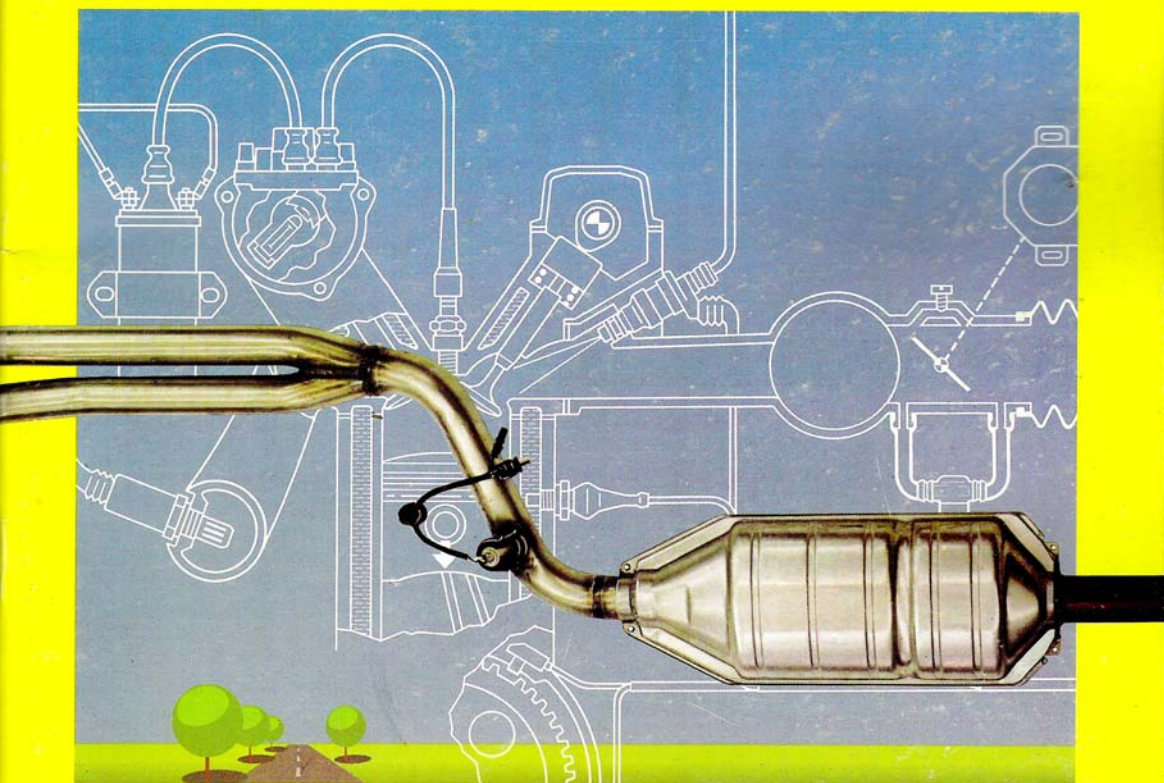


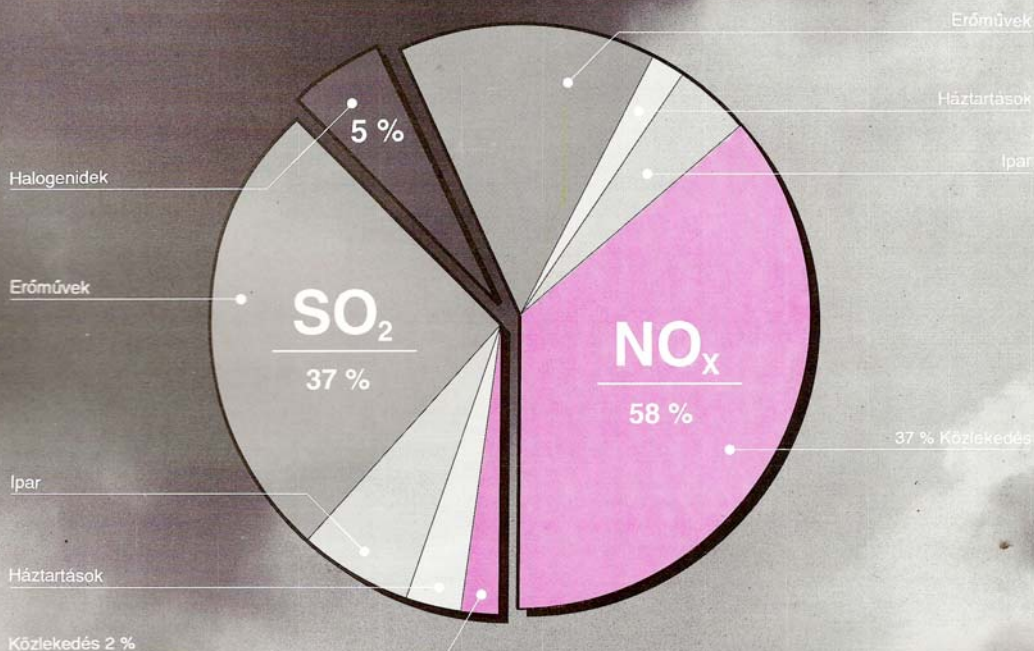


BOSCH

Otto-motorok kipufogógáz-technikája



Műszaki útmutató füzetek



A SAVAS ESŐ

a környezetvédő, a politikus, a technikus és a gépjárművezető mai szótárában egyformán aktuális jelentéssel csengő fogalom.

Jóllehet az összes károsanyag-emisszióban a gépjárművek csak viszonylag kis részben vesznek részt, mégis a motoronként kibocsátott káros anyagot évek óta rendszeresen csökkentik. Ebben a füzetben találhatók azok a lehetőségek, amelyeket a modern motortervezés, a gyújtóberendezések és a keverékképző rendszerek kínálnak a káros anyagok kibocsátásának csökkentésére, valamint a kipufogógáz összetételének mérésére.

Otto-motorok kipufogógáz-technikája

Üzemanyag és kipufogógáz	2
Otto-motor-üzemanyagok	
Káros anyagok	3
Az égés	
A káros anyagok képződése	
A károsanyag-komponensek tulajdonságai	
A motortervezés és a kipufogógáz	4
Az üzemi feltételek és a kipufogógáz	6
Üzemi feltételek	
Keverékképzés	
Keverékkészítés	
Gyújtás	
A gyújtás és a kipufogógáz	8
A kopogásszabályozás és a kipufogógáz	10
Keverékkészítés és kipufogógáz	12
K-Jetronic	12
KE-Jetronic	14
L-Jetronic	16
LH-Jetronic	18
Mono-Jetronic	20
Motronic	22
Lambda-szabályozás	24
A lambda-szonda	
A lambda-szabályozás funkciója	
A katalizátoros kipufogógáz-tisztítás	26
Katalizátorrendszerek	
Hordozórendszerek	
Üzemi feltételek	
A kipufogógáz visszavezetése	28
Különleges intézkedések	29
A kipufogógázokra vonatkozó előírások	30
FTP-75 vizsgálati ciklus	
ECE/EG vizsgálati ciklus	
Japán vizsgálati ciklus	
A vizsgálati módszerek és a határértékek összehasonlítása	
A kipufogógáz vizsgálati módszere	34
A kipufogógáz ellenőrzése	
A kipufogógáz vizsgálata	
Kipufogógáz-határértékek	36



Üzemanyag és kipufogógáz

Otto-motor-üzemanyagok

Az Otto-motor-üzemanyagokat csaknem kizárólag kőolajból állítják elő. Az előállításához lényegében háromféle feldolgozási eljárást alkalmaznak:

- a kőolaj egyes komponenseit desztillálással szétválasztják;
- más szénhidrogénre alakítják (krakkolással, reformálással vagy hasonló eljárással);
- finomítják a nemkívánatos alkotórészek, mint pl. a kén eltávolítása céljából.

Az egyes feldolgozási eljárások kombinációjától függően különböző végtermékek adódnak. Különböző termékek keverésével és adalékok segítségével állítják be az Otto-motor-üzemanyag kívánt tulajdonságait. Tehát az Otto-motor-üzemanyagok különböző szénhidrogének és bizonyos adalékok keverékeiből állnak. Fontos adalék a kopogásgátló. Erre a célra ólomvegyületeket (ólom-tetraetil és ólom-tetrametil) használnak. Az ólommentes üzemanyagokhoz oktánszámot növelő komponenseként szerves oxigénvegyületeket, pl. alkoholokat (metanol, illetve etanol) vagy meghatározott étert (metil-tercier-butil-éter, MTBE) adnak. Más adalékok az égési maradékok átalakítását szolgálják (az égésterben a lerakódások kiküszöbölése céljából), oxidáció- és korrózió-inhibitorokként (a szívórendszer tisztántartása céljából), valamint jegesedésgátlóként.

Kopogásmentesség

Az üzemanyag kopogásmentessége a gyakorlati szempontjából nagy jelentőségű. Lényegében két szám jellemzi: ROZ (Research-oktánszám) és MOZ (motor-oktánszám).

A ROZ az üzemanyag viselkedését kis fordulatszámon (gyorsulási kopogás), a MOZ pedig a nagy fordulatszámoknál (kopogás nagy fordulatszámon) jellemzi. A DIN 51600 szabványban szuperbenzinre legalább 98 ROZ és legalább 88 MOZ-értéket, normálbenzinre legalább 91 ROZ, és legalább 82,7 MOZ-értéket írtak elő.

Forrásgörbe és gőznyomás

Az Otto-üzemanyag forrásgörbéje és gőznyomása mint az üzemanyag párolgási készségének a mértéke, fontos mutató a hideg és a nagyon meleg motor működése szempontjából. Hideg motor esetében alacsony forrási hőmérséklet és nagy gőznyomás szükséges, hogy jó hidegindítási, nyugodt alapjárat és jó átmeneti tulajdonságai legyenek. Viszont forró motornál az üzemanyag vezetérendszerében a gőzbuborék-képződés elkerüléséhez csekély mértékű üzemanyag-párolgás kívánatos. Ezért nyáron nehezen illó, télen pedig könnyen illó üzemanyagot készítenek. A nyári benzin esetén az üzemanyag 50%-a párolog el kb. 105 °C-on, a téli üzemagnál pedig kb. 90 °C-on.

Ólommentes benzin

Az Otto-üzemanyagok szükséges oktánszámát az egyes komponensek és az adalékok megfelelő arányú összekeverésével érik el. Különösen hatásos adalék az ólom-alkil. A katalizátoros motor-konceptió ólommentes üzemanyag használatát követeli meg. Az oktánszám ólom hozzáadása nélkül is beállítható olyan nagyhatású komponensekkel, mint az aromás vegyületek. Ezek drágák és nagyobb a primerenergia-igényük. Az ólommentes szuperbenzin iránti nagyobb igény a kőolaj úgynevezett oktánszám-csoportosításával nem elégíthető ki, s nem oldja meg a problémát a refor-

máló berendezések bővítése sem magasabb oktánszámú benzin előállítása céljából. Más adalékok, mint az MTBE, ma csak kis mennyiségben állnak rendelkezésre és igen drágák. Ezen okok miatt ólommentes szuperbenzin esetén csak 95...96 ROZ oktánszámra számíthatunk az eddigi 98...100 ROZ oktánszám helyett.

Az ólommentes üzemanyag felhasználásának érdekében több motortervezési elvet módosítani kell: a kompresszióviszony csökkentését és a gyújtásállítást összehangolását figyelembe kell venni a kisebb oktánszám miatt. Ez nagyobb benzinfogyasztást jelent.

Az ólomadalékok ezenkívül kenőanyagként is hatnak a szívó- és a kipufogószelep-üléseken, minthogy ezeken a helyeken az ólomlerakódások kenőréteget képeznek, és csökkentik a kopás mértékét. Az ólommentes benzinüzemre tervezett motoroknak a szelepeit és szeleplüléseit ezért más fém párból kell készíteni. Ebben a vonatkozásban 1980 óta csaknem minden gépkocsi ólommentes üzemanyagra készül. Azt, hogy ólommentes üzemanyaggal lehetséges-e kopogásmentes üzem, azt az egyes esetekben a gyártó által előírt legkisebb oktánszám alapján ellenőrizni kell.

Az Otto-motor üzemanyagok főbb komponensei

Üzemanyag-komponensek	Fő-alkotórészek	Sűrűség g/ml	ROZ	MOZ
(Desztillátum)	Alkán, egyesben lánccú: naftén szénhidrogének	0,680...0,700	62...64	60...62
Krakkbenzin	Paraffinos, nafténos, alkének, alkánok (elágazó lánccú)	0,720...0,750	88...92	78...80
Reformált benzin	Aromás szénhidrogének	0,740...0,790	93...98	83...88
Alkilát benzin	Alkének, alkánok (elágazó lánccú)	0,690...0,710	92...94	90...92
Polimerbenzin	Alkánok (elágazó lánccú)	0,720...0,740	95...100	80...90
Pirólízis benzin	Aromás szénhidrogének	0,800...0,840	98...100	83...85
Izopentán/Izohexán	Alkánok (elágazó lánccú)	0,620...0,660	88...92	87...90
Motorolaj	Aromás szénhidrogének	kb. 0,875	108...112	90...95

Káros anyagok

Az égés

A motor kipufogógáza az ártalmatlan nitrogénen, a vízgőzön és szén-dioxidon kívül a tökéletlen égés miatt szén-monoxidot (CO), valamint részben elégett vagy el nem égett szénhidrogént (CH), továbbá a nitrogén oxidációs termékeit (NO_x) tartalmazza.

A szilárd anyagok emissziója (a részecskemisszió) és a káros kén-dioxid-emisszió csak nagyon kis mértékű.

A káros anyagok képződése

Szén-monoxid

A levegőhiányos környezetben a tökéletlen égés miatt szén-monoxid (CO) keletkezik. A szén-monoxid-emisszió nagysága igen nagy mértékben a levegőüzemanyag arányától függ. A CO-koncentráció a hengerben az égés folyamata alatt a legnagyobb. Az ezt követő expanzióval egy része CO₂-vé oxidálódik. Légfelesleg esetében a kipufogógázban lévő CO-koncentráció lényegében az inhomogén keverékeloszlástól és a ciklusról ciklusra ingadozó keverék-összetételtől függ. A szén-monoxid-emissziót nagy légtérfogat mellett és az ezzel járó kis folyamat-hőmérsékletnél az befolyásolja, hogy az expanziós fázisban az utóoxidáció már nem a termodinamikai egyensúly mellett következik be.

Szénhidrogének

Hasonlóan a szén-monoxidhoz, a levegőhiány a tökéletlen égést, és ezzel az elégtelen és a részben elégett szénhidrogének emisszióját okozza. A CH-emisszió az égéstér azon zónájából származik, ahol nincs vagy nem tökéletes az égés, pl. a falhoz közeli határretekben, amelyekben a lángok kialszának a lehűlés következtében (quench-hatás), valamint a résekből, amelyekbe a láng egyáltalán nem képes behatolni. A kipufogófázis alatt a szénhidrogének keverednek a forró kipufogógázzal, és elégnék még a kiáramlás folyamán, az utóreakció következtében.

Szénhidrogén-emisszió keletkezik "blow-by" következtében is, amikor a friss gáz a dugattyú és a henger közötti résen keresztül a forgattyúházba szívárog. A forgattyúház-légtelenítés következtében ezek a szénhidrogének a szívócsővön keresztül visszakörülnek az égéstérbe. Ide kerülnek az üzemanyag-tartályból és a porlasztóból az elpárolgott gázok.

Nitrogén-oxidok

Az égéstérben uralkodó csúcshőmérséklet, valamint hatásának időtartama döntő befolyású az NO-emisszió koncentrációjára. A nitrogén-oxid (NO) mellett kisebb mértékben nitrogén-dioxid (NO₂) és dinitrogén-oxid is keletkezik.

Egyéb káros kipufogógáz-komponensek

Korom csak nagyon levegőhiányos égés esetén keletkezik, ami nem fordulhat elő helyesen beállított Otto-motor esetében. A benzín kéntartalma igen csekély (<0,1%), a kén-dioxid-emisszió (SO₂) jelentéktelen. A kipufogógázban lévő ólomvegyületek az üzemanyagban lévő ólomtartalmú kopogásgátlókból keletkeznek. Az üzemanyagban lévő ólomnennyiségnek mintegy 75%-a a kipufogógázzal a szabadba távozik. A maradék a kenőolajba kerül.

A kipufogógázban a foszfor-, a klor-, a bróm- és a bórvegyületek kis koncentrációban találhatók.

A károsanyag-komponensek tulajdonságai

A kipufogógáz fő részei a nitrogén, a szén-dioxid és a vízgőz. Ezek nem mérgező anyagok.

Szén-monoxid

A CO színtelen, szagtalan gáz. Lényegesen nagyobb az affinitása a vér hemoglobinjában, mint az oxigénnek, és ezért a szervezetre nézve mérgező.

Szénhidrogének

A kipufogógázban egészen különböző szénhidrogének találhatók. A telített szénhidrogének (paraffinok) majdnem szagtalanok és narkotikus hatásúak, a nyálkahártyát kissé ingerlik.

A telítetlen szénhidrogének (olefinok, acetilén) édeskes szagúak, a nyálkahártyát ingerlik. Szerepük a szmogképződésben fontos, mivel napsugárzásakor NO jelenlétében a nyálkahártyát ingerlő oxidálószerékké alakulnak, s ózon is képződik.

Az aromás szénhidrogének jellegzetes szagúak. Ezek narkotikus hatású idegmérgek, részben rákkeltők (pl. a benzpirén). Az aldehidek (pl. a formaldehid) szúrós szagúak és már igen kis koncentráció esetén is ingerlik a szemet és az orrot.

Nitrogén-oxidok

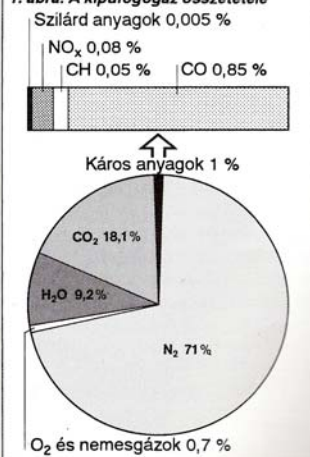
Az NO színtelen gáz, amely a levegőn NO₂-vé oxidálódik. Erős vérméregként ismeretes, mivel a vér hemoglobinjának lekötése miatt a központi idegrendszer gyors bénulását okozza.

Az NO₂ barnás-piros színű gáz, erősen szúrós szagú. A sejtszövetek roncsolása miatt ingerli a tüdőt. Telített szénhidrogénekkel vegyülve a nitrogén-oxidok napfény hatására szmogképzőkké válnak. Az NO-t és az NO₂-t együtt NO_x-szel jelölik.

Ólomvegyületek

Az ólomvegyületek erős sejtméregként hatnak a vére, a csontvelőre és az idegrendszerre, mert gátolják a sejtek oxigénfelvételét.

1. ábra. A kipufogógáz összetétele



A motortervezés és a kipufogógáz

A motor több szerkezeti egysége befolyásolja a károsanyag-emissziót. De a károsanyag-kibocsátáson túl figyelembe kell venni még a fogyasztást, a teljesítményt, a forgatónyomatékot, a kopogási hajlamot, az egyenletes járást és a motor egyéb tulajdonságait is. Ezért minden motorfejlesztés során kompromisszumot kell találni az egymásnak ellentmondó követelmények között.

Kompresszióviszony

A motor termikus hatásfoka szempontjából döntő jelentőségű a kompresszióviszony. Mégis, a nagy kompresszióviszony alkalmazása két szempontból kedvezőtlen, ugyanis megnő a kopogási hajlam, és nagyobb lesz a károsanyag-emisszió.

Magasabb kompresszióviszonnyal az égéster hőmérséklete megnő. Ezáltal megnövekszik az üzemanyag előreakciója, amely a levegő/üzemanyag keverék részeinek az öngyulladásához vezethet, mielőtt a normális lángterjedés elérné azokat. Ez a megnövekedett kopogási hajlam növeli a motor oktánszámgigényét. Az égéster megfelelő kialakítása részben ellensúlyozhatja ezt a hatást.

A nagyobb kompresszióviszonnyal együttjáró magasabb hőmérsékletszint az égésterben ezenkívül növeli az NO_x -emissziót, mivel a növekvő égéster-hőmérséklet a reakció-egyensúlyt erősen az NO_x -koncentráció oldalára tolja el, és mert mindenekelőtt az NO_x -képződés sebessége nő meg. Ez a tény, az alacsonyabb oktánszámú olímentes üzemanyaggal együtt oda vezetett, hogy a "szigorú" kipufogógáz-határértéket előíró országok, mint az USA és Japán, számára a motorokat kisebb kompresszióviszonnyra tervezik, mint az összehasonlítható alapul szolgáló európai koncepció esetében. Az európai motorkonceptió szerinti üzemanyag-fogyasztás ezért magasabb is.

A katalizátoros gépjárművek esetében azzal kísérleteznek, hogy a kisebb kompresszióviszony következtében megnőtt fogyasztást a szívócső és az égéster szerkezeti változtatásával, valamint költséges motorvezérlés alkalmazásával csökkentik.

Az égéster alakja

Az égéster alakja lényegesen befolyásolja az elégetlen szénhidrogének emisszióját. Minthogy az elégetlen szénhidrogének emissziója a résekből és a fal közelében lévő rétegekből származik, a nagy felületű osztott égésterek megnövelik a CH-emissziót. Kedvezőbbek a kompakt, kis felületű égésterek, amelyek csökkentik az oktánszámgigényt a töltés intenzív örvénylésével, a gyors égés következtében. Az ezért lehetséges magasabb kompresszióviszonnyal összefüggésben könnyebben realizálható a szegénykeverék-konceptió. Így jobb hatásfok mellett kisebb kipufogógáz-emisszió érhető el, mert a levegő/üzemanyag keverék biztos lángralobbanásához a gyújtógyertyánál a töltés meghatározott örvénylése szükséges. Ha az örvénylés gyenge, akkor a feltételek (a keverék állapota, a maradék gáztartalom) a gyújtógyertyánál a gyújtás időpontjában a helyi véletlen körülmények miatt munkaciklusról munkaciklusra különbözőek. Ezért ingadozik a lángralobbanás időtartama és az égési folyamat ciklusról ciklusra változik. Ezeket a ciklusos ingadozásokat lényegesen csökkenti az égésterben uralkodó örvénylés.

Ugyancsak fontos a károsanyag-emisszió és az üzemanyag-fogyasztás szempontjából a gyújtógyertya helye az égésterben. A központban elhelyezett gyújtógyertya rövid lángúttal a szénhidrogének gyorsabb és viszonylag tökéletes átalakításához vezet, és ezzel az elégetlen szénhidrogének kisebb mértékű emissziójához is. Két gyújtógyertyával az égésterben a lángút még tovább rövidíthető. Ezenkívül a kompakt égéster – központjában elhelyezett gyújtógyertyával vagy kettős gyújtással – a rövid lángút következtében a motor oktánszámgigényét is csökkenti. Ezzel is nagyobb kompresszióviszonyt alkalmazhatunk, ami további hatásfok-növekedést jelent. Ebben a vonatkozásban különösen kedvezőek a négyszelepes motorok, hengerként két szívó- és két kipufogószeleppel. A négyszelepes technika segítségével elérhető a kompakt égéster, központi gyertyaelhelyezéssel és ezzel rövid lángúttal. Ráadásul még a töltéscsere folyamata is kedvezőbben alakul.

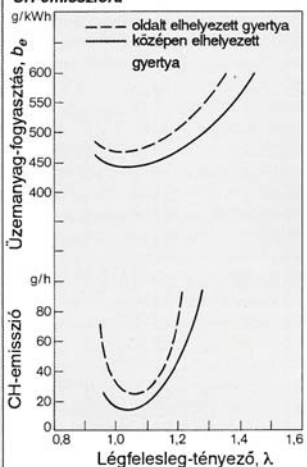
Szelepvezérlési idők

A töltéscsere, vagyis az elégett gáz kicserélése a hengerben friss gázzal, a szívó- és a kipufogószelepek megfelelő nyitásával és zárásával megy végbe. A szívó- és a kipufogószelepek nyitásának és zárásának időpontját adó vezérlési idők, valamint a bütőkforma által meghatározott szelepemelő görbe befolyásolja a töltéscsere lefolyását. A hengerbe áramló friss gáz mennyisége meghatározza a motor forgatónyomatékát és teljesítményét. A maradékgáz-tartalom, vagyis a hengerben visszamaradó elégett keverék mennyiség, amely a kipufogószelep nyitási ideje alatt nem hagyta el a hengert, befolyásolja a lángralobbanást és az égést. A maradékgáz fontos a hatásfok, az elégetlen szénhidrogének és a nitrogén-oxid kibocsátása szempontjából. A szeleptárfedés fázisa alatt, amikor tehát a szívó- és a kipufogószelep egyidejűleg nyitva van, a mindenkorin nyomásviszonyoknak megfelelően a friss gáz kilökődhet vagy a kipufogógáz visszáramolhat a szívócsőbe. Ennek következtében lényegesen megváltozik a hatásfok és az elégetlen szénhidrogének emissziója.

A vezérlési idők mindig csak egy meghatározott fordulatszámra optimálhatók. Például a szívószelep hosszabb nyitási ideje magas fordulatszámok esetén nagyobb teljesítményt jelent. De az ezzel együttjáró nagyobb szeleptárfedés alacsonyabb fordulatszámoknál az alapjárat tartományban nagyobb elégetlen szénhidrogén-emissziót és egyenlőtlen motorjárást okoz a magasabb maradékgáz-tartalom miatt. Ezért az optimális megoldás a szelepek fordulatszámától és terheléstől függő vezérlése.

A két vezérműtengelyes motornál a két vezérműtengely egymáshoz képest el van forgatva. Ezáltal lehet nagy szeleptárfedéssel magas fordulatszámoknál nagy teljesítményt elérni egyenletes motorjárással. Ezekkel együtt az alsó fordulatszám-teljesítménytartományban az ott kisebb szeleptárfedés következtében kisebb mértékű az elégetlen szénhidrogének emissziója.

