

A sorozatlövő

1. rész

A DELPHI multiszikrás gyújtása

A tüzelőanyag-sugár-vezetéses, réteges keverékképzésű égési folyamat megvalósítása az Otto-motorokban, a befecskendezés és a gyújtás közötti rövid időtartam és a gyújtógyertya környezetében erősen változó keverékkoncentrációk miatt szigorú követelményeket támaszt a gyújtásrendszerrel szemben. Cikkünkben bemutatjuk a Delphi új, áramvezérelt, többszikrós gyújtó rendszerét (1. rész), valamint ennek alkalmazását a rétegzett keverékű üzemben, sugárvezetéses égési folyamat során (2. rész).

Az ismert rétegzett keverékstruktúrát létrehozó keverékképzési technikák közül a tüzelőanyag-sugárral alakított, mondhatjuk, hogy vezérelt vagy vezetett keverékképzés jelenti a leghatékonyabb fogyasztáscsökkentő eszközt az Otto-motoroknál. Azért, hogy ezt a célt a relatív rövid, a keverékképzésre rendelkezésre álló idő ellenére a legjobban ki tud-

ják használni, a gyújtórendszert úgy kell tervezni, hogy a tüzelőanyag-sugár-képzés és a keverékképzés gyengéseit kiküszöbölje, és a beépített komponensekre vonatkozó tűrés követelményeket lecsökkentse. Egyéb gyújtórendszerek (pl. nagy energiájú kondenzátoros, váltakozófeszültségű) azzal együtt, hogy költségesek, nagy tömegűek, nagy térfogatú-

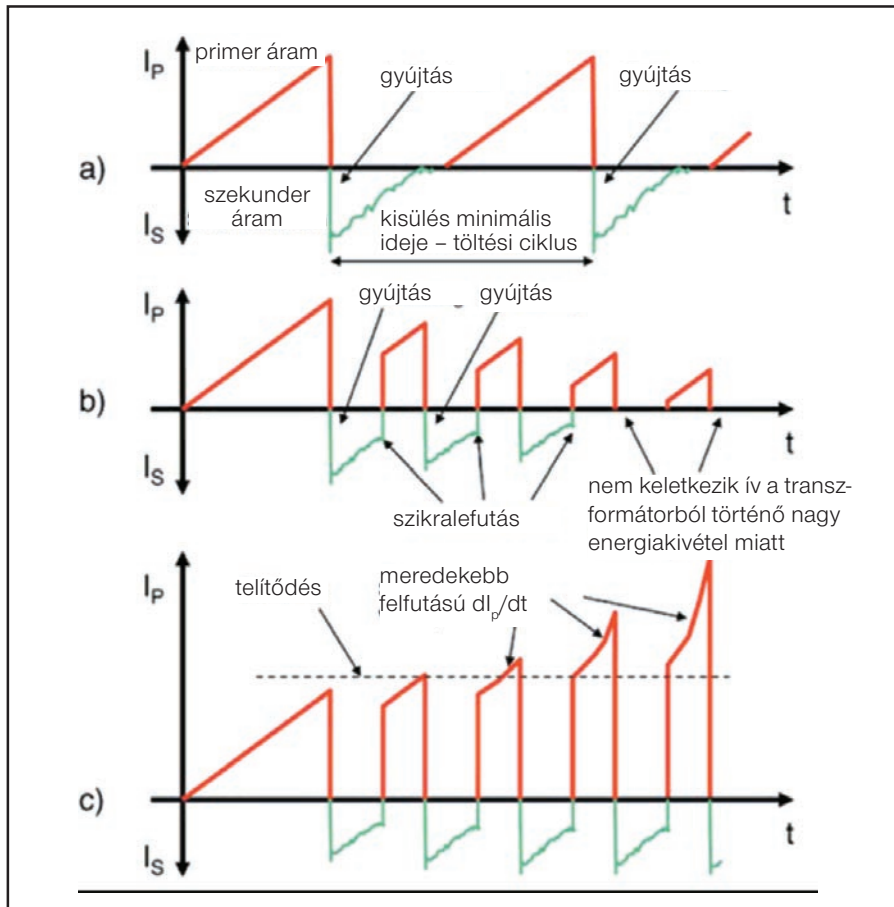
ak, habár az általuk létrehozott gyújtóenergia igen nagy és az ívégéstartam igen hosszú, nem vagy nem elegendően tudnak bizonyos funkciókövetelményeket teljesíteni, amelyeket a fogyasztás optimalizálás támaszt.

