
Bánki Donáttól Robert Boschig

avagy

a karburátortól a benzinbefecskendező rendszerekig

BALÓ ANDRÁS

Az emberiséget régóta foglalkoztatta az önjáró, állati vonóerő nélküli jármű gondolata. Bacon, a XIII. század filozófusa megjósolta a nagy sebességű önjáró kocsi létrejöttét. Az első ilyen jellegű jármű a XVII-XVIII. században Hollandiában készített vitorlaskocsi volt, amely jó szélviszonyok esetén elérte a 34km/ó sebességet is.

Történelmi visszapillantás

A fejlődés következő szakaszát a gőzgép feltalálása jelentette (1765-ben). A francia *Cugnot* 1769-ben megépítette gőzgéppel hajtott „gőzkocsiját”. Az igazi forradalmi áttörést a német *Nicolaus Otto* által 1876-ban konstruált belsőégésű motor jelentette. E motorban már nem a vízgőz nyomása, hanem a tüzelőanyag-levegő keverék elégésével keletkező égéstermék-gáz végezte a munkát. Az Otto-motor tökéletesítését nagyban elősegítette *Bánki Donátnak*, a Ganz-gyár mérnökének és *Csonka Jánosnak*, a Műgyetem gépműhelyvezetőjének 1886-ban elkészített első négyütemű motorja, melyet folyamatosan fejlesztettek. 1891 egyik kora őszi estéjén a körúton sétálva látták, hogy egy virágáruslány vizet permetezett kölniszórójával. Bánki Donát homlokára csapva felkiáltott: „Itt a megoldás!” A motor tökéletes működéséhez egy olyan szerkezet kell, amelyik a tüzelőanyagot porlasztással keveri egyenletesen a levegőbe. Így született meg a modern befecskendező-fűvókás porlasztó alaptípusa, az egyfűvókás karburátor. Bánki és Csonka azért neveztek találmányukat karburátornak, hogy megkülönböztessék a Diesel-rendszerben alkalmazott befecskendezőtől, a porlasztótól. A karburátorral szemben támasztott követelményeket két pontban foglalták össze:

– a motorba áramló levegő sebességi energiájának minél nagyobb részét kell porlasztva felhasználni;

– a keverék egyenletességét minden terhelésnél biztosítani és állandósítani kell.

Kettejük 1891-ben elkészült gépkocsija már karburátorral működött. Szabadalmukat 1893 februárjában nyújtották be *Újítás a petróleum motoron* címen, melyet sajnos, nem fogadtak el. A világ így *Maybach* nevét ismerte meg, akinek 1893 augusztusában benyújtott karburátor-szabadalmát Franciaország – s ezáltal a világ – elismerte. Bánki és Csonka 1893 októberében ismételt benyújtották újabb szabadalmi igényüket – melyet Németország ugyan elismert –, de ekkorra már a világ *Maybach* nevéhez kötötte a karburátor feltalálását.

Karburátorok

Az Otto-motorok egyre több területen honosodtak meg szárazon, vízen és a levegőben egyaránt. Fejlesztésükben kezdettől fogva elsődleges cél volt a fajlagos teljesítmény és a működési biztonság növelése, illetve a fajlagos fogyasztás csökkentése, aminek a feltetele, hogy a munkahengerben az égés tökéletes legyen.

Tökéletes égésről akkor beszélünk, ha a tüzelőanyagban levő szén- és hidrogénatomok teljesen elégnek, vagyis az elméletileg lehetséges legoptimálisabb oxigénmennyi-

séggel egyesülnek. Kevés oxigén esetén tökéletlen az égés és a tüzelőanyag, környezetszennyező szénmonoxid (CO) gázzá alakul. A CO keletkezése hőveszteséggel jár és 0,3% koncentrációban már mérgező hatású. A környezetszennyezésen kívül a motorra is káros, például kokszerakodás, koromlerakodás képződik, gyújtászavarok lépnek fel stb. A motor teljesítménye csökken, fokozódnak a mechanikai kopások.