2. ábra. A gyújtógyertya elhelyezésének hatása az üzemanyag-fogyasztásra és a CH-emisszióra



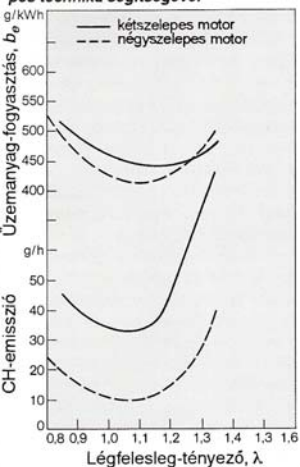
A szívócső kialakítása

A töltéscsere folyamata nemcsak a szelepek vezérlési idejétől, hanem a szívós és a kipufogóvezetékétől is függ. A hengerben fellépő szívóöleket a szívócsőben periodikus nyomásingadozásokat hoznak létre. Ezek a nyomáshullámok végigfutnak a szívócsővön, és a csővégekről visszaverődnek. A szelepvezérlési időre hangolt szívócső-elrendezés hatása olyan, hogy röviddel a szívás befejezése előtt a szívószelepet nyomáscsúcs éri el. Ez az utótöltéshatás nagyobb mennyiségű friss gázt szállít a hengerbe. Hasonló érvényes a kipufogóvezetékre is. Ha a szívócső és a kipufogócső méretét úgy választják meg, hogy a szeleptöltés folyamán pozitív nyomásesés jöjjön létre, akkor a töltéscsere jó lesz, ami pozitív hatású a károsanyag-emisszióra, a teljesítményre és a fogyasztásra.

Az olyan befecskendezési rendszerek esetében, amelyek az üzemanyagot közvetlenül a szívószelep elé fecskendezik, a szívócső különösen jó eredménnyel optimálható a jó töltéscsere érdekében. A teljesítményre, a fogyasztásra és a kipufogógáz-emisszióra kedvezőek a hatások, mivel a szívócső kialakításakor nem kell (mint pl. porlasztó esetén) a keverékelosztásra figyelemmel lenni.

Egy olyan szívócső, amely szíváspertületet idéz elő, az égéstérben lévő örvény-

3. ábra. Az üzemanyag-fogyasztás és a CH-emisszió csökkenése a négyselepes technika segítségével



léséhez hasonló hatású. Ebben az esetben a töltésmozgás az égéstérben a levegő/üzemanyag keverék gyorsabb átalakítását engedi meg. Ez növeli a határfokot és szegényebb keveréket enged meg. Ezért a definiált szíváspertület olyan eszköz, amellyel kis károsanyag-emissziójú motort lehet készíteni.

Keverékrétegzés

A legtöbb Otto-motort homogén levegő/üzemanyag keverékre méretezik. Céltudatos keverékrétegzéssel az égési folyamat jelentősen befolyásolható. Az ún. rétegtöltésű motorokat úgy tervezik, hogy a gyertya közelében dús keverék legyen, amely biztosan lángra tud lobbanni; a fő átalakítás azonban a szegény keverékekkel megy végbe. Különösen kedvező (ám viszonylag költséges) módon megvalósítható ez osztott égésterrel, amelynél egy kis előkamrában van a gyertya, amelyet egy második keverékkészítő rendszer dús keverékkel lát el. Az ilyen elképzelés előnye, hogy a szegény keverék ellenére a fő égéstérben biztos a lángallobbanás. Ezzel lényegesen kisebb NO_x -emisszió érhető el, mert az égés csak nagyon dús és nagyon szegény keverékeknél megy végbe. Azonban a rétegtöltésű motorok osztott égésterűkkel, nagyobb égéstérfületük miatt lényegesen több elégetlen szénhidrogént bocsátanak ki, mint a nyitott égés-

rű motorok. A keverékrétegződés az égéstérben elérhető az égéstérbe való közvetlen benzinbefecskendezéssel is. Ezzel – a dízelmotorokhoz hasonlóan – a gyújtógyertya közelében, összességében szegény keverék esetén, dús keverék keletkezik. Azonban ennek a közvetlen befecskendezésnek döntő hátrányai is vannak, pl. kis teljesítménykihasználás, magas költségek stb. Célrányos töltésmozgás és megfelelő örvénylő mozgás a keverék égéstérbe áramlásakor bizonyos keverékrétegződést megvalósíthat. Ez a rétegzettség nem nagyon erős, és csak nehezen ellenőrizhető; s erőteljesen változik a motor üzemi feltételeitől függően.

Egyéb intézkedések a motorral kapcsolatban

A motor környezetében végzett olyan beavatkozások, amelyek a teljesítményigényt és ezzel az üzemanyag-fogyasztást is mérséklék, a kipufogógáz-emisszióra is hatással lehetnek.

Ide számít a dugattyú sűrűdési teljesítményének csökkentése vagy a szelephajtás, és az olyan segédgépek hajtóteljesítményének csökkentése, mint a ventilátor vagy a generátor. A fogyasztáscsökkentés ezekben esetekben egyúttal egyenes arányban csökkenti a káros anyagok mennyiségét, ugyanakkor a motor termodinamikáját érintő beavatkozás a károsanyag-kibocsátással fordított arányú.

A gyakorlati közlekedésben a szén-monoxid-emisszió és az elégetlen szénhidrogén-emisszió nagy része a melegedési fázisból származik, amelyben a motor még nem érte el az üzemi hőmérsékletét. A hűtővízkör és a kenőrendszer megfelelő kivitele lényegesen lerövidítheti a melegedési időt. Ez a fogyasztáscsökkentés mellett a szén-monoxid- és az elégetlen szénhidrogén-emissziók viszonylag nagy arányú csökkenését eredményezi.

Az üzemi feltételek és a kipufogógáz

Üzemi feltételek

Fordulatszám

A magasabb fordulatszám nagyobb súrlódási veszteséget okoz a motorban és növeli a segédberendezések teljesítményfelvételét. Emiatt ugyanakkora energiateljesítmény mellett a leadott teljesítmény kisebb, a hatásfok rosszabb lesz. Ha adott teljesítményt magasabb fordulatszámon kell szolgáltatni, akkor az nagyobb üzemanyag-fogyasztással jár, mintha ugyanazt a teljesítményt alacsonyabb fordulatszám mellett kell leadni. Ezzel természetesen nagyobb károsanyag-kibocsátás is együtt jár. A fordulatszámotól való függés valamennyi károsanyag-komponensre többé-kevésbé vonatkozik.

Motorterhelés

A motor terhelésének változása különbözőképpen hat az egyes komponensekre. A terhelés növekedtével az égéstérben növekszik a hőmérséklet. Növekvő terheléssel csökken annak a zónának a vastagsága, amely a lángban az égéstér falának a közelében kialakul. Ezenkívül a növekvő terheléssel együttjáró magasabb kipufogógáz-hőmérséklet javítja az utóreakciót az expanziós fázis és a kipufogófázis alatt. Emiatt a teljesítménytől függő elégetett szénhidrogének mennyisége a motor terhelésének növekedésével mérséklődik. Érvényes ez a CO-emisszióra is, mivel az előzőkhöz hasonlóan a magasabb hőmérséklet az utóreakció során a CO- CO_2 -vé változását segíti elő az expanziós fázis alatt. Az NO_x -emisszióra vonatkozóan a viszonyok fordítottak. A motorterheléssel együtt növekvő égéstér-hőmérséklet kedvez az NO_x -képződésnek. Ezért az NO_x -emisszió a motorterheléssel az arányosnál nagyobb mértékben nő.

Sebesség

A gépjármű sebességének növelése a növekvő teljesítményigény miatt növekvő üzemanyag-fogyasztást is jelent. A fent említett hatások a szénhidrogének és a szén-monoxid esetében ellentétesek, úgyhogy ezeknek a komponenseknek a kibocsátása lényegében független a gépjármű sebességétől. Az NO_x -emisszió esetében is hasonló a helyzet.

Dinamikus üzem

Az Otto-motor időben változó működésekor lényegesen magasabb az emisszió mértéke, mint állandó üzemben. Ennek az az oka, hogy az átmenet alatt nem tökéletes a keverék-összetétel. A fojtószelep hirtelen nyitásakor a porlasztóból vagy a központi befecskendező egységből odavezetett üzemanyag egy része főleg a szívócsőben visszamarad. Ennek a kompenzálására az ilyen rendszerek esetén szükséges gyorsításkor az üzemanyag dúsítása, amely különösen a porlasztónál nem adagolható úgy, hogy az átmenet alatt minden henger megfelelő arányú levegő/üzemanyag keveréket kapjon. Ennek következménye az elégetett szénhidrogének és a szén-monoxid megnövekedett emissziója. Azok a befecskendező berendezések előnyösek, amelyek az üzemanyagot közvetlenül a henger szívószelepe elé fecskendezik be. Ezért a legtöbb üzemanyag gyorsításnál nincs szükség dúsításra. A befecskendező rendszereknek ezen kedvező tulajdonságai a változó üzem minden esetében fennállnak, minthogy semmilyen további üzemanyag tárolót – a központi keverékkadagolásnál ilyen hatású a szívócső – nem kell tölteni és üríteni. Ez kihat az üzemanyag-fogyasztásra is. Minél dinamikusabban használnak egy gépjárművet, annál nagyobb az előnye a befecskendező egységnek fogyasztás szempontjából a porlasztóval szemben.

4. ábra. Csak a jól porlasztott, befecskendezett sugár ad homogén keveréket, amely kedvező égésfolyamatot biztosít, kevés elégetett szénhidrogén kibocsátása mellett.



Keverékképzés

A levegő/üzemanyag arány

A motor károsanyag-emisszióját teljes egészében a levegő/üzemanyag arány határozza meg. Ezért ez a motor vezérlésével döntően befolyásolható.

CO-emisszió

A dús tartományban (levegőhiány esetén) a CO-emisszió a levegő/üzemanyag aránnyal lineárisan változik. A szegény tartományban (légfelesleg esetén) a CO-emisszió nagyon kicsi, és közel független a levegő/üzemanyag aránytól. A stoichiometrikus pont környezetében, $\lambda = 1$ esetén, a CO-emissziót az üzemanyagban az egyes hengerek közötti egyenletes szétosztása határozza meg. Ha néhány henger dús, néhány pedig szegény keveréket kap, akkor magasabb átlagos CO-emisszió keletkezik, mintha mindegyik henger azonos légfelesleg-tényezővel működne.

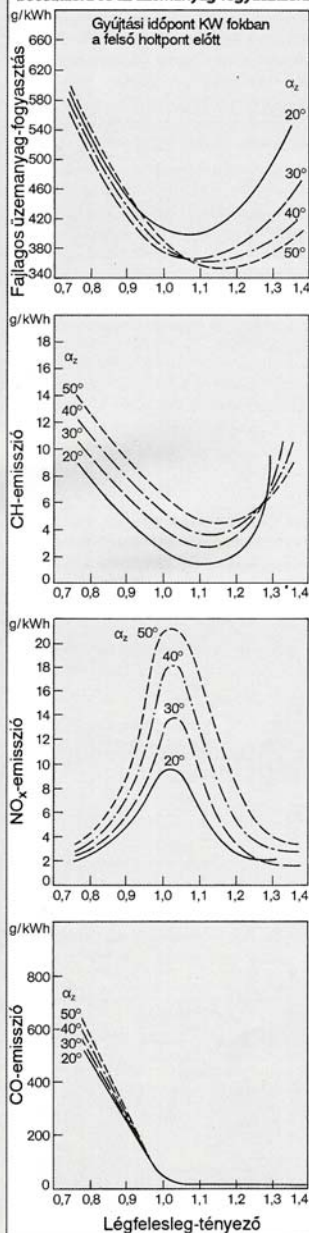
CH-emisszió

A CO-emisszióhoz hasonlóan a CH-emisszió is csökken, ha nő a lambda a dús tartományban. De a szegény tartományban ismét növekszik a CH-emisszió. A CH-emisszió minimuma kb. $\lambda = 1,1, \dots, 1,2$ értéknél van. A CH-emisszió növekedésének oka a szegény tartományban a szélesebb quench-zóna, amely az égéstér alacsonyabb hőmérséklete következtében jön létre. Nagyon szegény keverék esetén ehhez a hatásához még az is hozzájárul, hogy az elhúzó égés következtében gyújtáskimaradások lépnek fel, amelyek a CH-emisszió drasztikus növekedéséhez vezetnek. Ilyen levegőarány mellett a motor eléri a szegény tartományban a működési határát.

NO_x -emisszió

Az NO_x -emisszió függése a légfelesleg-tényezőtől éppen fordított: a dús tartományban a légfelesleg-tényező növekedésével nő a növekvő oxigénkoncentráció következtében. A szegény tartományban az NO_x -emisszió növekvő légfelesleg-tényező esetén csökken, mert a keverék szegényebbé válik a csökkenő égéstér hőmérsékletével. Az NO_x -emisszió maximuma csekély légfelesleg esetén a $\lambda = 1,05, \dots, 1,1$ tartományba esik.

5. ábra. A légfesleg-tényező (α_z) és a gyújtási időpont α_z befolyása a károsanyag-kibocsátásra és az üzemanyag-fogyasztásra



Keverékkészítés

Az Otto-motorban az égés akkor a legkedvezőbb, ha a keverék a homogén. Ehhez az üzemanyag jó porlasztása szükséges, a lehető legkisebb üzemanyagcseppekkel. A nem megfelelően előkészített levegő/üzemanyag keverék lényegesen nagyobb elégetlen szénhidrogén-emissziót okoz.

Ha az előkészítés rossz, akkor a szívócső hajlataiban nagy üzemanyagcseppek csapódnak le, s ezért a véletlentől függ az egyes hengerek üzemanyag-elátásának minősége. A CH-emisszió nagyobb lesz, hasonlóképpen a CO-emisszió is. Ezenkívül csökken a teljesítmény, viszont a fogyasztás nő.

Különösen egyenletesen osztják el a keveréket azok a befecskendezőrendszerek, amelyek az üzemanyagot közvetlenül a szívószelep elé fecskendezik be. A szívócső csak levegőt szállít, és benne nagyon egyenletesen áramlik a levegő, és a befecskendezőrendszer az üzemanyagot az összes henger számára egyenletesen adagolja.

Gyújtás

A levegő/üzemanyag keverék lángalobbanásának lényeges hatása van az égés folyamatára. A lángalobbanást a szikra átütési időpontja és a gyújtási energia határozza meg.

A nagy gyújtási energia stabil lángalobbanást jelent, amely kedvező hatású a ciklustól ciklusig tartó égési folyamat stabilitására. A kisebb ciklus ingadozások a motor nyugodtabb járását és az elégetlen szénhidrogének kisebb emisszióját eredményezik. Követelmények a gyújtógyertyával szemben:

- nagyobb elektródtávolság nagyobb mennyiségű keverék meggyújtása céljából,
- nyitott szikraköz, hogy a levegő/üzemanyag keverék könnyen elérhesse a szikrautat,
- vékony elektródok és a szikrahely cél szerű kialakítása a kis hőelvezetés érdekében.

Kritikus lángalobbanási feltételek mellett, pl. a motor alapjáratokor a CH-emisszió lényegesen csökkenhet a motor nyugodtabb járása mellett az elektródtávolság megnövelésének következtében. Ugyanez érvényes a gyújtási energiára is. A hosszú szikraidótartamú

és ezzel a keveréknek több energiát átadó gyújtóberendezések jobban megfelelnek a szegény keverékek lángalobbantásához.

A levegő/üzemanyag arány mellett a legnagyobb mértékben a gyújtási időpont befolyásolja a károsanyag-emissziót.

CH-emisszió

Növekvő előgyújtással az elégetlen szénhidrogén-emisszió nő, mert az expanziós és a kipufogófázisban az utóreakciók a kis kipufogógáz-hőmérséklet miatt kedvezőtlenebb lefolyásúak. Csak az igen szegény tartományban kedvezőbb a folyamat. Ugyanis a szegény keverék égési sebessége olyan kicsi, hogy utógyújtáskor nem fejeződik be az égés a kipufogószelep nyitásáig. Ezért utógyújtáskor a motor már kis légfesleg-tényezőnél eléri a leállási határt.

NO_x-emisszió

Ha nő az előgyújtás, akkor a levegő/üzemanyag arány teljes tartományban növekszik az NO_x-emisszió. Ennek az előgyújtáskor fellépő magasabb égésterő-hőmérséklet az oka, amely a kémiai egyensúlyt eltolja az NO_x-képződés oldalára és mindenképp megnöveli az NO_x-képződés reakciósebességét.

CO-emisszió

A CO-emisszió majdnem független a gyújtás időpontjától, és csaknem kizárólag a levegő/üzemanyag aránynak a függvénye.

Üzemanyag-fogyasztás

A gyújtási időpont az üzemanyag-fogyasztásra ellentétesen hat a károsanyag-emisszióra gyakorolt hatásához képest. Növekvő légfesleg-tényezővel a kis égési sebesség kiegyenlítése céljából mindig előbbre kell a gyújtást állítani, ezzel optimális marad az égési folyamat. A nagyobb előgyújtás ezért kisebb üzemanyag-fogyasztást és nagyobb forgatónyomatékot jelent.

A kívánt kompromisszum megtalálásához költséges gyújtásállítás szükséges.

A gyújtás és a kipufogógáz

A gyújtás lényegesen befolyásolja a kipufogógáz összetételét. A gyújtást azonban nemcsak a kipufogógáz szempontjából lehet optimalizálni. Az olyan ellentétes optimalizációs kritériumok, mint a fogyasztás, a teljesítmény és a menetulajdonságok, részben kompromisszumhoz vezetnek.

A megszakítóvezérelt tekercses gyújtás

A tekercses gyújtás gyújtási energiáját és nagyfeszültségét a megszakító kapcsolási teljesítménye korlátozza. Az igények ezért gyakran már nem teljesíthetők. A gyújtáselosztóban lévő rőpsúlyos szabályozó a fordulatszám-információt átalakítja a pillanatnyi üzemi munkapont-hoz rendelt gyújtásszögé.

A terhelési állapotot a nyomásérzékelő érzékeli, amely a fojtószelep közelében méri a szívócsőben uralkodó depressziót. A fordulatszámra és a terhelésre vonatkozó jelleggörbe-adatokat legördülési görbék, rőpsúlyok, rugók és membránok testesítik meg a gyújtáselosztóban. A megszakítóvezérelt tekercses gyújtás nem alkalmas a kipufogógáz-szabályozásra, mert a gyújtásérintkezők elhasználódása gyújtáskimaradásokhoz és ezzel kipufogógáz-csúcsokhoz vezetnek, ezek pedig a katalizátort túlhevítik és tönkreteszik.

Tranzisztoros gyújtás

Az érintkezésmentesen vezérelt tranzisztoros gyújtás elterjedt, ma szokásos gyújtásmód. A gyújtást a gyújtáselosztóban lévő rőpsúlyos szabályozó állítja be. A kioldórendszer egy Hall-adó vagy egy indukciós adó.

A Hall-adó mint statikus helyzetadó olyan jelet állít elő, amely leginkább megfelel a gyújtáselosztó érintkezőjének. Az indukciós adó a fordulatszámától függő amplitudójú feszültséget állít elő. Az egymástól eltérő jelformák miatt a jelek átalakítón keresztül jutnak a vezérlőegységhez.

A tranzisztorizált gyújtásrendszerek a szokásos tekercses gyújtásénál nagyobb gyújtófeszültséget és gyújtási energiát szolgáltatnak, amelyeket a kapcsolókészülék érintkezők nélkül, kopásmentesen kapcsol.

Egy szegény keverékre beállított motor alapjáratú CH-emissziója azt mutatja, hogy a tranzisztoros gyújtás nagy gyújtási energiája (a nagy szikraáram és a

hosszú szikraidőtartam) a kipufogógázokra kedvező hatású. Ez teszi a tranzisztoros gyújtást a hideg- és a melegindításhoz különösen alkalmassá. Azok a motorok, amelyek fogyasztási és kipufogógáz okokból a szegény keverék tartományban működnek, különösen nagy gyújtási energiát és hosszú szikraidót igényelnek. Ezekhez is tranzisztoros gyújtás kell.

Elektronikus gyújtás

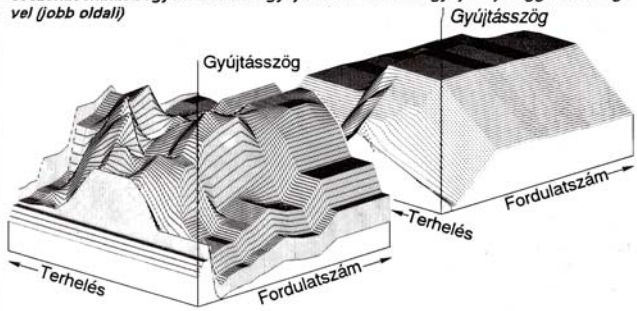
Az elektronikus gyújtás lényeges jellemzője a gyújtásszög felületet alkotó (6. ábra) jelleggörbeserege, amelyben minden munkapontra a szomszédos ponttól függetlenül a motor számára optimális gyújtásszög határozható meg. A gyújtásszög a motor fordulatszámától és a terheléstől függ. Növekvő fordulatszámmal a gyújtásszöget az előgyújtás felé kell állítani, mivel állandó terhelés és állandó levegő/üzemanyag arány esetén a hengerben a friss gáz lángallobbanási és elégesi ideje azonos marad. Ez az állandó időtartam

növekvő fordulatszámánál egyre korábbi gyújtásszögben fejeződik ki. Nagyobb fordulatszámokon természetesen a kopogás szab határt. Ez az oka annak, hogy a mechanikus gyújtásállításhoz a gyújtási jelleggörbesereg magas fordulatszámokon csaknem skót alkot. A terhelés változtatása a motor részterhelése üreme esetén hasonlóképpen az előgyújtás irányba hat, mert a kisebb töltés kisebb nyomáshoz és ezzel a keverék lassúbb elégeséhez vezet. A keveréksegyenítés és a hengerben maradó gáztartalom megnövekedése a belső kipufogógáz-visszavezetés miatt meghosszabbítja az égési folyamatot, és egy korábbi előgyújtási időpontot kíván meg.

Jelleggörbesereg

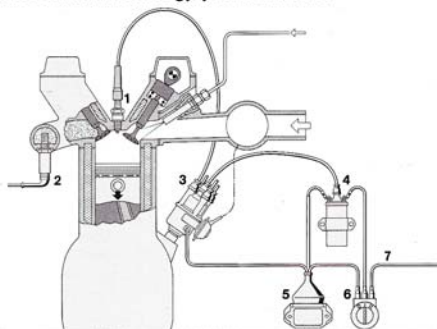
Az elektronikus gyújtás jelleggörbeserege által alkotott felület gyakran nagyon barázdáltnak látszik, és úgy tűnik, mintha az eddig leírt alapelveket alig követné. Ennek az az oka, hogy a gyújtásszöget a különböző üzemi tartományokban kü-

6. ábra. Optimalizált elektronikus gyújtási jelleggörbesereg vagy térmező (bal oldali) összehasonlítása egy mechanikus gyújtásállító rendszer gyújtási jelleggörbeseregével (jobb oldali)



7. ábra. Érintkezésmentesen vezérelt tranzisztoros gyújtású berendezés

1. Gyújtógyertyák
2. Lambda-sonda
3. Gyújtáselosztó, centrifugális és vákuumállítással, valamint indukciós vagy Hall-adóval
4. Gyújtótekercs
5. Kapcsolókészülék
6. Gyújtás- és indítókapcsoló
7. Akkumulátorhoz

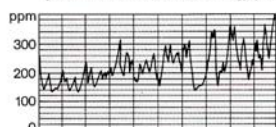


lőnböző kritériumok szerint kell optimálni. Ezek a kipufogógáz mellett lehetnek pl. a fogyasztás, a forgatónyomaték, a teljesítmény, az egyenletes járás, a metnettulajdonságok vagy pedig az ezek közötti kompromisszumok.

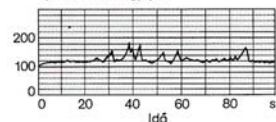
A részben ellentétes követelmények, amelyek különösen a fogyasztásnál és a kipufogógáznál érzékelhetők, jelentősen hozzájárulnak a gyújtás jellegzőbeseregének inhomogén formájához. A gyújtásszöget befolyásoló további bemenőmenyiségek a motorhőmérséklet, a fojtószeleppel és az akkumulátorfeszültség. A fojtószelep-kapcsoló lehetővé teszi az alapjárat és a teljes terhelés egyértelmű felismerését, és ezáltal a motorféküzem (tolóüzem) és a teljes terhelés számára az jellegzőbeseregben a speciális karakterisztikákra való áttérést. Az akkumulátorfeszültség többek között olyan bemenőmenyiségek a zárószög-jellegzőbeseregnek, amely a gyújtótekercshez juttatja a munkaponthoz tartozó energiát.

8. ábra. Négyhengeres motor CH-emissziója alapjáratban

a) Mechanikusan vezérelt tekercses gyújtás



b) Transzistoros gyújtás



A fordulatszámot és a forgattyústengely állását, a forgattyústengelyen elhelyezett fordulatszám-adóval vagy a gyújtáselosztóban lévő Hall-érzékelővel mérik. A forgattyústengelyen induktív érzékelőket használnak, amelyek pl. egy fogaskoszorút tapogatnak le. A dugattyú helyzetének felismeréséhez referenciajel érzékelése szükséges. Más megoldás a forgattyústengelyen szegmensek elhelyezése vagy hézagokkal ellátott fogastárcsa használata. A legnagyobb pontosságot egy forgattyústengelyjel nyújtja.

A terhelésméréshez szükség van a vezérlőkészülékbe épített nyomásérzékelőre, amely a szívócsőben uralkodó vákuumot méri vagy az elektronikus befecskendezőegység igen pontos terheléslésléneke használatára.