Többszikrós gyújtó vagy többszikrás gyújtórendszerek

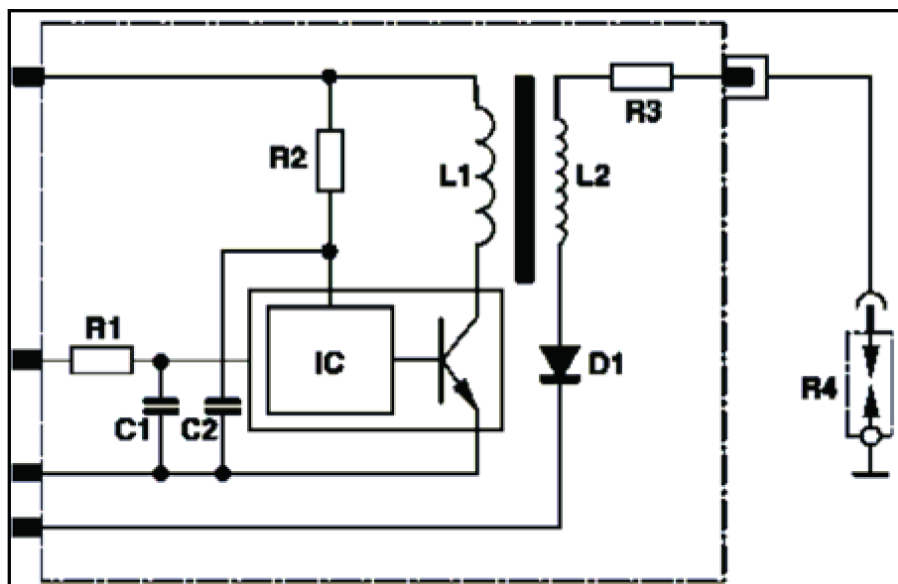
A többszikrás rendszereket (Mehrfachzündsystem, MFZ) alapvetően két csoportra oszthatjuk. Vannak idővezérelt és vannak áramvezérelt rendszerek. Az idővezérelt rendszerek nem veszik figyelembe a gyújtótranszformátor töltöttségi állapotát, hanem a feltöltés vezérlését egy előre megadott, a motorvezérlő egységben tárolt táblázat szerint végzik. Tulajdonképpen ezekben a táblázatokban a különböző üzemiállapotokhoz a két gyújtás között eltelt idő, mint vezérlési érték a tárolt adat. Ezzel szemben az áramvezérelt (nevezzük a továbbiakban szabályozottnak) rendszerek a gyújtótrafó valóságos töltöttségi állapotát már ismerik az újrafeltöltés megkezdése során. Mivel egy transzformátor kisütési karakterisztikáját mértékadóan az égéstérben lezajló folyamatok határozzák meg, ezért az áramszabályozott rendszerek az erősen változó feltételekhez jobban tudnak alkalmazkodni. Az egyik speciális formája a többszikrás rendszereknek pl. a Mercedes ECI, amelyet igen nagy mértékű költségvonzata miatt csak felsőkategóriás járművekben találhatunk.

Idővezérelt többszikrás gyújtás

A motorvezérlőben előre eltárolt adatok alapján a motorelektronika irányítja az ívsorozat létrehozó folyamatot. A működés ábrázolásá-



1. ábra



2. ábra

ra az 1. ábra szolgál. Ebben az esetben két üzemmódot lehet megkülönböztetni:

- újrafeltöltés csak a tekercs teljes kisütése után kezdődik (1. ábra a) rész). Ezzel a motorelektronika számára ismeretlen kezdeti feltételeket elkerülük. (Kezdeti feltételek alatt értjük azt az energiaszintet, amely az ív kialakítása után, a primer áramkör újbóli zárásakor a gyújtótrafóban még jelen van.) Így természetesen meghosszabbodik az idő a következő szikráig. Hatásos ismétlési számot (ismétlési rátát) csak kisebb fordulatszámnál kap az ember, pl. motorindításnál. Vegyünk egy átlagos indítási fordulatszámot ($150-200 \text{ min}^{-1}$)! Számoljuk ki ezen a fordulatszámon, hogy 6 ms-os szikratávolság (két szikra megjelenése között eltelt idő) mekkora főtengelyszögelfordulásnak felel meg.