A leírtakból következik, hogy a kutatóknak, fejlesztőknek olyan karburátort kellett megtervezniük, melynek segítségével a tökéletes égéshez jó keverék kerül a motor égésterébe.

Elméletileg 1 kg benzín elégetéséhez 15 kg levegő szükséges. Ez a súlyarány az ún. keverési arány. Ha a hengerterbe több levegő jut, a motor fogyasztása kisebb ugyan, de a teljesítménye csökken. Amennyiben kevesebb levegő jut a hengerbe, úgy a fogyasztás nő, a teljesítmény szintén nő, de a tökéletes égés miatt a fogyasztás növekszik. Dús keveréknél a motor fogyasztása nő, de teljesítménye csökken. A karburátor ilyen bonyolult szerkezet. Alkotóelemei:

1. az állandó benzinszint fenntartásához szükséges szerkezet: úszóház, tűszelep, úszó;
2. a főfűvóka a hozzátartozó kiegyenlítő rendszerrel;
3. a dúsítórendszer, a maximális teljesítmény eléréséhez szükséges dúsabb keverék előállítására;
4. az üresjáratú rendszer, az alapjáratú üzemmódot fenntartásához;
5. az átmeneti keverékképző rendszer, az üresjáratú rendszer és a főfűvóka működése közötti átmeneti tartomány keverékellátásához;
6. a gyorsítószivattyú (dugattyús vagy membrános);
7. indítóberendezés.

A konstrukció jellemzőit tekintve a karburátor a rajta átáramló levegő áramlási iránya szerint lehet:

- esőáramlású;
- ferde áramlású
- vízszintes áramlású;
- emelkedő áramlású.

Kialakításuk szerint megkülönböztetünk:

- egytorkú;
- többtorkú;
- egyenlő nyomáskülönbséggel működő karburátorokat.

Meglehetősen bonyolult szerkezerről van szó. A felsorolt szerkezeti egységek, rendszerek külön-külön történő beállítást, beszabályozást igényelnek szereléstechnikai szempontból. A különböző rendszerek összehangolását még műszeres, diagnosztikai rendszerrel is nehéz és körülményes elérni, figyelembe véve a műszaki követelményeket és a környezetvédelmi előírásokat. (Zöld kártya!) E rendszereknél ugyanis nem megoldott a különböző üzemmódokban a keverékarány optimális előállítása. Azaz üresjáratú, részterhelési és teljes terhelési üzemmódban más és más keverési arány szükséges. Különösen a motor üresjáratú és fékezési üzemmódjában halmozódik fel a CO-koncentráció, amit nap mint nap érzékelünk a gyalogátkelőhelyeken. (1. ábra)

A szakmai problémák mellett nem elhanyagolható szempont, hogy a gépjármű vezetője mit várhat el a gépjárműtől és annak motorjától. A lényeg, hogy a motor:

- hidegen és melegen legyen jól indítható;
- a lehető legrövidebb idő alatt teljesítse üzemmódjait, névleges jellemzőit;

| Égéstermék | Térfogatrész %-ban | | |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------|
| | Üresjárat | Részterhelés | Teljes terhelés |
| Szén-dioxid | 6 | 9 | 12 |
| Vízgőz | 9 | 10 | 11 |
| Nitrogén | 73 | 74 | 75 |
| Oxigén | 2 | 1 | 0,5 |
| Hidrogén | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Szén-monoxid | 8 | 4 | 1 |

1. ábra

- legyen jól szabályozható;
 - szabályozza, határolja be üzemi jellemzőit és alkalmazkodjon a környezeti jellemzőkhöz;
 - legyen biztonságosan leállítható.
- E követelményeknek a benzinbefecskendező rendszerek igyekeznek eleget tenni.

Benzinbefecskendezők

A rendszer különlegessége, hogy hajó- és repülőgépmotorokon előbb alkalmazták, mint a gépjárműveknél. A *Wright* fivérek 1903-ban készített dugattyús repülőmotorján már benzinbefecskendezővel érték el a tüzelőanyag megfelelő keverési arányát. Gépjárművön, egy *Gordon-Brille* típuson 1904-ben alkalmazták először.