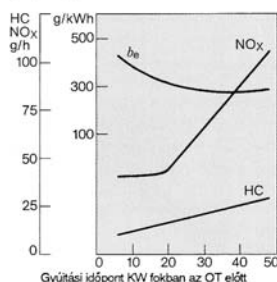
Gyújtásszög

Mivel a CO-emisszió majdnem csak a keverékben lévő levegőmennyiségtől függ, ezért a gyújtásszög erre gyakorolt hatása elhanyagolható. Az NO_x-emisz-

zió a levegő/üzemanyag aránytól függ, de a növekvő előgyújtással megnő az égés hőmérséklete és nyomása és ezzel együtt az NO_x-kibocsátás is. A CH-emisszió a keveréktől való függés mellett az NO_x-képződéshez hasonló tendenciát mutat. Nagyobb előgyújtásnál több CH képződik, mint utógyújtás esetén. Az üzemanyag-fogyasztásra vonatkozó görbe mindig egy meghatározott légfelesleg-tényezőre érvényes. Az üzemanyag-fogyasztás minimuma egyértelműen egy adott gyújtásszöghöz tartozik, ez azonban a motor minden munkapontjára nézve különböző lehet. Egy fix munkapont esetén 5°-kal eltoltt gyújtásszög már az üzemanyag-fogyasztást kb. 10 %-os változásához vezethet.

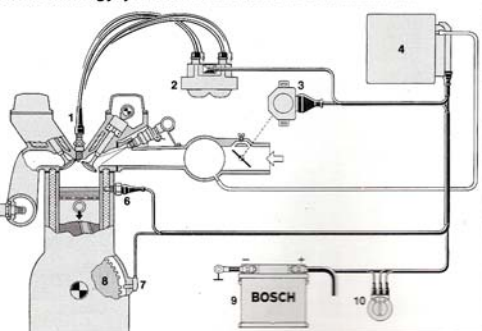
A tökéletes égés alapvető feltétele a szikrában lévő gyújtási energia. Az égéshez megfelelő energiára van szükség, amelynek mértékét a hengerben uralkodó nyomás, az elektródtávolság és a gyújtógyertyák szennyezettsége határozza meg. A szikraképződés után a szikrááram és a szikraidőtartam révén elegendő energiát kell közölni a gyújtógyertya körül áramló, örvénylő keverékkel. Így lehet a kémiai reakciót stabilan előkészíteni és megkezdeni az elégségi fázist. A lángallobbanást a megfelelő gyertyageometria és az égéstérben a szikra helyzete stabilizálja. Szegény keverékhez nagy gyújtási energia és hosszú szikraidőtartam szükséges.

9. ábra. A gyújtási idő befolyása a káros anyagok emissziójára és az üzemanyag-fogyasztásra



10. ábra. A teljesen elektronikus gyújtóberendezés rendszerének áttekintése

1. Gyújtógyertyák
2. 2x-kétszikrás gyújtótekercs
3. Fojtószelep-kapcsoló
4. Vezérlőegység, beépített végfokozattal
5. Lambda-szonda
6. Motorhőérzékelő
7. Fordulatszám- és referenciajel-adó
8. Fogastárcsa
9. Akkumulátor
10. Gyújtás- és indítókapcsoló



Teljesen elektronikus gyújtás

Ha az elektronikus gyújtás mechanikus, forgó nagyfeszültség-elosztóját statikusan működő, elektronikus vezérelt elemekkel helyettesítjük, akkor teljesen elektronikus gyújtásról beszélünk. Páros számú henger esetén a zavartalan nagyfeszültség-elosztáshoz kétszikrás gyújtótekercsek szükségesek. Páratlan hengerek számánál viszont minden hengerhez saját gyújtótekercs kell, amelyre ráépítik a gyújtás végfokozatát.

A teljesen elektronikus gyújtás a károsanyag-kibocsátás és az üzemanyag-fogyasztás csökkentése szempontjából ugyanazokat az előnyöket mutatja, mint az elektronikus gyújtás.

A kopogásszabályozás és a kipufogógáz

Kopogási határ

Katalizátoros üzemben a motort $\lambda = 1,0$ -nél ólommentes benzinnel kell működtetni. Eddig az ólomot azért keverték a benzinnel, hogy nagy kompresszióviszony (ϵ) esetében se kopogjon a motor. Az ólommentes benzin alkalmazása általában kisebb ϵ -t és nagyobb benzinfogasztást von maga után. A "kopogás" vagy "csilingelés" az égés ellenőrizetlen formája, amely a motort károsítja, ha a kopogás gyakran és túl hevesen lép fel. Ebből kifolyólag a gyújtásszögét általában úgy állítják be, hogy mindig biztonságos távolságra legyen a kopogási határtól. Minthogy azonban a kopogási határ az üzemanyag minőségétől, a motor állapotától és külső körülményektől is függ, ez a biztonság az utógújtás miatt a benzinfogasztásnak néhány százaléknyi növekedését jelenti. Ezt a hátrányt a kopogási határ üzem közbeni megállapításával és a gyújtásszög erre való szabályozásával lehet elkerülni abban az esetben, ha az elővezérelt gyújtásszög a kopogási tartományba esett volna. Ezt a feladatot végzi el a kopogásszabályozás.

Kopogásérzékelő

A kopogást ma még nem lehet előre érzékelni. A szabályozás folyamán a kopogási határ közelében tehát mindig fellép szórványos kopogás. A berendezést az egyes gépjárműtípusokhoz úgy illesztik, hogy a kopogás nem hallható és a károsodás biztonsággal kizárt. Mérőérzékelőként kopogásérzékelő szolgál, amely a kopogások fellépő tipikus zajokat felfogja, elektromos jelekké alakítja, és az elektronikus vezérlőegységnek továbbítja. A kopogásérzékelő beépítési helyét

úgy választották ki, hogy minden hengerből származó kopogást minden körülmények között biztosan felismerhessen. Ez a hely legtöbbször a motorblokk oldalán van. Hat és több henger esetében általában nem elég egyetlen kopogásérzékelő. Ilyen esetben motoronként két kopogásérzékelőt használnak, amelyeket a gyújtási sorrendnek megfelelően kapcsolnak át.

Vezérlőegység

Az érzékelők jeleit a vezérlőegység értékeli ki. Itt minden hengernek saját referenciaszintje van, amely állandóan és automatikusan az üzemi viszonyokhoz illeszkedik. A szenzorjelből a forgattyús-tengely-szakaszban integrálás és szűrés révén nyert hasznos jellel való összehasonlítás minden egyes hengerben zajló égésre megmutatja, hogy kopogás fellép-e. Ha valamelyik henger kopog, akkor csak az ehhez a hengerhez tartozó gyújtási időpontot állítják "későbbre", egy adott értékkel, pl. 3°KW -vel. Ez a folyamat ismétlődik, míhelt valamelyik hengerben kopogásnak minősíthető égés zajlik le. Ha többé már nem lép fel kopogás, akkor a gyújtási időpont kis lépésekben, lassan visszaáll a "korábbi" irányba, egészen a gyújtási állapottérben meghatározott értékig. Minthogy a motorban a mindenkor kopogási határ hengerenként különböző, és az üzemi tartományon belül jelentősen változik, ezért a gyakorlatban minden henger kopogási határához saját gyújtási időpont tartozik. A "hengerekeltív" kopogásfelismerés és -szabályozás ezen módja lehetővé teszi a motor hatásfokának és üzemanyag-fogyasztásának a legjobb optimalizálását.

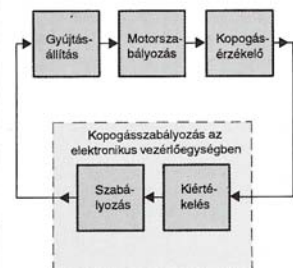
Ha a gépjárművet ólommentes szuperbenzinre tervezték és kopogásszabályozással rendelkezik, akkor károsodás nélkül ólommentes normálbenzinnel is használható. Sportos vezetés esetén viszont nő a kopogás gyakorisága. Ennek elkerülése céljából az elektronikus vezérlőegységben mindkétféle minőségű üzemanyag számára külön gyújtási állapottérrel kell a memóriában tárolni. Ebben az esetben indítás után a motor "szuper állapottérrel" működik, és ha a kopogás gyakorisága átlép egy adott küszöböt, átkapcsol "normál állapottérre". A vezető ezt az átkapcsolást nem érzékeli, csupán a teljesítmény csökken, és az üzemanyag-fogyasztás növekedik jelentéktelen mértékben.

A hagyományos gyújtórendszerű, szuperbenzinre tervezett gépjármű normálbenzinnel járva kopogási károkat szenvedhet, viszont a normálbenzinre tervezett gépjárműben a szuperbenzin használata sem a fogyasztásban, sem a teljesítményben nem jár előnnyel.

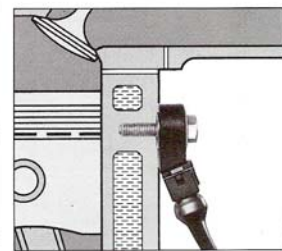
Kopogásszabályozás turbómotoroknál

A töltőnyomást a kipufogógáz-turbina hajtótélejesítménye vezérli. A beavatkozást a kipufogóvezetékben lévő megkezdülő szelep nyitott keresztmetszete végzi, amelyet elektromágneses szelep segítségével a vezérlőnyomás működtet. Az elektromágneses szelepet vezérlő értékek az állapottérben vannak. Az állapottér a töltőnyomásnak csak a szintjét határozza meg, ahogyan az a vezető kívánságának megfelelően (a gázpedál állásától függően) a motornak szükséges. Előnyök a hagyományos turbómotorokkal szemben: kisebb töltési munka

11. ábra. A kopogásszabályozás blokk-sémája

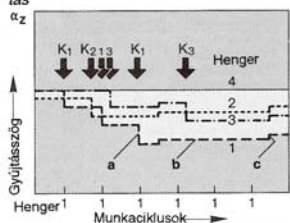


12. ábra. A kopogásérzékelő mint egy 25 kHz feletti sajátfrekvenciájú vevő



13. ábra. Kopogásszabályozás

Szabályozási algoritmus egy négyhengeres motor gyújtásának megváltoztatására $K_1...K_3$: kopogás az 1...3 hengernél (a 4. hengernél nincs kopogás), a) utógújtás b) várakozási idő az előgyújtás előtt c) előgyújtás



kell a részterhelés-tartományban, kevesebb kipufogógáz marad a hengerben, alacsonyabb a töltőlevegő-hőmérséklet, a töltési nyomás szabadon választható teljes terhelési karakterisztikája, a turbó-töltő finomabb működése, javuló menet-tulajdonságok.

A töltőnyomás szabályozása esetén egy szabályozókört szuperponálunk az elővezérlésre. Nyomásérzékelő méri a szívócsőnyomást, amelyet az állapotterben lévő értékkel hasonlítunk össze. Az előírt és a mért érték közötti eltérés esetén az elektromágneses szelep a nyomást kiegyenlíti.

A töltőnyomás-szabályozás előnyei a vezérléshez képest: az alkatrészek tűrései és kopása, különösen a megkerülőszelepleben és a turbótöltőben, nem hatnak a töltési nyomás szintjére. Abszolút nyomás-érzékelő használata esetén ezenkívül a töltési nyomást széles tartományban a külső nyomás nagyságától függetlenül tehetjük (magassági korrekció).

Kopogás esetén a szóban forgó henger gyújtási időpontját a szívómotoréhoz hasonlóan későbbre állítjuk. Ennek következtében a töltési nyomás csökken, ha az utángyújtás mértéke legalább egy hengerben meghaladja az előírt értéket. Ezt az értéket a fordulatszámfüggő karakterisztika az elektronikus vezérlőegységben tárolja. Nagyságát a turbina bemenetén megengedett maximális kipufogógáz-hőmérséklet figyelembevételével határozzák meg. A szabályozás algoritmus a gyors nyomáscsökkenéssel és kisebb lépésenkénti emelkedéssel az előírt értékig hasonlítja a gyújtásszög-állításhoz, de jóval nagyobb időállandóval.

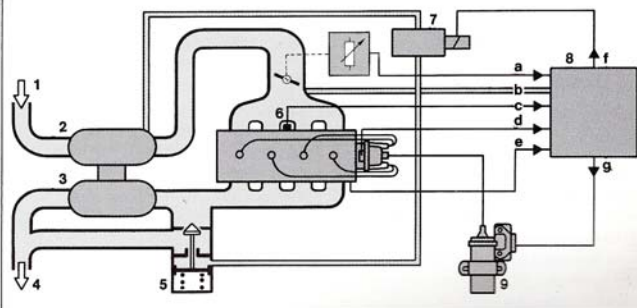
Mindkét szabályozási algoritmust a kopogás gyakoriságának, a motor reakciós idejének, a megkerülőszeleplek és a turbótöltőnek, a kipufogógáz hőmérsékletének és a szabályozás stabilitásának a figyelembevételével hangolják be.

Ennek a kombinált szabályozásnak előnyei vannak a tisztán gyújtásszög-szabályozáshoz képest. Ezek: a motor hatásfokának javítása, a motor és a turbó-töltő hőterhelésének csökkentése, a töltőlevegő hőmérsékletének csökkentése. Előnyök a tisztán töltési nyomás-szabályozással szemben: a szabályozás gyorsabb megindulása kopogáskor a motor jobb dinamikus tulajdonságai, a szabályozás stabilitása, előnyösebb menet-készség.

14. ábra. Kopogásszabályozás töltési nyomásszabályozás és elektronikus gyújtás kombinálásával

1. Beszívott levegő, 2. Töltő, 3. Turbina, 4. Kipufogógáz, 5. Vezérlőszelep, 6. Kopogásérzékelő, 7. Ütemszelep, 8. Vezérlőegység, 9. Gyújtótekerccs beépített kapcsolókészülékkel

Jelek: a Fajótápellátás, b Szívócsőnyomás, c Kopogásjel, d Gyújtóimpulzus, e Motor-hőmérséklet, f Ütemszállapítás, g Gyújtási időpont



Különleges funkciók

Az alapfunkciókon (a kopogás felismerése és szabályozása, a gyújtásszög-, a zárószög- és adott esetben a töltési nyomás állapot) kívül pl. a szívócsőnyomás mint a terhelésre jellemző információ nyomásérzékelővel mérhető a vezérlőegységben, vagy a benzinbefecskendező egység terhelésjele feldolgozható. A hűtővíz és a beszívott levegő hőmérsékletét korrekciós tényezőként lehet figyelembe venni. Szükség esetén a gyújtást vagy az üzemanyag-szivattyút kapcsolva az üzemanyag-szivattyú vezérlésével a tolóerő megszüntethető, az alapjárat stabilizálható és a fordulatszám korlátozható. Ezen kívül, ha a számítógép elromlik – erről a gépjárművezető jelzést kap – lehetséges a szükségüzemelés, nehogy a gépjármű leálljon. Turbómotorok esetén előállítható egy fordulatszámfüggő teljes terhelési jel, és ugyanúgy, mint a kopogás következtében előálló töltési nyomáscsökkenésnél, a befecskendezésvezérlés is kiadható.

Biztonság és diagnosztika

A kopogásszabályozás minden funkcióját, amelynek kiesése motortérülést vonna maga után, megfigyelés alatt kell tartani. Hibák esetén sérülést nem okozó üzemmódra kell áttérni. Ez az áttérés a gépjárművezetőnek a műszerfalon jelezhető. A gépjármű vizsgálatok a hiba impulzuskód segítségével "kiolvasható". Ellenőrzött helyek:

1. A kopogásérzékelő a kábelköteggel együtt az üzem alatt állandóan adott for-

dulatszámhatár felett. Felismert hibánál a gyújtásszög a kopogásszabályozás hatásos jelleggörbetartományában adott szöggel az utángyújtás irányba állítódik el. Turbómotor esetében ugyanakkor lecsökken a töltési nyomás is.

2. A kiértékelő elektronika a számítógépig, adott fordulatszámhatár alatt. Felismert hiba esetén a reakció azonos az 1. pontban leírtakkal.

3. A terheléssel állandóan, üzem közben. Hiba esetén a teljes terheléshez tartozó gyújtásszög érvényes, a kopogásszabályozással egyidejű tartós aktiválásával. Szükség szerint további érzékelők, (pl. hőmérséklet-érzékelő) és jelek is ellenőrizhetők, és az eredményt figyelembe veszik.

Keverékkészítés és kipufogógáz

K-Jetronic

A K-Jetronic-ot eredetileg tisztán mechanikusan működő, hajtás nélküli rendszerként tervezték, amely az üzemanyagot a motor által beszívott levegőmennyiségnek megfelelően, folyamatosan adagolja. Ma már ez a befecskendező-rendszer kiegészítő elektronikus segítségével a lambda-szabályozást is lehetővé teszi.

Üzemanyag-ellátás

Az elektromos szivattyú az üzemanyagot a tartályból szívja, és a nyomástárolón, valamint az üzemanyagszűrőn keresztül az üzemanyag-elosztóhoz szállítja. Itt van a nyomásszabályozó, amely a rendszer nyomását állandó értéken tartja. Az üzemanyag az üzemanyag-elosztón keresztül jut a befecskendezőszedelepekhez, amelyek adott nyomás felett nyitnak.

Az üzemi adatok érzékelése és feldolgozása

A kívánt levegő/üzemanyag viszonyról a keverékszabályozó gondoskodik. Ez utóbbit a légmennyiségmérőből és az üzemanyag-elosztóból áll.

A légmennyiség mérése és az üzemanyag adagolása az alapjáratú munkapontban, egyetlen beállítócsavar segítségével illeszthető egymáshoz. A légmennyiségmérő és az üzemanyagmennyiség mérő egyaránt lineáris működésű.

A levegő/üzemanyag arányt a kívánt légfeltelegtényezőhöz pontosan és stabilan be lehet állítani. A szükséges különleges pontosság elérhető, mivel az egyszerű emelőkaros átviteli módnál a hibalehetőség minimális.

Légmennyiségmérő

A fojtószelep elé beépített légmennyiségmérő légtölcsérből és mozgatható karra erősített torlótárcsából áll. A torlótárcsát a légtölcsérben a légáram többé vagy kevésbé kilendíti.

Üzemanyag-adagolás

Üzemanyag-elosztó

A légmennyiségmérő mozgását kar segítségével átviszik az üzemanyag-elosztóban lévő tolattyúra. A tolattyú vezérlője a tolattyú állásának megfelelően a vezérlőrések kisebb vagy nagyobb kereszt-

metszetét nyitja. Minden motorhengerhez egy-egy vezérlőrést tartozik. A vezérlőrésekénti nyomásszabályozó-szedelepek át (amelyek állandó nyomáskülönbséggel hatnak a vezérlőrésekre) jut el az üzemanyag a befecskendezőszedelephez.

Befecskendezőszedelepek

A levegővel körülvett befecskendezőszedelepek még alapjáratban is finoman porlasztják az üzemanyagot. A levegő egy része a fojtószelepen létrejött nyomáscsökkenéstől függően áramlik egy megkerülő szelepen a befecskendezőszedelepekhez, és körülvézi az üzemanyagot közvetlenül a kilépő nyílásnál. Ez a keverékkészítési mód csökkenti az üzemanyag-fogyasztást és a kipufogógáz-emissziót.

A befecskendezőszedelepek kb. 3,6 bar túlnyomásnál önműködően nyitnak. Nincs adagoló feladatuk.

Alkalmazkodás a különböző üzemállapotokhoz

Az egyes üzemállapotok esetén (hidegindítás, melegedés, alapjárat, teljes terhelés) az üzemanyag-szükséglet nagymértékben eltér az átlagos értéktől. Ezért be kell avatkozni a keverékképzésbe, hogy például a motornak több üzemanyagot vagy levegőt adagolhassunk.

Melegedésszabályozó

A melegedésszabályozó a keveréket a melegedés fázisában dúsítja, úgy, hogy az elektromosan fűtött bimetal segítségével csökkenti a tolattyúra ható ellennyomást. A vezérlőnyomás csökkenése, ugyanakkora levegőmennyiség esetén, a torlótárcsa nagyobb löketéhez vezet (a megnövekedett üzemanyagát-folyási keresztmetszetnek megfelelően) és ezzel a melegedési dúsítás megtörténik.

Pótlevegőretesz

A bimetal vagy hőtágulós elemmel mozgatható retesz a melegedési fázisban többletlevegőt szállít a motorba. Ez a légmennyiségmérő torlótárcsáját jobban elfordítja. Így jön létre a melegedési szakaszban a kifogástalan, egyenletes járáshoz szükséges magasabb alapjárat fordulatszám.

Elektromos indítószedelep,

hő – idő kapcsoló

A hő – idő kapcsoló a motor hőmérsékletétől és az időtől függően vezérli az elektromos indítószedelepet, amely az indítás folyamata alatt alacsony hőmérsékleteken lehetővé teszi többletüzemanyag (hidegindítási dúsítás) befecskendezését a szívóelektromosba.

Kiegészítő funkciók

A tolóüzemben (motorféküzemben) használt tolóüzemi kapcsolás az üzemanyag-fogyasztást és ezzel a kipufogógáz-emissziót nemcsak völgyemenetben, hanem a városi közlekedésben is érzékelhetően csökkenti.

A fordulatszám-korlátozó a maximális megengedett fordulatszám elérésekor lezárja az üzemanyag útját.

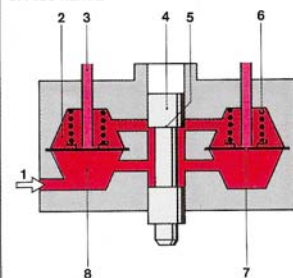
Lambda-szabályozás

A különlegesen alacsony kipufogógáz-határértékek betartásához háromutas katalizátor működtetéséhez a levegő/üzemanyag arány vezérlése nem eléggé pontos. A kipufogóban elhelyezett lambda-szonda segítségével végzett szabályozás a K-Jetronic esetében elektronika alkalmazását igényli. Erre a célra szolgál az ütemszedelep, amely a nyomásszabályozó-szelep alsó kamrájában uralkodó nyomást és ezzel a vezérlőrések nyomáskülönbségét befolyásolja, és amely változtatja a levegő/üzemanyag arányt.

Az ütemszedelepet elektronika vezérli, amelynek fontos bemenő adata a lambda-szonda jele.

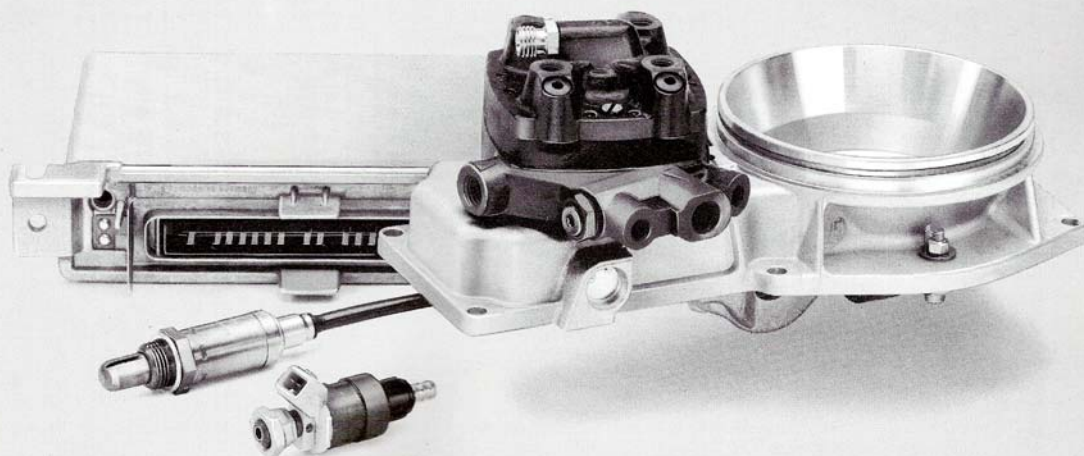
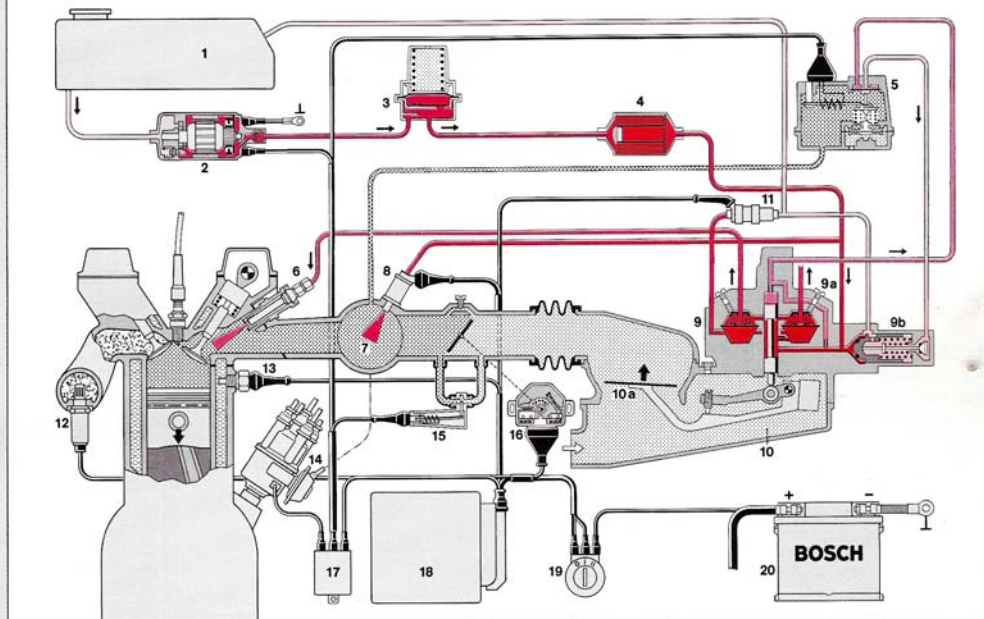
15. ábra. Üzemanyag-elosztó (vázlat)

1. Üzemanyag-beömlés, 2. Felső kamra,
3. Befecskendező vezeték, 4. Tolattyú,
5. Vezérlőlél, 6. Szeleprugó, 7. Membrán,
8. Alsó kamra



16. ábra. A K-Jetronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyagtartály, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Nyomástároló, 4. Üzemanyagszűrő, 5. Melegedésszabályozó, 6. Befecskendezőszelvény, 7. Gyújtócső, 8. Elektromos indítószelvény, 9. Keverékszabályozó, 9/a. Üzemanyag-elosztó, 9/b. (Rendszer)nyomás(-)szabályozó, 10. Légmennyiségmérő, 10/a. Torlótárcsa, 11. Ütemszelvény, 12. Lambda-szonda, 13. Hő - idő kapcsoló, 14. Gyújtáselosztó, 15. Pótlevegő-vezeték, 16. Fajtároló-kapcsoló, 17. Vezérlőrelé, 18. Vezérlőegység, 19. Gyújtás- és indítókapcsoló, 20. Akkumulátor



KE-Jetronic

A KE-Jetronic olyan benzinbefecskendező rendszer, amely a K-Jetronic mechanikus-hidraulikus vezérlésű alapfunkcióival és elektronikusan vezérelt, illetve szabályozott egyéb funkciókkal rendelkezik. A szenzorok által érzékelt üzemi adatokat a jobb keverékképzés céljára az elektronikus vezérlőegység dolgozza fel.

