

4.7. Villamos gyújtóberendezések

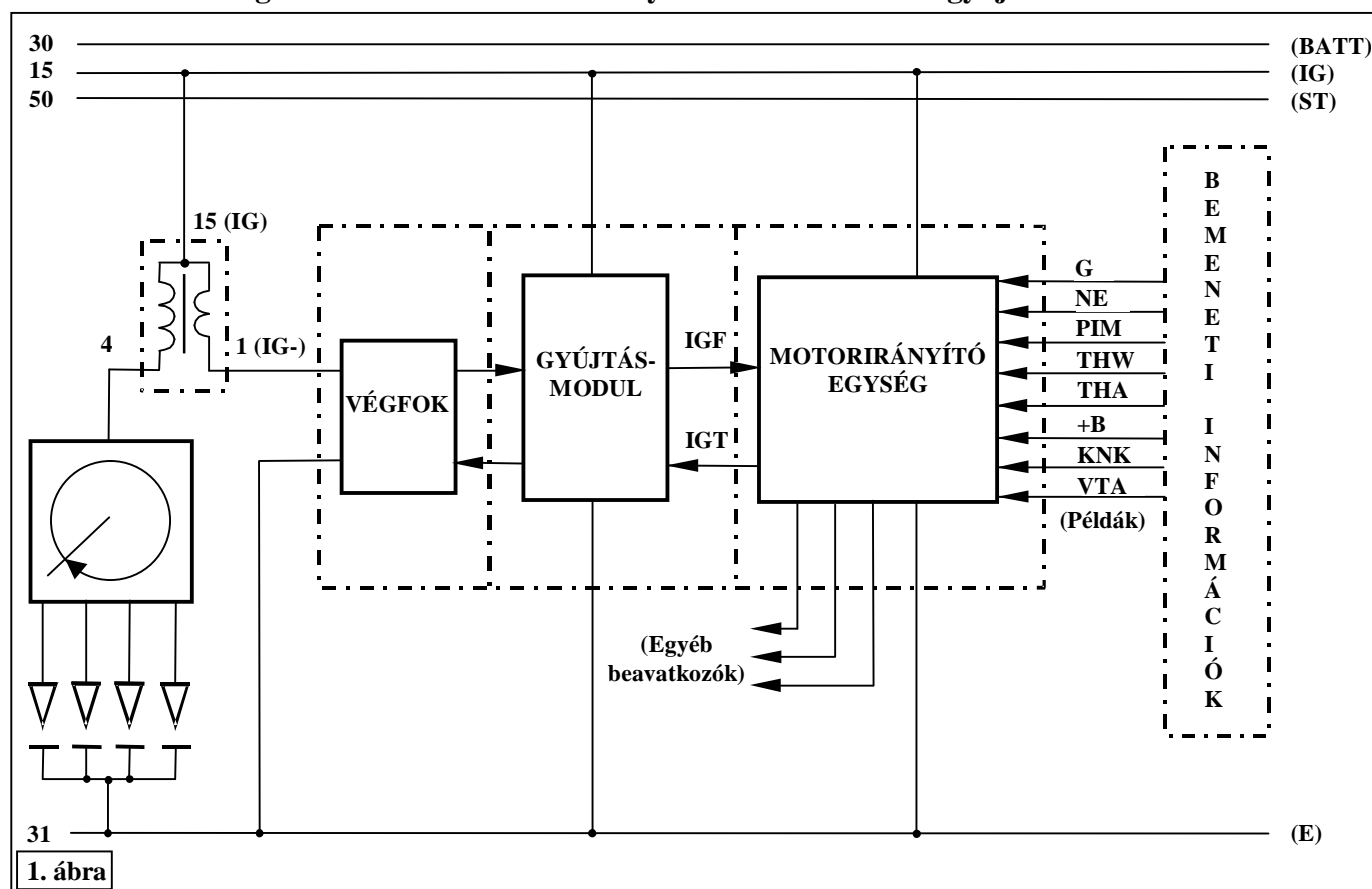
(Hetedik rész)

A gyújtóberendezésekről szóló hetedik cikkünk először blokkvázlatszerűen bemutatja a mai integrált motorirányító rendszerek gyújtóáramköreinek három fő alaptípusát. Ezt követően a gyújtásmodulok belső felépítéséről és működéséről közlünk elvi kapcsolásokat és ismertetjük azok működését. Példaként most Denso rendszereket választottuk és annak jelöléselemeit használjuk.

1. Elektronikus motorirányító rendszerek különböző kialakítású gyújtóáramköreinek blokkvázlata és működésük

Ha időrendben követjük nyomon a járműelektronika fejlődését, sorozatgyártásban először a keverékképzésben (Bosch D-Jetonic) jelent meg az elektronikus irányítás, majd ezt követte az elektronikus gyújtásvezérlés. A 80-as évek elejéig e két rendszert külön fejlesztették és azokat külön-külön elektronika irányította. Természetes, hogy a fejlődés következő lépése a két ECU egyesítése volt, hiszen ez kevesebb jeladót és vezetékot jelenthetett. Ráadásul lehetőség nyílt más alrendszerek – pl. az alapjárat szabályzás, vagy a tartályszellőztetés vezérlés – közös irányítására is. Ettől kezdve e rendszereket integrált (egyesített) elektronikus motorirányítónak célszerű nevezni. (A motorvezérlő elnevezés nem pontos, hiszen legtöbbször szabályzási feladatokat is ellát, pl. lambda szabályzás.)

1.1. Integrált elektronikus motorirányító rendszer elosztós gyújtóáramkörrel



1. ábra

BATT – Akkumulátor „30”

IG – Gyújtáskapcsoló „15”

ST – Gyújtáskapcsoló „50”

IG- – Gyújtótekerecs „1”

IGT – Gyújtásidőzítő jel

IGF – Gyújtás-visszaigazolójel

G – Vonatkoztatási jel

NE – Motorfordulatszám jel

PIM – Szívócsőnyomás jel

THW – Motorhőmérséklet jel

THA – Levegő-hőmérséklet jel

+B – Fedélzeti feszültség jel

KNK – Motorkopogás jel

VTA – Fojtószelepállás jel

E motorirányító gyújtórendszere még elosztós kivitelű (tehát Bosch terminológia szerint csak EZ), de az egyesített elektronika nem csak a gyújtást, de más alrendszerek beavatkozóit – pl. befecskendező szelepeket, alapjárat szabályzó szelepet, stb.– is vezérel.