$$200 \text{ min}^{-1} = 3,33 \text{ s}^{-1} \rightarrow T = 0,3 \text{ s} = 300 \text{ ms} \\ \sim 360^\circ \text{ft} \rightarrow 6 \text{ ms} \sim 7,2^\circ \text{ft}$$

Viszont egy 6 ms-os szikratávolság 1000 min^{-1} fordulatonál már 36°ft -nak felel meg. Így a második gyújtószikra már olyan messze van az ideális gyújtásidőponttól, hogy talán megakadályozhat egy gyulladáskimaradást, de ez a hatás lényegében csak belső motorikus HC-redukcióra korlátozódik.

- újrafeltöltés a gyújtóív megszakításával. Ezáltal nő ugyan az ismétlési szám, de a motorelektronika számára a gyújtótrafó energiaszintje továbbra sem is-

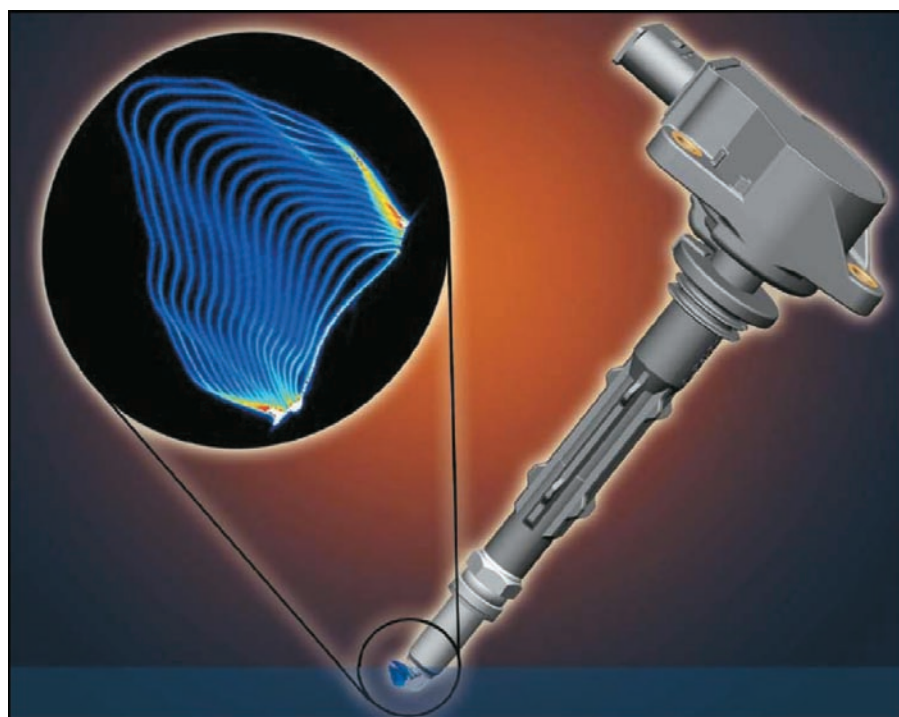
mert. A transzformátorból történő nagy energiakivétel esetén az utántöltések folyamata oda vezethet, hogy olyan feltételek alakulnak ki, hogy a gyújtóív a hengerben már nem biztosítható (1. ábra b) rész). Fordított esetben (1. ábra c) rész) a tekercset túl tudják tölteni úgy, hogy az már a mágneses telítettséget eléri, de az ekkor fellépő nagy áramok a tekercset vagy a vezérlő félvezetőket károsíthatják.

