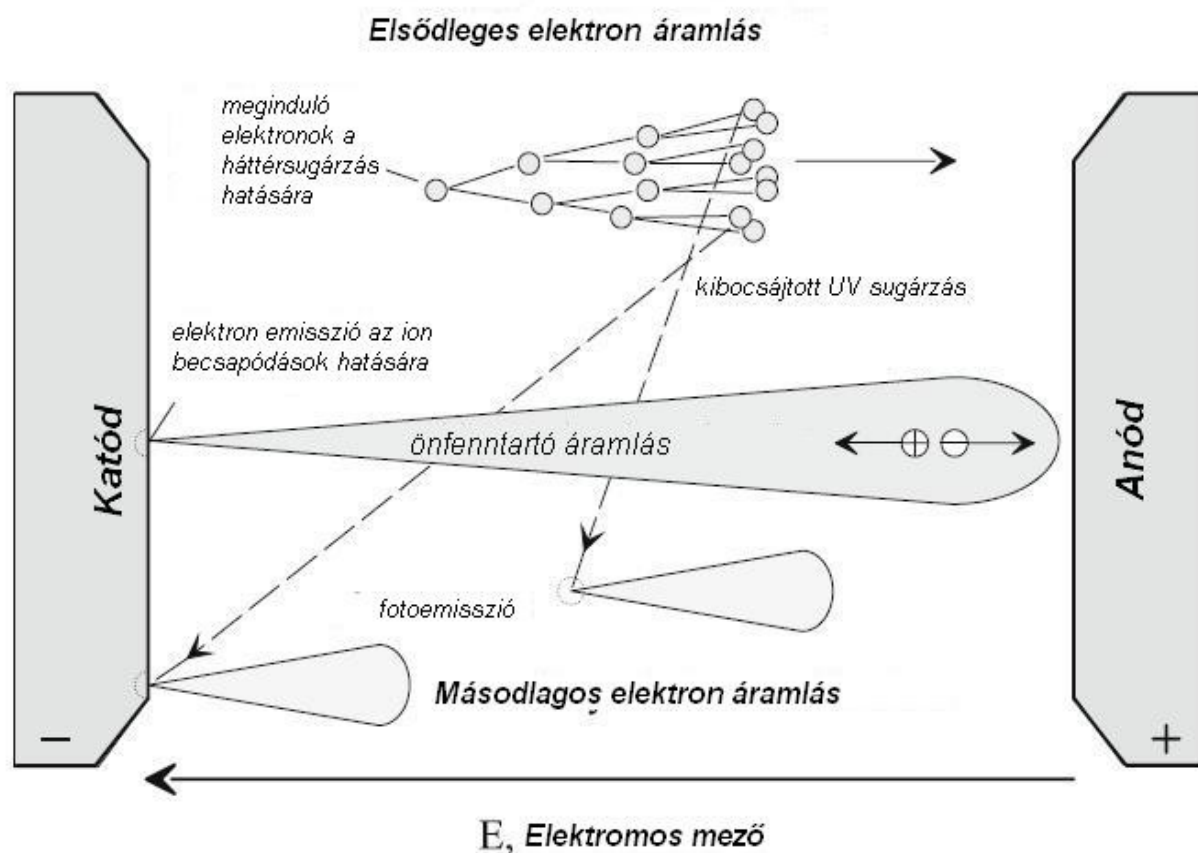
A kezdetben tökéletesen szigetelő gázt, az elektródákon növekvő potenciál különbség ionizálni kezdi. Ez a feszültség közelítően lineárisan emelkedik, 10 kV/ms sebességgel. A

³ C. Arcoumanis · T. Kamimoto - *Flow and Combustion in Reciprocating Engines* 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN: 978-3-540-64142-1 e-ISBN: 978-3-540-68901-0

már fennálló, az anyagból véletlenszerűen kilépő elektronokat a földből és az úrból sugárzott erős háttérsugárzás generálja. Ezek az elektronok elkezdenek felgyorsulni, és megindulnak az anód felé. A gyorsuló elektronok a gázmolekulákkal való ütközésük során újabb elektronokat sodornak magukkal, illetve gerjesztett állapotba hozzák a molekulákat, melyek így a kapott energiát kisugározzák UV sugárzás formájában. Azt az elektronáramot, amit a magukkal sodort elemi részek alkotnak elsődleges elektronáramnak nevezzük, amelyek viszont az UV sugárzás hatására indulnak el, másodlagos elektronáramnak hívjuk. Az áramló elektronok gyors növekedésével, elindul egy elektron lavina. Ebben a szakaszban a gáz hőmérséklete még nem tér el számottevően a kiindulási hőmérséklettől

2. Bontási szakasz

Az előbontási folyamat önfenntartóvá válik, amint a felszabaduló UV sugárzás a fényelektromos hatás (fotoemisszió) folytán újabb elektronokat szabadít fel immár a katód



4. ábra. A gyertyahézagban lejátszódó folyamatok; forrás: C. Arcoumanis · T. Kamimoto - *Flow and Combustion in Reciprocating Engines* fordította: Kosztolányi Tamás

felületéről, egy elektron felhőt képezve ott.⁴ Az így létrejövő ionok, mikor becsapódnak a katód felületébe, újabb és újabb elektronok kilépését eredményezik. Az egyre növekvő elektronfelhő, növekvő tértöltést von maga után, mely felgyorsítja az elektronemissziót. Így egy exponenciálisan növekvő elektronáram jön létre a gyertyahézagban, mivel a kisülési áram saját maga generálja a tértöltést, így egy önfenntartó „lavinát” létrehozva a vezetővé vált gázban. A gyakorlatban ez a fázis akkor kezdődik, mikor az előbontási áram meghaladja a 10 mA – t. Mivel a szekunder körben nincs áramkorlátozó mechanizmus, az áram nanoszekundumokon belül több száz Amperre nőhet, amit csak a gyújtógyertya impedanciája limitál. Ennek megfelelően az elektromos mező, és a szikrafeszültség (1 mm-es gyertyahézagot feltételezve) körülbelül 100 V - ra csökken. Ebben a szakaszban a szikra átmérője körülbelül 40 μm , ami nagy áramsűrűséget jelent, tehát a gáz vezetőképessége ekkor a legnagyobb. Az elektron sűrűség növekedésével, a Coulomb erők hatására hatékonyabbá válik az energiaközlés a gázzal. A gyertya kapacitásáról hamar továbbítódik a villamos energia az elektronokon és ionokon keresztül a szikracsatornába. Ez egy rendkívül gyors gerjesztést eredményez, valamint a gáz gyors felhevülését. Mivel a nagyfokú ionizáltsággal rengeteg energia tárolható, és közölhető rövid idő alatt, a szikracsatornában a hőmérséklet csak több tíz mikroszekundum múlva kezd emelkedni (a plazma hőmérséklete elérheti a 60 000 K-t). Ez egy hirtelen nyomásnövekedéshez vezet (>200 bar), ami egy gömb alakú lökeshullámot hoz létre, így kibővül a szikracsatorna. A lökeshullám hatására egy toroid formájú plazma mag keletkezik, ami segít a plazma szétterjedésében, a gáz hevítését elősegítve. A plazma közelében létrejövő hőveszteségek (a felület növekedése miatt) elhanyagolhatóvá válnak, amint a csatorna bővülése miatt újabb elektronok lépnek ki a katódból (fényelektromos hatás), és az elektródahézagban lévő gázból. A nagy áramsűrűségű helyeken a hőmérséklet addig nő, hogy apró pontokon, a katód felületén egy mikroszkopikus réteg megolvad. Ekkor következik az ívképződési szakasz.

3. Ívképződési szakasz

A szikraáram ebben a fázisban 100mA mértékűre csökken, miután a bontási szakaszban a gáz vezetőképessé vált. Az ívfeszültség (1 bar nyomáson, 1 mm gyertyahézag mellett) 50V

4 Jay Orear – Modern Fizika ; 2. átdolgozott és bővített kiadás ; Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1971

körüli, ebből 15V esik a katódon, 25V az anódon, és csak 10V jut a plazmára. A katódon eső feszültség hatására fenn tudnak maradni az olvadt pontok, ami elősegíti a hő hatására kilépő elektronok képződését. A katód hőmérséklete ebben a szakaszban elérheti a párolgási hőmérsékletét, ami a katód eróziójához vezet. Az idő előrehaladtával így növekedik a gyertyahézag, ami a szekunder csúcsfeszültség növekedéséhez vezet.

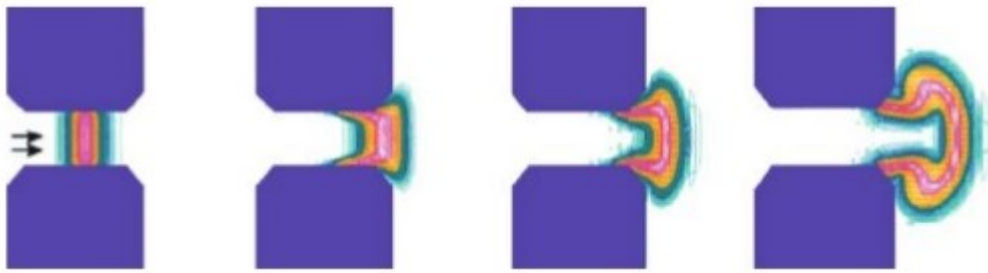
Ennek kompenzálására olyan anyagot kell választani, aminek a párolgási hőmérséklete igen magas (pl: Irídium), vagy ha arra törekszünk, hogy az ívképződési szakasz minél rövidebb legyen.