Hogy a motorirányító egységbe a gyújtásmodult és a végfokot is beépítik-e, abban a különböző gyártók eltérnek egymástól. A bemutatásra kerülő Denso rendszerben a gyújtásmodult és a

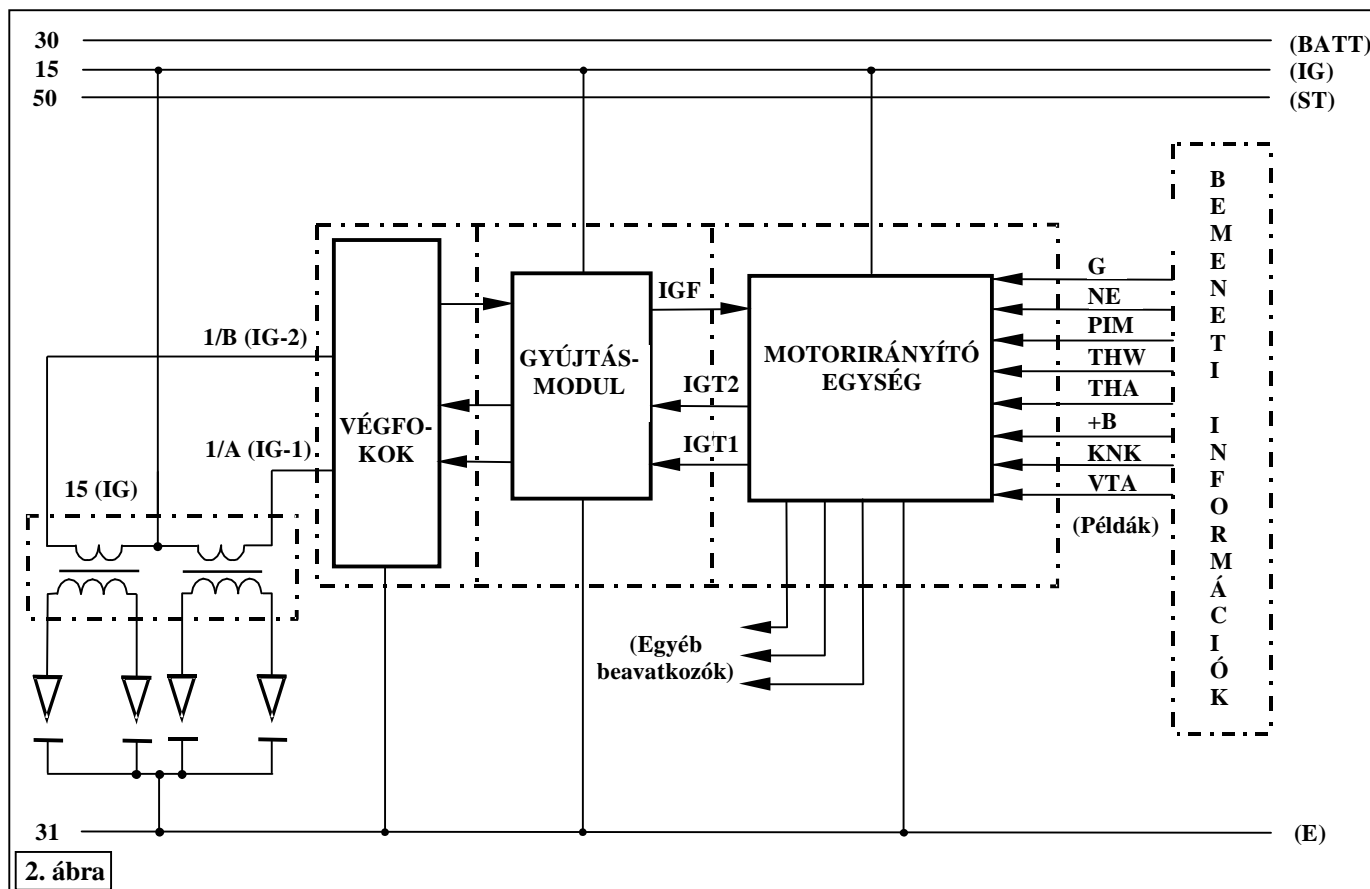
végfokot gyakran az elosztóban találhatjuk meg, és e gyártó a gyújtótekerccset is legtöbbször abba építi be.

A gyújtás működése a blokkvázlat alapján

A motorirányító egység (Engine-ECU) bemeneti információi alapján képezi a gyújtásidőzítő jelet, az úgynevezett IGT jelet. (Ignition Timing). Az 5V-os amplitúdójú négyszögjel felfutó élére a gyújtásmodul kivezéri a végfokot, amelynek kapcsolóelemén (vezető állapotú tranzisztorán) keresztül növekedhet a primer áram, hiszen az összekapcsolja az „1 (IG-) jelű” pontot a járműtesttel. A gyújtásidőzítő jel lefutó élére a végfokot a gyújtásmodul zárja – bekövetkezik a megszakítás –, a sűrítési ütemet végző hengerben a szekunder feszültség létrehozza a gyújtóívet.

Amennyiben a gyújtóív (feltételezhetően) létrejött, a gyújtásmodul gyújtás-visszaigazoló (IGF) jelet generál, ezzel tájékoztatja az ECU-t a megfelelő működésről. (Erről később még részletesen lesz szó.)

1.2. Integrált elektronikus motorirányító rendszer kétszikrás gyújtóáramkörrel



BATT – Akkumulátor „30”
 IG – Gyújtáskapcsoló „15”
 ST – Gyújtáskapcsoló „50”
 IG-1 – Gyújtótekerccs „1/A”
 IG-2 – Gyújtótekerccs „1/B”
 IGT1 – Gyújtásidőzítő jel 1
 IGT2 – Gyújtásidőzítő jel 2
 IGF – Gyújtás-visszaigazoló jel

G – Vonatkoztatási jel
 NE – Motorfordulatszám jel
 PIM – Szívócsőnyomás jel
 THW – Motorhőmérséklet jel
 THA – Levegő-hőmérséklet jel
 +B – Fedélzeti feszültség jel
 KNK – Motorkopogás jel
 VTA – Fojtószelepállás jel

Ennél a rendszernél már nincs elosztó, tehát VEZ vagy D-DIS – „elnevezésre” hallgathat. A gyújtásvégfok két duplaszikrás gyújtótekerccs primeráramát kapcsolgatja. Az „együtt járó” hengerekben egyszerre keletkezik gyújtóív. Az úgynevezett „főszikra” a sűrítési ütemben az égést elindítja, a „mellék-

szikra” (parazitaszikra) gyakorlatilag semmit sem csinál, hiszen az a kipufogási ütemben jelenik meg. Természetesen a következő fordulatnál az együttjáró két hengerben megcserélődnek az ütemek, tehát a másik hengerben indul az égés.