Üzemanyag-ellátás

Az elektromos szivattyú az üzemanyagot a tartályból a nyomástárolón, valamint a szűrőn keresztül az üzemanyag-elosztóba szállítja. Az üzemanyag-rendszer nyomását a nyomásszabályozó tartja állandó értéken. Az üzemanyag az üzemanyag-elosztóból a befecskendezőszlepekhez kerül.

Az üzemi adatok érzékelése

A gyújtástól (motorfordulatszám), a hőmérséklet-érzékelőtől (motorhőmérséklet), a torlótárcsa-potenciométertől (beszívott levegőmennyiség), a fojtószelepkapcsolótól (alaplárta és tolóüzem, teljes terhelés), az önindító-kapcsolótól, a lambda-szondától, a nyomásérzékelőtől és más szenzoroktól származó adatok, jelek, feldolgozás és kiértékelés céljából továbbjutnak a vezérlőegységbe.

Az üzemi adatok feldolgozása

Az elektronikus vezérlőegység feldolgozza a közölt adatokat, és ezáltal befolyásolja a következő funkciókat:

- indítási dúsítás,
- melegedési dúsítás,
- indítás utáni dúsítás,
- gyorsítás alatti dúsítás,
- teljes terhelési dúsítás,
- tolóüzemi kapcsolás,
- fordulatszám-korlátozás,
- lambda-szabályozás,
- tengerszint feletti magasság szerinti korrekció.

Ezeknek a funkcióknak az ellátásához olyan vezérlőáram-összetevők képződnek, amelyek eredőjét a nyomásállító tartározza.

Az új vezérlőegység-generáció mikroszámítógépes rendszerével még olyan nagyon komplex funkciók is elláthatók, mint az alapjárat fordulatszám-szabályozás. Az egyszerűbb rendszerekben az alapjárat fordulatszámát a pótlevegő-rezszel vezérli. Am a töltéssel szabályozott alapjárat fordulatszám kisebb, és ezáltal kevesebb üzemanyagot fogyaszt.

tó fordulatszámot enged meg, amely a gépjármű egész élettartama alatt nem változik. Ehhez a vezérlőegység a motor pillanatnyi fordulatszámát a kívánt alapjárat fordulatszámmal hasonlítja össze, és jelet ad az alapjárat fordulatszám-állítónak. Ez a motorhoz annyi levegőt szállít, amennyivel a kívánt fordulatszám beáll.

Az üzemanyag adagolása

Üzemanyag-elosztó és elektrohidraulikus nyomásállító

Az üzemanyag-elosztó tolatyúját a torlasztószelepes légmennyiségmérő mozgatja. Az üzemanyag a tolatyú csatlakozásától az elektrohidraulikus nyomásállítón, a nyomásszabályozó szelep alsó kamráján, egy fix fojtószelepen és a nyomásszabályozón keresztül visszafolyik az üzemanyagtartályba. A nyomásállító a terelőlapos fúvókarendszer elven működik, és elektromos áram vezérli. A fix fojtószeleppel nyomáselosztót képez. A nyomásállító csatlakozói között az elektromos áram erősségének megfelelő nyomáscsökkenés áll be. Ez az adagolórések nyomáskülönbségeinek és emiatt a befecskendezett üzemanyag mennyiségének változását eredményezi.

Befecskendezőszlep

Az üzemanyagot a levegővel körülvett befecskendezőszlep még kis mennyiségben, alapjáratban is finoman szétporlasztja. Az ilyen keverékkészítés csökkenti az üzemanyag-fogyasztást és a kipufogógáz-emissziót.

Keverékillesztés a különböző üzemállapotokhoz

Az egyes üzemállapotok esetén (hidegindítás, melegedés, gyorsulás, alapjárat, teljes terhelés), az üzemanyag-szükséglet nagymértékben eltér a normális értéktől, ezért szükséges a keverékképzés korrigálása. A motor hőmérsékletét és a fojtószelep állását érzékelő további szenzorok alkalmazásával a vezérlőegység jobban ellátja a keverékillesztési (szabályozási) feladatokat, mint a mechanikus befecskendező rendszer.

Alapjárat fordulatszám-állító

Az alapjárat fordulatszám-állító a fojtószelep megkerülő légcsonatjában van. A forgórész tengelyen lévő forgótálatyú annyira nyitja a megkerülő légcsonatát,

hogy a motor terhelésétől függetlenül az alapjárat fordulatszám az előírt értékre beálljon.

Elektromos indítószlep, hő – idő kapcsoló

A hő – idő kapcsoló a motor hőmérsékletétől és az időtől függően úgy vezérli az elektromos indítószlepet, hogy az indítás folyamata alatt, hidegben, a szívóelosztóba lehetőség legyen többlet üzemanyag befecskendezésére (hidegindítási dúsítás).

Kiegészítő funkciók

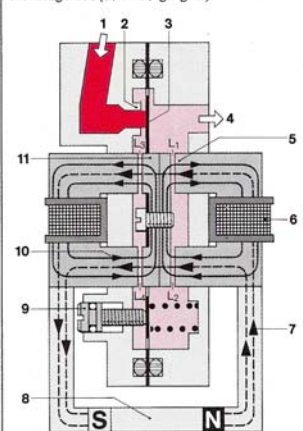
A tolóüzemben (motorféküzemben) hatásossá váló tolóüzemi kikapcsolással üzemanyag-megtakarítást és a károsanyag-emisszió csökkenését éri el, valamint a motor maximálisan megengedett fordulatszámát is korlátozhatjuk. A magas hegységekben lévő kis levegőssűrűség a keveréknek szegényítő korrekciójával figyelembe vehető.

Lambda-szabályozás

A lambda-szonda jelét a KE-Jetronic vezérlőegységében feldolgozzák. A szükséges szabályozó beavatkozást a nyomásállító végzi.

17. ábra. Az elektrohidraulikus nyomásállító keresztmetszete (vázlat)

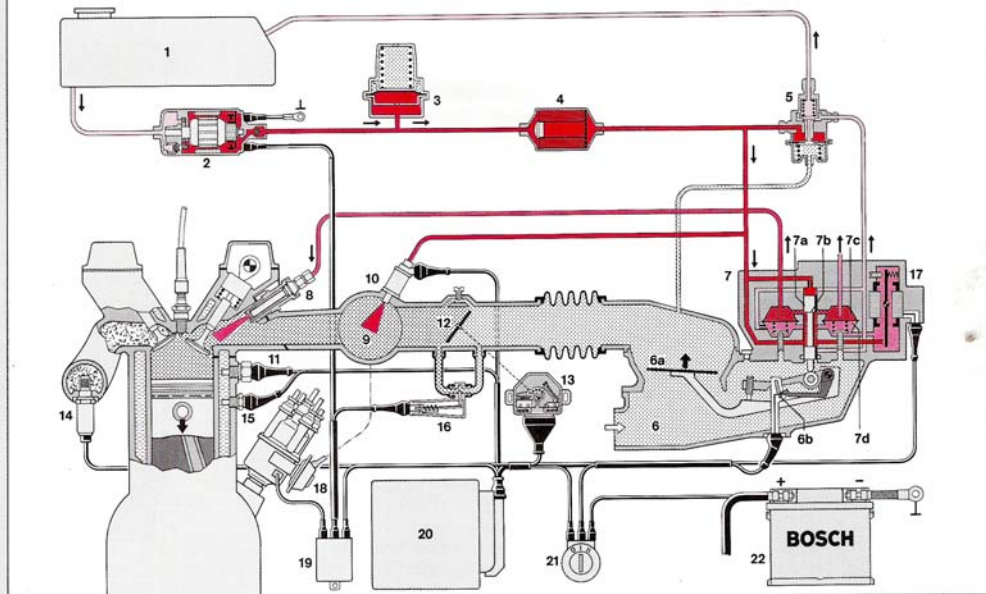
1. Üzemanyag-bevezetés (rendszernyomás), 2. Fúvóka, 3. Terelőlemez, 4. Üzemanyagkifolyás, 5. Mágnespólus, 6. Mágnesekercs, 7. Állandó mágneses fluxus, 8. Állandó mágnes, 9. Beállítócsavar az alapszabályozáshoz, 10. Elektromágneses fluxus, 11. Mozgórésszel (L₁-től L₄-ig légrész)



18. ábra. A KE-Jetronic rendszer áttekintése

18. ábra. A KE-Jetronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyaggyűjtő, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Nyomástároló, 4. Üzemanyagszűrő, 5. (Rendszer)nyomás-(szabályozó, 6. Légmennyiségmérő, 6/a. Torlótárcsa, 6/b. Potenciométer, 7. Üzemanyag-elosztó, 7/a. Tolattyú, 7/b. Vezérlő, 7/c. Felső kamra, 7/d. Alsó kamra, 8. Befecskendezőzelep, 9. Gyújtócső, 10. Elektromos indítózelep, 11. Hő-írdőkapcsoló, 12. Fojtószelep, 13. Fojtószelep-kapcsoló, 14. Lambda-szonda, 15. Motorhőmérséklet-érzékelő, 16. Pötlevegő-reztes, 17. Elektrohidraulikus nyomásállító, 18. Gyújtáselosztó, 19. Vezérlőrelé, 20. Elektronikus vezérlőegység, 21. Gyújtás- és indítókapcsoló, 22. Akkumulátor





L-Jetronic

Az L-Jetronic egyesíti magában a közvetlen légmennyiségmérés előnyeit az elektronika sajátos lehetőségeivel. A K-Jetronic-hoz hasonlóan valamennyi motorikus változat (kopás, lerakódások az égéstérben, a szelepbéállítások megváltozása) érzékeli, ezért tartósan jó kipufogógáz-összetételt biztosít.

Üzemanyag-ellátás

Az elektromos szivattyú az üzemanyagot a tartályból az üzemanyagszűrőn keresztül a nyomásszabályozóhoz (rugóterheléses membrán) szállítja. A nyomásszabályozó a befecskendezőszelep adagolórésén a nyomáskülönbséget a befecskendezett üzemanyag mennyiségétől függetlenül állandó értéken tartja.

Az üzemi adatok érzékelése

A beszívott légáram egy torlólapot állandó rugóerő ellenében meghatározott szöggel elfordít, amely potenciométer segítségével arányos elektromos feszültséggé alakítható. A vezérlőegységben lévő időtág feldolgozza ezt a feszültséget. A légmennyiségmérőben a beszívott levegő hőmérséklet-érzékelőjét a hőmérséklet-változás következtében létrejött levegőáramlás-változás érzékelése miatt helyezték el.

A fordulatszámra és a befecskendezés időpontjára vonatkozó információt a vezérlőegység a gyújtóberendezéstől kapja.

Az üzemi adatok feldolgozása

A motorban érzékelt különböző mennyiségeket a vezérlőegység elektromos impulzusokká alakítja, amelyek munkapontja egybeesik a gyújtási időponttal, és amelyek időtartama elsősorban a beszívott levegő mennyiségétől és a fordulatszámától függ.

Mivel az összes befecskendezőszelep egyszerre működik, elegendő egyetlen teljesítmény-végfokozat.

A hőmérséklet-érzékelők csökkenő motor-, illetve levegőhőmérséklet esetén növelik a befecskendezési időt. A fojtószelepkapcsoló kapcsolójelle teljes terhelésnél lehetővé teszi a keverék megváltoztatását, illetve a tolóüzemi kikapcsolás vezérlését.

Az üzemanyag adagolása

Az elektromágneses befecskendezőszelepek az üzemanyagot a motor szívószelepeire fecskendezik. Minden hengerhez tartozik egy mágnesszelep, amely a for-

gattyústengely minden fordulatanál egyszer működik. A kapcsolás egyszerűsítése céljából az összes szelepet elektromosan párhuzamosan kapcsolják. Ha az üzemanyagnyomás és a szívócsőnyomás közötti különbség 2,5 vagy 3,0 bar értéken állandó marad, akkor a befecskendezett üzemanyag mennyisége csak a szelep nyitvatartási idejétől függ. Az ehhez szükséges vezérlőimpulzusokat az elektronikus vezérlőegység szolgáltatja, amelynek időtartama a beszívott légmennyiségtől, a motor fordulatszámától és további bemenőmennyiségtől függ. Ezeket a további bemenőmennyiségeket a szenzorok érzékelik, és a vezérlőegységben dolgozzák fel.

Keverékillesztés különböző üzemiállapotokra

Az egyes üzemiállapotokban (hidegindítás, melegedés, gyorsulás, alapjárat, teljes terhelés) az üzemanyag-szükséglet nagymértékben eltér az átlagos értéktől, ezért szükség van a keverékképzés módosítására.

Fojtószelep-kapcsoló

A fojtószelep-kapcsolónak a fojtószelep két végállását egy-egy kapcsolóérintkező jelzi. A fojtószelep-kapcsoló zárt (alapjárat) vagy teljesen nyitott fojtószelepnél (teljes terhelés) egy-egy kapcsolójelet küld az elektronikus vezérlőegységnek.

Pótlevegőretesz

A bimetal-rugóval vagy hőtágulósos elemmel mozgatott retesz a melegedési fázisban többletlevegőt szállít a motorba. Így biztosítható a motor kifogástalan egyenletes járásához szükséges magasabb alapjáratú fordulatszám a melegedési szakaszban.

Az alapjáratú fordulatszám vezérlésére a pótlevegőretesz helyett külön alapjáratú fordulatszám-szabályozót lehet alkalmazni.

A motor hőmérséklet-érzékelője

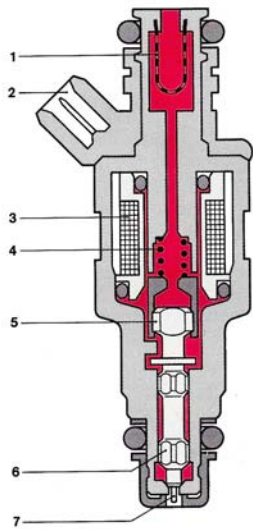
Ez hőmérsékletfüggő ellenállás, amely a melegedés alatt szükséges keverékdúsítást vezérl.

Kiegészítő funkciók

A motorfűtésben határossá váló tolóüzemi kikapcsolás üzemanyag-megtakarítást és a károsanyag-emisszió csökkentését teszi lehetővé, valamint a maximálisan megengedett fordulatszám korlátozható.

19. ábra. Befecskendezőszelep

1. Szita, 2. Elektromos csatlakozás, 3. Mágneskeker, 4. Zárórugó, 5. Mágnes mozgórésze, 6. Szeleptű, 7. Fecskendezőcsap



Lambda-szabályozás

Az elektronikus vezérlőegység a lambda-szonda jelét egy előírt értékkel hasonlítja össze, és ezzel vezérli a kétpontos szabályozót. Az összehasonlítás eredményeként a túl szegény keveréket a szabályozó dúsítja, a túl dúsat pedig szegényíti. Az üzemanyag adagolását a befecskendezőszelep nyitási időtartamával szabályozza.

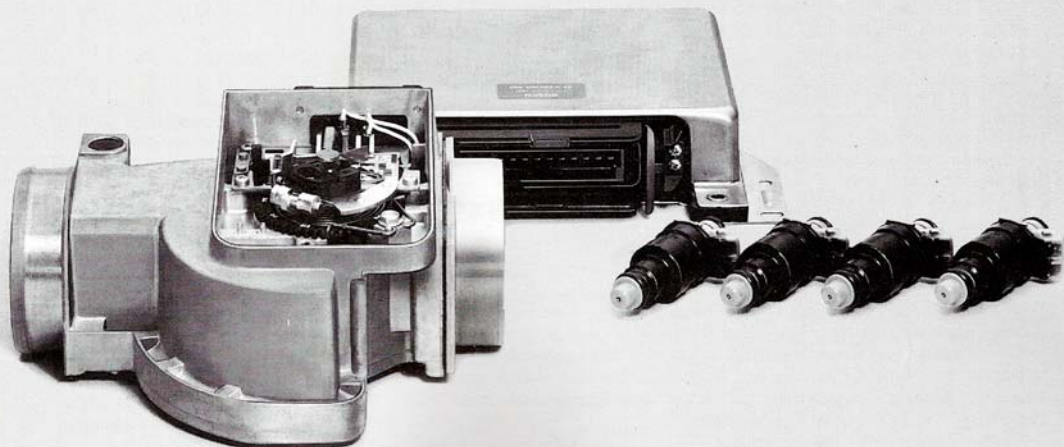
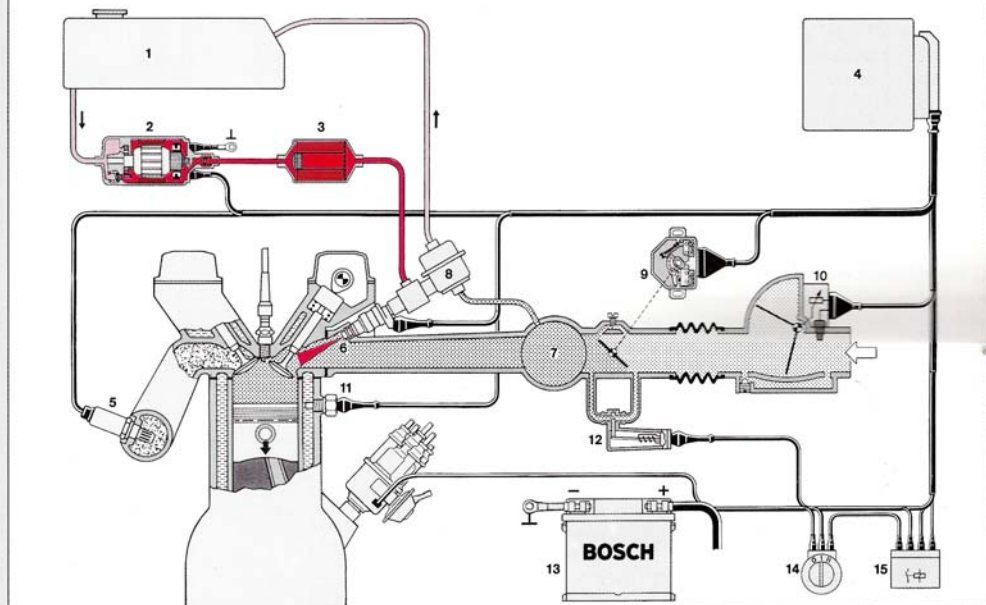
Az L-Jetronic továbbfejlesztése

Az L-Jetronic-ból időközben, meghatározott piacok részére speciális típusokat – az LE-Jetronic-ot Európába, az LU-Jetronic-ot az USA-ba szállítják – fejlesztettek ki. Ezek csupán részletekben különböznek az L-Jetronic-tól.

A továbbfejlesztés folyamán az L-Jetronic vezérlőegységét is mikroszámítógéppel látták el. Ezáltal az egyre szigorúbb kipufogógáz-határértékek a jövőben is teljes mértékben betarthatók lesznek.

20. ábra. Az L-Jetronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyagtartály, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Üzemanyagszűrő, 4. Vezérlőegység, 5. Lambda-szonda, 6. Befecskendező-szelep, 7. Gyújtócső, 8. Üzemanyagnyomás-szabályozó, 9. Fojtószelep-kapcsoló, 10. Légmennyiségmérő, 11. Motorhőmérséklet-érzékelő, 12. Pótlévegőrekesz, 13. Akkumulátor, 14. Gyújtás- és indítókapcsoló, 15. Relé



LH-Jetronic

Az LH-Jetronic az L-Jetronic közeli rokona. A különbséget az izzószálas légtömegmérő jelenti, amely a motor által beszívott levegőtömeget méri. A mérési eredmény így független a légsűrűségtől, amely a hőmérséklettől és a nyomástól függ.

Üzemanyag-ellátás

Az elektromos szivattyú az üzemanyagot a tartályból az üzemanyagszűrőn keresztül a nyomásszabályozóhoz (rugóterheléses membrán) szállítja. A nyomásszabályozó a befecskendezőszелеp adagolórésénél a nyomáskülönbséget a befecskendezett üzemanyag mennyiségétől függetlenül állandó értéken tartja.

Az üzemi adatok érzékelése

A vezérlőegység számára a fordulatszám-információkat a gyújtóberendezés szolgáltatja.

A hűtővízkörben lévő hőmérséklet-érzékelő méri a motor hőmérsékletét, és a vezérlőegység számára elektromos jellel alakítja. A fojtószelep-kapcsoló jelzi a fojtószelep "alaplátart" és "teljes terhelés" állásait a motor vezérlése céljából a vezérlőegységnek, hogy az egyes üzemi állapotokban a különböző optimalizációs kritériumok rendelkezésre álljanak.

A vezérlőegység érzékeli a hálózati feszültség ingadozásait, és az emiatt bekövetkező szelepkésést a befecskendezési idő helyesbítésével egyenlíti ki.

Izzószálas légtömegmérő

A beszívott légáramot egy fűtött huzal (izzószál) mellett vezetik el. A fűtött huzal elektromos hídkapcsolás része; a rajta átfolyó áram a beszívott levegőnél állandó értékkel magasabb hőmérsékleten tartja. A szükséges fűtőáram szolgál a motor által beszívott légtömeg mérteként. Ez feszültségjellel alakítva a vezérlőegység a fordulatszámmal együtt mint fontos bemenőmennyiséget feldolgozza. Az izzószálas légtömegmérőben elhelyezett hőmérséklet-érzékelő gondoskodik arról, hogy a kimenőjel ne függjön a beszívott levegő hőmérsékletétől. Alaplátartban a levegő/üzemanyag viszony potenciométerrel állítható be. Az izzószál felületén lerakódó szennyeződés megváltoztatja a kimenőjelet, ezért az izzószálat a motor minden egyes megállása után rövid ideig túlzűjtik, és ezzel a szennyeződést leégetik. Az izzószálas légtömegmérőnek nincs mozgó alkatrész.

szé, és csak kis áramlási ellenállást jelent a szívócsatornában.

Az üzemi adatok feldolgozása

A digitális vezérlőegység a levegő/üzemanyag viszonyt – az L-Jetronic-tól eltérően – a terhelés-fordulatszám jelleggörbesereg segítségével szabályozza. Itt a legtöbb szempont a kis üzemanyag-fogyasztás és a kis kipufogógáz-emisszió. A vezérlőegység a szenzorok bemenőjeleiből kiszámítja a befecskendezési időt, amely a befecskendezendő üzemanyagmennyiséget szabja meg. A vezérlőegység mikroszámitógépes rendszere lehetővé teszi az összes feladat megoldását.

Az üzemanyag adagolása

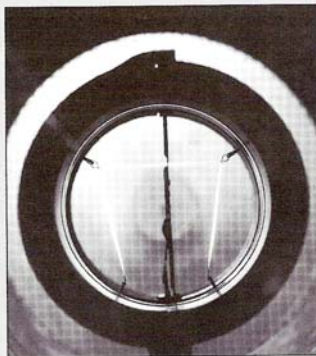
Az elektromágneses befecskendezőszелеp az üzemanyagot a motor szívószелеpeihez fecskendezi. Minden hengerhez tartozik egy mágnesszelep, amely minden forgattyústengely-fordulaton egyszer működik. A kapcsolás egyszerűsítése végett az összes mágnesszelepet elektromosan párhuzamosan kapcsolták. Ha az üzemanyagnyomás és a szívócsőnyomás közötti különbséget 2,5 vagy 3,0 bar értéken állandónak tartjuk, akkor a befecskendezett üzemanyag-mennyiség csak a szelep nyitvatartási idejétől függ. Az ehhez szükséges vezérlőimpulzusokat az elektronikus vezérlőegység szolgáltatja, amelyek időtartama a beszívott légtömegmennyiségtől, a motor fordulatszámától és más bemenőadattól függ. Ezeket az egyéb adatokat a szenzorok érzékelik, és a vezérlőegységben dolgozzák fel.

Keverékillesztés különböző üzemállapotokhoz

A szokásos üzemállapotokban (hideginállítás, melegedés, gyorsulás, alapjárat, teljes terhelés) az üzemanyag-szükséglet nagymértékben eltér az átlagos értéktől, ezért szükség van a keverékképzés korrigálására.

Fojtószelep-kapcsoló

A fojtószelep-kapcsolónak a fojtószelep végállásának az érzékelésére két kapcsolóértekezője van. Ezek zárt (alaplátart) vagy teljesen nyitott fojtószelepnél (teljes terhelés) az elektronikus vezérlőegységnek kapcsolójelet adnak.



21. ábra. Izzószálas légtömegmérő. A mérőcsőben van kifeszítve a 70 μ m méretű platinaszál.

Alapjárat fordulatszámállító

Az alapjárat szabályozással az alapjárat fordulatszám csökkenthető és stabilizálható. Ebből a célból az alapjárat fordulatszámállító kinyit egy megkerülővezeték a fojtószelephez és a motor több vagy kevesebb levegőt kap. Mivel az izzószálas légtömegmérő érzékeli a pótlevegőt is, ezért a befecskendezendő üzemanyag-mennyiség is kívánság szerint változik.

A motor hőmérséklet-érzékelője

Ez egy hőmérsékletfüggő ellenállás, amely a melegedési keverékűsítést vezérli.