Az energiatovábbítás nagy része a plazma felületén átadódó hő formájában jön létre, a nyomás hirtelen megváltozása, itt már nem számottevő.

4. Ívfenntartási szakasz

Az ívfenntartási szakasz nagyban hasonlít az ívképződési szakaszhoz, leszámítva a kisebb plazmahőmérsékletet, és a „hideg” katódot. A gyújtásenergia legnagyobb része ebben a fázisban adódik át a közegnek. A térerő csökkenni kezd, de az anódon eső feszültség nem változik. Mivel a katódon már nincsenek olvadt részek, az elektronok kilépése korlátozott. A szikraközben mérhető teljes feszültségesés 500V körül van. A nyomás viszont ekkorra a plazma környezetében jelentősen növekedni kezd. A növekvő nyomás növekvő térerőt von magával, így a katódon elveszett energiát kompenzálja a nyomás növekedése. A katódon a feszültség, a felületének egy kb. 0,1 mm vastagságú részén esik. A hőt innen jól el tudja vezetni a gyertya külső részei felé, és mivel már „hideg” az újabb elektronok kilépése is csökken, hiába csapódnak be a felületbe ionok.

Az energia átadás hatásfoka szempontjából ez a szakasz a legrosszabb, de mivel hosszú ideig tart. A hengerben létrejövő áramlások hatására, a plazmát a gyertyahézagtól eltolja, majd a szélére érve hajtú alakúvá válik.



5. ábra. Oldalirányú áramlás hatása a gyújtóívre; forrás: C. Arcoumanis · T. Kamimoto - *Flow and Combustion in Reciprocating Engines*

Az átívelt szakasz hosszának növekedésével nő a szikrafeszültség, méretének növekedésével javul a hőátadás. Az így létrejövő ívhossz akár hússzor is nagyobb lehet a tényleges geometriai térköznél.

2. fejezet: Alkalmazott tekercsgyújtások bemutatása

I. Mágnes-gyújtás

A gyújtóív létrehozásának legegyszerűbb formája, ha külön villamos energia forrás nélkül hozzuk létre az ívet. A mágnes-gyújtásnál a mozgási indukció hatását használjuk ki úgy, hogy az álló, lemezelt vasmagos tekercs előtt - ami a gyújtásenergiát tárolja – a főtengellyel együtt forgó állandó mágnes halad el. Így az

$$U = B \cdot N \cdot l \cdot v \quad (1)$$

képlet alapján – ahol „B” a mágneses indukció, „N” a tekercs menetszáma, „l” a tekercs egy menetének hatásos hossza, „v” a mozgás sebessége – a tekercsben feszültség indukálódik.⁵ A lemezelt vasmagra a primer és a szekunder tekercs egyaránt fel van csévélve, transzformátornak azonban mégsem hívhatjuk, mivel a „hidegpontjuk” galvanikusan össze van kötve.

⁵ George Gamow, John M. Cleveland – Fizika, fordította: Svékus Olivér, Gondolat Kiadó, Budapest 1973

A főtengely továbbfordulása után az indukált feszültség hatására a primer tekercsben áram folyik (a szekunder tekercs a gyertyahézagon keresztül zárja az áramkört), majd egy megszakító szerkezet megszakítja a primer kör áramát. Az így létrejövő gyors fluxusváltozás akkora feszültséget indukál a szekunder tekercsben, ami elegendő a gyertya elektródák közötti légrés ionizálására és a gyújtóív létrehozására.

Az (1) képlet alapján jól látható, hogy az indukált feszültség az állandómágnes sebességével, vagyis a motor fordulatszámaival arányosan nő.

Előnyei:

- nem igényel külön áramforrást
- karbantartás igénye alacsony
- fordulatszám növekedés hatására növekvő gyújtásenergia

Hátrányai:

- alacsony fordulatszámon kis gyújtásenergia (motor lefulladásának veszélye)
- gyújtás időpontja, jellege nem szabályozható így az alkalmazhatósága behatárolt (fűrészgépek, motoros kerti szerszámok)

II. Akkumulátoros tekercsgyújtás

A mágnes-gyújtással ellentétben itt a tekercsen folyó áramot nem a mozgási indukció gerjeszti, hanem az akkumulátor villamos energiája szolgáltatja. A primer tekercsen átfolyó áramot, egy bütykös tengellyel vezérelt megszakító érintkező szakítja meg. Az így elért fluxusváltozás a nyugalmi indukció értelmében feszültséget indukál a szekunder tekercsen.

$$U_i = N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Ahol az indukált feszültséget a tekercs „N” menetszáma, és a fluxus időbeli változásának szorzata adja meg.⁶

⁶ George Gamow, John M. Cleveland – Fizika, fordította: Svékus Olivér, Gondolat Kiadó, Budapest 1973

A gyújtásenergia (a gyújtótekercsben mágneses tér formájában felhalmozott energia) az alábbi képlet szerint számítható:

$$W_{gy} = \frac{L_p \cdot i_p^2}{2} \quad (3)$$

Ahol W_{gy} a gyújtásenergia, L_p a primer tekercs induktivitása, i_p a tekercsen folyó áram.

Mint az a 6. ábrán is látható, a primer áram – idő függvény alapján, leolvasható, hogy mennyi idő szükséges ahhoz, hogy a tekercsben felhalmozódjon a megfelelő gyújtásenergia.

Ha olyan tekercset

választunk, amiben

magas fordulatszámon is

(rövid idő alatt) képes

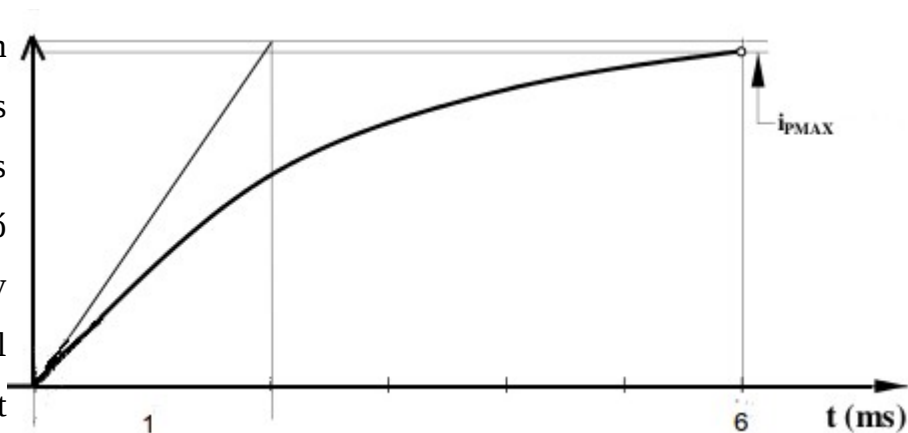
kialakulni a megfelelő

áram, azt csak alacsony

ellenállású tekercssel

érhetjük el. Emiatt

alacsony fordulatszámon



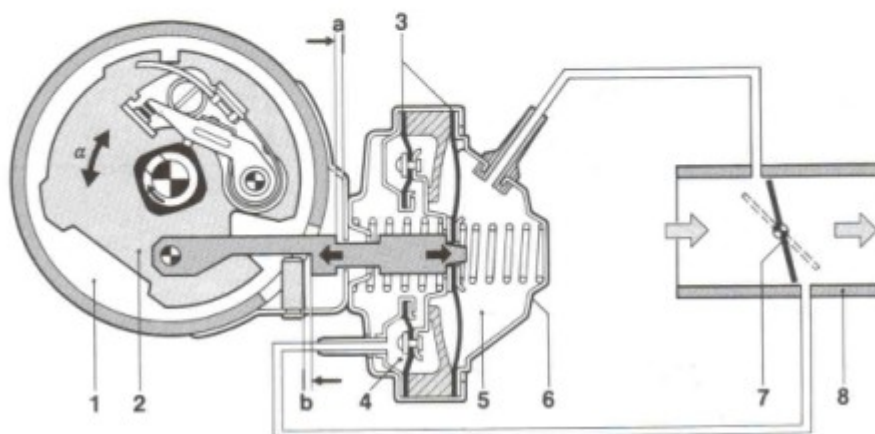
6. ábra

a tekercsben feleslegesen nagy primeráram és gyújtásenergia halmozódik fel. Ez a tekercs erős melegedését válthatja ki, ami felesleges villamos energia fogyasztást jelent.

Itt meg kell jegyeznünk, hogy annak ellenére hogy a járművek többsége negatív testelésű, a gyertya testelektródája a gyújtás pillanatában, a középelektródánál pozitívabb lesz, így az elektronok a középelektróda felől (katód) indulnak meg a testelektróda felé (anód).