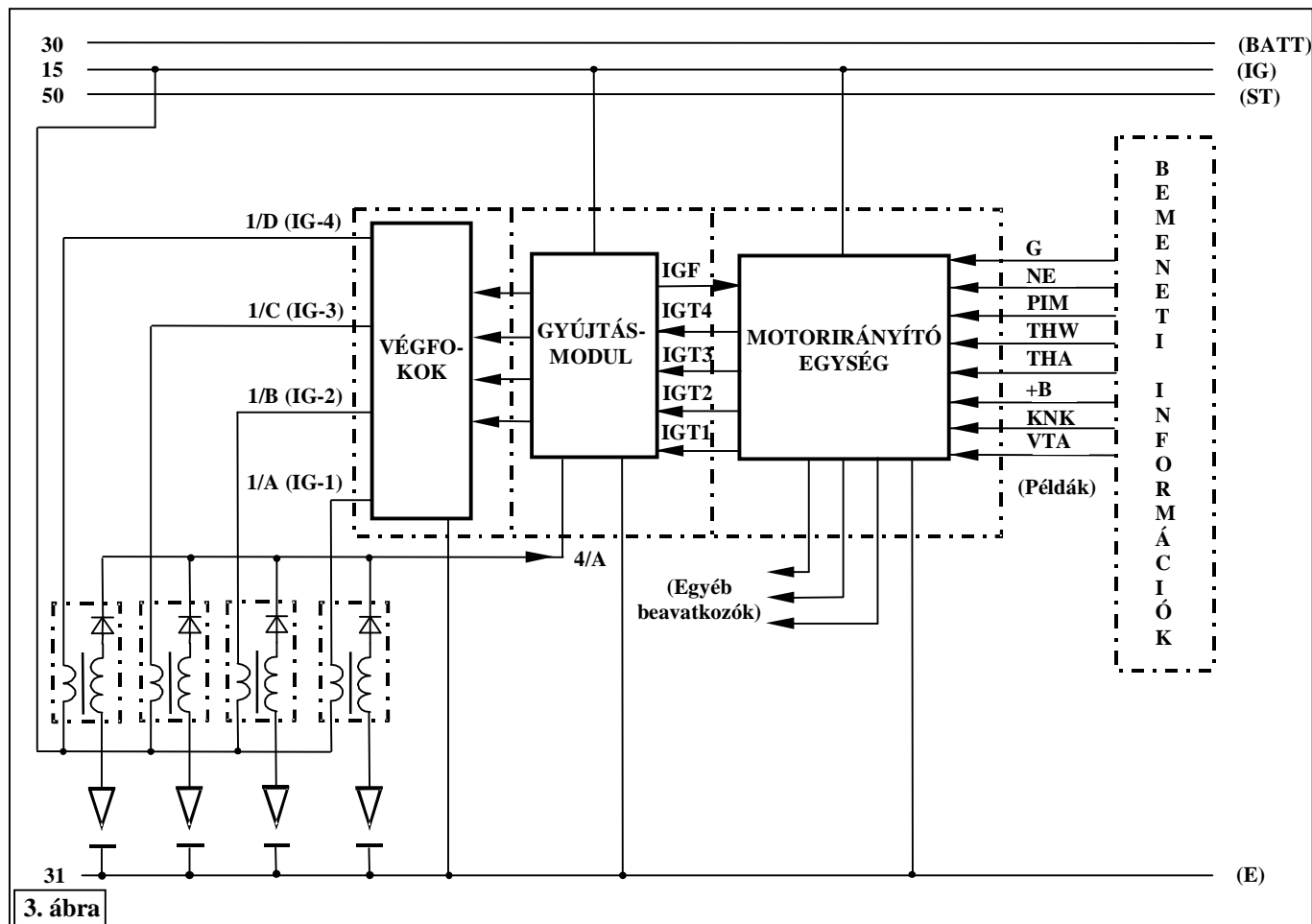
A gyújtás működése a blokkvázlat alapján

Az Engine-ECU bemeneti információi alapján most két gyújtásidőzítő jelet generál. Az egyik a modulon keresztül az 1-4 hengerpár, a másik 2-3 hengerpár primertekercsének végfokát vezérli. Az IGT jelek

felfutó élénél ez esetben is a végfok kapcsolóeleme vezető állapotba kerül, lefutó élénél a végfok zár, létrejönnek a gyújtóívek. A gyújtásmodul most is csak egy IGF jelet állít elő, de ez mindkét gyújtókör működéséről informálja az irányító egységet.

Vegyük észre, hogy az együtt járó hengerek gyertyáiban a soros kötés miatt az áram ellentétesen folyik, ami gyertyaélettartam szempontjából nem ideális. Ezért van gyártó, amelyik az egyenletes elhasználódás érdekében a két gyertya 20.000 km utáni felcserélését írja elő.

1.3. Elektronikus motorirányító rendszer egyszikrás gyújtóáramkörrel



3. ábra

BATT – Akkumulátor „30”
 IG – Gyújtáskapcsoló „15”
 ST – Gyújtáskapcsoló „50”
 IG-1 – Gyújtótekercs „1/A”
 IG-2 – Gyújtótekercs „1/B”
 IG-3 – Gyújtótekercs „1/C”
 IG-4 – Gyújtótekercs „1/D”

IGT1 – Gyújtásidőzítő jel 1
 IGT2 – Gyújtásidőzítő jel 2
 IGT3 – Gyújtásidőzítő jel 3
 IGT4 – Gyújtásidőzítő jel 4
 IGF – Gyújtás-visszaigazoló jel
 G – Vonatkoztatási jel
 NE – Motorfordulatszám jel

PIM – Szívócsőnyomás jel
 THW – Motorhőmérséklet jel
 THA – Levegő-hőmérséklet jel
 +B – Fedélzeti feszültség jel
 KNK – Motorkopogás jel
 VTA – Fojtószelepállás jel