Kiegészítő funkciók

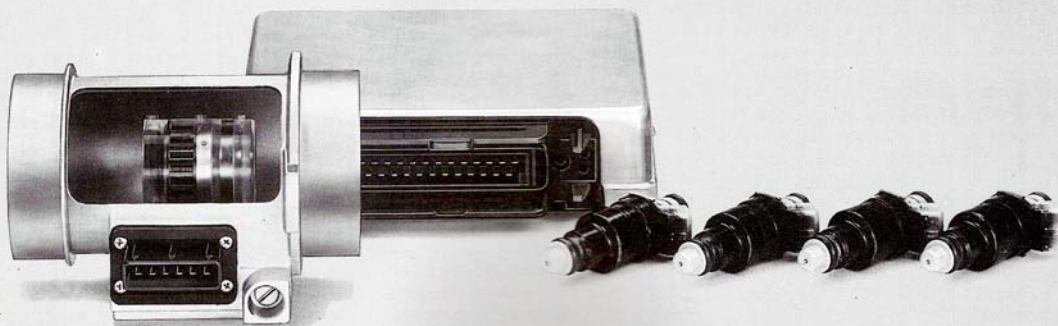
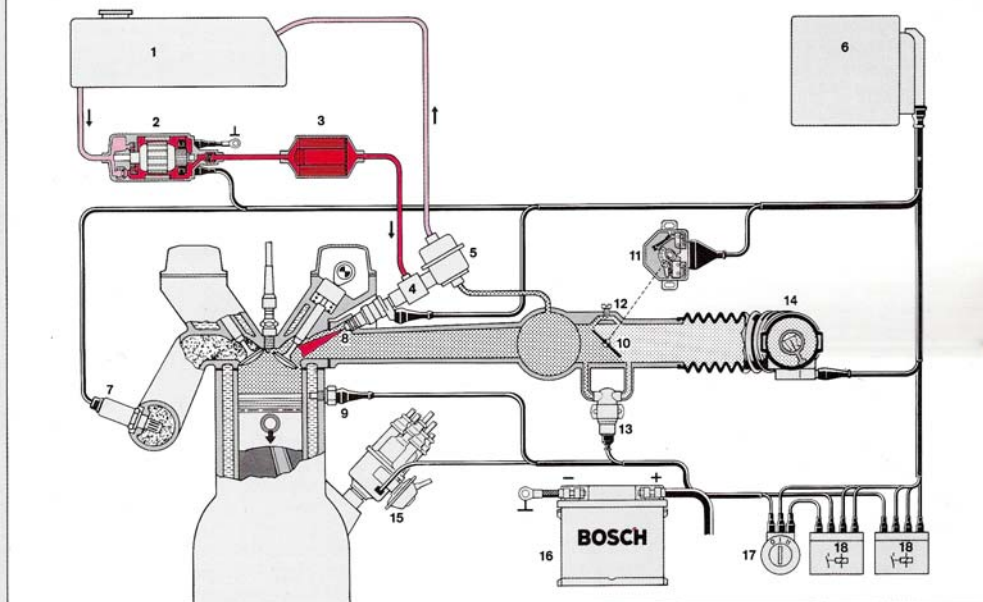
A motorféküzemben (tolóüzemben) hatásszá váló tolóüzemi kikapcsolással takarítható meg üzemanyag és a károsanyag-emisszió csökkenthető, valamint a maximálisan megengedhető fordulatszám korlátozható.

Lambda-szabályozás

Az elektronikus vezérlőegység a lambda-szonda jelét az előírt értékkel hasonlíttja össze. Az eredményül kapott jellel kétpontos szabályozót vezérli. Az összehasonlítás eredményétől függően a túl szegény keveréket dúsítja a túl dús keveréket pedig szegényíti. Az üzemanyag-adagolást a befecskendezőszелеp nyitási időtartamának változtatásával befolyásolják.

22. ábra. Az LH-Jetronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyagtartály, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Üzemanyagszűrő, 4. Üzemanyag-elosztó, 5. Nyomásszabályozó, 6. Vezérlőegység, 7. Lambda-szonda, 8. Befecskendezőszеле, 9. Motorhőmérséklet-érzékelő, 10. Fojtószelep, 11. Fojtószelep-kapcsoló, 12. Az alapjáratú fordulatszám beállítócsavarja, 13. Alapjáratú fordulatszám-állító, 14. Izzószálas légtömegmérő, 15. Gyújtáselosztó, 16. Akkumulátor, 17. Gyújtás- és indítókapcsoló, 18. Relé



Mono-Jetronic

A Mono-Jetronic elektronikus vezérelt befecskendező berendezés, amelyben a fojtószelep előtt, központban elhelyezett egyetlen elektromágneses befecskendező szelep időszakosan fecskendezi be az üzemanyagot, az egyes hengerhez tartozó külön befecskendező szelep helyett mint a K, az L-Jetronic és a Motronic befecskendező rendszerek esetében. Az üzemanyag-elosztás az egyes hengerekhez a porlasztóhoz hasonlóan, a szívócső segítségével történik.

Üzemanyag-ellátás

Az üzemanyagot a tartályban elhelyezett elektromos üzemanyagszivattyú a szűrőn keresztül a fojtószelepházzal és a hidraulikussal egybeépített központi befecskendező egységbe szállítja. A hidraulika rész tartalmazza az elektromágneses befecskendező szelepet és a (rendszer)nyomás-szabályozót, amely a befecskendező szelep adagolójánál a nyomáskülönbséget – a befecskendezett üzemanyag-mennyiségtől függetlenül – állandó értéken tartja.

Az üzemanyag érzékelése

Különböző érzékelők "figyelik" a motor összes lényeges üzemértékét, és ezekről jelet továbbítanak a vezérlőegységnek. A gyújtóberendezés adja a vezérlőegység számára a fordulatszámra vonatkozó jelet.

Ha a fojtószelep a gázpedál lenyomása következtében kinyílik, akkor az a motor számára meghatározza a kívánt munkapontot. A munkaponthoz tartozó levegő-szükségletet a fojtószeleppállás (amelyet a fojtószelep-potenciométer érzékel) és a fordulatszám határozza meg.

A teljes terhelési dűsításhoz és a tolóüzemi kikapcsoláshoz szükséges a "teljes terhelés", illetve az "alajárat" üzemállapot ismerete, hogy ezen üzemállapotok különböző optimalizálási kritériumai számíthatók legyenek. A fojtószelep-potenciométer érzékeli a mindenkor fojtószeleppállást, így módon a motor terhelés- és fordulatszám-változásainak megfelelő üzemanyag-adagolás lehetővé válik.

A motor hőmérséklete jelentősen befolyásolja az üzemanyag-szükségletet. A hűtőfolyadék-körben lévő hőmérséklet-érzékelő méri a motorhőmérsékletet, és a vezérlőegységnek elektromos jelet ad.

A beszívott levegő sűrűsége függ a hőmérsékletétől. E hatás figyelembevételével céljából a központi befecskendező egység

szívócsatornája hőfokérzékelőt helyez el, amely a vezérlőegységnek jelzi a beszívott levegő hőmérsékletét.

Az elektromágneses befecskendező szelep meghúzási és elengedési ideje függ az akkumulátor feszültségétől. A szelepkész kiegészítése céljából a vezérlőegység megváltoztatja a befecskendezési időt, és így korrigálja a feszültség-ingadozásokat.

Az üzemati adatok feldolgozása

A digitális elektronikus vezérlőegység feldolgozza a kapott jeleket, és kiszámítja belőlük a szükséges befecskendezési időt, amelytől a befecskendezendő üzemanyag-mennyiség függ. A vezérlőegység mikroszámitógépből program- és adattárolóból, valamint analóg-digitális átalakítóból áll.

A vezérlőegység a befecskendezési alapidőtartamot a fojtószelepszög és a fordulatszámra vonatkozó adatokból határozza meg. Ehhez a memóriában egy adathalmaz, 15 lehetséges fojtószelepszögből és 15 lehetséges fordulatszámértékből képzett jellegzőbesereg áll rendelkezésre. 225 szelepszög- és fordulatszám-variáció a $\lambda = 1,0$ értéknek megfelelő befecskendezési időket tartalmazza. Erre a 15×15 támpontos alapjellegzőbe-felületre szuperponáltak egy 8×8 támpontos adaptációs felületet. A programban szerepel egy adaptációs algoritmus is arra az esetre, ha az alapjellegzőbe-felülettel meghatározott eltérésnél nagyobb fordulatra elő a motor működése folyamán. Így módon válik lehetővé a motor, valamint a befecskendező egység pontatlanságainak és a működési körülményekben bekövetkező eltéréseinek a kompenzálása.

Az üzemanyag adagolása

Abból a célból, hogy az egyes hengerek keverékellátása azonos, valamint a keverékképzés homogén legyen, a befecskendező szelepet a fojtószelep felett, a beszívott légáramban helyezték el. A vezérlőegység a befecskendező impulzusokat a gyújtóimpulzusokkal szinkronizálva oldja ki. A homogén keverék érdekében 6 darab radiálisan elhelyezett, ferdén haladó furat kúp formájú szórásképet hoz létre. Az üzemanyag porlasztása ütközési és örvénylési műveletek kombinációjának az eredménye. A szelep befecskendező szögét úgy képezték ki, hogy az üzemanyag egyenesen a ház és a fojtószelep közötti sarló alakú résekbe hatoljon be.

Keverékillesztés a különböző üzemállapotokra

Hidegindítás

Abból a célból, hogy hidegindításkor a hideg szívócső csőfalakon bekövetkező üzemanyag-lecsapódás miatt fellépő keverékszegénység kiegyenlíthető legyen, és a hideg motor elinduljon, az indításkor a befecskendezési idő megnövelésével több üzemanyagot kell befecskendezni.

Indítás utáni és melegedési szakasz

A melegedési dűsítés során a többlet-üzemanyag befecskendezése a motor egyenletes járását és kifogástalan felütését eredményezi minden hőmérsékleten, az üzemanyag-fogyasztás minimális szinten tartása mellett.

Az alapjárat fordulatszám vezérlése

A befecskendező egységben a fojtószeleppállító emeltyű segítségével vezérli a fojtószelep nyílását, és több levegőt vezet a motorba. Ennek következtében a hideg motor annyi levegőt kap, hogy a szükséges alapjárat fordulatszám a megnövekedett súrlódás ellenére beáll. Mivel a fojtószelep-potenciométer a fojtószelep megváltozott állását érzékeli, megváltozik a befecskendezett üzemanyag-mennyiség is, ugyanakkor az alapjárat kipufogógáz-emisszió állandó marad.

Részterhelés

A részterhelés-tartományban a Mono-Jetronic a levegő/üzemanyag keverékét a legkisebb kipufogógáz-emisszióra illeszti a $\lambda = 1,0$ tartományban.

Teljes terhelés

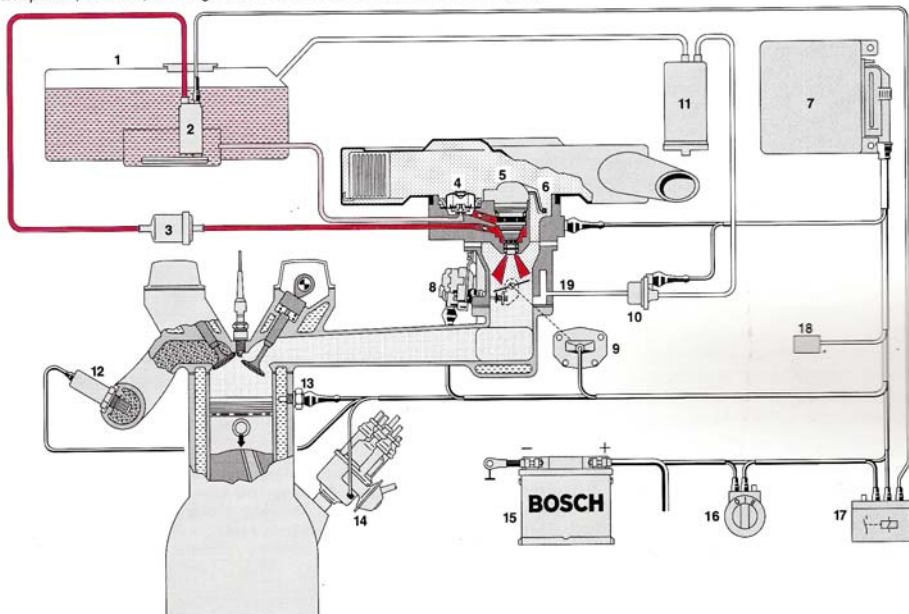
Teljes terhelésnél a befecskendezés tartama alatt szükséges üzemanyag-dűsítés mértékét a motortól függően programozzák a vezérlőegységbe. A vezérlőegység a fojtószelep-potenciométer segítségével kapja az információt a fojtószelep állásáról.

Gyorsítás

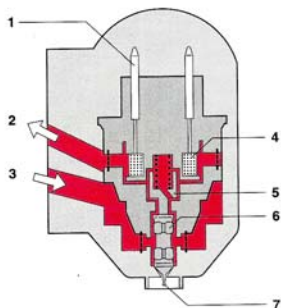
A megfelelő átmeneti tulajdonságok céljából dűsíteni kell az üzemanyagot a gyorsítás folyamán. A vezérlőegység a fojtószelep-potenciométer jeléből felismeri a gyorsítást. A dűsítés mértéke a motor hőmérsékletétől és a fojtószelep mozgásától függ.

23. ábra. A Mono-Jetronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyagtartály, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Üzemanyagszűrő, 4. Nyomásszabályozó, 5. Elektromágneses befecskendezőszелеp, 6. Lég hőmérséklet-érzékelő, 7. Elektronikus vezérlőegység, 8. Fojtószelep-állító, 9. Fojtószelep-potenciométer, 10. Regenerálószелеp, 11. Aktivszéntartály, 12. Lambda-szonda, 13. Motorhőmérséklet-érzékelő, 14. Gyújtáselosztó, 15. Akkumulátor, 16. Gyújtás- és indítókapcsoló, 17. Relé, 18. Diagnosztikai csatlakozó, 19. Befecskendezőegység


24. ábra. Befecskendezőszелеp

1. Elektromos csatlakozó, 2. Üzemanyag-visszavezetés, 3. Üzemanyag-hozzávezetés, 4. Mágneskeres, 5. Mágnes mozgó-része, 6. Szeleptű, 7. Fúvókacsap



Kiegészítő funkciók

Tolóüzem (motorféküzem)

Tolóüzemben az üzemanyag-bevezetés megszüntetésével lejtmenetben az üzemanyag-fogyasztás és a kipufogógáz-emisszió érzékelhetően csökken.

Fordulatszám-korlátozás

A motor a maximálisan megengedett fordulatszám korlátozása érdekében további üzemanyagot nem kap.

Adaptív alaplárát-szabályozás

Az adaptív alaplárát-szabályozás segítségével az alaplárati fordulatszám csökkenthető és stabilizálható, valamint pontos fordulatszám-alakulás érhető el a motor hőmérsékletétől függően. Ez úgy történik, hogy a fojtószelep-állító kinyitja a fojtószelepet, és a motorhoz több vagy kevesebb levegőt juttat, a pillanatnyi alaplárati fordulatszámhoz az előírt fordulatszámhoz képest tapasztalt eltéré-

sétől függően. A vezérlőegység a fojtószelep-állító részére a motor fordulatszámától és hőmérsékletétől függő jelet ad a fojtószelep állításához. Ez a rendszer nem igényel karbantartást, mert alapjáratban sem a fordulatszámot, sem a keveréket nem kell beállítani, és az adaptív vezérlőfunkciók üzem közben gondoskodnak a szükséges módosításról.

Lambda-szabályozás

A kipufogógáz-áramban lévő lambda-szonda jelet küld a vezérlőegységnek, ha a pillanatnyi keverékközetét eltér az ideális levegő/üzemanyag aránytól. A szabályozókört befolyásolja a vezérlőegységben előre kiszámított befecskendezési idő, illetve mennyiség. Ily módon az üzemanyag-adagolás olyan pontos, hogy a levegő/üzemanyag arány minden üzemállapotban csak kismértékben tér el az ideális értéktől.

Motronic

A keverékképző és a gyújtási rendszerek részfeladatokat oldanak meg: a Jetronic rendszer az üzemanyag adagolását vezérli, a keverék meggyújtását pedig az elektronikus gyújtóberendezés optimalizálja. Lényegében közösen határozzák meg az égés minőségét. A Motronic rendszer e kettőt mint integrált motorvezérlési rendszer egyesíti. A befecskendezési és gyújtási rendszert közös optimalizálási kritériumoknak megfelelően számítógép vezérli.

A gyújtáson és a befecskendezésen kívül még a következő részrendszerek tartalmazza:

a lambda-szabályozást adaptív elővezérléssel, az alapjárat keverékszabályozást, a tolóüzemi kapcsolást sima átmenetekkel, a kipufogógáz-visszavezetést, az időben változó folyamatok nyomaték-vezérlését.

Ezek az integrált, mikroszámítógép-vezérelt egységek lehetővé teszik szenzorok, jelátalakítók és jelfeldolgozók közös felhasználását. Az egyes részrendsze-

rek által kiszámított mennyiségek együttes felhasználása, valamint az azonos mérési adatok feldolgozása lehetővé teszi a kipufogógáz, a fogyasztás és a menettulajdonságok szempontjából részben ellentmondó célkitűzések lehető legjobb számításbavételét. Lehetségesé válik a menettulajdonságok lényeges rosszabbodása nélkül a minimális károsanyag-kibocsátás megvalósítása is. E rendszer lényeges alkotóelemei:

- szenzorok a motor állapotát jellemző mennyiségek érzékelésére,
- vezérlőegység a digitális jelfeldolgozásra,
- állítótagok a gyújtó- és befecskendezőimpulzusok előállításához, az alapjárat pótlevegőhöz, a kipufogógáz-visszavezetés arányához, a levegő-, az üzemanyag- és a nagyfeszültség szabályozó körhöz.

Az elemek többségének részletes leírása az "L-Jetronic", illetve a "Gyújtás" című szavak alatt megtalálható.

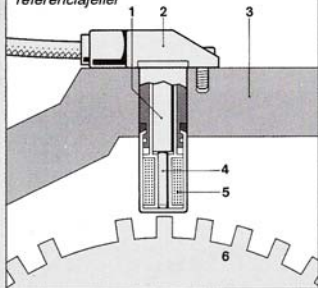
Az üzemi adatok érzékelése

A szenzorok érzékelik az állapotjellemzőket, mint pl. a fordulatszámot, a légáramot, a kipufogógáz-összetételt, a hőmérsékletet stb. A motor fordulatszámának és a forgattyústengely állásának érzékeléséhez az indítófogaskerék fogai vagy egy speciális adótárcsa (fordulatszám- és referenciakörrel-szenzorral) induktív szenzorral letapogatott jele szolgál.

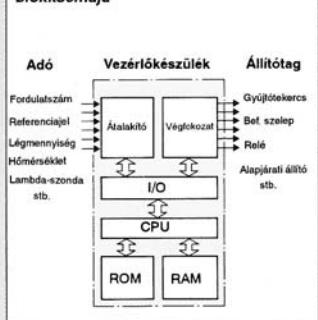
Az üzemi adatok feldolgozása

A motor állapotjellemzőit, valamint a motor környezetéből származó további jeleket (hajtómű segédberendezések, vezető) a vezérlőegység dolgozza fel a körülményektől függően a megfelelő zavar- és szűrő kapcsolások segítségével, analóg-digitális átalakítón keresztül, vagy digitális jelek esetében közvetlenül a számítógéppel. A kimenő mennyiségeket a számítógép a programban megadott előírás szerint kiszámítja. Az erre szolgáló adatok mérési eredmények, mérőállások, a tárolt részeredmények és a motorra jel-

25. ábra. Fordulatszám- és referenciakörrel-adó
1. Állandó mágnes, 2. Ház, 3. Motorház, 4. Lágymag, 5. Tekercs, 6. Adókerék a referenciakörrel

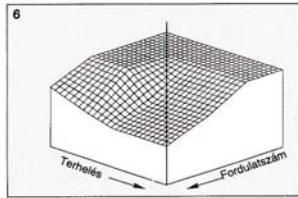
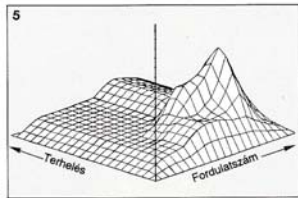
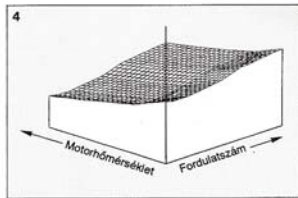
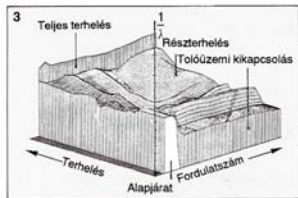
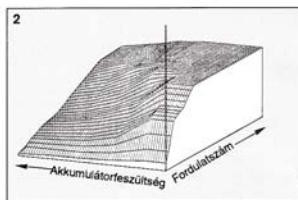
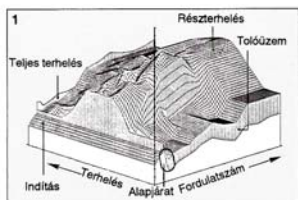


26. ábra. A Motronic vezérlőegység blokk-sémája



27. ábra. A Motronic rendszer felületet alkotó jelleggörbeserei (példák)

1. Gyújtásszög, 2. Zárószög, 3. (1/λ), 4. Az alapjárat állító nyitási viszonya, 5. A kipufogógáz-visszavezetés (AGR) szeleppálása, 6. Gyorsítási dúsítás



lemző illesztőparaméterek, pl. jelleggörbék. A kimenő mennyiségek: a befecskendezési idő, a zárásidő, a gyújtási időpont, az alapjáratú fordulatszám-állító működési tartama és a kipufogógáz-visszavezetés, a végfokozatokon felerősítve az állítótághoz kerülnek.

Jelleggörbesereg

A Motronic több jelleggörbesereget tartalmaz, amelyek a fordulatszám és a terhelés vagy a fordulatszám és az akkumulátorfeszültség függvényei. Ezek a következők: a gyújtás, a befecskendezés, a melegedés, a gyorsítási dűstísi, a lambda-szabályozási és a zárószög-jelleggörbesereg.

A zárószög a fordulatszámától és az akkumulátorfeszültségtől függ, és a gyújtás teljesítményadatait határozza meg. Az összes többi jelleggörbesereget a fordulatszám és a terhelés függvényében adják meg. Ezek segítségével a motortól függő paraméterek külön-külön úgy illeszthetők az egyes fordulatszám-terhelés tartományokban, hogy más résztarto-

mányban más paramétert hátrányosan nem befolyásolnak.

Lambda-szabályozás

A vezérlőegység érzékeli a lambda-szonda jelét, és a keverék befecskendezési idejét megváltoztatja. A szabályozási szakasz paraméterei (a futási idő) erősen függenek a fordulatszámától és a hőmérséklettől. Az illesztést a szabályozóparaméterek jelleggörbeseregei végzik el, amelyek a fenti függőségeket számításba veszik.

A befecskendezés jelleggörbeseregét a motor igényéhez a lambda-szabályozási elővezérléseként több rendszeres és esetenkénti eltérés figyelembevételével illesztik. Ilyenek:

- a motor és az egyes alkatrészek gyári túrései,
- a tömítés és a belső kipufogógáz-visszavezetés változása és a lerakódások miatti öregedés hatása,
- a hamis levegő és a külső (környezeti) hatások (hőmérséklet, tengerszint feletti magasság) miatti eltérések.

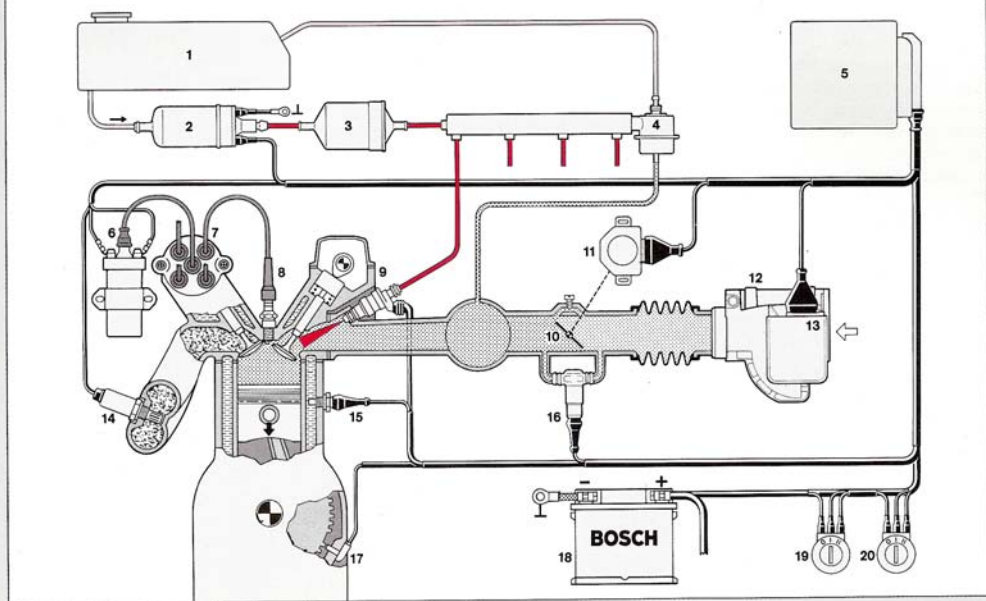
A lambda-szabályozás adaptív elővezérlése ezeket az eltéréseket érzékeli, megállapítja a korrekciós tényezőket és ezekkel kiegyenlíti a jelentkező eltéréseket. Az üzem közben "megtanult" tényezőket a memória tárolja, így a gépjármű újraindításakor is rendelkezésre fognak állni. Az adaptációs folyamat nagyon lassan következhet be, mivel az eltérések is csak egyszer vagy nagyon lassan mutatkoznak.

Öndiagnózis

A Motronic még azt az előnyt is kínálja, hogy a motor működése alatt érzékelt, mért értékek a gépjármű ellenőrzésekor hibamegállapításra is felhasználhatók. A számítógép emellett állandóan úgy is vizsgálja a rendelkezésre álló mérési eredményeket, hogy azok megengedhetők, elfogadhatók-e, más mérési eredményekhez képest. Ilyen módon a hibát képes felkutatni. E hibák tárolhatók, és a szakműhelyben "kiolvashatók".