Áramszabályozott többszörös gyújtás, a Delphi-rendszer jellemzői

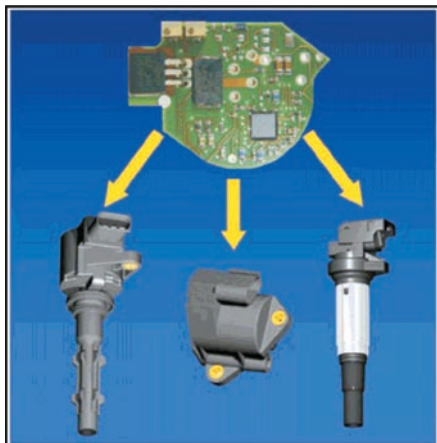
Ellentétben az előzőekkel, a Delphi többszörösen gyújtó rendszere áramszabályozott, amelyhez visszacsatolásként felhasználja mind a primer, mind pedig a szekunder oldali áramkört is. A gyújtásrendszer egyszerűsített kapcsolási rajza a 2. ábrán látható. A visszacsatolások segítségével a gyújtótrafó energiatartalma minden időpontban ismert. A Delphi már a 2000-es év körül is tervezett egy gyújtásrendszert, amely már ionáramjellet szolgáltatott az égéslefolys kiértékeléséhez. Az annak alapjául szolgáló többszikrás gyújtásalgorithmus és a primer és szekunder oldali áramszabályozás továbbfejlesztésével jutottak el a mai multiszikrás rendszerhez (Multi Charge Ignition, MCI). A 3. ábra az MCI-rendszer által létrehozott szikrasorozatot mutatja (az ívsorozatról később részletesebben lesz szó). Továbbá megfigyelhető a ma már szokásos komponenselrendezés, a gyertya fölé helyezett transzformátor és a transzformátorra integrált gyújtóelektronika.

A multiszikrás rendszer jellemzői részletesen:

1. Hosszú időtartam és nagy energiájú ív:
 - maximum 25 gyújtóív és ezzel összesen 300 mJ szikraenergia hozható létre,



3. ábra



4. ábra

- minden körülmények között garantált egy legkisebb szikraidőtartam és ezzel együtt a gyújtóenergia,
- megnövelt hatásos szikraidőtartam (első két ívfázis),
- kisméretű gyújtótekercesek alkalmazása, a gyors tölthetőség és kisüthetőség érdekében; töltés / kisütés: 50-200 μ s,
- az egymás után következő gyújtások távolsága 1000 min^{-1} -nél 1-2 °ft.

2. A gyors, többszörös rendszer rendkívüli szikrasorozatot hoz létre:

az egyes szikrák az előző szikrák lefutását (lefolyását) követik,

- a hosszabb szikraszakaszhoz egy nagyobb gyújtófeszültség szükséges, amely azonban nagyobb gyújtóenergiát jelent,
- a rendszer érzéketlen a tüzelőanyag által benedvesített („beköpt”) gyújtógyertya-elektrodákra,
- minden ív 100%-osan kihasználja a gyújtótrafóban tárolt energiát.

3. A lángkialvási viszonyok jelentős javítása:

- abban az esetben, ha a szikrát a levegőáram vagy a befecskendezési sugár kioltja, mindig van újragyújtási lehetőség,
- áramvezérelt töltési és kisütési folyamatok garantálják a tekercesek elegendő töltöttségi állapotát,
- nagyon gyors utántöltés, ezáltal hosszan kitértett vagy kivezetett gyújtószikra a befecskendezési sugárban is létrehozható.

A gyújtótranszformátor felépítése

A rendszer nem igényel speciális felépítésű transzformátort. Megvalósítható gyertya fölé épített kivitellel, vagy gyújtókábel segít-

ségével, nem közvetlenül a gyertya közelében elhelyezve. (Ezt mutatja a 4. ábra.) Két jelentős tényező határozza meg az MCI-rendszerrel a gyújtótrafók konstrukcióját:

- nagy gyújtófeszültségszint: különösen tüzelőanyag által benedvesített (beköpt) gyertyaelektrodák esetén, mivel ez jelentősen lerontja az ívképzés lehetőségeit. Nagy feszültségek eléréséhez kis tekercesnél különösen fontos a szekunder oldali szórt kapacitások minimalizálását megoldani.
- gyors újrafeltöltés: nagy gyújtófeszültségigény esetén a gyors tekerceskisülés miatt az ív már rövid égéstartam után kialszik. Azért, hogy a legrövidebb idő alatt teljes potenciállal lehessen gyújtani, a primer tekercesnek kis ohmos ellenállással és kis induktivitással kell rendelkeznie. A primer tekerces teljes mértékű feltöltése kevesebb mint 1 ms alatt megtörténik.

Transzformátorra épített gyújtás-elektronika

A 4. ábra felső részén látható a gyújtóelektronika, amely többek között a gyújtás - IGBT-t (IGBT - Insulated Gate Bipolar Transistor) és a többszörös gyújtás kivezérléséhez szükséges integrált kapcsolást (ASIC) tartalmazza. Ezeket helyspóroló ún. Flip-Chip technika segítségével helyezik el. Az ASIC-ban minden további, az önálló üzemhez szükséges funkció integrált.