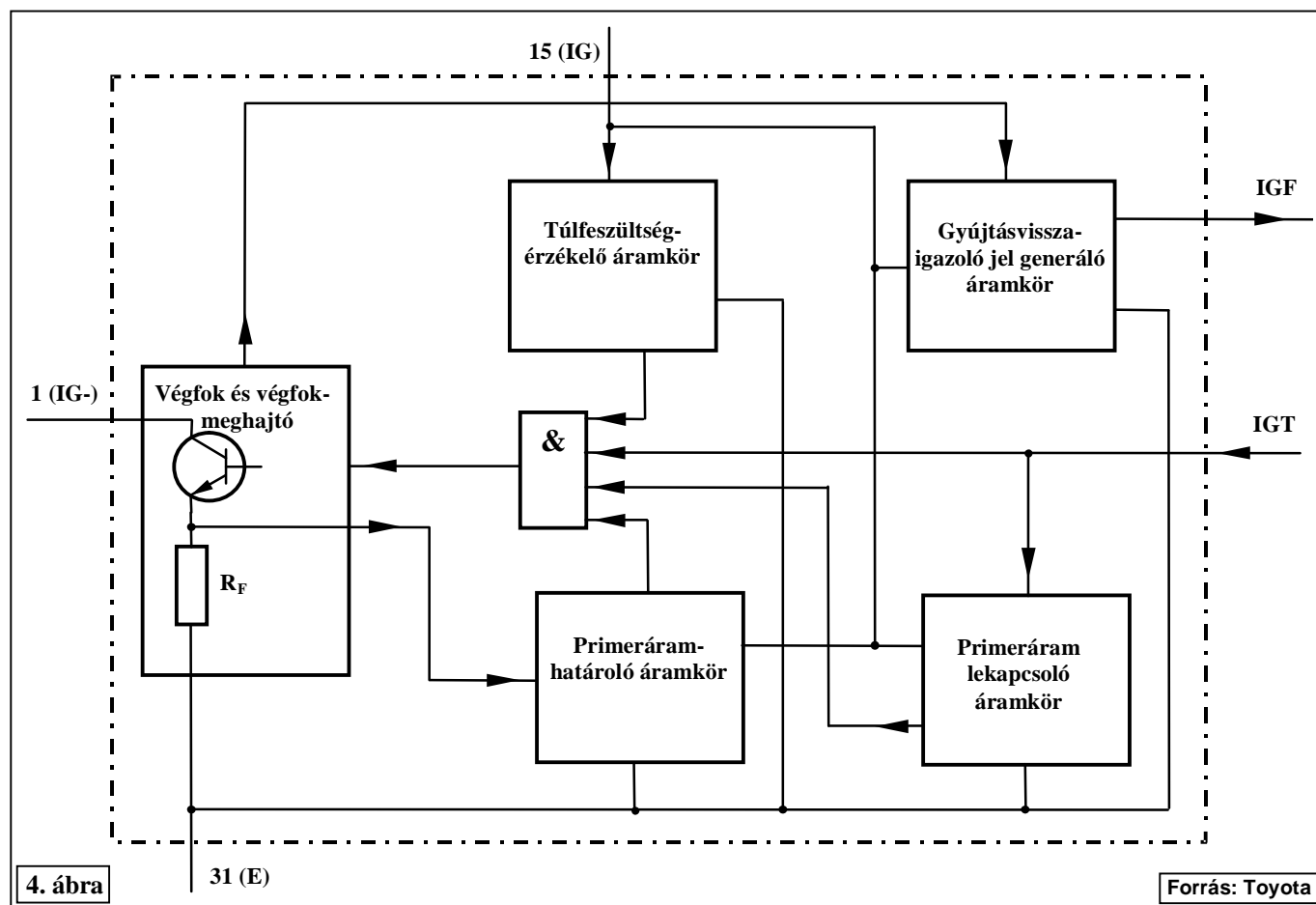
Az egyszikrás gyújtórendszerrel sincs elosztó, tehát VEZ, vagy S-DIS „elnevezésre” hallgat. A gyújtásvégfokban hengerszámnak megfelelő számú kapcsolótranszisztor kapcsolja be, illetve ki a gyújtótekerceket. A tekercest legtöbbször ráépítik a gyújtógyertyára, innen kapta a „gyertyatrafó” elnevezést. A Denso rendszereknél általában a gyújtásmodult is beépítik a gyújtótekercsbe.

A gyújtás működése

Az Engine-ECU bemeneti információi alapján négyhengeres motornál négy gyújtásidőzítő jelet generál. Mindegyik a modulon keresztül 1-1 henger primertekercsének végfokát vezérli. A gyújtásmodul(ok) most is csak egy IGF jelet állít elő, de ez mind a négy gyújtókör működéséről informálja az irányító egységet. A szekunder tekercek egyik vége természetesen közvetlenül a gyertyához kapcsolódik, másik végét a modulban egy ellenálláson keresztül testelik. Az ezen eső feszültségből „tudhatja a modul” hogy kialakult a szekunder áram, tehát visszaigazolhatja a gyújtóív létrejöttét az Engine-ECU felé.

A szekunder tekercsekkel sorba kötött nagyfeszültségű dióda a körben fontos szerepet játszik. A tranzistor vezetőállapotba kerülésekor a primer áram növekedése is indukál feszültséget a szekunder tekercsben, hiszen az is mezőváltozást eredményez. (A feszültség maximuma a fedélzeti feszültség menetátvitel szerese.) E néhány ezer volt egy teljesen rosszul időzített pillanatban esetleg ívet lenne képes létrehozni, ami komoly kellemetlenséget eredményezhetne. (Pl. erős motorkopogást.). Ezt akadályozza meg a dióda azzal, hogy ekkor az záróirányban nagy ellenállásként viselkedik. (Gondoljunk a szekunder feszültség oszcillogramjára!) Felmerülhet a kérdés: az elosztós, vagy a duplaszikrás gyújtásoknál e diódára miért nincs szükség? Bár az említett rendszereknél is létrejön e feszültség, csak hogy az elosztóban, illetve a másik gyertyánál lévő további légrést – tehát kettőt – a nem túl nagy potenciálkülönbség biztosan nem tudja ionizálni, tehát az említett kellemetlen hatástól ezeknél a rendszereknél nem kell tartani.

2. A gyújtásmodul blokkvázlata és működése a blokkvázlat alapján



4. ábra

31 (E)

Forrás: Toyota

A 4. ábrán egy olyan Denso rendszer gyújtásmoduljának blokkvázlatát láthatjuk, amelyet összeépítettek a végfokkal. Ez utóbbi a primer tekercset kapcsolja be, illetve ki. A végfok kapcsolótranzisztorát egy négybemenetes ÉS-kapu hajtja meg. Erről most csak annyit kell tudnunk, hogy e kapu kimenete csak akkor van „H” szinten (magas feszültség szinten), ha mind a négy bemenetére „H” szintű (pl. 5V) feszültség kerül. Az ÉS-kapu egyik bemenetére az IGT jel jut, ez azonban „H” szintjével csak akkor tudja kinyitni a végfokot, ha a további három áramkör kimenete is „H” szinten van.