A primer áram megszakítását kezdetben mechanikus megszakítóval végezték el, ahol az előgyújtás állítását a terheléstől függően, röpsúlyos szerkezettel, és a szívócsőnyomás által

a) Korábbra állítási út az ütközőig, b) Későbbre állítási út az ütközőig
 1 Gyújtáselosztó, 2 Megszakítótárcsa, 3 Membrán, 4 Későbbre állító szelece,
 5 Korábbra állító szelece, 6 Vákuumszelece, 7 Fojtószelep, 8 Szívócső



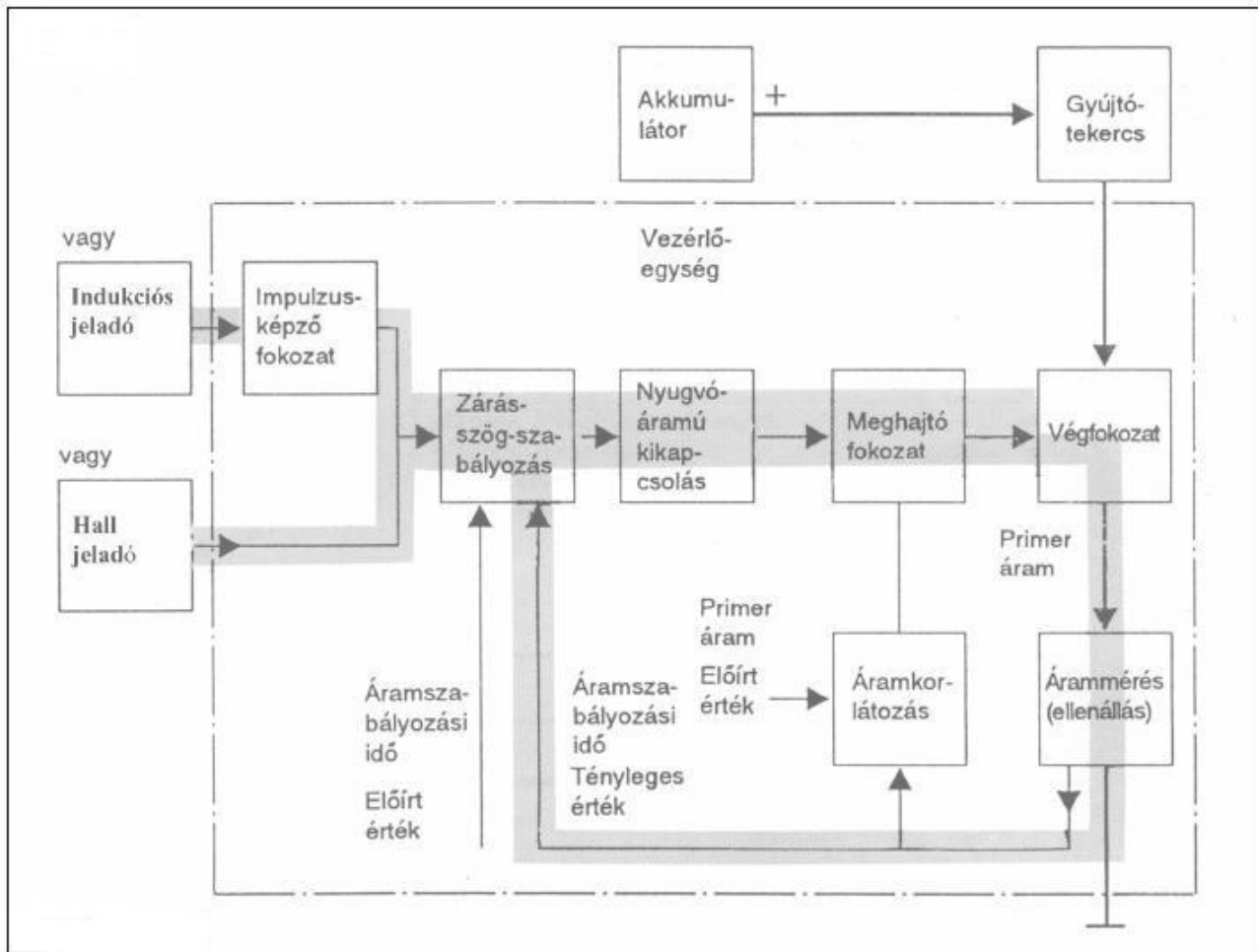
7. ábra. forrás: Bosch

vezérelt membránokkal érték el. Ha a fordulatszám emelkedett, a röpsúlyok kinyíltak, és a megszakító kalapács tengelyét elforgatták, így a gyújtás pillanata - főténgelyfokban – korábban történt meg. Erre az égés lefolyásának ideje miatt volt szükség, hogy az égési csúcsnyomás lehetőleg mindig ugyan annál a főténgelyfoknál jöjjön létre, így elérve, hogy a motor a legtöbb üzemállapotában jó hatásfokkal működjön.

Mikor a terhelést csökkentjük, a fojtószelep visszazár, így utána nyomásesés történik a szívócsőben. Ez a depresszió, elmozdítja a membránt, és így a gyújtást utógyújtásba állítja. Erre azért van szükség, mert mikor hirtelen elvesszük a terhelést, a fordulatszám nem csökken olyan gyorsan, mint a szívócsőnyomás, tehát a hengerbe kevesebb keverék jut. A kevesebb keverék hamarabb elég, így a kopogásos égés elkerülése érdekében az előgyújtást utógyújtásba kell vinni.

III. Elektronikus gyújtás, gyújtáselosztóval

Ebben a rendszerben a primer tekercset a végfokozatban egy tranzisztor kapcsolja ki és be. Ahogy az ábrán is látható, a végfokozatot a meghajtó fokozat vezérli.



8. ábra Elektronikus gyújtás blokkvázlat; forrás: webshop.langauto.hu/kepek/muszaki/4.8.pdf

A megszakító mechanizmus hiánya miatt, ennek a rendszernek szüksége van fordulatszám jeladóra, valamint az elfordulási szög helyzetének ismeretére. Erre a feladatra az indukciós, és a Hall hatáson alapuló jeladók a legalkalmasabbak.

Indukciós jeladónál egy állandómágnesre felcsévéltek tekercs, maga a szenzortest. Két kivezetése a tekercs két „lába”. Hatalmas előnye, hogy nem igényel külső energiaforrást, a váltakozó feszültségjelet az előtte elhaladó jelkerék generálja. Ez lehet speciálisan erre a célra készült jelkerék, de akár egy fogaskerék is megfelelő, vagy bármilyen olyan eszköz, ami mágnesesen vezet, és körbeforgatva változtatja a jeladótól mért távolságát.

Az indukált feszültséget az (1) képlet alapján számolhatjuk. A képletből jól látszik, hogy a jel erőssége a szenzor előtt elhaladó test sebességével egyenes arányban nő. Ebből kifolyólag, ha egy lassan forgó tengely fordulatszámát akarjuk megmérni, nagy átmérőjű jelkerekre kell alkalmaznunk. Ez a motor működésére annyiban hat ki, hogy mikor a főtengely fordulatszáma alacsony (pl: indítás kezdete) a jeladó nem szolgáltat megfelelő minőségű információt, vagyis nincs fordulatszám jelünk.

Ezzel szemben a Hall jeladó érzéketlen a fordulatszámra a jel erőssége szempontjából, mivel külső feszültségforrást igényel, így bármilyen kicsi szögsebesség mérésére alkalmas lehet.

Repülőgépben történő alkalmazása esetén, mindkét jeladó, párhuzamos használata javasolt, így ötvözve azok előnyös tulajdonságait.

Ennek a rendszernek az elődjeihez képest nagy előnye, hogy könnyen megvalósítható a zárásszög-szabályozás. Ez azt jelenti, hogy egy szabályzó áramkör a pillanatnyi fordulatszámtól, fedélzeti feszültségtől függően úgy tartja áram alatt a primer tekercset, hogy azon mindig elegendő energia halmozódjon fel, és ha lehetséges egy rövid áramhatároló szakaszt is létrehoz. A primer áramot a rendszer, egy a tekerccsel sorba kötött kis értékű úgynevezett figyelő ellenálláson eső feszültségből tudja. Az optimális primer áram elérése után a meghajtó fokozat a primer tekercset nagy frekvenciával ki-be kapcsolgatja, így I_p a nyitásig optimális marad. A zárásszög-szabályozó fokozat a primer áram korlátozási idejét tekinti visszacsatoló jelnek.

A nyugvó áram lekapcsoló fokozat, az energiarendszer védelmére szolgál. A motor leállítása után megakadályozza, hogy a gyújtótekercsen áram folyjon. A primer kört ívhúzás nélkül kikapcsolja, a végfok-tranzisztort lassan zárja.