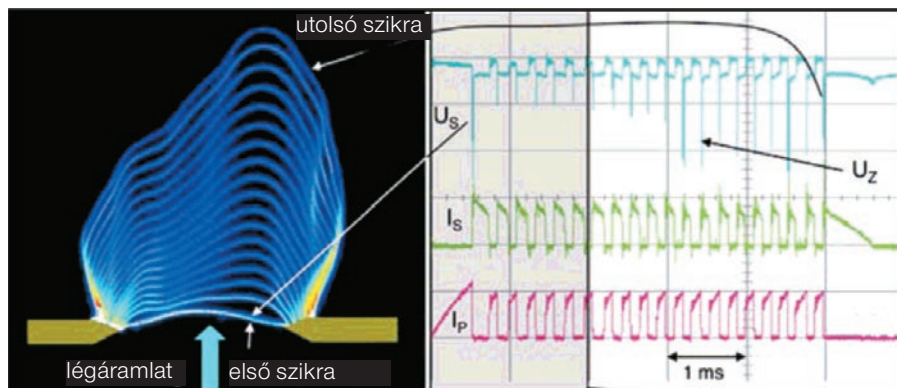
Az MCI működése

A gyújtás-elektronikának a motorelektronika elküldi a gyújtásjelet, és ezzel automatikusan elindul egy algoritmus, amely az egymás után egy ciklus alatt bekövetkező

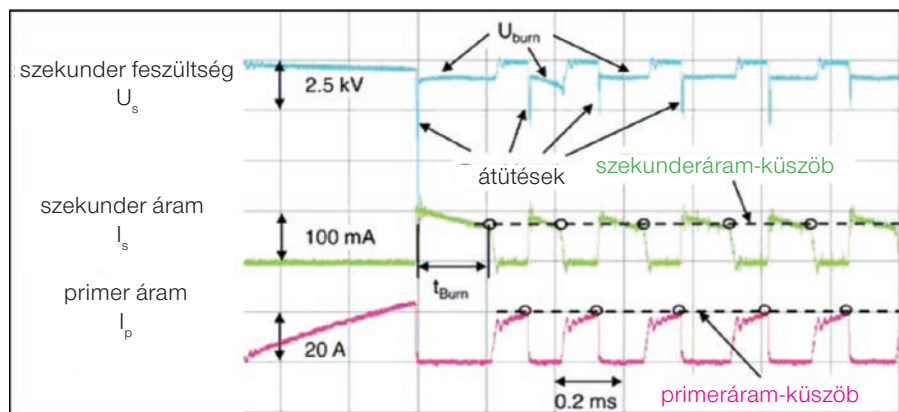
gyújtásokat vezérli. Az 5. ábra egy ívsorozatot mutat külső légárammal „zavart” szikrák között, 10 mm-es elektrodátávolság és környezeti nyomás mellett. A folyamatot egy nyitott blendéjű fényképezőgéppel vették fel. Az egyes „plazmaszálak” az időben egymás után bekövetkező kisülésekhez tartoznak. A felvétel a valóságban ilyen módon nem jön létre, ott mindig csak egy ív van jelen. Az előgyújtáskor létrejövő ív az elektrodák között a lehető legkisebb úton jön létre, a későbbi gyújtások alkalmával pedig már a légáram miatt messzebbre kiterített vagy kivezetett plazmacsatornák keletkeznek. Az elsőre talán szembeötlő specifikus vizsgálati körülményeknek (10 mm-es elektrodátávolság, környezeti nyomás) van némi valóságalapja, ugyanis a gyújtótranszformátor gyártása során a transzformátorok működésének végellenőrzésére ugyanilyen vizsgálati paraméterek mellett kerül sor.

Az ábrázolt ciklus kb. 20 ívet tartalmaz és kb. 5 ms időtartamú. Az összes gyújtóenergia 200 mJ. Az 5. ábra jobb oldali részén a szikrasorozatához tartozó gyújtásoszillogramok láthatók. A legfelső a szekunder feszültséget mutatja. A szekunder feszültségsorozatban többek között két dolog is megfigyelhető. Az egyik, hogy az első átütés után a következőhöz már jelentősen kisebb energia szükséges, a másik, amit a tudásunk alapján már könnyen észreveszünk, hogy a légáram miatt egyre messzebbre kivezetődő ívek létrehozásához egyre nagyobb gyújtófeszültség szükséges.