Ehhez az kell, hogy a fedélzeten ne legyen túlfeszültség, a primer áram ne érjen el egy kritikus értéket, valamint a végfok ne legyen túl hosszú ideje nyitva, tehát ne működjön a primeráram lekapcsolás.

A gyújtásmodulban találjuk a gyújtás-visszaigazoló jel képző áramkört is.

3. A gyújtásmodul belső áramköreinek elvi kapcsolási vázlatai és működésük

3.1. Túlfeszültségvédő áramkör

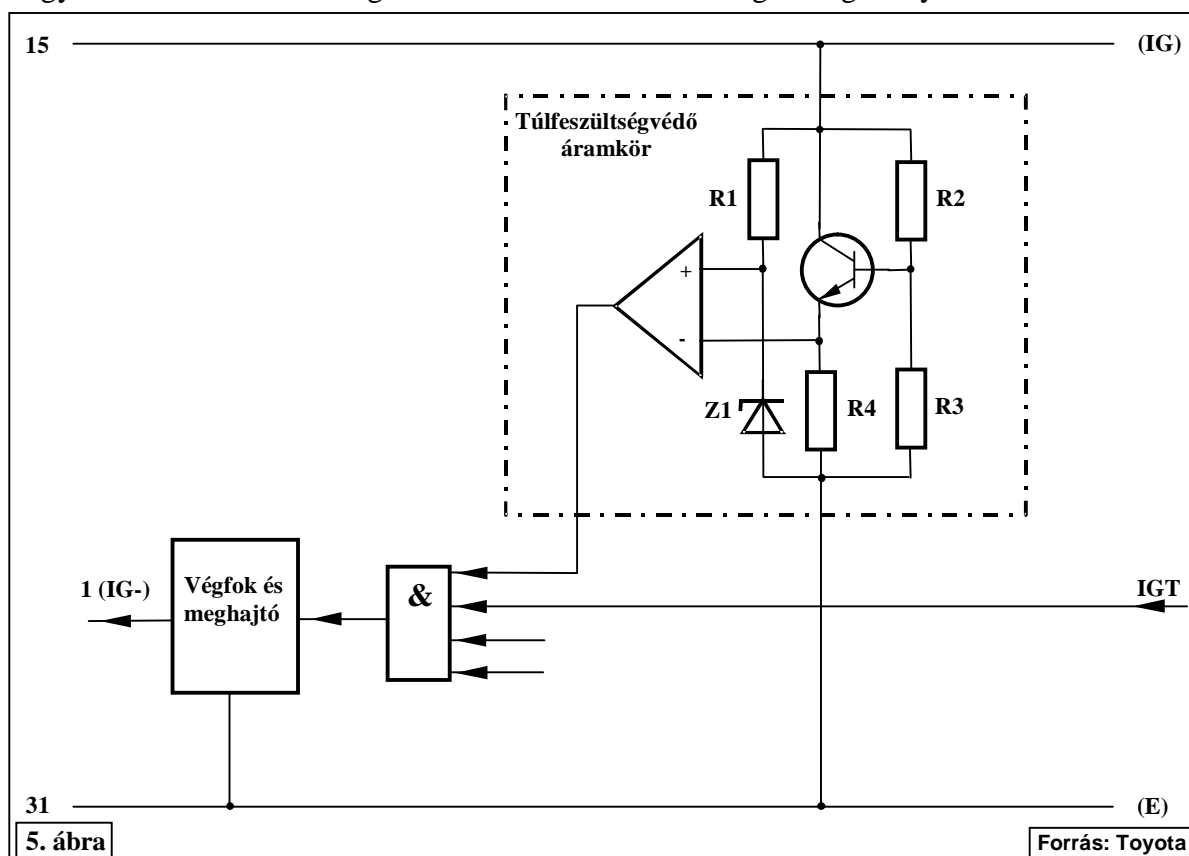
Az elektronikus rendszerekben komoly kárt okozhat, ha pl. feszültségszabályzó hiba miatt a generátor túlzottan magasra emeli a fedélzeti feszültséget. Ezt elkerülendő a gyújtásmodulba túlfeszültségvédő áramkört építenek be, amely egy kritikus érték – pl. 17,3 V felett – megakadályozza hogy az IGT jel

kivezélje a végfokot, tehát gyújtásoldalról leállítja a motort. Persze a megvalósított áramkört (nem a bemutatásra kerülő elvi kapcsolást) úgy kivitelezik, hogy a túlfeszültségnek előírt ideig (pl. 10ms-ig) fenn kell állnia a beavatkozáshoz.

Az áramkör működése

Az 5. ábrán látható túlfeszültségvédő kimenete a modulban elhelyezett, a végfoktranzisztort meghajtó ÉS-kapu egyik bemenetére kerül.

Az áramkörben a komparátor (feszültség-összehasonlító) „+” jelű bemenetét az R1, Z1 elemekből álló feszültségstabilizáló kapcsolás gyakorlatilag állandó potenciálon tartja. A „-” jelű bemenetének potenciálja azonban a tranzisztor állapotától függ. Az R2 és R3 ellenállásokból álló osztót úgy állítják be, hogy az R3-on eső feszültség a kritikus fedélzeti-feszültségátléptéig ne nyissa ki a tranzisztort.



5. ábra

Forrás: Toyota

Ezért annak eléréséig a komparátor „+” bemenetének potenciálja magasabb, mint a „-” bemeneté, tehát a feszültség-összehasonlító kimenete „H” szintű. A túlfeszültségvédő tehát „hagyja”, hogy az IGT jel kivezélje a végfokot.

Ha a fedélzeten túlfeszültség jön létre, a R3 ellenálláson eső feszültség nyitja a tranzisztort. Ezért a komparátor „-” jelű bemenetének potenciálja a „+” bemenet potenciálja fölé kerül. Ekkor a komparátor kimenete „L” (alacsony) feszültségszintre vált, és az IGT jel nem tudja kivezérelni a végfokot, hiszen az ÉS-kapu egyik bemenetére „L” szint került.