Előnyei:

- a gyújtás tág fordulatszám és fedélzeti feszültség tartományokban is „magabiztos”
- a rendszer képes korrigálni a primer tekercs ellenállás változását
- energia felvétele kicsi
- az áramhatároló egy esetleges meghibásodásnál véd a túláramtól
- mechanikus megszakító nincs a rendszerben, az karbantartást, utánállítást nem igényel

V. Teljesen elektronikus gyújtások

A teljesen elektronikus gyújtásrendszernél elhagytak minden súrlódó-mozgó alkatrészt, ami az előzőleg bemutatott rendszerhez képest, a gyújtáselosztó elhagyását jelenti. Ennek következménye, hogy többhengeres motornál több primer és szekunder tekercset kell alkalmazni. Látszólagos többletköltségét kompenzálja a rendszer nagyfokú megbízhatósága. Költségcsökkentési okokból azonban a rendszernek két formája terjedt el.

a. duplaszikrás (parazitaszikrás)

A duplaszikrás, vagy parazitaszikrás megoldásnak is nevezett gyújtás lényege, hogy két különböző henger gyertyáját egymással sorba kötjük, és egy közös gyújtótranszformátorral vezéreljük őket. Ez csak abban az esetben lehetséges, ha a két henger (melyeknek a gyertyái sorba vannak kötve) egyszerre ér a felső holtpontra. Ez akár történhet úgy is hogy ellentétes ütemben vannak. Hiszen a felső holtpontnál vagy a kompresszió vége, vagy a kipufogás vége történik a hengerekben. Így ha a kipufogó ütemben gyújtás történik, az nem hat ki a motor működésére. Mivel a gyertya csatlakozóanyája az egyik esetben pozitív, a másik gyertyánál negatív potenciállal bír, a szikra árama ellentéte irányú lesz az ívcsatornában. Mivel az ívképződési szakaszban a katód erodálódik, a gyertyák egymáshoz képest aszimmetrikusan indulnak kopásnak. A legtöbb gyertya középelektrodáját ennek ellenálló anyagból készítik, de a testelektrodát nem. Így az aszimmetrikus kopás, előbb-utóbb aszimmetrikus gyertyahézaghoz vezethet.

Előnye, hogy páros hengerszámú motoroknál, ahol az összepárosított dugattyúk egyszerre mozognak, feleannyi gyújtótranszformátor alkalmazása is elegendő, viszont a gyertya csereperiódusa lecsökken.

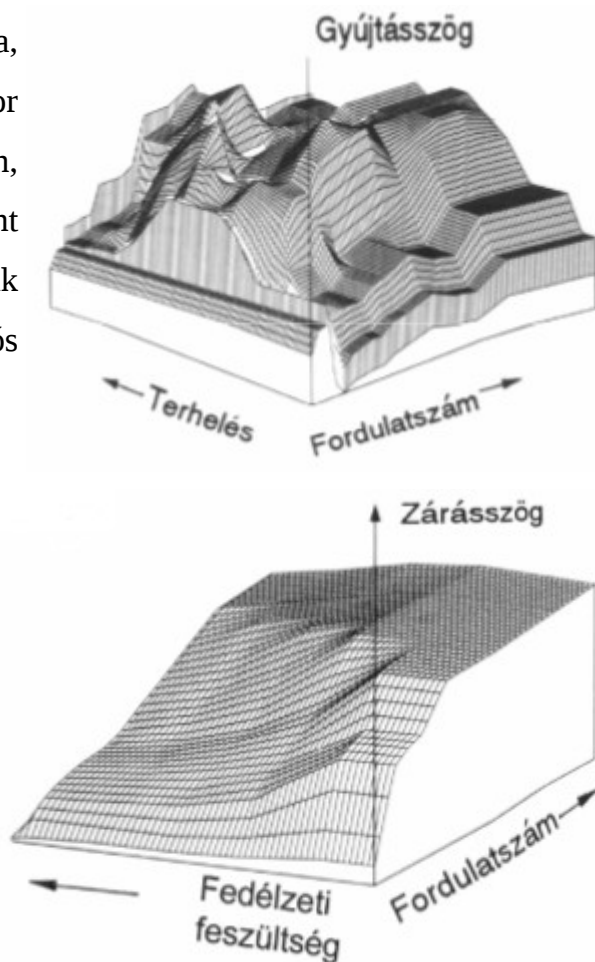
b. különszikrás

A különszikrás rendszereknél minden egyes gyújtógyertyára jut egy gyújtótranszformátor, amit méretei miatt a gyertya fölött el lehet helyezni. Ezzel még egy alkatrészt elhagyhatunk, mégpedig a nagyfeszültségű gyújtáskábelt. A gyújtást vezérlő áramkör, csak a primer

feszültséget juttatja el vezetékeken keresztül a gyújtótranszformátorig, így a kisugárzott elektromágneses zavar is csökken. Az ionárammérést ezeknél a rendszereknél lehet kiválóan alkalmazni, hiszen így hengerszelektíven lehet beállítani a gyújtási időpontot.

3.Fejezet: Jellemmezős gyújtás összehasonlítása az ionáramméréssel alapuló szabályozással

A jellemmezős gyújtás a nevét onnan kapta, hogy az előgyújtás szöget, a motor fordulatszáma és terhelése függvényében, elektronikus úton a motorigény szerint változtatja. Ha ezt grafikusán szándékoztak megjeleníteni, akkor egy kétváltozós függvényt, úgynevezett jellemmezőt rajzoltak. Motorterhelésen több jellemzőt is értünk, jelentheti az egy ciklusban beszívott és összesűrített benzin levegő keverék tömegét, a motor leadott nyomatékát, a fojtószelep állását, illetve az abszolút szívócsőnyomást. Ezek közül a paraméterek közül a fojtószelep állás és az abszolút szívócsőnyomás mérhető a legkönnyebben. Mivel a terhelés növekedésével emelkedik a sűrítési végnyomás, az felgyorsítja az égés



9. ábra forrás: Bosch

sebességét. Az előgyújtás szögét csökkenteni kell, hogy az égési csúcsnyomás ne a felső holtpont előtt alakuljon ki, mert így a motor teljesítménye drasztikusan lecsökkenhet. Ugyan így, a fordulatszám növekedésével, a dugattyú középsebessége is nő, ezért azt elkerülendő, hogy az égési csúcsnyomás a felső holtpont után ne túl későn alakuljon ki - hogy a szimmetrikus égés fennmaradjon - az előgyújtás szögét növelni kell.

A motor, valamint a beszívott levegő hőmérséklete kihatással van a sűrítési véghőmérsékletre és nyomásra, ami befolyásolja az égés sebességét. Az előgyújtás igény ennek függvényében változik.

A szenzorok analóg jelet állítanak elő, amit digitalizálni kell annak érdekében, hogy a mikroszámítógép számára feldolgozható információ legyen. A bemeneti adatok alapján a vezérlő elektronika beazonosítja a munkapontot, majd a memóriájában tárolt gyújtásszög és zárásidő jellegmezőiből kiválasztja a megfelelő értékeket.

A vezérlő a pillanatnyi motorfordulatszámától, terheléstől, hőmérséklettől függően optimális előgyújtásszöggel működik. Kopogásmentesítő szabályzással azonban nem rendelkezik, ehhez egy újabb szenzor alkalmazása szükséges, amely csak arra a frekvenciára érzékeny, amit a motor kopogásos égés közben produkál.

Az ionáram-mérési gyújtásnál azonban az előbb említett paramétereken kívül, az égéstérben zajló folyamatokról is képet kapunk. A keverék begyújtása után létrejön az úgynevezett kémiai ionizáció, ami a gáz ionvezető képességét növeli. Ha a gyertyaelektrodákra 100-400V nagyságrendű egyenfeszültséget bocsájtok, akkor az áramkör csak a gázon keresztül tud záródni. Egy figyelőellenállás beépítésével, az ionáramról feszültségjelként értesülünk. Így ha valóban megtörtént a gyulladás, az elektrodák között emelkedni kezd az ionáram. A kémiai ionizáció lezajlása után, a felszabadult hő hatására, emelkedik a nyomás, és létrejön a termikus ionizáció. Itt a nagy nyomás és hőmérséklet hatására sűrűbben ütköző molekulák, statisztikailag nagyobb eséllyel válnak ionokká. Tehát a hengerben létrejövő nyomásváltozást, analóg feszültségjellé alakíthatjuk. Ezt a jelet digitalizálva, egy számítógép segítségével, és a fordulatszám jelből kalkulált dugattyú helyzet ismeretében, megadhatjuk az indikált középnyomást. A kapott értékekből, helyesbíteni lehet az előbb említett jellegmezőt, és minden körülménytől függetlenül, közvetlenül tudjuk szabályozni az égést, hiszen maga a nyomás karakterisztikája a visszacsatoló jelünk. Alkalmazásával több szenzor elhagyható, illetve redundáns szenzorként hagyatkozhatunk rá. Következtetni lehet az ionáramokból többek között a kopogásos égésre, a gyújtáskimaradásra, a szükséges előgyújtás értékére, és becsülhető a benzin-levegő arány is. Mivel kopogásos égésnél hirtelen nagy nyomásváltozások jönnek létre, az ionáramgörbére egy nagyfrekvenciás jel szuperponálódik. Az ionáram időbeli felfutásából következtethetünk a nyomásfelépülés

jellegére, megadhatjuk a nyomáscsúcs pontos helyét. Égéskimaradás esetén egy ellaposodó görbét kapunk. Megállapíthatjuk, hogy minden olyan paraméter ami hatással van az égés lefolyására és sebességére, annak hatása van a mért ionáramra.