28. ábra. A Motronic rendszer áttekintése

1. Üzemanyagtartály, 2. Elektromos üzemanyag-szivattyú, 3. Üzemanyagszűrő, 4. Nyomásszabályozó, 5. Vezérlőegység, 6. Gyújtótekerccs, 7. Nagyfeszültség-elosztó, 8. Gyújtógyertya, 9. Befecskendezőszep, 10. Fojtószelep, 11. Fojtószelep-kapcsoló, 12. Légmennyiségmérő, 13. Levegőhőmérséklet-érzékelő, 14. Lambda-szonda, 15. Motorhőmérséklet-érzékelő, 16. Alapjáratú fordulatszám-állító, 17. Fordulatszám-és referenciatároló, 18. Akkumulátor, 19. Gyújtás- és indítókapcsoló, 20. Klímaberendezés-kapcsoló



Lambda-szabályozás

A lambda-szabályozás a katalizátorral együtt ma az Otto-motorok kipufogógáz-tisztításának leghatékonyabb eszköze. Jelenleg semmiféle más rendszer nincs, amellyel ezeket az alacsony kipufogógáz-emissziós értékeket akár csak meg is lehetne közelíteni.

Az előzőekben leírt gyújtó- és befecskendező rendszerekkel igen alacsony kipufogógáz-értékek érhetők el. A különösen kritikus kipufogógáz-komponensek, a szénhidrogének (CH), a szén-monoxid (CO) és a nitrogén-oxidok (NO_x) további csökkentésére van lehetőség a kipufogógáz-katalizátorok alkalmazásával. Különösen hatásos az úgynevezett háromutas vagy szelektív katalizátorok alkalmazása. Ezek a tulajdonságok, hogy a szénhidrogének, a szén-monoxid és a nitrogén-oxidok több mint 90 %-át képesek kiszűrni abban az esetben, ha a motor a sztöchiometrikus levegő/üzemanyag arány¹ ($\lambda=1$) igen szűk (1 %-nál kisebb) szórástartományában működik. Ez a szigorú feltétel a motor valamennyi üzemmállapára érvényes, de még a legmodernebb befecskendező berendezések sem tudják teljesíteni. Ezért alkalmazhatjuk a lambda-szabályozást, ami azt jelenti, hogy a motorhoz vezetett keveréket zárt szabályozók segítségével az optimális tartományon belül (a "katalizátor-sávban") tartják. Ehhez a kipufogógázt mérni kell, és a mérés eredményének megfelelően a motorba vezetett üzemanyag mennyiségét azonnal módosítani kell. A mérést a lambda-szonda végzi, amelynek jellegzőgörbéje a pontos sztöchiometriai keverékaránynál ($\lambda=1$) feszültségugrást mutat, és olyan jelet ad, amely megmutatja, hogy a keverék dúsabb vagy szegényebb, mint $\lambda=1$ esetében.

A sztöchiometrikus levegő/üzemanyag arány a tökéletes égéshez elméletileg szükséges 14,7 kg levegő tömegaránya 1 kg benzinhoz. A léglegtényező (λ) megadja, hogy a levegő/üzemanyag keverék mennyivel tér el az elméletileg szükségesétől, tehát

$$\lambda = \frac{\text{a bevezetett levegőtömeg}}{\text{az elméleti levegőszükséglet}}$$

A lambda-szonda

A kipufogóvezetékben lévő lambda-szonda egyformán érzékeli az összes henger kipufogógáz-áramát. A szonda működése a szilárdtest-elektrolitos oxigénkoncentrációs galváncella elvén alapul.

Felépítése

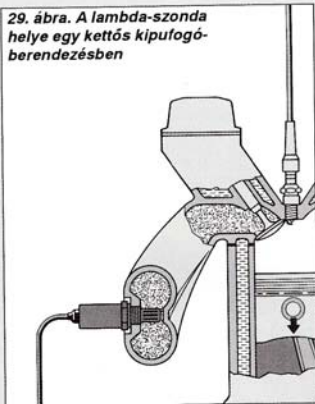
A szilárdtest-elektrolit itrium-oxid-dioxid stabilizált és egyik oldalán zárt, gáztömör cirkónium-dioxidból készült kerámiatestből áll. A felületét mindkét oldalon gázáteresztő, vékony platinaréteggel látják el. A külső oldalon lévő platinaelektrod kis katalizátorként működik, azaz a kipufogógázokat katalitikusan utókezezi és sztöchiometrikusan egyensúlyba hozza. Ezenkívül a kipufogógázzal érintkező oldalára, a szennyeződés elleni védelem céljából, egy porózus kerámiaárteget (spinell-réteget) vittek fel. A kerámiatest több réssel ellátott fémcső védi a mechanikai hatásoktól (ütés), valamint a hőszoktól. A belső nyitott tér összeköttetésben áll a külső levegővel mint referenciagázzal.

Működése

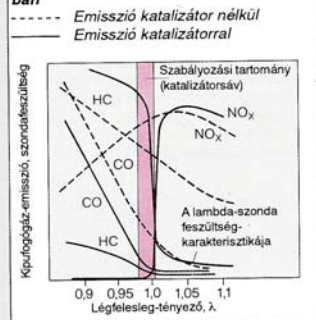
Az alkalmazott kerámiaanyag kb. 300°C-tól kezdve az oxigénionok számára vezetővé válik. Ha a szonda két oldalán az oxigénkoncentráció különböző, akkor a két határfelület között elektromos feszültség jön létre. Ez a feszültség jellemző a szonda két oldalán lévő oxigéntartalom közötti különbségre. A robbanómotor kipufogógázának maradék oxigéntartalma nagymértékben függ a motorhoz vezetett keverék levegő/üzemanyag viszonyától. Még üzemanyag-felesleggel járított motor esetében is tartalmaz a kipufogógáz maradék oxigént; így például $\lambda = 0,95$ mellett még 0,2...0,3 térfogatszázalék oxigén található. Ennek az összefüggésnek a segítségével lehet a kipufogógáz oxigéntartalmából a levegő/üzemanyag arányra következtetni. A lambda-szonda a kipufogógázban lévő oxigéntartalom mértékét feszültségértékekkel jelzi, például dús keverék ($\lambda < 1$) esetén 800...1000 mV-ot, szegény keveréknél ($\lambda > 1$) mindössze 100 mV-ot. Az átmeneti tartományban 450-500 mV a szondafeszültség.

A kipufogógáz oxigéntartalmán kívül a kerámiatest hőmérséklete is meghatározó, mivel ettől függ az oxigénion vezetőképessége.

29. ábra. A lambda-szonda helye egy kettős kipufogóberendezésben



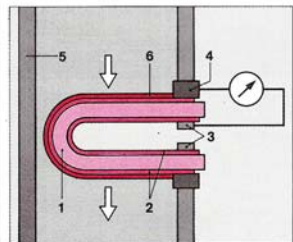
30. ábra. A lambda-szonda szabályozási tartománya és a káros anyagok hányadának csökkentése a kipufogógázban



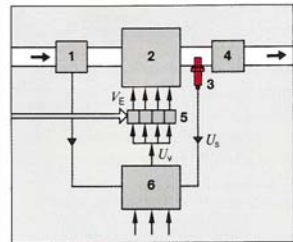
képessége. Ily módon a leadott feszültség alakulását a léglegtényező függvényében ("statikus") szonda-karakterisztika) nagyon befolyásolja a hőmérséklet. Ezért a megadott értékek kb. 600 °C működési hőmérsékletre érvényesek. Azonban a keverékösszetétel megváltozásakor a feszültségváltozás "megszólalási" ideje is erősen függ a hőmérséklettől. Ezek a megszólalási idők 300 °C alatti kerámia-hőmérsékletnél másodperc nagyságrendűek, az optimális üzemi hőmérsékleten, 600 °C körül pedig a szonda már 50 ms-on belül reagál. Ezért a motor elindítása után, amíg el nem éri a legalább 300 °C üzemi hőmérsékletet, a lambda-szabályozás nem érvényesül. Ekkor a motor vezérelt üzemben működik.

31. ábra. A lambda-zsonda elrendezése a kipufogócsőben (vázlat)

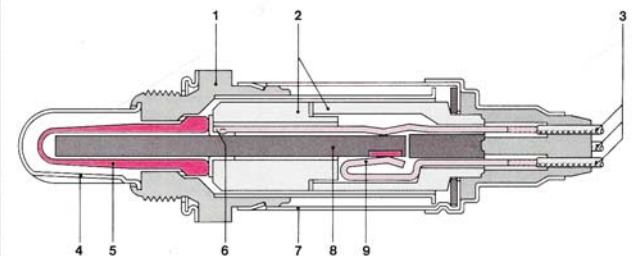
1. Szondakerámia, 2. Elektroód, 3. Érintkező, 4. Testelés, 5. Kipufogócső, 6. Kerámikus védőréteg (porózus)


32. ábra. A lambda-szabályozás működési vázlata

1. Légmennyiség-mérő, 2. Motor, 3. Lambda-zsonda, 4. Katalizátor, 5. Befecskendezőszelvény, 6. Lambda-szabályozó, U_s Szondafeszültség, U_v Szelepvázirító feszültség, V_E Befecskendezett mennyiség


33. ábra. Fűtött lambda-zsonda

1. Szondaház, 2. Kerámia védőcső, 3. Csatlakozó kábel, 4. Védőcső bevágásokkal, 5. Aktív szondakerámia, 6. Érintkezőrész, 7. Védőhüvely, 8. Fűtőelem, 9. Csatlakozóérrintkező a fűtőelemhez



Beszerezése

A túl magas hőmérséklet megrövidíti a szonda élettartamát. Ezért a lambda-szondát úgy kell beszerezni, hogy a hőmérséklet hosszabb teljes terheléses üzem alatt se haladjon meg a 850 °C értéket. Rövid ideig megengedhető 930 °C is.

A fűtött lambda-zsonda

Az ilyen szondánál a kerámia hőmérsékletét kis motorterhelésnél (alacsony kipufogógáz-hőmérsékletnél) az elektromos fűtés, nagyobb terhelésnél pedig a kipufogógáz hőmérséklete határozza meg. A fűtött lambda-szondát a motortól nagyobb távolságra lehet elhelyezni, így a tartós teljes terheléses üzem problémamentes. A külső fűtés gyors felmelegedéshez vezet, ezért a motor indítása után

20...30 másodperccel eléri üzemi hőmérsékletét, és ezzel a lambda-szabályozás megkezdődik. Minthogy a fűtött szonda állandóan optimális üzemi hőmérsékleten van, ezért csekély és stabil kipufogógáz-emisszió érhető el. A napjainkban sorozatban alkalmazott fűtött lambda-szondákkal a felhasználási előírások betartásával 100 000 km feletti élettartam érhető el. A katalitikusan aktív külső platinaelektroód sérülését úgy lehet elkerülni, ha a motort (hasonlóképpen, mint a kipufogógáz-katalizátorok esetében) ólommentes üzemanyaggal járattuk.

A lambda-szabályozás funkciója

A lambda-zsonda feszültséjelet ad az elektronikus vezérlőegységnek, amely a lambda-zsonda mindenkor feszültség-helyzetének megfelelően jelzi a keverék-képző számára (befecskendező berendezés, vagy elektronikus szabályozott porlasztó), hogy a keveréket dúsítani vagy szegényíteni kell-e. Ehhez a vezérlőegység programjában 500 mV a szabályozási küszöb. Ha a lambda-zsonda feszültsége ezen érték alatt van (a keverék túl szegény), akkor több üzemanyagot kap a motor. Ha az előírt értéket a szonda jele meghaladja (a keverék túl dús), akkor az adagolt üzemanyag mennyisége ismét csökken. Azonban a levegő/üzemanyag arányának változása nem következhet be ugrásszerűen, mert különben a gépjármű rángatva haladna. Ezért az elektronikus vezérlőegységben van egy integráló szabályozó, amely a keverék-összetételt egy időfüggvény közbeiktatásával lassan változtatja.

A szívócsőben az új keverék képzésétől eltelik egy bizonyos idő (holtidő), amíg a lambda-zsonda érzékeli az elégett keveréket. Ez a holtidő a következőkből áll: a keverék eljutása a motorhoz, a motor munkaciklusának ideje, az az idő, mialatt az elégett kipufogógáz a motortól eljut a lambda-szondához, és a lambda-zsonda megszólalási ideje. Az így kialakult holtidő miatt a pontos stöchiometrikus keverékösszetétel nem tartható. A levegő/üzemanyag arány néhány százalékkal ingadozik $\lambda=1$ körül. A szabályozó helyes beállítása esetén azonban a levegő/üzemanyag arányának középértéke pontosan a "katalizátorszávon" marad, tehát egy olyan tartományban, amelyben a katalizátor a lehető legmagasabb átalakítási hatásokot éri el. Ezenkívül a szabályozó karakterisztikája a terheléstől és a fordulatszámától függően úgy változik, hogy egy állandó szabályozási tartomány közepébe áll be, ahol legkedvezőbb a kipufogógáz-emisszió és a legjobbak a menettulajdonságok.

A katalizátoros kipufogógáz-tisztítás

Katalizátorrendszerek

A mindenkoros kipufogógáz-csökkentési megoldás és az alkalmazás célja szerint háromféle katalizátorrendszer létezik.

Oxidációs katalizátor

Az oxidációs katalizátor (egyelemes oxidációs katalizátor) légefelesleggel működik, és oxidációval azaz égéssel, vízgőzzé és szén-dioxidá alakítja a szénhidrogéneket és a szén-monoxidot. A nitrogén-oxid mennyisége oxidációs katalizátorral gyakorlatilag nem csökkenthető. A befecskendezési motorok az oxidációhoz szükséges oxigénhez legtöbbször szegényebb ($\lambda > 1$) keverék beállításával jutnak. Karburátoros motorok esetében a katalizátor elé úgynevezett szekunderlevegőt vezetnek a motor által hajtott centrifugálisváltóval vagy önszívó légszeleppel. Oxidációs katalizátorokat első ízben 1975-ben az USA-ban szerelték fel az akkor érvényes kipufogógáz-előírások szerint.

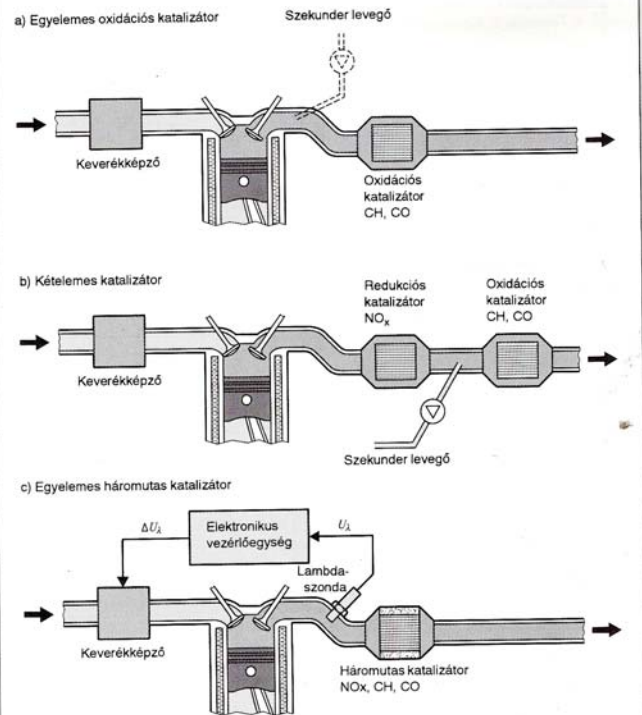
Kételemes katalizátor

A kételemes katalizátor két darab egymás után kapcsolt katalizátorból áll (ezért kételemes). Ennél a rendszerenél a motort dús keverékkel ($\lambda < 1$), azaz levegőhiánnyal kell üzemeltetni. A kipufogógáz először a redukciós katalizátoron, majd az oxidációs katalizátoron áramlik keresztül. A két katalizátor között levegőt fújnak be. Az első katalizátorban alakulnak át a nitrogén-oxidok, a másodikban a szénhidrogének és a szén-monoxid. A kételemes koncepció a dús keverék miatt az üzemanyag-fogyasztás szempontjából kedvezőtlen; kétségtelenül viszont, hogy egyszerű keverékképző rendszerrel, elektronikus vezérlés nélkül működik. További hátránya, hogy a nitrogén-oxidok redukciója során a levegőhiány miatt ammónia (NH_3) keletkezik, amely a következő levegő-hozzáadás-kor részben ismét nitrogén-oxidokká alakul.

Az NO_x -átalakítás ennél a koncepciónál lényegesen rosszabb, mint az egyelemes-háromutas katalizátor esetében, lambda-szabályozással együtt.

A kételemes katalizátor az európai gépkocsigyártásban gyakorlatilag nem szerepel, még export gépjárművekben sem. Mindazonáltal az USA-ban az autógyárakban gyakran beépítik. Az USA-ban azonban gyakran alkalmazzák a kétele-

34. ábra. Katalizátorrendszerek



mes koncepciót lambda-szabályozással összekötve is. Ennél a megoldásnál a katalizátort sztöchiometrikus keverékkel üzemeltetik, és ennek következtében nincs többletfogyasztás. A koncepció viszont nagyon költséges, és a nitrogén-oxid emissziója miatt a fent leírt hátrányai megmaradnak.

Háromutas (háromas hatású) katalizátor

A háromutas katalizátor (egyelemes háromutas katalizátor is) tulajdonsága, hogy mindhárom káros komponenset egyidejűleg, nagymértékben eltávolítja. Ennek az a feltétele, amint a "Lambda-szabályozás" fejezetben olvasható, hogy a motorhoz vezetett keverék és ezzel a kipufogógáz is sztöchiometrikus arányban álljon. A háromutas katalizátor a lambda-szabályozással összekapcsolva ez idő szerint a leghatásosabb kipufogó-

gáz-tisztító rendszer, és növekvő mértékben alkalmazzák a legszigorúbb kipufogógáz-határérték betartásáért. Az európai autógyárak ezt a koncepciót évek óta csaknem kizárólag az USA-ba és Japánba exportált gépjárművekben alkalmazták befecskendező berendezésekkel összekötve. A Német Szövetségi Köztársaságban, valamint az Európai Közösség egyéb országaiban is tervezett szigorú kipufogógáz-határértékek teljesítésére az eladott gépkocsikat ezzel a technikával szerelik fel.

Sokszor vitatkoznak a háromutas katalizátor lambda-szabályozás nélküli alkalmazásáról (utólagos felszerelési megoldás). Ezzel a módszerrel a káros anyagok csak kb. 50 %-kal csökkenthetők.

Hordozórendszerek

A katalizátor (helyesebben: a katalitikus kipufogógáz-átalakító) lemezházból, hordozótestekből és a tulajdonképpeni aktív katalitikus rétegből áll. Háromféle hordozórendszer van:

Szemcsés hordozó

A szemcsés hordozót mindenekelőtt az USA-ban és Japánban alkalmazzák, de egyre jobban elveszíti jelentőségét. Az európai gépjárműgyárak gyakorlatilag nem használják.

Keramikus monolitok

A keramikus monolitok hőálló magnézium-alumínium-szilikátból készült kerámiatestek. Több ezer kis csatorna húzódik rajtuk keresztül, amelyeken a kipufogógáz átfolyik.

A feszültségekre különösen érzékeny monolitot fémlemezhezba rögzítették. Ebből a célból a lemezköpeny és a hordozó közé nagymértékben ötvöztött acélhuzalból elasztikus fémfonatot helyeztek olyan gyártási tűrésekkel, hogy a ház és a hordozóanyag különböző hőtágulási együtthatóit, a gépjármű működése alatt jelentkező igénybevételeket és a kerámiatestre ható kipufogógáz-erőket képes legyen felfogni.

A keramikus monolitok napjainkban a leggyakrabban alkalmazott katalizátor-hordozók.

Fémmonolitok

Eddig a fémmonolitokat csak nagyon kis mértékben alkalmazták. Legtöbbször a motor közelében helyezik el mint úgynevezett elő- vagy startkatalizátort a főkatalizátor kiegészítéseképpen azért, hogy

a motor hidegindítása után a katalitikus átalakítás gyorsabban meginduljon. Fő-katalizátorként lényegesen magasabb ára miatt még nem alkalmazzák.

Bevonat

A szemcsés hordozó közvetlenül a katalitikusan aktív anyaggal bevonható, a keramikus és a fémmonolitokat azonban be kell vonni alumínium-oxid ("wash-coat") hordozórétteggyel, ami a katalizátor hatásoz felületét mintegy 7000-szeresére növeli. A felhordott hatásos katalitikus réteg oxidációs katalizátorok esetében platínából és palládiumból áll, háromutas katalizátoroknál pedig platínából és ródiumból. A platina meggyorsítja a szénhidrogének és a szén-monoxid oxidációját, a ródium pedig a nitrogén-oxidok redukcióját. Egy-egy katalizátorban körülbelül 2–3 gramm nemesfém van.

Üzemi feltételek

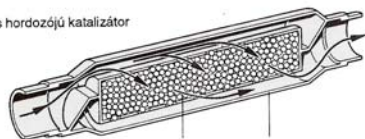
A káros anyagok említésre méltó átalakítása csak 250 °C üzemi hőmérséklet fölött kezdődik. Az ideális működési feltételek a magas átalakítási arány és a hosszú élettartam szempontjából 400...800 °C hőmérséklet-tartományban teljesülnek. A termikus öregedés a 800...1000 °C tartományban a nemesfémek és az Al_2O_3 hordozórétteg szinterződése miatt lényegesen gyorsabb, ami az aktív felület csökkenéséhez vezet. Ebben a hőmérséklet-tartományban emellett a működési időnek is nagy befolyása van. 1000 °C felett annyira gyors a katalizátor termikus öregedése, hogy csaknem teljesen hatástalanná válik. Ezek a tulajdonságok határt szabnak a beépítés lehetőségeinek. A kipufogógáz-

rendszerben a katalizátor beépítési helyére vonatkozóan kompromisszumot kell találni, amely a jövőben a bevonat jobb termikus stabilizálása segítségével (a kritikus határ kb. 950 °C) enyhíthető lesz. Kedvező feltételek mellett a katalizátor élettartama 100 000 km-t is elérhet. A motor helytelen működésének következtében, pl. gyújtáskimaradások esetén, a katalizátor hőmérséklete 1400 °C fölé emelkedhet. Ekkora hőmérsékletek a katalizátor teljes tönkremeneteléhez vezetnek, mert a hordozó anyaga elolvad. Ennek elkerülésére a katalizátoros gépjárművek gyújtásrendszerének különlegesen megbízhatóan és gondozást nem igénylően kell működnie, amit az elektronikus rendszerek alkalmazása lényegesen megkönnyít.

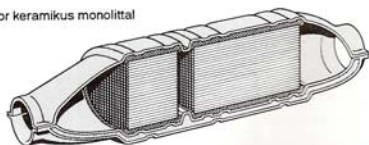
A megbízható, tartós működés további feltétele az, hogy a motort ólommentes benzinnel kell működtetni. Az ólomgyületek beépülnek az aktív felület pórusaiba, vagy közvetlenül rárakódnak, és aktív hatásukat lecsökkentik. De a motorolaj maradácai is tönkretelhetik a katalizátort.

35. ábra. Hordozórendszerek

a) Szemcsés hordozójú katalizátor

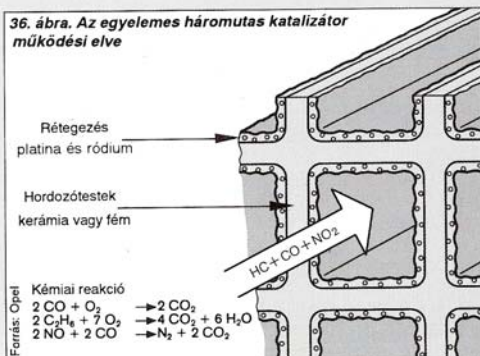


b) Katalizátor keramikus monolitl



Forrás: Degussa (a), Daimler-Benz (b)

36. ábra. Az egyelemes háromutas katalizátor működési elve



A kipufogógáz visszavezetése

Évek óta ismert és gyakran alkalmazott eszköz a nitrogén-oxid-emisszió csökkentésére a kipufogógáz visszavezetése a hengerbe. A motor kipufogógáza lényegében közömbös, inert gáz, ami azt jelenti, hogy nem éghető. Ennek a gáznak a levegő/üzemanyag keverékkel való elegyítésével az égési csúcshőmérséklet, és ezzel együtt az NO_x -emisszió is lecsökken. Ez a kipufogógáz belső vagy külső visszavezetésével megvalósítható.

Belső kipufogógáz-visszavezetés

A belső kipufogógáz-visszavezetés a szívó- és a kipufogószelepek átfedése következtében áll elő, ami azt jelenti, hogy a szívószelep már nyitva van, viszont a kipufogószelep még nem zárt le. A szeleptárfedés mindenkor mértékének megfelel az a maradékgáz-mennyiség, amelyet a rendszer a friss levegő/üzemanyag keverékkel együtt ismét a hengerbe szív. Különösen a nagy fajlagos teljesítményű motorok a jobb feltöltés miatt nagyobb szeleptárfedésekkel készülnek, és emiatt kisebb a nitrogén-oxid-emissziójuk. A szeleptárfedés azonban nem növelhető tetszőleges mértékben, mert akkor már nem biztosított egy stabil, kihatásmentes motorüzem, és a CH -emisszió is növekedni fog.