Ezekben az időkben kapcsolódott be a kísérletekbe a Bosch cég.

Az első elektromágneses működtetésű benzinbefecskendezőt az olasz *Fuscaldo* alkalmazta 1930-ban egy *Moto-Guzzi* gyártmányú motorkerékpáron. A kísérletek tovább folytatódtak, és 1967-ben a VW 1600 IL típuson egy *Bendix Elektrojector* befecskendezőt alkalmaztak, melyet már 1957-ben az *American Motors* forgalmazott.

A Bosch és a VW cég sikere készítette *Robert Bosch* konstruktórt, hogy továbbfejlessze rendszerét. A követelmények adottak voltak:

- ideális levegő-tüzelőanyag arány biztosítása alapjáratban, részterhelésnél, teljes terhelésnél, mivel a különböző üzemmódok más-más keverékarányt követelnek;
- az üzemmódi átváltási idő intervallumának csökkentése.

E követelmények figyelembe veszik, hogy az adott gépjármű környezetszennyező hatása minimális legyen.

A levegő-tüzelőanyag keverék minőségének jellemzésére a λ (lambda) légfeslegtényező a használatos, melynek értéke konstans.

$$\lambda = \frac{\text{bevezetett mennyiség}}{\text{elméleti légszükséglet}}$$

$\lambda = 1$

A beszívott légmennyiség azonos az elméletivel (Sztöchiometrikus arány).

$\lambda < 1$

Léghiány, dús keverék, növekvő teljesítmény. A környezetre káros!

$\lambda > 1$

Légfelesleg, sovány keverék, csökkenő teljesítmény. A környezetre káros!

$\lambda > 1,3$

A keverék nem hajlamos gyulladásra.

A mérések azt mutatták, hogy $\lambda = 0,9-1,1$ közötti értékek a legoptimálisabbak.

A Bosch 1967 óta gyártott motorikus, hajtást nem igénylő, elektronikus benzinbefecskendezőt 1969-től *Jetronic*-nak nevezik. A szóösszetétel a folyadék sugarát jelentő *jet*ből és az elektronikát jelentő (*elec*)*tronic*ből származik.

Az első szakaszos működésű befecskendezőket *D-Jetronic*-nak nevezték el. A *D=Druck* szó nyomást jelent, így a szívócső-depresszió és fordulatszám vezérelte a rendszert.

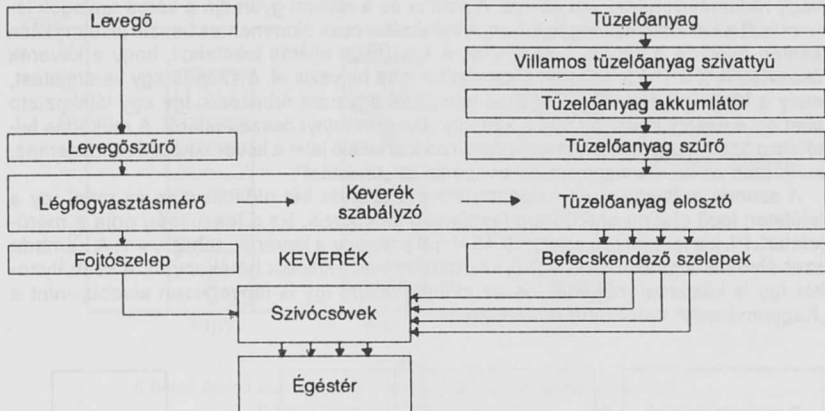


2. ábra

Az elektronikus vezérlésű befecskendező elvi felépítése

1973-tól az L-Jetronic (L=Luft, mely levegőre utal) rendszerben már a légfogyasztásmérő által mért, a beszívott levegőmennyiség volt a fordulatszámon kívül a benzinnemennyiség vezérlő paramétere. A fent vázolt két rendszer az ún. alaprendszer, melyet jellemez, hogy a motor benzín-levegő keverékarányát vezérli.

A D és az L rendszerrel együtt fejlesztették ki a K-Jetronic (K=Kontimeierlich=folyamatos) benzinbefecskendező rendszert, melyet már ún. Lambda-szondával láttak el.