- Ilyen a motor fordulatszám és terhelés, hiszen ezek növekedésével nő az elégetett szénhidrogén mennyisége, nő az ionáram.
- A gyújtási időpont, minek hatására változik a nyomáscsúcs értéke és helyzete
- Benzin/levegő keverési arány, ami kihat az égés sebességére.
- Elektródatávolság; mivel kisebb gyertyahézagnál az ívfeszültség is kisebb lesz, az ívképződési szakaszban létrejövő elektróda erózió előrehaladtával megnagyobbodó gyertyahézag hatására, az ionáramok középértéke is növekszik.
- Hőmérséklet; a motor és a levegő hőmérsékletének növekedésével, gyorsabbodik az égés sebessége.

Ezek ismeretében kimondhatjuk, hogy az ívfenntartási szakasz végeztével elkezdődő ionáramméréssel olyan mennyiségű és minőségű információkat gyűjthetünk az égés lefolyásáról, ami mind a szabályozás finomabbá tételére, mind diagnosztikai célokra kiválóan alkalmas. A szórványosan fellépő, a kezelő számára észrevehetetlen hibák is feltárhatóak azelőtt mielőtt még komolyabb kihatással lennének a motor működésére. Így megkönnyítve az üzembentartók munkáját és biztonságosabbá téve a repülést.

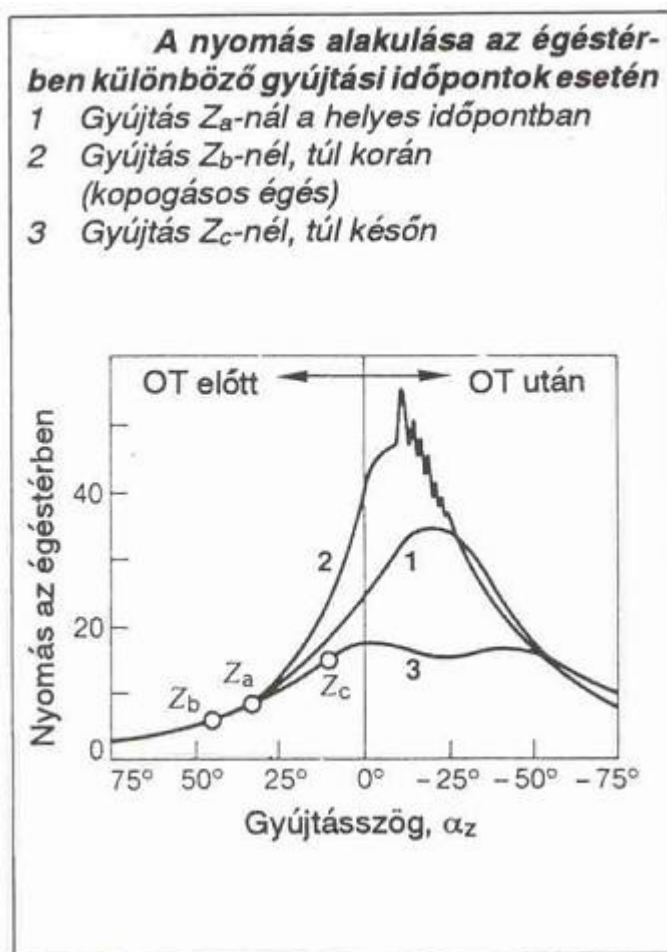
A motor rendellenes kopása, a gyertyák idő előtti elhasználódása, a keverékképzés apró hibái, egy szenzor vélhetően hibás jele, mind felderíthetővé válik azelőtt hogy a motor működését drasztikusan befolyásolná.

4.Fejezet: Gyújtási időpont hatása az égés minőségére

-Hatásfok és teljesítmény szempontjából

A gyújtóív létrehozásának időpontja, nagyban befolyásolja a motor működését.

A 10. ábrán jól látható, hogy ha a gyújtás idejét az ideálistól korábbra határozzuk meg, az az úgynevezett kopogásos égés kialakulásához vezethet, ami teljesítmény veszteséssel, a motor gyors tönkremeneteléhez vezethet.



10. ábra. forrás: Bosch

tartományban a motor, az a dugattyútető átégéséhez is vezethet.

A motor terhelésétől, a beszívott levegő minőségétől, és a motor állapotától nagyban függ a megfelelő előgyújtás mértéke, hogy se a rossz hatásfokú üzemállapotban, se a motorra káros állapotban ne üzemeljen. Ennek meghatározásához a legtöbb esetben több szenzor együttes jele szükséges, és egy bonyolult matematikai modell alkalmazása, ami nem feltétlenül alkalmazkodik a használat előrehaladtával létrejövő motorkopás hatásaihoz. E matematikai

A túl késői gyújtásidőzítés kíméli a motort, de az indikált középnyomás drasztikus csökkenéséhez vezet.

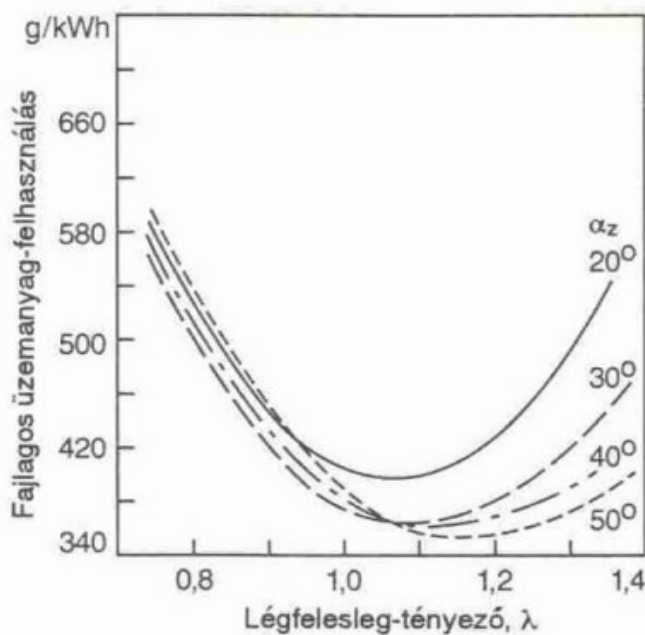
Az előbb említett kopogásos égés, a motor működésének egy olyan szélsőséges állapota, ahol az égéstérben a nyomás olyan meredeken emelkedik, hogy a lökeshullámok (melyek a lángfrontnál gyorsabban haladnak) olyan pontokat hoznak létre a hengerben, ahol a kompresszió hatására újabb gyújtópontok keletkeznek, így egy nagyfrekvenciás nyomáslengés kezdődik meg. Ezek általában a gyertyával szemben, a dugattyútetőn jönnek létre, ami extrém hőterhelésnek teszi ki az alkatrészt. Ha sokáig működik ebben a

modell folyamatos kompenzálására igen jó módszer az ionáram mérése a hengerben, ezáltal az égéslefolyás diagnosztikája. Ennek segítségével a teljes üzemidő alatt folyamatos képet kaphatunk a motor állapotáról, az égés minőségét illetően.



11. ábra. Megolvadt dugattyútető a kopogásos/detonációs égés miatt ; forrás: <http://www.injektor.hu/index.jsp?id=2&main=118&akt=2> letöltve:2012.10.21.

Az alábbi ábrán igen jól látható az előgyújtás hatása a motor hatásfokára. Az ábra 100% os motor terhelés mellett lett felvéve 25°C os beszívott levegőhőmérséklet mellett 100kPa



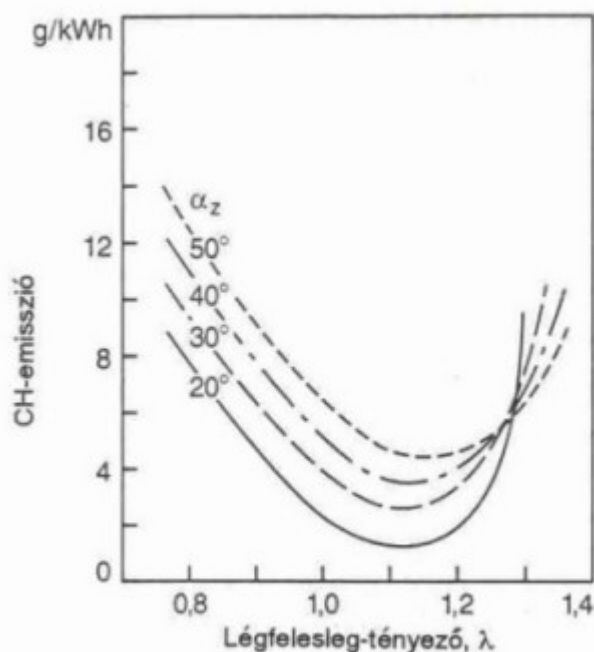
12. ábra. forrás: Bosch

környezeti nyomáson. A repülés alatt, a motor számára létrejövő szélsőséges körülmények, mint például a magas páratartalom, alacsony hőmérsékletű és nyomású levegő, oly mértékben módosíthatja az égés gyorsaságát, hogy az a jellegmezős gyújtással nem követhető megfelelően. Az ábra alapján, a keverési aránytól függően leolvasható az ideális előgyújtás. A túl sok befolyásoló tényező miatt a szenzorok mennyiségét növelnünk kell, és a matematikai modell, ami alapján szabályzunk is bonyolódik. Ezen

problémák kiküszöbölésére megfelelő alternatívát nyújt az ionáramméréses gyújtás, ami csak az indikált középnyomásra hagyatkozik mint visszacsatoló jelre, vagyis közvetetten a teljesítményre.