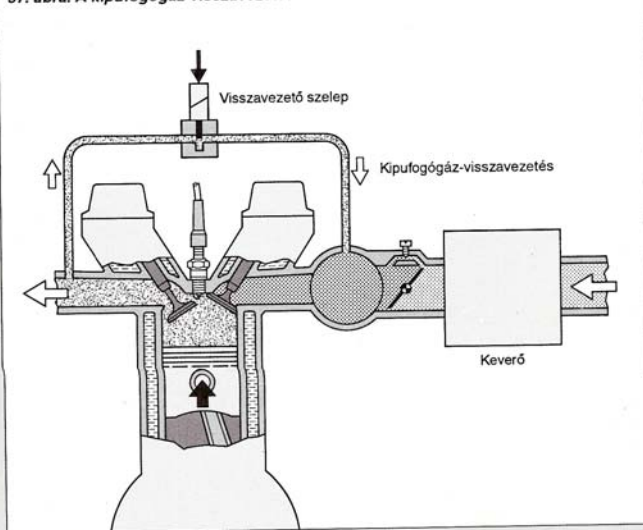
Külső kipufogógáz-visszavezetés

Ha a belső kipufogógáz-visszavezetés nem elegendő a mindenkor NO_x -határérték eléréséhez, akkor a külső kipufogógáz-visszavezetést kell alkalmazni. Ebből a célból a motor kipufogógázának meghatározott részarámát a friss keverékhez kell vezetni. A visszavezetett kipufogógáz mennyiségétől függően a nitrogén-oxid-emisszió 60 %-ig csökkenthető, ámde ez együtt jár a CH -emisszió növekedésével. Ahhoz, hogy ne kelljen számolni a fogyasztás növekedésével, a kipufogógáz-visszavezetés arányát 10...15 %-ra kell korlátozni. Követelmény persze ugyanakkor a gyújtási időpont optimalizálása, amely alapvetően az összes intézkedésre érvényes, amelyeknek közül van az égési folyamathoz. A kipufogógáz visszavezetésének megengedett arányát a CH -kibocsátás és a motor fogyasztása, valamint egyenletes járása határozza meg. A motor alapjáratában tehát a kipufogógáz-visszavezetés is szünetel, mert gyakorlatilag nem áll elő NO_x -emisszió. Teljes terhelésen, dús keverék esetén szintén csekély az NO_x -emisszió, ezért teljesítményciklokból ekkor is szünetel a kipufogógáz-visszavezetés.

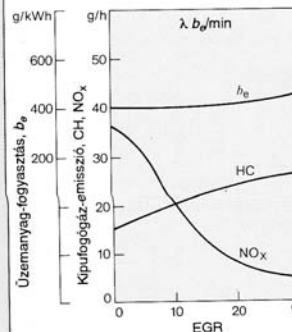
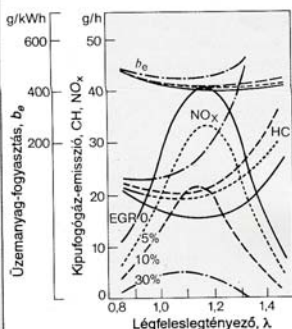
A kipufogógáz-visszavezetés vezérlésére manapság főként pneumatikus és me-

chanikus rendszereket alkalmaznak, amelyek a fojtószeleppátlástól, a szívócsőnyomástól vagy a kipufogó-ellennyomástól függően változtatják a visszavezetett kipufogógáz mennyiségét. Ezeknek azonban az a hátrányuk, hogy az adagolás nagyon pontatlan, aminek nagyobb visszavezetési arány esetén a CH -emisszió növekedése és gyakran a menettulajdonságok romlása a következménye. Ezért a jövőben itt is elektronikus vezérelt rendszereket fognak alkalmazni, amelyek képesek minden üzemi állapotban az optimális visszavezetési mennyiséget beállítani. Valamennyi rendszer hátránya, hogy a kipufogógázból kiváló szilárd anyagok a vezetékekben és a szelepeknél lerakódhatnak, és ezért a visszavezetett kipufogógáz mennyisége a motor üzemideje során idővel csökken.

37. ábra. A kipufogógáz-visszavezetés működési vázlata



38. ábra. A kipufogógáz-visszavezetési arány (EGR) befolyása az üzemanyag-fogyasztásra és a kipufogógáz-emisszióra $n = 2000 \text{ min}^{-1}$, $W_e = 0,24 \text{ kJ/dm}^3$



Különleges intézkedések

A szegény keverék koncepció

A katalizátoros károsanyag-csökkentés tulajdonképpen "motoron kívüli" eljárás, amely a motorban lefolyó égési folyamatot közvetlenül nem befolyásolja. Ezzel ellentétben lehetséges a "motoron belül" is hatást gyakorolni az égési folyamatra, mégpedig az égéstermék alakjának, a szeleplevezérlési időnek, a kompresszióviszonynak, a kipufogógáz-visszavezetésnek, a gyújtási időpontnak vagy a levegő/üzemanyag aránynak a megfelelő kialakításával; ezzel lényegesen csökkenthető a káros anyagok kibocsátása is, persze nem olyan nagy mértékben, mint a katalitikus kipufogógáz-tisztítás esetén. Ilyen motoron belüli intézkedésnek felel meg az ún. "szegény keverék koncepció" alkalmazása.

A motorból távozó szénhidrogének, szén-monoxid és nitrogén-oxidok koncentrációja; ez az üzemanyag-fogyasztás is, nagymértékben függnek a lambdától, azaz attól a levegő/üzemanyag viszonytól, amellyel a motor működik. A dús tartományban a CH- és a CO-emisszió növekszik, mialatt a szegény tartományban minimumukat érik el. Hasonlóan viselkedik a fajtágas fogyasztás is. Viszont a nitrogén-oxidok kissé szegény keveréknél $\lambda = 1,05$ / maximumukat érik el. 1970 előtt a motorokat dús keverékkel járatották. Ez biztosította a nagy teljesítményt, problémamentes menettulajdonságok mellett. Az állandóan szigorúbbá váló kipufogógáz-előírások arra kényszerítették a gyártókat, hogy növeljék a levegő/üzemanyag arányát, azaz a motorokat légteljesleggel járasák. Ezzel lényegesen csökkent a CH- és a CO-emisszió, ugyanakkor lényegesen csökkent a fogyasztás is, a nitrogén-oxid-emisszió viszont nőtt. A menettulajdonságok rosszabbodása ellen szükség volt arra, hogy mind a motorokat, mind a keverékképző rendszereket folyamatosan javítsák a szegény keverékkel való üzemeltetéshez. A gyújtási időpontot is pontosabban kellett betartani. A fogyasztás és a kipufogógáz szempontjából optimális gyújtásszög beállításának érdekében ezért egyre inkább elektronikus gyújtórészeket alkalmaztak.

A szegény keverék illesztése

Napjainkban a katalizátorral és lambdaszabályozással felszerelt gépjárművek kivételével a sorozatban gyártott motorok a részterhelés tartományban sze-

gény, $\lambda = 1,1$ körüli keverékillesztéssel működnek. A keveréket – teljesítményokból – csak a teljes terhelési üzemben dúsítják. Ezáltal betarthatók az Európában ma érvényes kipufogógáz-határértékek nagyrésze; csak különleges esetekben szükséges további intézkedések megtétele. A Svédországban és Svájcban a nitrogén-oxidok határértékére vonatkozó szigorú törvények betartásához a legtöbb motor esetében szükséges a kipufogógáz visszavezetése. A szénhidrogének további csökkentése miatt gyakran utógyújtással kell közlekedni.

Az ECE (Economic Commission of Europe) terület részére tervezett motorok ez idő szerint optimumot mutatnak az üzemanyag-fogyasztás szempontjából. A Svédország és Svájc részéről igényelt további kipufogógáz-csökkentésnek már lényegesen nagyobb fogyasztás lett a következménye.

A mai sorozatban gyártott motorok esetében nem lehet a keveréket $\lambda = 1,1, 1,2, 1,3, 1,4$ értéken túl szegényíteni, mert a keverék biztos lángrobbanása és az égés zavartalan lefolyása többé nincs biztosítva. Ez megmutatkozik a CH-emisszió növekedésében, amelyet a robbanás kimaradás okoz, és a fogyasztást is növeli. A menettulajdonságok is drasztikusan romlanak. Ezért az újabb motorfejlesztés célja, hogy a motor további optimalizálásaival a keveréket $\lambda = 1,4$ körüli értékig soványítani lehessen és ezáltal csökkenteni a nitrogén-oxid-emissziót és a fogyasztást.

Termikus utóégetés

Az előbb leírt intézkedések sokszor csak a nitrogén-oxid-emisszió csökkentéséhez vezetnek. A szénhidrogének a legtöbb esetben ezekre nem reagálnak, sőt megnövekednek. A CH és a CO csökkentésének eszköze a termikus utóégetés. 600 °C felett a CH- és a CO-részek az oxigénnel H₂O-vá és CO₂-vé oxidálódnak. Ez a folyamat minden szegény keverék koncepciójában, nagyobb terhelésnél, a legegyszerűbb formában lép fel, amikor magas kipufogógáz-hőmérsékletnél a káros anyagok oxidálódnak a kipufogógázban lévő maradékoxigénnel. Az 1970-es évek elejére az akkori US-kipufogógáz-határértékek betartásához a kipufogóberendezést különleges módon alakították ki, például szigetelt kipufogócsővel használták ki azt a hatást (manifest-air-oxidation, sokszoros levegő-oxidációs rendszer), amelyenél a hatékony-

ság növelését a kipufogószelepek közelében lévő szekunderlevegő hozzáadásával érték el. De ennek a rendszernek az a hátránya, hogy a kipufogógáz-levegő keverék rövid tartózkodási ideje és gyakorta túl alacsony hőmérséklete miatt a hatásfok növelése céljából, a keveréket dúsítani kell és a gyújtási időpontot későbbre kell helyezni. Ez a technika a termoreaktorok fejlesztésében csúcson állt ki.

Termoreaktorok

A termoreaktorokat úgy tervezték, hogy a lehető leghosszabb tartózkodási idő alatt, dús keverékes motorüzem esetén a nagy CH- és CO-tartalommal feldúsított kipufogógáz/levegő keveréket magas hőmérsékleten meggyújtssák, és a káros anyagokat elégesse. A termoreaktorokkal a CH-emisszió kb. 50 %-kal csökkenthető; emellett az üzemanyag-fogyasztás viszont max. 15 %-kal megnő. Ezért a termoreaktorokat csak rövid ideig alkalmazták, és a feladatot a katalizátorteknikával oldották meg.

A tolóüzemi (motorféküzemi) kikapcsolás

A CH- és a CO-emisszió mérséklésének egyik eszköze a tolóüzemi kikapcsolás. Tolóüzemben a motor szívórendszerében és ezzel az égéstérben is nagy vákuum keletkezik. Ebben az üzemállapotban a keverék csekély oxigéntartalma miatt sem a gyújtás, sem az égés nem tökéletes. Ezért elégtelen szénhidrogének és szén-monoxid áramlik a levegőbe. Mivel tolóüzemben nem kap a motor üzemanyagot, így nincs elegendő károsanyag-emisszió sem. Az Otto-motorok károsanyag-emisszióját csökkentő számos lehetőség közül a megvalósításra kerülő technikai megoldás a peremfélételektől függ, de nem utolsósorban a kipufogógázokra vonatkozó előírásoktól.

A kipufogógázokra vonatkozó előírások

A vizsgálati program

A gépkocsik károsanyag-emissziójának hatékony korlátozását először 1968-ban az USA Kalifornia államában írták elő. Ma az összes ipari országban az új gépjárműtípusok engedélyezéséhez törvény írja elő a kipufogógáz vizsgálatát, annak érdekében, hogy a szennyező anyagok kibocsátása ne haladjon meg egy meghatározott határértéket. Abból a célból, hogy egy személygépkocsi által kibocsátott károsanyag mennyisége pontosan a reprodukálható módon meghatározható legyen, az illető gépjárművet kipufogógáz-vizsgálókamrában, olyan feltételek között kell működtetni, amely gyakorlati közlekedést a lehető legpontosabban utánozza.

A vizsgálókamrában végzett működtetés megbízható mennyiségi adatokat szolgáltat anélkül, hogy az utcán kellene üzemeltetni a gépkocsit a csatlakoztatott mérőberendezésekkel együtt. A vizsgálandó gépjármű hajtott kerekeit forgatható görgőkre állítják, és ezáltal mind a súrlódás, az út lejtése és a légellenállás – a megfelelő feltételekkel – mind pedig a gépjármű súlya – megfelelő lendítő tömeg segítségével – modellezhető. Ezen a módon elérhető a közlekedés statikus és dinamikus terheléseinek jó közelítése a valóságos útvizonyokhoz. A vizsgálat alatt a szükséges hűtésről a vizsgálókamrába beépített ventilátor gondoskodik, és amíg a gépjármű a görgőn fut, előlőről fújja. A reprezentatív káros anyag tömegének meghatározása céljából a görgős próbapad pontosan meghatározott programot követ. Ezen idő alatt, menet közben összegyűjtik a kipufogógázt, amelyet végül a vizsgálat befejezése után elemeznek, és meghatározzák a keletkező károsanyag-tömeget.

Az alkalmazandó menetprogram nincs egységesen szabályozva, hanem az egyes országok törvényhozői írják elő. A káros anyagok mennyiségének meghatározására alkalmazott vizsgálati eljárásokra vonatkozólag időközben világszerte bizonyos egységesítési törekvés van: 1982 óta általában még csak a CVS (Constant Volume Sampling = állandó térfogatú mintavétel) hígítási módszert használták, amely az egyes országokban lényegében csak egyes részletekben különbözött. Ezen túlmenően, egyes országokban a kipufogógáz-emisszió

mellett az üzemanyagrendszer párolgási emisszióját is korlátozták.

Görgős próbapad

A próbapadon való modellezésnél abból indultak ki, hogy az emissziók a közúti károsanyag-kibocsátásokkal akkor összehasonlíthatók, ha a gépjárműre ható sebességek és erők időbeli lefolyásukban azonosak a próbapadon és a közúton.

A gépjármű tehetetlenségi erejének, gördülési és a légellenállásának utánozása céljából vízvörnyekkel, örvényáramokkal és egyenáramú gépekkel felszerelt görgős próbapad állítja elő a megfelelő sebességtől függő fékterhelést.

A gépjármű tömegét szintén különböző módon lehet szimulálni. A vízvörnyék és az örvényáramok esetében különböző nagyságú lendítő tömegeket használnak, amelyek gyors kuplunggal a görgőkhöz kapcsolhatók. Az egyenáramú generátorral rendelkező görgős próbapadoknál a gépjárműtömeget a lendítő tömegen kívül elektromosan is lehet szimulálni. Függetlenül attól, hogy az egyes esetekben milyen fajta görgős próbapadot használunk, mindenképpen biztosítani kell, hogy a fékterhelés lefolyása a sebesség és a lendítő tömeg segítségével nagyon pontosan be legyen tartva. A

görgő helytelen beállítása a mért kipufogógáz-értéket meghamisítja.

A görgős próbapad beállításán kívül a környezeti feltételek is, mint például a légnedvesség, a légnyomás, mérhető hatással vannak a károsanyag-emisszióra.

Menetgörbék

Ha a gépjármű tehetetlenségi erejét, valamint a gördülési és a légellenállást a görgős próbapadon jól utánoztuk, akkor a reprezentatív kipufogógáz-érték eléréséhez még a görgőn és az utcán lévő sebességeknek is összhangban kell lenniük. Ebből a célból egy menetciklust határoztak meg, amely a sebesség és a gyorsulás lefolyásában a lehető legjobban egyezik a normális utcai közlekedésével. Azokban az államokban, amelyekben a gépjárművek kipufogógáz-emisszióját korlátozták a káros anyagok meghatározására szolgáló vizsgálati előírások tartalmazzák az ilyen menetgörbék.

Ezeket két típusba lehet sorolni:

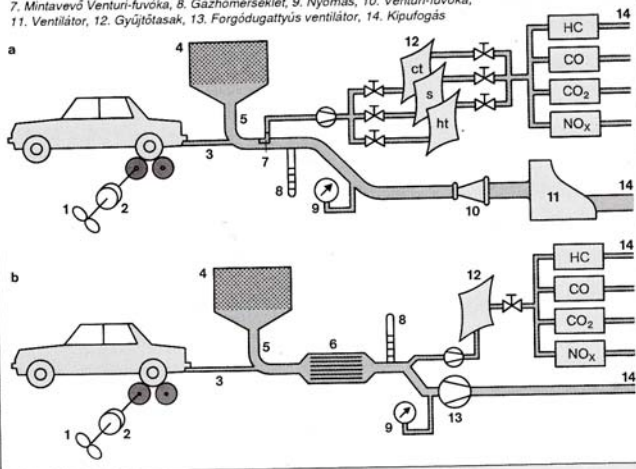
- a ténylegesen közúti közlekedés regisztrálásából álló menetgörbék,
- állandó gyorsulású és sebességű szakaszokból szerkesztett menetgörbék.

Az első lépés a menetgörbe meghatározásakor az utánozni kívánt közlekedési

39. ábra. A vizsgálóberendezés

- a) Az US-Federal-Test-hez (itt Venturi-berendezéssel).
b) Az ECE, Japán, Svédország, Svájc, Auszália, Mexikó esetében (itt forgódugattyús ventilátorral)

1. Fék, 2. Lendítő tömeg, 3. Kipufogógáz, 4. Levegőszűrő, 5. Hígító levegő, 6. Hűtő, 7. Mintavető Venturi-fúvóka, 8. Gázhőmérséklet, 9. Nyomás, 10. Venturi-fúvóka, 11. Ventilátor, 12. Gyújtócsák, 13. Forgódugattyús ventilátor, 14. Kipufogás



feltételek kijelölése, mivel ezen feltételek, valamint a megfelelő mérőszakaszok meghatározása döntő befolyással van a kipufogógáz-vizsgálat során mért emisszióra. A meghatározott útszakaszokon az előírt utazási feltételek mellett különböző teljesítményszintű gépjárművekkel és különböző vezetési stílusú vezetőkkel teszik meg az utat.

Az első eljárás során a regisztrált menetgörbék közül egyet, a lehető legjellemzőbbet választják ki.

A második eljárásnál a feljegyzett sebességfutasokat nagyszámú menetszakaszra bontják, amelyek gyakoriságát és sorrendjét vizsgálják. Ezekből a vizsgálatokból alakul ki azután egy "szintetikus" menetgörbe, amely a lehető legjobban figyelembe veszi a mért sebesség- és gyorsulásértékeket, -profilokat.

Mintavételezés és analitikus eljárások

1982 után Európában is átálltak a kipufogógáz-gyűjtő eljárásról a hígításos módszerre (CVS), ezzel megvalósult az alapelveiben egységes eljárás az USA, Japán és Európa számára.

A hígításos eljárás a következő elv alapján működik: a vizsgált gépjármű által a vizsgálati ciklus alatt kibocsátott kipufogógázt felhígítják szűrt környezeti levegővel, és egy speciális szivattyúval úgy szívják be, hogy a kipufogógáz és a hígítólevegő összterefogatára állandó legyen, ami azt jelenti, hogy a kipufogógáz pillanatnyi áramának megfelelően több vagy kevesebb levegőt kell hozzáadni. A levegő és a kipufogógáz aránya 8:1...10:1. A hígított kipufogógázból az egész vizsgálati ciklus alatt folyamatosan, állandó részmennyiséget vesznek, és egy (illetve három) gyűjtőtasakba vezetnek. Így a vizsgálati program befejezése után a károsanyag-koncentráció a gyűjtőtasakban (illetve gyűjtőtasakokban) pontosan megfelel az összes beszívott kipufogógáz/levegő keverék átlag-koncentrációjának. Mivel a kipufogógáz-levegőáramot az egész vizsgálat folyamán ellenőrzik, az összterefogat pontosan ismert. Ebből és a gyűjtőtasakban lévő koncentrációból kiszámítható a vizsgálat alatt kibocsátott káros anyag tömege. Annak a biztosítása érdekében, hogy a közötti adatokat a hígított levegőben már esetleg jelenlévő káros anyagok ne hamisíthassák meg, a környezeti levegőből is vesznek folyamatosan mintát, amelyet a kipufogógáz-mintákhoz hasonlóan egy

tasakban (illetve három tasakban) gyűjtöttek össze és a vizsgálat befejezése után analizálnak. Ezen a módon az eredmény, szennyezett környezeti levegő esetén, korrigálható.

Értékelés

A hígításos eljárásnak az olyan eljárással szemben, amelynél az összes kipufogógázt egy nagy tasakba gyűjtik, előnye, hogy a vizsgázók lecsapódását megakadályozza, aminek következményeként elérhető a nitrogén-oxid-vesztéses jelentős csökkenése a gyűjtőtasakban. Ezenkívül a hígítás gátolja a kipufogógáz-komponensek egymás közötti reakcióit, ami különösen a szénhidrogének esetében jelentős.

A hígításos eljárás hátrányát kell elkönyvelni, hogy az egyes komponensek mérendő koncentrációi a hígítási tényezővel kisebbek, aminek következménye, hogy az analizátoroknak is ennyivel érzékenyebbeknek kell lenniük.

A mérőkészülék

A gyűjtőtasakban lévő káros anyagokat analízáló készülékek időközben ugyancsak egységesekké váltak.

A vizsgálati állandó térfogatáram elérése érdekében két különböző szivattyúzási módszer használatos. Az elsőnél a kipufogógáz/levegő keveréket egy normál kompresszor szívja Venturi fúvókán keresztül (Critical Flow Venturi), amíg a másodiknál egy speciális forgódugattyús kompresszort (Roots-kompresszor) használnak. Mindkét módszer esetében kielégítő pontossággal ellenőrizhető a térfogatáram a peremfeltételek (mint például a nyomás, a hőmérséklet) figyelembevételével.

Az üzemanyagrendszer párolgási veszteségének megállapítása

Függetlenül azokról a káros anyagoktól, amelyek a motorban keletkeznek az égés következtében, más okok miatt is bocsát ki egy gépjármű jelentős mennyiségű szénhidrogént. Ezek származhatnak az üzemanyagrendszer tömítetlen helyeiről (pl. rosszul záró tanksapkák) vagy az üzemanyagtartály nem megfelelően méretezett szellőzőrendszeréből vagy egyéb ok miatt. Annak biztosítására, hogy egy gépjárműben ne jöhessenek létre olyan emisszióforrások, amelyeket az üzemanyagrendszer szerkezeti kivitele okoz, néhány országban

előírások korlátozzák az üzemanyagrendszer párolgási veszteségeit.

SHED-módszer

A párolgási veszteségek megállapítására leghasználatosabb módszer az úgynevezett SHED-eljárás. Ennél a módszerrel a gépjárművet kondicionálás után egy gáztömör kamrába állítják. Az üzemanyagtartályt kb. 40 %-ig vizsgálati üzemanyaggal töltik meg, amelynek hőmérséklete 10 és 16 °C között kell legyen. Ezután az üzemanyagot melegíteni kezdik. A CH-koncentráció tulajdonképpen mérése a kamrában 16 °C-nál kezdődik. Az üzemanyag hőmérsékletét egy óra alatt 14 °C-kal egyenletesen emelik. A véghőmérséklet elérése után újra megméri a CH-koncentrációt. Ez az érték a párolgási veszteség meghatározására szolgáló végérték. A mérés teljes tartama alatt a gépjármű ablakait és a csomagtér fedelét nyitva kell tartani.

A leállítás fázisában fellépő párolgási emisszió megállapítása céljából az előzőleg felmelegített gépjárművet a kamrában leállítva egy órán keresztül méri a CH-koncentráció növekedését.

FTP-75 vizsgálati ciklus¹⁾

Az FTP-75 vizsgálati ciklus menetgörbéjét azokból a sebességszámvetőkből állították össze, amelyeket az USA-ban, Los Angeles utcáin, a reggeli közlekedésben ténylegesen mértek (40. ábra). Ez a menetgörbe három vizsgálati szakaszból áll:

Vizsgálati szakasz	Időtartam s
Átmeneti fázis ct ²⁾	0...505
Stabilizált fázis s ²⁾	506...1372
Melegvizsgálat ht ²⁾	1972...2477

A megfelelő kondicionálás után (a gépjármű leállítása 12 óra 20...30 °C hőmérsékleten) a vizsgálandó gépjárművet indítják és követik a megadott menetgörbét:

1. Az átmeneti fázisban a hígított kipufogógázt az 1. sz. tasakban összegyűjtik.
2. A stabilizált fázis elején (vagyis 505 s elteltével) a menetprogram megszakítása nélkül a mintavételt a 2. sz. tasakra kell átkapcsolni.
3. A stabilizált fázis befejezése után közvetlenül (1372 másodperc után) a motort 10 percre kikapcsolják.
4. E 10 perces szünet után a motort újra elindítják és elvégzik a 505 másodperces melegvizsgálatot, amelynek sebességszámvetője megegyezik az átmeneti fáziséval. Ebben az időszakban a kipufogógázt egy harmadik tasakban kell összegyűjteni.

Az összes teszt lefutása után a három tasak kipufogógázmintáit analizálják. A megállapított károsanyagtömeget a megtett útszakaszra vonatkoztatják. Úgyhogy a mérési eredmény megkapható mint a mérföldenkénti, illetve a kilométerenkénti károsanyag-kibocsátás. A megengedett maximális károsanyagtömeget az egyes országokban különbö-

zőképpen állapítják meg. Ezt az FTP-75 vizsgálati ciklus szerint elvégzett vizsgálatot az USA-n kívül még egy sor más országban is alkalmazzák (lásd "Kipufogógáz-határértékek" 3. táblázatában a 36. oldalon).

A határértékek minden új engedélyezett személygépkocsira érvényesek, függetlenül a lökettérfogattól és önsúlyuktól; ezenkívül a határértékeket 50 000 mérföld hosszú megtett út átlagában be kell tartaniuk.

1984 óta az USA-ban (49 állam) ezek a határértékek a magasan fekvő területekre is érvényesek. Vizsgálati magasságként 1620 métert írtak elő (Denver tengerszint feletti magassága).

Az USA-ban és néhány más országban korlátozták az üzemanyag rendszerből jövő párolgási emissziót. A párolgási veszteség a SHED-módszerrel állapítható meg (ennek leírása a 31. oldalon található).

Az USA-ban a különböző évről-típusokra meghatározott feltételek mellett eltérési engedély adható. Ebből kifolyólag a kaliforniai törvényhozó engedélyezhet egy magasabb károsanyag-emissziót, ha az autógyártó cég bizonyítja, hogy 100 000 mérföld megtett úton a határértéket betartja. Az 1990-ben hozott levegőtisztasági törvény ("Clean Air Act") a környezet védelmében tett sok intézkedése mellett a kipufogógáz-emisszió határértékeit is szigorította (4. táblázat).