A szekunder feszültség oszcillogram alatt a szekunder áram, alatta pedig a primer áram oszcillogram látható ugyanezen a cikluson belül. A 6. ábrán ugyanezek a jelek nagyobb felbontásban figyelhetők meg, to-



5. ábra



6. ábra

vábbá fel vannak tüntetve az oszcillogram osztásértékei, idő, áram és feszültség is, külön mindegyik jelre vonatkozóan. Az első átütéshez tartozó feszültségérték kb. 7,5 kV, a továbbiakban azonban az ív hosszától függően alig nagyobb, mint 2,5 kV. Az ívfenntartás (U_{burn}) változó időtartamú ugyan, de átlagosan kisebb mint 0,2 ms. Szokatlan érték a 20 A-nál nagyobb maximális primer áram. Ennél a rendszer-nél már jelentősen kisebbre hagyják az ívfenntartást, amely a gyújtóív fázisainak az utolsó része, és ahol a legkisebb hatásfokú az energiaátvitel az ívről a keverék felé. De ezek alapján sem tisztázott, hogy ennek a fázisnak, a nagyobb fordulatszám-tartományokban van-e jelentősége. A régi rendszer-eknél megszokott kb. 2 ms-os ívfenntartási időt figyelembe véve, ezen idő alatt az MCI-rendszer-nél kb. 10 gyújtóív jön létre. Bevezethető még két jellemző mennyiség, a szekunderáram-küszöb (Sekundärstromschwelle) és a primeráram-küszöb (Primerstromschwelle), amelyekről a következőkben részletesebben lesz szó.

Szekunderáram-küszöb

Az átütést követően a szekunder áram (I_s) átlagos, kb. 100 mA nagyságú értékről kezd el lassan csökkenni. Az MCI-rendszer a folyamat alatt folyamatosan figyeli a szekunder áram nagyságát, és megszakítja az ívet, ha az áram értéke a küszöbérték alá esik, azért, hogy a primer tekercset újra tölteni kezdje. A küszöbérték által beállítható szikraenergiát és égéstartamot az égéstér mindenkor termodinamikus állapotának függvényében határozzák meg.

Primeráram-küszöb

A gyújtószikra megszakítása után a primer tekercset újra zárt áramkörbe kapcsolva, az áram először meredeken emelkedik a trafó töltöttségi állapotának megfelelő szintig, és ezután egy töréspontot követően kezdődik az „exponenciális töltődés”. Amikor elérte a beállított küszöbértéket, azután következik az újabb gyújtás.

A többszörös gyújtásfolyamat hossza

A többszörös gyújtásfolyamat hosszát a motorelektronika maximum 40 °ft tartamban határozza meg. Azokban az üzemiállapotokban, amelyekben többszörös gyújtás nem szükséges, pl. hosszabb tolóüzem vagy a rétegezett keverékű üzem tartományán kívül, ezt a gyújtásciklustartamot lerövidíti.

Az MCI-rendszer a motorelektronikától érkező szokásos gyújtásjelet használja, ezáltal kompatibilis a jelenlegi motorirányító egységekhez.

A következő részben foglalkozunk, az MCI-hez kapcsolódóan, a rétegezett keverék gyulladási idejének különlegességeivel, a gyulladáskimaradással és további motorikus jellemzőkkel a tüzelőanyag-sugár-vezérelt rétegezett elégetési eljárás során.

SZABADOS GYÖRGY

(Megjegyzés: a gyújtórendszer - gyújtásrendszer szavak szinonimaként szerepelnek. Az ív - szikra - gyújtóív - gyújtószikra szavak szinonimaként szerepelnek, a leírás nem olyan részletes, hogy a szikra és az ív között különbséget tegyünk.)

Forrás:

Bedarfsgerechte Mehrfachzündung für kritische Entfaltungsbereingungen MTZ 07-08/2008.

MultiCharge Ignition for Spray Guided Systems and Delphi Fast MultiCharge Ignition System - presentations IAA 2007. Delphi's New High Performance Gasoline Direct Injection (GDi) System, Press release September 11, 2007 www.delphi.com/media

Szervizberendezés?

www.metker.hu