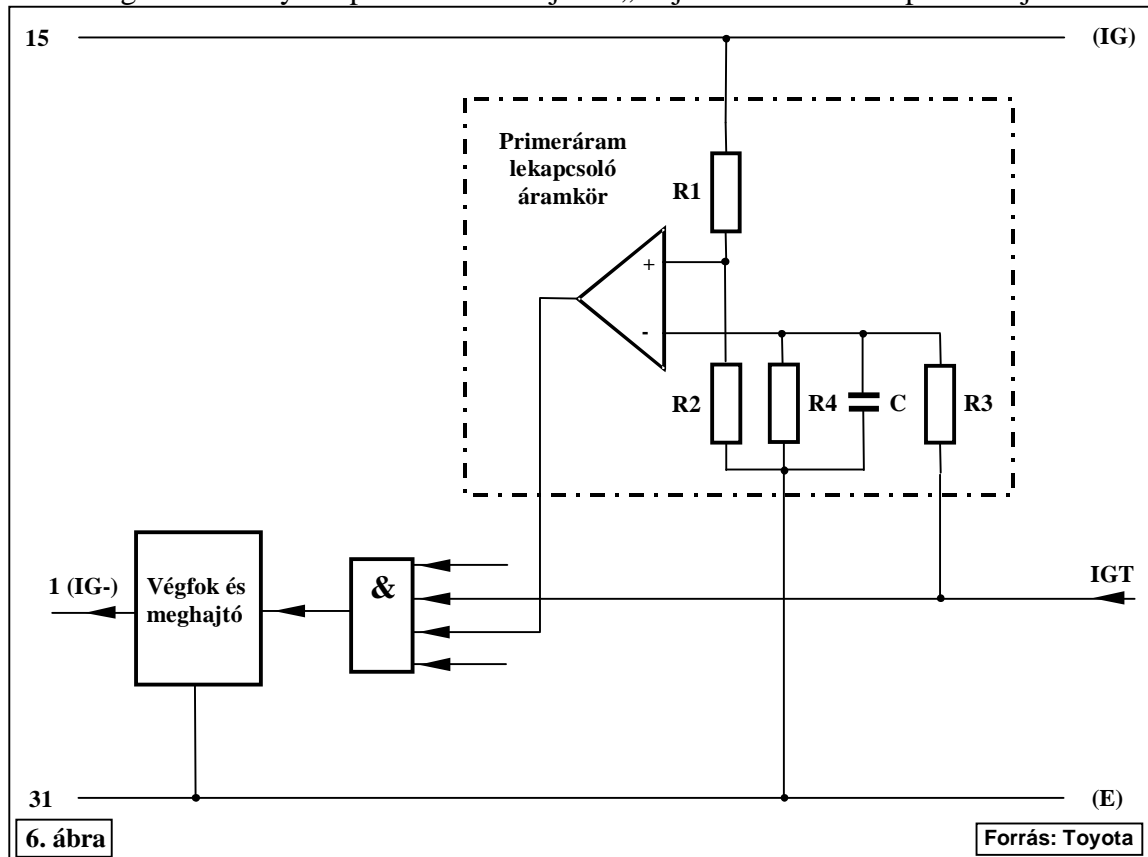
3.2. Primeráram-lekapcsoló áramkör

A nagy gyújtásenergiájú tranzisztoros gyújtásokban kis ellenállású – tehát hosszú zárásidő mellett nagy áramfelvételű – gyújtótekercseket használnak. Nem volna szerencsés, ha egy ilyen gyújtótekercs valamilyen oknál fogva – pl. rajtafelejtett gyújtás vagy sérült motor-ECU miatt – hosszú ideig bekapcsolva maradna. (Fölösleges villamos fogyasztás jönne létre és túlterhelődhetne a gyújtótekercs és a végfok is.) Ezt elkerülendő a modulokba primeráram lekapcsolót integrálnak.

Az áramkör működése

Az 6. ábrán látható primeráram lekapcsoló kimenete a modulban elhelyezett – a végfoktranzisztort meghajtó – ÉS-kapu harmadik bemenetével áll kapcsolatban.

Az áramkörben a komparátor „+” jelű bemenetét az R1, R2 elemekből álló feszültségosztó a fedélzeti feszültségnél alacsonyabb potenciálon tartja. A „-” jelű bemenetének potenciálja azonban a kondenzátor



töltöttségi állapotától függ. (Kiürült kondenzátornál 0V, ha töltődik, az R3, R4 osztó ellenállásértékeitől függően közelítheti az 5V-ot). Ha az ellenállások és a kapacitás értékeit jól állítják be, akkor, az IGT jel felfutó élénél a komparátor „-” bemenetének potenciálja még biztosan kisebb, mint a „+” bemenetéé, ezért az összehasonlító kimenetének potenciálját „H” szinten tartja. A kondenzátor a zárásidő alatt ugyan az R3 ellenálláson keresztül töltődik, a nyitási idő alatt az R4-en keresztül kisül, de jó méretezés esetén még a leghosszabb üzemszerű zárásidő sem elég ahhoz, hogy a komparátor bemenetén a feszültségirány megforduljon. Tehát a motor járása közben a primeráram lekapcsoló kimenetének potenciálja végig „H” szinten marad.

Ha azonban a gyújtásidőzítő jel túl hosszú – pl. legalább 1,5 másodpercig – 5V potenciálú marad, a kondenzátor az R3 ellenálláson át akkora feszültségre töltődik, hogy az megfordítja a komparátor bemenetén a feszültségirányt. Ekkor a feszültség-összehasonlító kimenete „L” szintre vált és ezzel az ÉS-kapu kimenete is „L” szintű lesz, tehát a végfok megszakítja a primer áramot. Ezzel megvédi a kör elemeit a túlmelegedéstől, és megszünteti a fölösleges villamos fogyasztást.

3.3. Primeráram-határoló áramkör

Már említettük, hogy a primer körben viszonylag kis ellenállású tekercset alkalmaznak, amelyben megfelelő zárászög-vezérlés esetén épp az optimális gyújtásenergia halmozódik fel, függetlenül a pillanatnyi fedélzeti feszültség nagyságától.

A Denso rendszereknél a gyújtásmodulba egy olyan „alvó” biztonsági rendszert építenek be, amely a primer kör esetleges túláramánál határolóként belép, és megvédi a kör elemeit az esetleges túlterheléstől. A Bosch rendszerekkel ellentétben ez csak rendellenesség – pl. tekercszárlat, vagy a megengedettnél kisebb ellenállású primer tekercs beépítése esetén avatkozik be. (Normál üzemben az oszcillogramokon nem is látható az áramhatároló belépése.)