3. ábra
A K-Jetronic elvi működési sémája

A rendszer három működési területre tagolódik:

1. **Légmennyiségmérés:** A motor által beszívott légmennyiséget egy fojtószelep szabályozza és egy légfogyasztásmérő ellenőrzi.

2. **Tüzelőanyag-ellátás:** A tüzelőanyagot egy villamos hajtású tüzelőanyag-szivattyú szállítja szűrőn át a mennyiségelosztóhoz, mely a tüzelőanyagot az egyes hengerek szívócsövében levő szelephez juttatja.

3. **Keverékképzés (keverék-előkészítés):** A tüzelőanyag-adagolás kritériumául a motor által beszívott és a fojtószelep állása által meghatározott légmennyiség szolgál. Ezt a légfogyasztásmérő méri, mely a mennyiségosztót szabályozza. A befecskendezés folyamatos, vagyis független a szívószelep állásától.

E rendszerek működésének részletezése hosszadalmas lenne, ezért a működésüket szabályzó, a rendszer lelkének tekinthető Lambda szabályozást ismertetem.

A Lambda szabályozás

A rendszer szabályozásában jelentős, sőt nélkülözhetetlen szerepe van a λ szondának, mint a kipufogógáz oxigéntartalom érzékelőjének. Ezen érzékelés a légviszony-szabályozás kulcseleme.

A szonda alkalmazása csak a hármas funkciójú *katalizátorral* történő együttes működés esetén indokolt!

A két egység biztosítja, hogy minél kevesebb ártalmas anyag kerüljön a környezetbe.

A kipufogógáz a következő összetevőkből áll:

- szénmonoxid (CO);
- szénhidrogén (CH);
- nitrogén-oxid (NO_x).

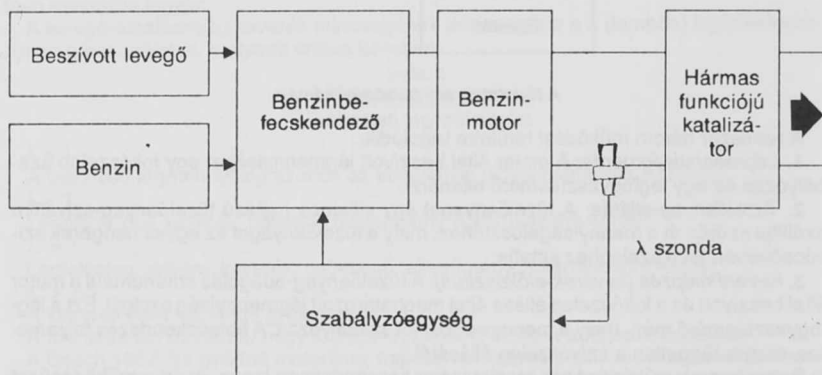
E káros anyagok emissziója (elektronok kilépése fémből, elektronok kibocsátása) katalizátoros utókezeléssel csökkenthető:

1. a motor előtt, a keverékképzésnél;

2. a motor optimális égésterének kialakításával;
 3. a kipufogógáz utánkezelésével.
- A katalizátor lényegében két feladatot lát el:
- elvégzi a CO és a CH utóégetését veszélytelen CO₂-dá;
 - redukálja (korlátozza) a kipufogógázban levő NO_x-okat semleges N-né.

A katalizátor segítségével a káros anyagok több, mint 90%-a ártalmatlan – környezetkímélő – anyagokká alakítható. A katalizátor egy kerámia „csökötegből” áll, mely platina- vagy rádiumbevonattal van ellátva. A platina és a rádium gyorsítja a káros anyagok lebontását a kiáramló kipufogógázban. A katalizátor csak ólommentes benzín alkalmazása esetén működik optimális hatásokkal. A katalitikus eljárás feltételezi, hogy a keverék összetétele $\lambda = 1$. A λ szondát a katalizátor előtt helyezik el. A szonda egy kerámiatest, mely a kipufogógázzal és a szabad levegővel egyaránt érintkezik. Így egy tájékoztató jelet ad a vezérlőkészülék felé a kipufogógáz pillanatnyi összetételéről. A működés feltétele a 350°C, ugyanis e hőmérsékleten ad kiértékelő jelet a keverékképző rendszerhez, konkrétan az ún. ütemszелеpnek továbbítja az „utasítást”.