-Káros-anyag kibocsájtás (emisszió) szempontjából⁷

Katonai alkalmazásban másodlagos probléma egy motor káros-anyag kibocsájtása, de a polgári repülés terén, a belsőégésű motorok kiterjedt használata miatt már nem mehetünk el a kérdés mellett.



13. ábra. forrás: Bosch

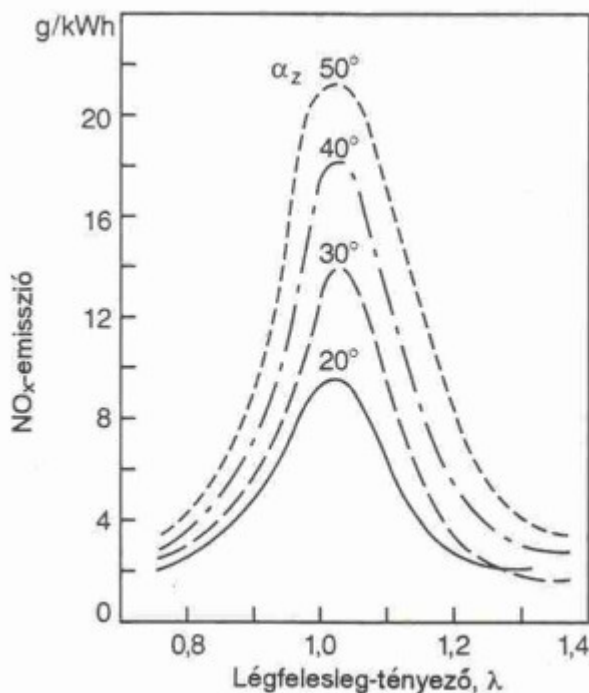
Ideális esetben a levegőn elégetett szénhidrogének égésterméke, a hidrogén égéséből származó vízgőz, és a szénből származó széndioxid. A tüzelőanyagok kéntartalma napjainkban már nagyon alacsony, így a kén égéstermékeitől eltekintünk.

Az égéstérben azonban a folyamat nagy nyomáson és hőmérsékleten történik, így nem tekinthetjük ideálisnak. Káros-anyagoknak azokat az égéstermékeket nevezzük, amelyek már kis koncentrációban is veszélyeztetik az ember egészségét. Ilyenek az el nem égett

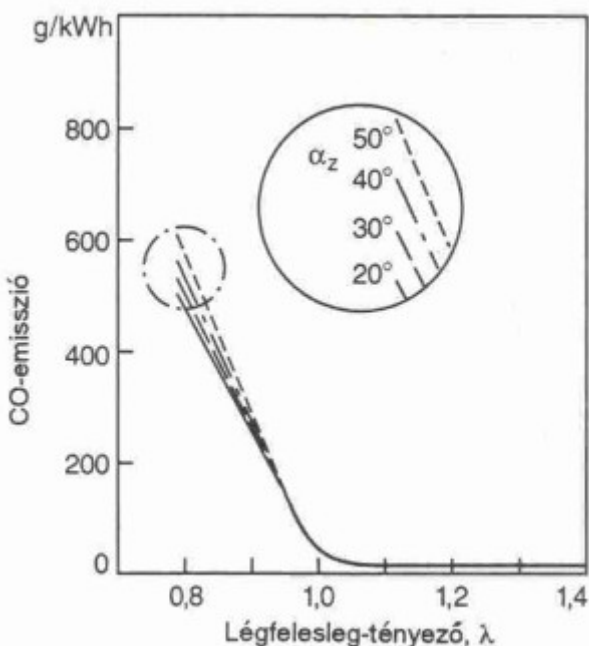
szénhidrogének (CH-emisszió), az oxigén szegény környezetben keletkező szén-monoxid, és a nagy nyomáson és hőmérsékleten létrejövő nitrogén-oxidok.

A szénhidrogén kibocsájtás azokban az üzemállapotokban jellemző, mikor a dús keverékben nem jut oxigén minden benzinrészecskének. Ennél az állapotnál a hengerben található összes levegőt elégetjük, de ez csak úgy sikerülhet – a keveredés tökéletlensége miatt – hogy több benzin van a keverékben mint ami el tudna égni. Így elérhetjük a keverékképzésből kihozható legnagyobb teljesítményt, viszont a tüzelőanyag fogyasztást lerontjuk. Túlzott CH-emissziót okozhat egy esetleges gyújtáskiagyás, illetve a motor

kopásából adódó hézagok növekedése az égéstérben. A dugattyú és a hengerfal közötti hézagba ugyan úgy jut benzin-levegő keverék. Mivel abban a kis részben a gázt körülölelő fém részek felülete aránylag nagy, a lángfront kialszik, mielőtt el tudna jutni ezekre a szűk helyekre. Ha ezek a hézagok megnőnek, oda több keverék fér be, ami emeli a szénhidrogén emissziót. Ebbe folyamatba a gyújtásidőztetés oly módon szól bele, hogy az előgyújtás idejét mindig úgy választja meg, hogy az égés sebességének függvényében, a lángfront sose aludjon ki.



14. ábra. Forrás: Bosch



15. ábra. Forrás: Bosch

A nitrogén-oxidok akkor keletkeznek, mikor a nagy nyomáson és hőmérsékleten, végbemegy a nitrogén oxidációja. Dús keveréknél kevés oxigén van ahhoz hogy végbemenjen ez a folyamat, a keverék túlzott elszegényítése pedig csökkenti az égés hőmérsékletét, ami megint csak megakadályozza a NO_x képződést. A legmagasabb értéket az ideális keverési aránynál egy kicsit szegényebb keverékben éri el. Az előgyújtás mértéke, hatással van az égési csúcsnyomásra – minél korábbi, annál nagyobb – és ez növeli a NO_x emissziót.

Szén-monoxid csak rendkívül dús keveréknél keletkezik, hiszen itt oxigén szegény környezetben zajlik le az égés. Az előgyújtás mértéke nem befolyásolja drasztikusan a képződését.

Élettani hatásait tekintve, a szén-monoxid minősül a legveszélyesebbnek, mivel blokkolja a vér oxigénszállító képességét, így nagy koncentrációban hamar fulladásos halál lehet a következménye.

A nitrogén-oxidok, nevezetesen a NO, és az

NO₂ , a levegőre jutva az NO először NO₂ vé oxidálódik, majd a tüdőbe jutva, az ott található vízgőzzel keveredve, salétromosav formájában csapódik le a tüdő felületére. Ezért a nitrogén-dioxidot erősen rákkeltő gázként tartják számon.

Az el nem égett szénhidrogének belégzése, csak sok év intenzív hatása alatt teszi meg károsító hatását. A csontok felpuhulásához és a fogak kihullásához is vezethet.

Összességében elmondható, hogy a motor minden üzemállapotában termelődik valamelyik káros hatású gáz, ennek elkerülését hármass hatású katalizátorral, és a keverési arány $\lambda=1$ közelében tartásával (λ -szabályozással) érhetjük el. Itt mindhárom gáz olyan mennyiségben van jelen, hogy a katalitikus folyamatoknak köszönhetően a szénhidrogének és a szén-monoxid oxidálódik szén-dioxiddá és vízgőzzé , a nitrogén-oxidok pedig redukálódnak nitrogénné.

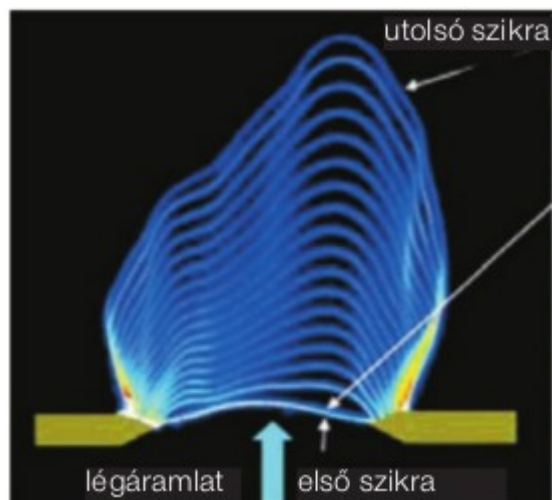
5.Fejezet: Alkalmazható keverékképzési módok a hatásfok növelésére

I. Szegény-keverékes üzemmód

Ahogy az előző fejezetből láthatjuk, a nagy légfelesleg tényezővel való motor üzemeltetés a fajlagos tüzelőanyag fogyasztásnak, így a takarékoságnak kedvez, de a káros-anyag kibocsátásnak nem.