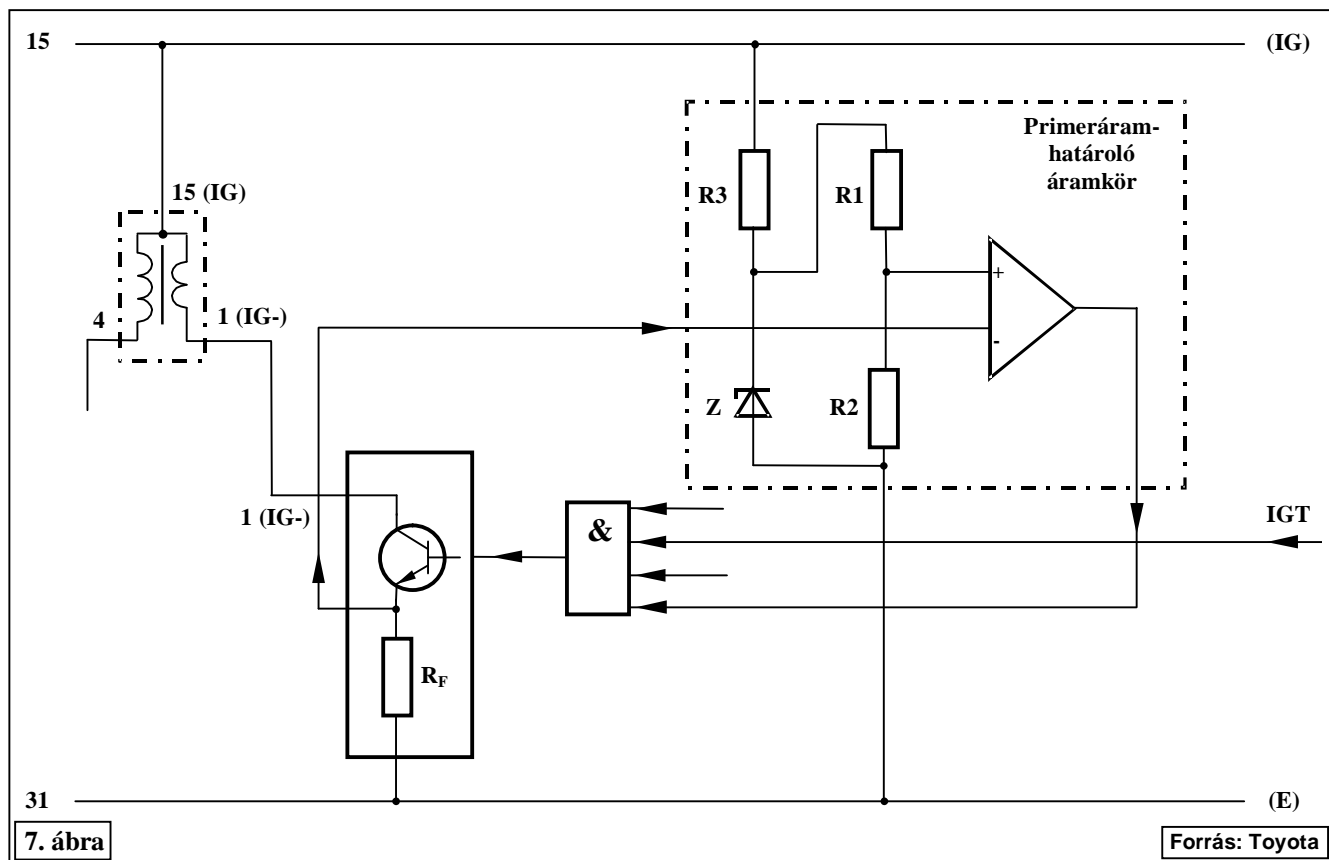
Az áramkör működése

Az 7. ábrán látható primeráram határoló kimenete a modulban elhelyezett a végfoktranszisztort meghajtó ÉS-kapu negyedik bemenetével áll kapcsolatban.

Az áramkörben a komparátor „+” jelű bemenetét az R3, Z feszültségstabilizáló és az R1, R2 osztó közel

állandó potenciálon tartja (pl. 0,7V).

A feszültség-összehasonlító „-” bemenete a primer körbe beiktatott kis értékű (pl. 0,1 Ω -os) figyelő-ellenálláshoz (R_F)kapcsolódik.



Amíg a primer körben a megengedettnél kisebb áram folyik, a figyelő ellenálláson kisebb feszültség esik, mint a komparátor „+” bemenetének beállított potenciálja, ezért a komparátor kimenete „H” szintű. Az IGT jel tehát kivezélrelheti a végfokot.

Ha I_P meghaladja a határolási értéket, a komparátor bemenetén a feszültségirány megfordul. Ekkor a kimenete „L” szintre vált, és a végfokot az ÉS-kapu zárja. Persze erre igen gyorsan csökkenni kezd a primer áram, ez csökkenti az R_F -en eső feszültséget, tehát a komparátor bemenetén „visszafordul” a feszültségirány. Persze I_P ismét nőni kezd, s folyamat kezdődik előlről. Végeredményként tehát a végfok nagyfrekvenciás (pl. 20kHz) ki-be kapcsolgatása behatárolja a primer áram maximális értékét.

Felmerülhet a kérdés: az áramhatároló belépésekor nem jön létre nagyfrekvenciás ívsorozat? Természetesen nem, mivel mint tudjuk a szekunder kör jelentős kapacitással rendelkezik. Ahhoz, hogy gyújtóív keletkezessen, a kapacitást fel kell tölteni, erre viszont a gyors folyamat alatt nem áll rendelkezésre elegendő idő.