A szonda működése: Az oxigéntartalom a szonda két oldalán más és más, így a felületen levő platina-elektrodon feszültség keletkezik. Ez a feszültség adja a mérőjeleket. Pl. kis feszültség esetén 0,45 V-nál szegény a keverék, tehát $\lambda > 1$. A Lambda szabályozás a gyakorlatba 0,2-0,8 tartományban működik hatékonyan. A szabályzó kör így is késéssel működik, de az időintervallum így is lényegesen kisebb, mint a „hagyományos” karburátorok esetében.



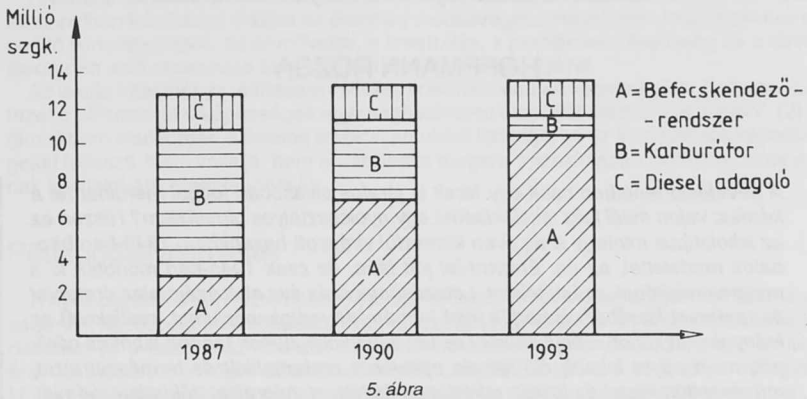
4. ábra

A keverékviszony szondás szabályozásának vázlata

A benzinbefecskendező rendszer előnyei:

1. A hagyományos karburátorhoz képest 5-10%-os teljesítménynövekedés
2. Jobb a henger töltése, mivel a légáramlatot nem fojtják szűkítések;
 - nagyobb szelepösszenyitás valósítható meg, ami jobb öblítést eredményez;
 - elmarad a keverék előmelegítése.
3. Nagyobb kompresszió-viszonyt lehet alkalmazni ($E=10$, míg a hagyományos Otto-motoroknál $E=8$);
 - minden henger azonos mennyiségű keveréket kap;
 - a hengert a párolgó benzín hűti;
 - az égéstermék jobban eltávolítható;
 - keverékelosztása optimális, a gyújtógyertyánál dús, az égéster többi részében szegény.
4. A fent említett előnyök miatt nagyobb a literteljesítménye.

5. Kisebbségi tüzelőanyag-fogyasztás.
6. Nincs benzinlecsapódás a szívócsőben a hidegindításnál.
7. A légviszony szabályozható.
8. A kipufogógázok káros összetevői visszajelezhetők.



5. ábra
 A belső égésű motorok (Otto) várható fejlődéstechnikája (trendje) a keverékképző rendszerek alapján

IRODALOM

- Autós lexikon. Szerk.: *Hack Emil*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- Bosch*: Mechanikus benzinbefecskendező rendszer Lambda szabályozással, K-Jetronic. Műszaki ismertető (kézirat).
- Flamisch, Otto*: Gépkocsi porlasztók, befecskendező szerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- Keller-Nagy*: Gépjárműszerkezetek karbantartása és javítása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- Paturi Felix*: A technika krónikája. Officina Nova, Budapest, 1991.
- Petrók János*: Minden, mai Bosch... *Autó-Motor*, 1991/6. sz.
- Petrók János*: Irányítástechnikai összefoglaló. *Autó-Motor*, 1991/7. sz.
- Prohászka-Daru*: Autószerelő. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- Schwach Werner*: Gépjármű műszaki ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- Velich-Fogarasi*: Régi magyar autók. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.