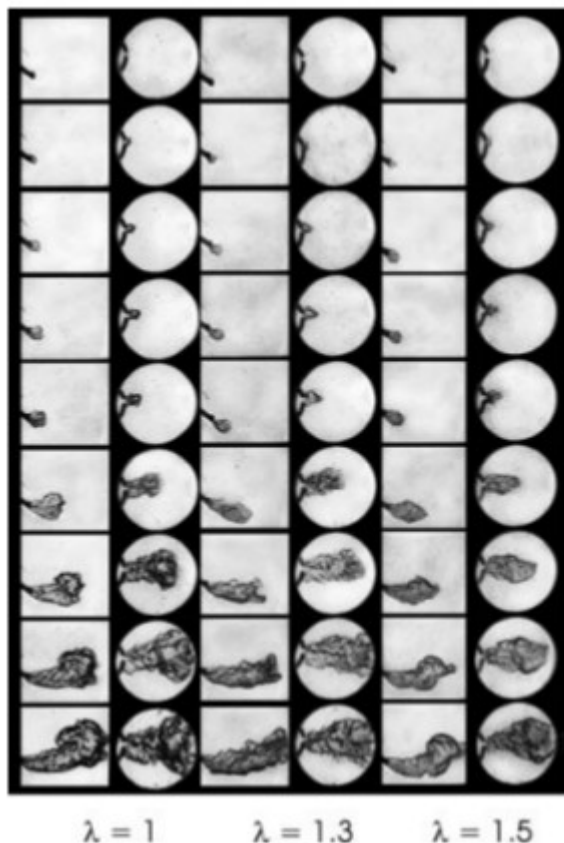
A 11. ábráról leolvashatjuk, hogy a fajlagos tüzelőanyag fogyasztásunk körülbelül 1,15-ös légfelesleg tényező mellett a legalacsonyabb. Itt a motor nem termel elegendő szén-monoxidot és kevés a szénhidrogén, ami redukálni tudná a még mindig nagy mennyiségben termelődő nitrogén-oxidokat.

Azonban a katalitikus folyamatok a természetben is végbemennek, csak sokkal lassabban mint a katalizátorban. Így ha a repülőgép kellő magasságban repül, átállhat szegény keverékes üzemmódra, a termelődő No_x redukálódni fog, mire a földfelszínhez ér.



16. ábra. Delphi multiszikrás gyújtása;
Forrás: Autótechnika

Ebben az üzemmódban azonban nagyobb az esélye egy esetleges lángfrontkialvának, vagy a gyújtás eredménytelenségének. A nehezebben meggyújtható keveréket, ionáram-mérési gyújtással kombinálva azonban kiküszöbölhető ez a probléma is. Ha a gyújtás pillanata után az ionáramgörbe ellaposodó tendenciát mutat, a gyújtórendszer meg tudja ismételni a gyújtást. Ha szükségessé válik, a teljesen elektronikus gyújtás alkalmas a többszörös gyújtásra.



17. ábra. Forrás: C. Arcoumanis · T. Kamimoto - *Flow and Combustion in Reciprocating Engines*

A 16. ábrán látható hogy egy gyújtóintervallumon belül több ívet hozunk létre sűrűn egymás után. A megnövekedett plazma felület, jobb hőátadást biztosít a gáz számára, és nagyobb eséllyel indul meg az égés.

A 17. ábrán látható a lángfront terjedése különböző légfelesleg tényezők mellett.

A levegő paramétereinek gyors megváltozása, ionáramméréses gyújtás nélkül könnyen égéskimaradásokhoz, vagyis a motor elerőtlenedéséhez vezetne.

A minden körülmény között létrejövő magabiztos gyújtás előfeltétele, hogy folyamatosan

tájékoztattva legyen a vezérlőegység, a hengerben zajló égési folyamatokról.

II. Szabályozott öngyulladás⁸

A szabályozott öngyulladás az eddigi stratégiákhoz képest ötvözi a hatásfok javítást/tüzelőanyag-fogyasztás csökkenést és a károsanyag kibocsátás csökkenését.



18. ábra. szikragyújtás és HCCI módban lezajló égés ; forrás: Autótechnika bizonyult.

Míg a hagyományos Otto-motoroknál az égés beindítását a gyújtóív végzi, a szabályozott öngyulladással működő üzemben ez a kompresszió során a hengerben felmelegedő töltet energiájának hatására a tüzelőanyag hőbomláson megy keresztül, majd az égéstér számos pontján egyszerre létrejövő gyulladási magok útján egy lassú égési folyamat jön létre. Ennek a folyamatnak az eléréséhez emelnünk kell a hengerbe beszívott keverék kiinduló hőmérsékletét. Ehhez, a legalkalmasabb technológiának a kipufogógáz visszavezetése

Ennek elérésére a legideálisabb az úgynevezett belső kipufogógáz visszavezetés, ahol a kipufogó szelepet a szívó ütemben is nyitva tartják, így visszaáramlik a forró kipufogó gáz. Ehhez változtatható szelepvezérlés alkalmazása szükséges, ami bonyolultságát, költségigényét, és szofisztikált szabályozását tekintve itt nem jöhet szóba.

Megoldására egy egyszerűbb módszert kell választani. Ha egy külső járaton keresztül, egy szeleppel vezérelve, visszavezetjük a kipufogó oldalról a szívócsőbe a forró gázokat, az megfelelő kompromisszum a költség és a hatékonyság szempontjából.

Ha a sűrítés ütemben elértük a megfelelő hőmérsékletet az öngyulladás beindítására, létrehozhatunk egy lángfront nélküli égést. A 18. ábráról jól látható, hogy a lángfrontban nagyságrendekkel magasabb a hőmérséklet mint a környezetében. A NO_x -ok többsége itt képződik. Ha ezt a lángfrontot el tudjuk hagyni úgy hogy a keverékünk megfelelően elégjen, a káros-anyag emisszió csökkentésén túl, a hatásfokot is javíthatjuk. Mivel az égés sebessége jóformán végtelen, az az égéstér számos pontján egyszerre jön létre, az indikátor

⁸ Hegedüs Tamás – HCCI-körkép ; Autótechnika 2008/3 HU-ISSN 1588-9858

diagrammunk közelíthet az ideálisnak tartott Carnot-körfolyamathoz. Ez nagyban javítja a hatásfokot és a tüzelőanyag fogyasztást.

Mivel az égési csúcsnyomás helye befolyásolja az indikált középnyomást, az öngyulladás időzítése nagyon kritikus. Az égés kezdete nem befolyásolható a gyújtóív létrehozásának idejével, az csak közvetetten, a gyulladást befolyásoló paraméterek ismeretében kalkulálható.

A HCCI üzemmód (Homogeneous Charge Compression Ignition) nem hozható létre a motor bármely üzemállapotában, általában részterhelésnél lehet alkalmazni. Ez ideális lehet egy nagy hatótávolságú, takarékos repülés esetén, ahol nem használjuk a motort nagy terhelésen, és nincsenek hirtelen üzemmódváltások.

A hengerben létrejövő folyamatok pontos ismerete a HCCI módhoz elengedhetetlen, az ionárammérés mindenképp szükséges. Ezen felül a biztos öngyulladás létrehozására alacsony oktánszámú tüzelőanyag alkalmazására van szükség. Erre a célra a dimetil-étert alkalmazzák mint gyulladást segítő adalékanyagot. További előnyös tulajdonsága, hogy oxigén atomokat tartalmaz, elősegítve a tiszta égést, és könnyen párolog. A kétfajta tüzelőanyag keverési aránya folyamatosan változhat, azt számítógép végzi, az ionáramokból kalkulálva.

Mivel a HCCI üzemmód csak olyan helyzetekben használható, mikor aránylag kis terhelésen, statikus teljesítményt leadva üzemel a motor, a normál üzemmód vagy a szegény-keverékes üzemmód használata nem mellőzhető.

A motor mielőtt elérné az üzemi hőmérsékletét, vagy teljes terhelésnél, illetve hirtelen terhelésváltozásoknál, normál üzemmódban van. Ezen kívül a fogyasztás csökkentése végett szegénykeverékkel üzemel, és ha a körülmények lehetővé teszik átvált HCCI üzemre.

Ennek elérésére van szükség a gyújtógyertyákat nyomásérzékelőként használó ionáram-mérési gyújtásra, szofisztikált hengerszelektív motorvezérlő elektronikára, és fokozatmentesen szabályozható kipufogógáz visszavezetésre.

Összegzés

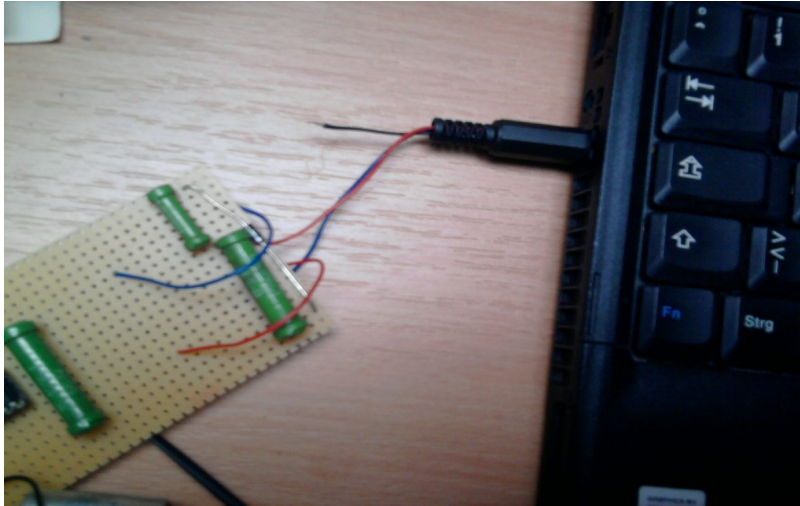
A gyújtás modernizálásában sok lehetőség rejlik, mind hatásfok, mind teljesítmény növelés szempontjából. A keverékképzés lehet akár egyszerű karburátorral megvalósított, a gyújtás lecserélése ionárammérésre, mindenképp jót tesz a motornak, mind üzem közben, mind a diagnosztizálás alatt.