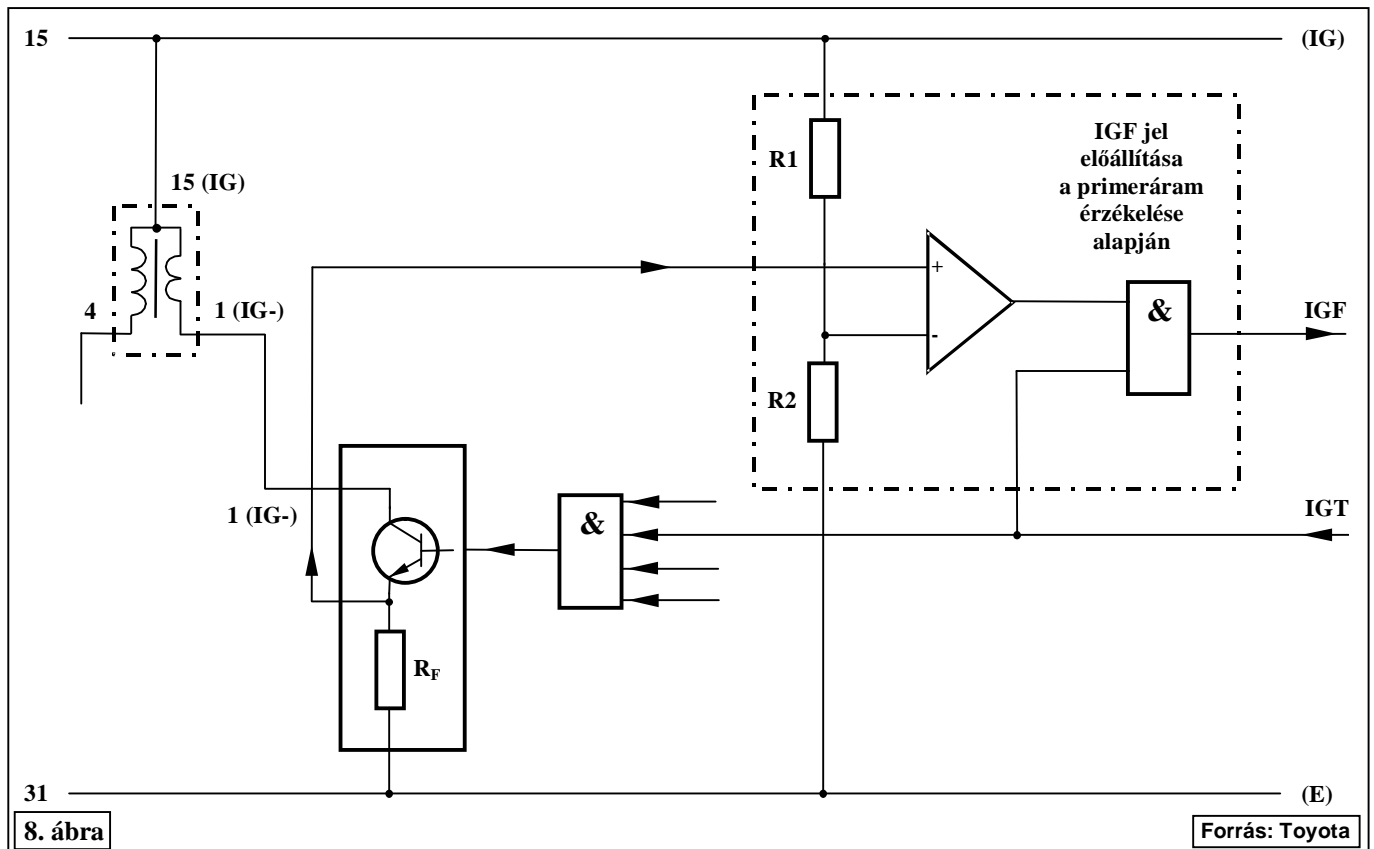
3.4. Gyújtás-visszaigazoló jel generáló áramkör

A katalizátorok kipufogó rendszerekben történő megjelenése óta a motorirányítók tervezői igyekeztek olyan felügyelőrendszereket létrehozni, amelyek „észreveszik”, ha valamelyik hengerben égéskimaradás van, hiszen ha nagy mennyiségű elégetlen benzin keverék kerül a katalizátorba, az ott fog oxidálódni. Ez rövid idő alatt túlhevítheti a katalizátort, ami annak tönkremenetelét – úgynevezett „gyors halálát” – idézheti elő. (Számolnunk kell továbbá azzal is, hogy égéskimaradáskor, ha megmarad a befecskendezés, jelentősen nőhet a motor HC kibocsátása is, ami környezetkárosító hatást eredményez.)

A Denso egyesített motorirányítóiban az égéskimaradás érzékelésének egyik eszköze a gyújtásvisszaigazoló jel (Ignition Confirmation Signal) képzése. A gyártó többféle áramköri megoldást is kifejlesztett. Van amelyik a primer önindukciós feszültség, van amelyik a primer áram és van amelyik a szekunder áram figyelésével igyekszik megállapítani a gyújtóív létrejöttét. Ha az IGF jel alapján a motorirányító egymást követően többször (pl. 8 alkalommal) egy adott hengerben gyújtáskimaradást érzékel, a henger befecskendezését megszünteti, szélső esetben megállítja a motort.

Az áramkör működése

A 8. ábrán egy olyan IGF jel generáló áramkör elvi kapcsolását láthatjuk, amely a primer áram érzékelésén alapul. Ez az áramkör is a primer ágba beépített figyelő ellenállás jelfeszültségét használja fel bemeneti információjaként.



Amikor az IGT jel „H” szintjével a négy-bemenetes ÉS-kapun keresztül kivezéri a végfokot, egyúttal egy két-bemenetes ÉS-kapu egyik bemenetének potenciálját is „H” szintre húzza. Az utóbb említett kapu másik bemenete egy komparátor kimenetével áll közvetlen kapcsolatban. A végfok nyitásának pillanatában, mivel $I_p = 0$, a komparátor kimenete először biztosan „L” szintű, tehát az IGF jel is az. A végfok nyitását követően azonban elkezdi növekedni a primer áram, ezért a feszültség-összehasonlító „+” bemenetének potenciálja is emelkedik.

Az R1, R2 osztóval a komparátor „+” bemenetének potenciálját úgy állítják be, hogy a feszültség-összehasonlító kimenete egy meghatározott primeráram (pl. 4A) létrejöttékor billenjen át „H” szintre. Ekkor természetesen a két-bemenetes ÉS-kapu kimenetének a potenciálja is „H”-ra vált. Az IGF vezeték tehát a zárásidő alatt 5V potenciálra ugrással jelzi az Engine-ECU felé, hogy a „primer kör működése alapján van esély az aktuális hengerben a gyújtóív létrejöttére”, hiszen a primer áram elért egy küszöbértéket.

Természetesen tudunk olyan gyújtáshibákat „kieszelni”, amelyre a modul visszaigazol ugyan, de mégsem jött létre égés a hengerben. Tehát nem százszázalékosan biztos a visszaigazoló rendszer, de sok gyújtáshibát észrevesz, amire ha megszünteti a befecskendezést az adott hengerben, megvédi a katalizátort a károsodástól és mint említettük környezetvédelmi szerepet is megvalósít.

2008-06-28

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