ECE/EG vizsgálati ciklus³⁾

Az ECE/EG vizsgálati ciklus szerkesztett menetgörbéből áll. Ez a menetgörbe jó megközelítéssel írja le azokat a menetlajdonságokat, amelyeket a belvárosi közlekedésben megfigyeltek. (41/a. ábra)

Az ECE/EG vizsgálati ciklus a következő országok számára kötelező:

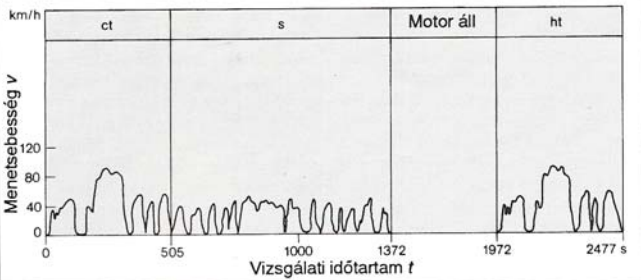
Németország, Hollandia, Belgium, Luxemburg, Franciaország, Dánia, Nagy-Britannia, Írország, Olaszország, Spanyolország, Görögország, és Portugália. A kipufogógáz vizsgálata a következőképpen történik:

A megfelelő kondicionálás után (a gépjármű leállítása 20...30 °C hőmérsékleten) megkezdődik a tulajdonképpeni menetvizsgálat a hidegindítás és 40 másodperces járatás után. A menetciklust szünet nélkül, négyszer kell végigfutni. Ezen idő alatt a kipufogógázt a CVS-módszer szerint (leírása a 30. oldalon) egy tasakban kell összegyűjteni. A tasak tartalmának elemzésével megállapított károsanyagtömeget nem a menetszakaszra számítják át az Európa-tesztben, hanem gramm/teszt-ben adják meg. Ezenkívül a szénhidrogén- és a nitrogén-oxid-emissziókat egy összhatómértékben ($\text{CH} + \text{NO}_x$) veszik figyelembe.

Az 1,4 és a 2 liter közötti lökettérfogatú gépjárművek esetében még a régi szabályozás (ECE R15-04) érvényes,

40. ábra. Az FTP-75 vizsgálati ciklus

Ciklushossz:	11,1 mérföld	= 17,86 km
Átlagsebesség:	21,2 mérföld/h	= 34,10 km/h
Maximális sebesség:	56,7 mérföld/h	= 91,20 km/h
Alapjáratí hányad:	17,9 %	



¹⁾ FTP = Federal Test Procedure (Szövetségi vizsgálóeljárás)
²⁾ ct = Cold Transient (hideg tranzienst)
s = stabilizált (stabilizált, állandósult)
ht = hot transient (meleg tranzienst)
³⁾ ECE = Economic Commission of Europe (az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága)
EG = Európai Közösség

amelynél a károsanyag-határértékeket a gépjármű súlya szerint kategorizálják (lásd "Kipufogógáz-határértékek" 1. táblázat 36. oldal).

1988 óta a gépjármű löketterfogatótól függő határérték-szigorítás van érvényben. Ennek a szabályozásnak a száma 88/76/EWG és mint ilyen, szerepel a 2. táblázatban. Az 1,4 liternél kisebb vagy a 2 liternél nagyobb löketterfogatóú gépjárművekre nézve ez a szabályozás már érvényben van. 1989-ben az 1,4 liternél kisebb löketterfogatóú gépjárművekre 1992-re egy második csökkentőfokozatot terveztek. Ennek a szabályozásnak a jelzése 89/458/EWG.

Az európai helyzet nem egységes. A szigorúbb határértéket sürgető tagállamok kieszközölték egy záradék felvételét (Anex III A), amely biztosítja az FTP-75 ciklus szerint tesztelt gépjárművek engedélyezését, és az ilyen gépjárművek megadótatását Belgiumban, Dániában, Hollandiában és Németországban. Az EK Minisztertanácsa által elhatározott újabb "Európai menetciklus" (91/441/EWG) szigorúbb, mind súly-, mind löketterfogatófüggő határértékeket (41/b. ábra, valamint 2. táblázat) és a párolgási veszteségeknek olyan korlátozását írja elő, mint az USA-ban van az eddigi városi ciklusokból, kibővíve egy városon kívüli, maximális 120 km/h sebességrésszel. A kibővítésnek számolnia kell a városokon kívüli nagyobb sebességű forgalom megnövekedésével.

Japán vizsgálati ciklus

A teljes vizsgálat két különböző, szerkesztett menetgörbe felhasználásával, két vizsgálati ciklusból áll (42. ábra).

1. A 11-lépcsős ciklust hidegindítás után négyszer futtatják le.

2. A 10-lépcsős ciklust mint melegtesztet hatszor futtatják le, és csak az utolsó öt ciklusban mérnek.

A melegindításhoz szükséges előkondicionálás szintén tartalmazza az előírt alapjáratú kipufogógáz-vizsgálatot, és a következőképpen folyik le: a gépjárművet 45 km/h sebességen kb. 15 percnél melegebbé melegítik. Ezután a kipufogócsőben a CH₄-, a CO- és a CO₂ koncentrációkat mérik. Egy további ötpercnél 40 km/h sebesség melletti melegítési fázis után kezdődik a 10-lépcsős melegteszt. Mind a 11-lépcsős ciklus esetében, mind a 10-lépcsős ciklusnál a kipufogógázt CVS-berendezéssel elemzik (leírása a 30. oldalon látható). A hígított kipufogógázt mindig egy új tasakban gyűjtik össze. A hidegteszt alkalmával a káros anyagokat gramm/teszt-ben adják meg, a melegtesztnél viszont az útszakaszra vonatkoztatják, ami azt jelenti, hogy gramm/km értékre számítják át.

Japánban is mellékelnek a kipufogógáz-előírásokhoz egy párolgási veszteség korlátozást, amelyet a SHED-módszer szerint (leírása a 31. oldalon) határoznak meg. Ezenkívül figyelembe veszik a ha-

tárérték szigorítását is (különösen a nitrogén-oxidokét). Ennél a 10-lépcsős vizsgálatot ki kell bővíteni egy városon kívüli résszel.

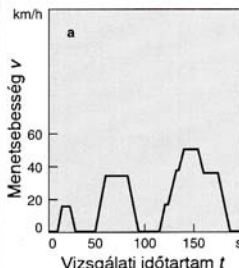
A vizsgálati módszerek és a határértékek összehasonlítása

Mind a jelenleg érvényes ECE/EG, mind pedig a japán vizsgálati ciklus is inkább a belvárosi közlekedés és ezzel együtt az erre jellemző sebességek modellezésével foglalkozik, viszont az FTP-75 vizsgálati ciklus nagyobb sebességeket is bevon. A menetgörbékben és a motorterhelésben is megnyilvánuló különbségeknek megfelelően különbözőek az egyes vizsgálati ciklusok, ezért nehéz a mindenkori határértékek egymás közötti összehasonlítása. A jelen állapotban a legszigorúbb kipufogógáz-előírások az USA-ban vannak, ezek határértékei csak szabályozott háromutas katalizátor alkalmazásával tarthatók be. Japánban is túlnyomórészt katalizátorokat szerelnek a gépkocsikba. Ha az EK szintjén is bevezetnék a szükséges intézkedéseket, akkor az érvényes határértéket hasonlóképpen csak szabályozott háromutas katalizátorokkal lehetne betartani.

41. ábra. ECE/EG vizsgálati ciklusok

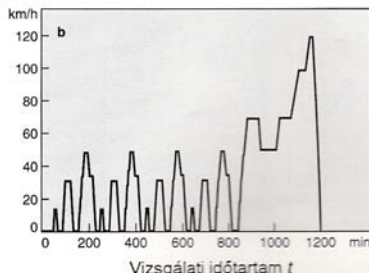
a) Jelenleg érvényes teszt

Ciklushossz	1,013 km
Ciklusszám/teszt	4
Átlagsebesség	18,7 km/h
Max. sebesség	50,0 km/h
Alapjáratú hányad	31,0 %



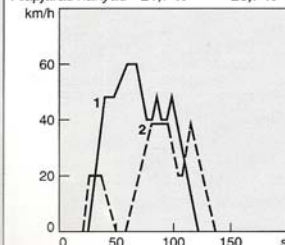
b) Új teszt, városon kívüli résszel

Ciklushossz	11 km
Átlagsebesség	32,5 km/h
Max. sebesség	120,0 km/h



42. ábra. A japán vizsgálati ciklus

	11-lépcsős ciklus (hidegteszt)	10-lépcsős ciklus (melegteszt)
Ciklushossz	1,021 km	0,664 km
Ciklusszám/teszt	4	6
Átlagsebesség	30,6 km/h	17,7 km/h
Max. sebesség	60,0 km/h	40,0 km/h
Alapjáratú hányad	21,7 %	26,7 %



A kipufogógáz vizsgálati módszere

A kipufogógáz ellenőrzése

A kipufogógáz egészségre káros alkotóelemeinek csökkentése céljából a törvénykezés nemcsak a típusok engedélyezése alkalmával írja elő a kipufogógáz-emisszió ellenőrzését, hanem a közlekedésben részt vevő gépjárművek számára is kötelezővé tette.

Ennek megfelelően, az Otto-motorral rendelkező gépjárműveket a Német Szövetségi Köztársaságban rendszeresen felülvizsgálják a §29 StVZO szerint előírtaknak megfelelően, illetve alapjáratnál ellenőrzik egy meghatározott CO-határérték betartását a pótlólag előírt különleges kipufogógáz-vizsgálattal (ASU). Ezért a Német Szövetségi Köztársaságban a CO-mérőkészülékeket hitelesíteni kell.

Mérési módszerek

Az a követelmény, hogy a kipufogógáz alkotóelemeit szelektíven, nagy pontossággal kell mérni, oda vezetett, hogy az ismert kipufogógáz-vizsgáló eljárások közül csak az infravörös módszer megfelelő pontosságú.

A Bosch-féle CO-mérőkészülék, amelynek működési elvét és egy kipufogógáz-mérés menetét később ismertetjük, az infravörös eljárás szerint működik. Ez az eljárás azon alapszik, hogy a kipufogógáz

alkotóelemei elnyelik az infravörös sugárzást, mégpedig minden komponensre jellemző pontosan meghatározott hullámhossznál. A mérőkamra különböző elrendezésével a mérőkészülék a mérendő kipufogógáz-komponensekre és a kívánt mérési tartományra elkészíthető. A kiviteli szerint ezért vannak egykomponensű (pl. CO-ra) vagy többkomponensű készülékek (CO-CH, CO-CO₂, CO-CH-CO₂ stb.)

Mérőkamra (43. ábra)

Egy kb. 700 °C-ra felhevített sugárzó (5) infravörös sugárzást bocsát ki, amely egy mérőküvetán halad át (3) és ezután a vevőkamrába (1) lép. Az ott lévő meghatározott CO-hányadú gáz elnyeli a CO-specifikus infravörös sugárzás egy részét. Ez az abszorpció a gázban hőmérséklet-emelkedést okoz, aminek következményeképpen az áramlásérzékelőn (2) keresztül gáz áramlik a V₁ kamrából a V₂ kiegyenlítő kamrába.

Az infravörös sugárzást egy forgó szagatatótárcsa (4) ritmikusán megszakítja. A lüktető sugárzás a vevőkamrában periodikus elnyelést okoz, és ezzel V₁ és V₂ kamra között egy változó gázáramlást hoz létre.

Az áramlásérzékelő finom hevített nikkel-ellenállásokból áll, hidkapcsolásban; a váltakozó áramlást váltakozó elektromos jellé alakítja át.

Ha most a mérőküvetán (3) keresztül tisztá levegő helyett változó CO-hányadot tartalmazó kipufogógáz áramlik át, akkor a CO-rész nagyságának megfelelően több vagy kevesebb sugárzási energia már a mérőküvetában elnyelődik, és ezáltal elvész a mérőkamra számára. Ennek következtében a vevőkamrában csökken a gázáramlás. Így tehát a változó alaplattól való eltérés egyúttal a kipufogógáz CO-tartalmának a mértéke is.

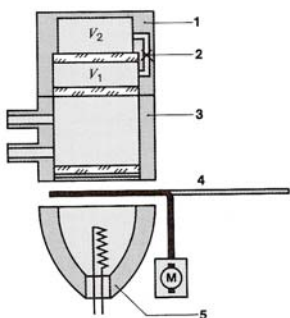
A gáz útja (44. ábra)

A mérendő kipufogógázt szondával (1) veszik a gépjármű kipufogócsövéből. Ezt a mérőkészülékben lévő membránszivattyú szívja be és egy durva szűrőn (2) keresztül a vízelválasztóba kerül (3). A beszívott kondenzvíz és a durva szennyvezetők itt leválasztódnak, mielőtt a mérőgázt egy további finom szűrőben (4) még egyszer megtisztítanák.

A membránszivattyú (6) előtti mágnesszeleppel (5) az automatikus nullpont-beállítás ideje alatt a mérőkamra (9) bemenete a kipufogógázról levegőre kapcsolódik át. Mindkét bemenetnél (a kipufogógáz és a levegő számára) biztonsági szűrővel védik a mérőkamrát a szilárd testek bejutása ellen. Még a lehetséges vízbehatolástól is (ha pl. a külső vízelválasztót idejében nem ürítik ki) védik a kamrát. Az edényben (10) lévő fojtás

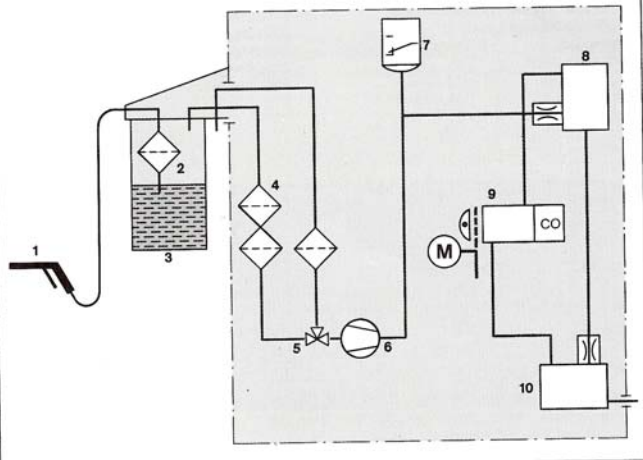
43. ábra. Infravörös módszer szerint működő mérőkamra (elvi vázlat)

1. Vevőkamra, V₁ és V₂ kiegyenlítő tartályokkal, 2. Áramlásérzékelő, 3. Mérőküvetta, 4. Forgótárcsa, 5. Infravörös sugárzó



44. ábra. A gáz útja a CO-mérőkészülékben

1. Szonda, 2. Durva szűrő, 3. Vízelválasztó, 4. Finom szűrő, 5. Mágnesszelep, 6. Membránszivattyú, 7. Nyomáskapcsoló, 8. Biztonsági tartály, 9. Mérőkamra, 10. Edény



biztonsági tartályban (8) nyomásnövekedést okoz, és ez hozza létre a mellékáramkörben a mérőkamrán az átáramlást. Az esetleg beszívott víz súlya következtében az összekötővezetéken az edénybe (10) hull, majd a szabadba kerül.

A nyomáskapcsolóval (7) ellenőrzik, hogy mindig elegendő mennyiségű gáz álljon rendelkezésre. A biztonsági tartály fojtása nyomásemelkedést okoz a szivattyú kimenetén, amely a nyomáskapcsolót zárja. Ha megszakad a gáz útja, a nyomáskapcsoló elenged, és a hibajelzés értesíti a kezelőt a hibás működésről.

A készülék működése

A CO-mérőkészülék, hasonlóan a Bosch CompacTest-rendszer többi kipufogógáz-mérő készülékéhez, mikroprocesszor-vezérlésű és lényegében automatikusan működik. Ennek következtében a mérési eredményeket nem befolyásolhatja sem a környezet, sem a kezelő személy.

A készülék bekapcsolása után önellenőrzés és egy várakozási ciklus, "bemelegedési idő" következik. A mintegy 3 perces tartó bemelegedési idő után kb. 10 másodpercig a rendszer levegőt szív be mint "nullgázt" és ezzel átöblíti a gáz útját. A készülék ezután mérésre kész. A mérés a szivattyúkapcsoló bekapcsolá-

sával kezdődik. A készülék ekkor kb. 10 másodpercen keresztül újból tiszta levegőt szív be, és megtörténik az automatikus nullázás. A meghatározott mérési értéket mint érvényes nullpontot a mikroprocesszorban tárolják. Csak ezután kapcsol át a mágnesszelep mérőgáz útjára. A mérési eljárás hőmérsékletfüggését a mikroprocesszor programja figyelembe veszi és ehhez bekéri a vevőkamra hőmérsékletét. Hasonlóképpen figyelembe van véve a tengerszint feletti magasság és a hálózati frekvencia is. Egyébként a processzor minden lényeges készülékfunkciót ellenőriz a fix határértékek szempontjából. Jelzi a megengedhetetlen eltéréseket, és azonnal megszakítja a mérési folyamatot.

A kipufogógáz vizsgálata

A kifogástalan kipufogógáz-méréshez meghatározott előfeltételek szükségesek:

- a motor üzemmeleg legyen,
- az indító akár kézi, akár automatikus, ne legyen működtethető,
- a motor feleljen meg a gyár által előírt gyújtási beállításnak (zárószög, gyújtási időpont), és a helyes alapjáratú fordulatszámmal működjön,
- a többporlasztós berendezéseknek szinkronizáltaknak kell lenniük,
- a kipufogóberendezés tömített legyen,
- mérőkészülék vevőszondáját legalább 30 cm-re kell bedugni a kipufogócsőbe.

A CO-tartalom a mérési eredmények kiértékelésekor a következőkre utal:

- a keverék-előkészítés (porlasztó vagy befecskendezés) beállítása túl dús vagy túl szegény,
- a légszűrő elszennyeződött vagy eltömődött,
- a forgattyúház szellőzése eltömődött,
- hibás a melegítési dúsítás,
- hibás a gyorsítási dúsítás.

A CO-mérést CH-méréssel összekapcsolva további motorhibákat lehet megállapítani:

- gyújtáskimaradás, pl. hibás megszakító érintkezők, gyújtásvezetékek, gyújtógyertyák, rossz gyújtásbeállítás miatt,
- tökéletlen égés, pl. túl szegény keverék, tömített szívóút miatt,
- mechanikai hibák, mint rossz kompresszió, tömített szelepek.

A kipufogógázberendezés tömítettségéről a CO₂-tartalom ad felvilágosítást. Azonban ezt a mérést csak Franciaországban írják elő.

Tehát a kipufogógáz-mérő készülékek a műhelyek számára nemcsak azért szükségesek, hogy ellenőrizzék a kipufogógázokra törvényben előírt határértékeket (nem tévesztendő össze az új gépjárművek típusengedélyével kapcsolatos kipufogógáz-határértékekkel, lásd a 30. oldalon), hanem a motorvizsgáló készülékekkel együtt nélkülözhetetlen segédeszközei is a gépjárműjavító műhelyekben a hibakeresésnek és a diagnosztikának.



Kipufogógáz-határértékek

Kipufogógáz-határértékek (1992.01.01.-i állapot)

1. táblázat. ECE/EG határértékek a gépjármű tömegétől függően (ECE R15-04). ECE/EG vizsgálóciklus

A gépjármű tömege (kg)		CO	CH + NO _x
min.	max.	g/teszt	g/teszt
	1020	58	19,0
1020	1250	67	20,5
1250	1470	76	22,0
1470	1700	84	23,5
1700	1930	93	25,0
1930	2150	101	26,5
2150		110	28,0

2. táblázat. Kipufogógáz-határértékek az EG. ECE/EG vizsgálóciklusban

A gépjármű löketterfogata, l		Lehetséges alkalmazási időpont		Szabályozás	CO	CH+NO _x	NO _x
min.	max.	új típus	első engedélyezés		g/teszt	g/teszt	g/teszt
2,0		88.10.01.	89.10.01.	88/76/EWG	25	6,5	35
1,4	2,0	91.10.01.	93.10.01.	88/76/EWG	30	8	-
	1,4	90.10.01.	91.10.01.	88/76/EWG	45	15	6
		92.07.01.	93.01.01.	89/458/EWG	19	5	-
Összes löketterfogatosztály		92.07.01.	92.12.31.	91/441/EWG új európai menetciklus	2,72 g/km	0,97 g/km	-

3. táblázat. Határértékek Svájcban, Ausztriában, Svédországban, Norvégiában, Finnországban, Mexikóban, Braziliában, Ausztráliában, Dél-Koreában, FTP-75 vizsgálóciklus

Ország	Alkalmazási időpont	CO g/km	CH g/km	NO _x g/km	Párolgás g/teszt
Svájc	87.10.	2,1	0,25	0,62	2,0
Ausztria	87/88	2,1	0,25	0,62	2,1
Svédország	89.típusnév	2,1	0,25	0,62	2,0
Norvégia	89.	2,1	0,25	0,62	2,0
Finnország	90.	2,1	0,25	0,62	2,0
Mexikó	91.	7,0	0,7	1,4	2,0
Brazília	90.01.	24,0	2,1	2,0	-
	92.01.	12,0	1,2	1,4	-
	97.01.	2,0	0,3	0,6	-
Ausztrália	86.01.	9,3	0,9	1,9	2,0
Dél-Korea	típusnév	3,4	0,41	1,0	2,0
	88.	g/mérföld	g/mérföld	g/mérföld	

4. táblázat. Határértékek az USA 49 államában és Kaliforniában, FTP-75 vizsgálóciklus

Típus évjáráta	Terület	CO g/mérföld	CH g/teszt	NO _x	Párolgás
1982. óta	49 állam	3,41 ¹⁾	0,41	1,0 ¹⁾	2,0
	Kalifornia	7,0	0,41	0,4 ¹⁾	2,0
1993.	Kalifornia	3,4	0,25	0,4	2,0
1994.	49 állam	3,4	0,25	0,4	2,0

¹⁾ Meghatározott feltételek esetén kivétel engedélyezhető.

5. táblázat. Határértékek Kanadában, FTP-75 vizsgálóciklus

Kezdeti időpont	CO g/mérföld	CH g/teszt	NO _x	Párolgás
1987.09.	3,4	0,41	1,0	2,0

6. táblázat. Határértékek Japánban, japán vizsgálóciklus

Vizsgálati eljárás	CO	CH	NO _x	Párolgás
10-lépcsős g/km	2,1	0,25	0,25	-
11-lépcsős g/teszt	60,0	7,0	4,4	-
SHED g/teszt	-	-	-	2,0

Jegyzetek

Valamennyi autómárka márkaszervize

Az egyre bővülő magyarországi **Bosch szerviz hálózat** munkatársai minden rejtett, alattomos, visszatérő vagy váratlan hibára **megoldást találnak.**

Autóvillamossági és gépjárműjavító szervizek

AUTOKLUB SZERVIZ	7100	Szekszárd Tolnai Lajos u. 2/a	(74) 315-630
AUTO-MOTRONIC	2097	Budapest (Pilisborosjenő) Külső Bécsi út 36/A	(60) 329-741
BENEDECZKI	8237	Kezel Thököly u. 23.	(78) 321-586
ORCSIK Szerviz	6724	Szeged Ősz u. 51.	(62) 324-982
PVX	4031	Debrecen Szoboszló u. 3.	(52) 315-766
VÁR Műhely	8630	Balatonboglár Vikár Béla u. 2.	(85) 352-125
AUTOELEKTROGM	4400	Nyíregyháza Vácsi M. u. 4.	(60) 356-137 (42) 343-431
GYŐRI	5440	Kunszentmárton Erdő tér 30.	Kunsz. 440
JANTÓ	8230	Balatonfüred Keö József u. 8/b	
KI-AV Kft.	1184	Budapest Piac tér 4.	178-7967
KISS	8220	Balatonalmádi Kund u. 3.	(88) 338-212
MOLNÁR & MOLNÁR	9300	Celldömök Tompá M. u. 3/a	Cell. 250
SPINDLER	2840	Oroszlány Szeptember 6. u. 110.	(34) 360-298
SZIVILL Kft.	4028	Debrecen Kút u. 126.	(52) 313-046
SZOMSZBI.	1193	Budapest Deák F. u. 49.	147-7296
SZÜCS és TÁRSAI	8100	Várpalota Péti út 23.	(88) 371-525
TÓTH	8258	Badacsonytomaj Béke u. 1.	(87) 331-431

Diesel gépjárműjavító és autóvillamossági szervizek

BGP Kft.	9700	Szombathely Széchenyi u. 6.	(94) 311-304
KITE	4181	Nádudvar Bem J. u. 1.	(52) 380-401
MEZŐFI ÉS FIAI KFT.	6500	Baja Táncsics M. u. 14.	(79) 325-619
PRIMAUT	1134	Budapest Váci út 45.	140-3917
STROHM	1144	Budapest Füredi út 74-76.	252-5444
VOLKER Kft.	7622	Pécs Ipar u. 7.	(72) 427-144 (72) 413-942
TEMPO Autószerviz	2321	Szigetbecse Petőfi u. 33.	(24) 385-853
TÓTH Szerviz	7400	Kaposvár Kisgáti u. 15.	(82) 417-975

Diesel szakszervizek

FOCKTER DIESEL Bt.	2030	Érd Bíró u. 19/a	(23) 345-179
IKR	2943	Nagyigmánd	(34) 356-620
KSZE	7101	Szekszárd Páskum u. 2.	(74) 315-811
MARTINCSEK	5600	Békéscsaba Berényi út 31.	(66) 324-540
NYÍRY DIESEL	1025	Budapest Budeniz út 4/b	176-0217
P+S DIESEL SZERVIZ	1173	Budapest Határhalom u. 2.	147-2340
PÉTER	8900	Zalaegerszeg Borbély György u. 3.	(92) 314-430



Előszerviz szervizek

FELDINGER	9400	Sopron Balfi út 130.	(99) 325-528
GÉRINGER	2900	Komárom Igmándi út 65.	
POGÁNY	3400	Mezőkövesd Széchenyi u. 68.	(40) 312-240
VASS	6600	Szentes Csongrádi út 36.	(63) 314-222
AIT	2092	Budakeszi Rakóczi u. 71.	176-6263
KOVÁCS ÉS Tsa. Kft.	1039	Budapest Csetz János u. 96.	188-5447
NAGYISTVÁN	7100	Szekszárd Fagyöngy u. 23.	
SCHMIDT	2330	Dunaharaszti Uzsoki u. 32.	168-4245/351

Egy, ami biztos: **BOSCH**

Mi szakszerűen segítünk
Önnek!