19. ábra

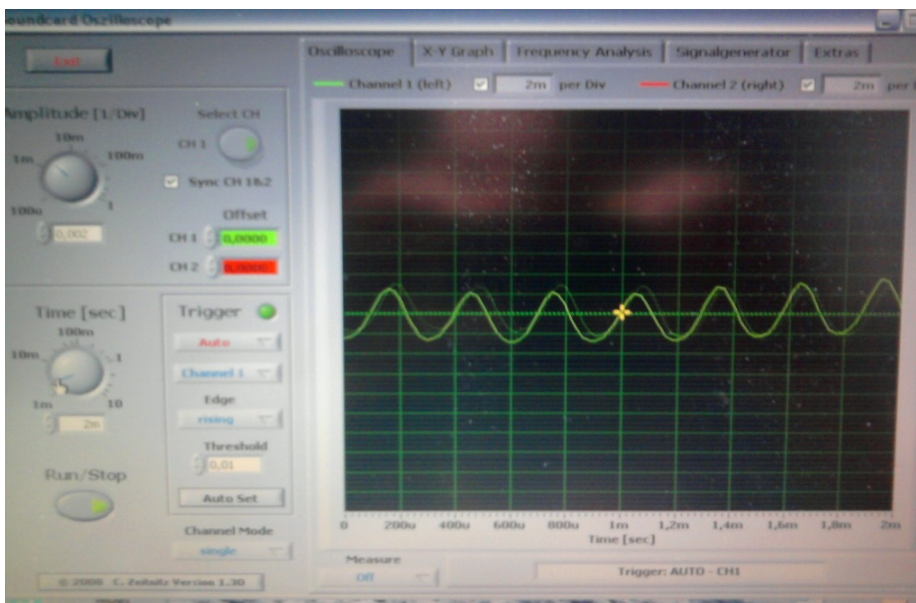
A fenti összeállítással megkísérlem felvenni az ionáram értékeket különböző nyomáson, hőmérsékleten, lángfrontban. A méréshez egy 555 IC vel, a kitöltési tényező változtatásával érem el, hogy a lefutó élekre záródó végfok tranzisztor megszakítja a tekercs primer áramát. A forgó kondenzátorral beállítom azt a frekvenciát, ahol még nem jön létre a szekunder körben áthúzás, csak egy nagymértékű egyenfeszültség. Egy mérőellenállás sorbakötésével, az azon eső feszültségből szeretném megállapítani az ionáramot. A kísérlet még a képen

látható szakaszban van, mért eredményeim még nincsenek. A megfelelő energia biztosításához ólomakkumulátorra van szükség, mivel a mobiltelefon töltője, csak a végfoktranzisztor kivezérléséhez szükséges jelformáló blokk energiáját biztosítja. Mivel az oszcilloszkóp szerepét, egy hangkártyáról mintát vevő ingyenesen letölthető program végzi, feszültségosztók használatához kell folyamodni. A hangkártyára maximum 1,5 V csúcsfeszültség juthat, egyébként károsodik.



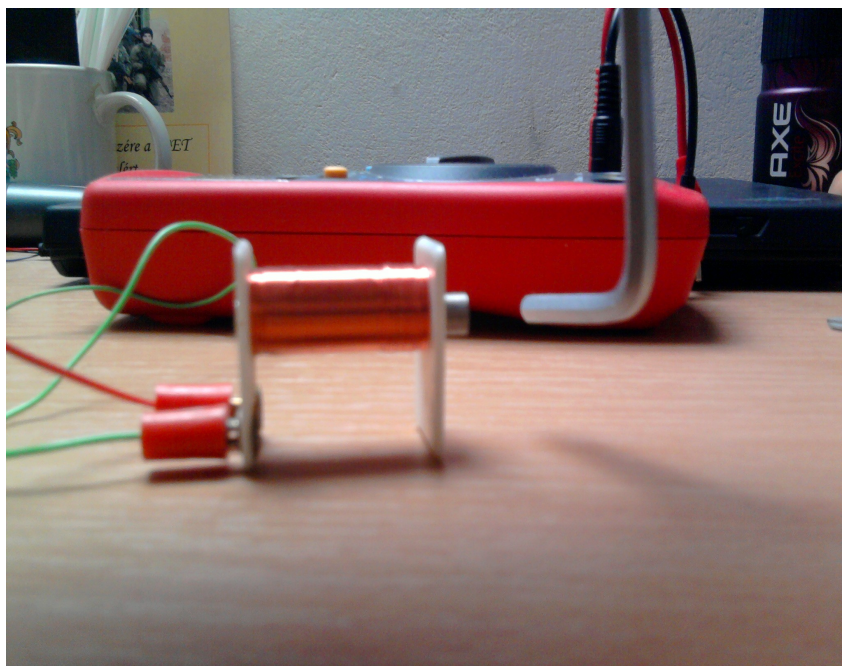
20. ábra

A szkóp csatlakozása nem árnyékolt, és a hangkártya sem nyújt megfelelő zavarcsűrés, ezért csak a jellegét lehet megmérni egy feszültségjelnek.



21. ábra

A 21. képen a Zeitznitz pc-re készült oszcilloszkóp programja látható, amint egy indukciós jeladó jelét méri. Ehhez egy tekercsbe foglalt állandómágnes előtt, egy fúróba befogott imbuszkulcsot forgattam (22. ábra).



22. ábra

A módszer egyszerűsége, és igénytelensége miatt, kiválóan alkalmas a fordulatszám mérésére zord körülmények között. Az egyik érzékeny pontja, a mágnes és a forgó eszköz közötti légrés távolsága. Ha túlságosan eltávolodik, az indukált feszültség a távolság négyzetével csökken.

Dolgozatom a pilóta nélküli repülőgépek hajtóművének takarékosabb üzemeltetését és így hatásugának növekedését biztosító módszereket taglalta.

A benzinmotoros hajtás a hosszú időtartamú repülés egyik alternatívája, ezért én tovább folytatom a kísérleteimet, annak érdekében, hogy egy megbízható, robusztus gyújtásrendszer megalkotásához szükséges tudás birtokába jussak.

A munkához továbbra is számítok a NKE Katonai Repülő Tanszékének segítségére, inspiráló támogatására - amit ezúton is megköszönök.

Irodalomjegyzék:

- [1] C. Arcoumanis · T. Kamimoto - Flow and Combustion in Reciprocating Engines; 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN: 978-3-540-64142-1
e-ISBN: 978-3-540-68901-0
- [2] Willard W. Pulkrabek - Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine
University of Wisconsin , Platteville ; Prentice Hall Upper Saddle River,
New Jersey 07458
- [3] Theodor Finkelstein, Allan J Organ - Air Engines ; 2009 Professional Engineering
Publishing Limited, London and Bury St Edmunds, UK; ISBN: 1 86058 338 5
- [4] Ville Vartiovaara - DIY ion sensing ignition subsystem ; 2002
- [5] F. Zhao, M.-C. Lai, D.L. Harrington - Automotive spark-ignited direct-injection
gasoline engines ; 1999 Elsevier Science Ltd. ; ISBN: 0-08 043676-5
- [6] Richard Stone, Jeffrey K. Ball – Automotive Engineering Fundamentals ; 2004 SAE
International ; ISBN 0-7680-0987-1
- [7] BOSCH Műszaki útmutató füzetek- Gyújtógyertyák ; Maróti műszaki könyvkiadó
- [8] BOSCH Műszaki útmutató füzetek- Akkumulátoros gyújtás ; Maróti műszaki
könyvkiadó
- [9] Bódi Béla - Az ionáram-mérési gyújtás alapjai ; Autótechnika 2011/10
HU-ISSN 1588-9858
- [10] Hegedüs Tamás – HCCI-körkép ; Autótechnika 2008/3 HU-ISSN 1588-9858
- [11] George Gamow, John M. Cleveland – Fizika, fordította: Svékus Olivér, Gondolat
Kiadó, Budapest 1973
- [12] Jay Orear – Modern Fizika ; 2. átdolgozott és bővített kiadás ; Műszaki Könyvkiadó,
Budapest 1971
- [13] BOSCH Műszaki útmutató füzetek - Otto-motorok kipufogógáz technikája ; Maróti
műszaki könyvkiadó
- [14] Bedarfsgerechte Mehrfachzündung für kritische Entfahrmungsbediengungen MTZ
07-08/2008.
- [15] Delphi's New High Performance Gasoline Direct Injection (GDi) System, Press
release September 11, 2007 www.delphi.com/media