

AUTÓSZERELŐ
MESTERVIZSGÁRA FELKÉSZÍTŐ
OKTATÁSI JEGYZET

BUDAPEST, 2021

Szerző:
GÁL ZOLTÁN

Lektorálta:
DUDÁS ISTVÁN

Kiadja:
Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

A jegyzet az Innovációs és Technológiai Minisztérium, illetve a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal támogatásával a Nemzeti Foglalkoztatási Alap képzési alaprésze terhére nyújtott forrás felhasználásával jött létre.

Tartalomjegyzék

1	Hőtani alapfogalmak.....	7
1.1	A gázok fajhője.....	7
1.2	A gázok állapotjelzői.....	9
1.3	Gázok állapotváltozásai, a gáztörvények.....	9
1.3.1	Izobár állapotváltozás.....	9
1.3.2	Izochor állapotváltozás.....	10
1.3.3	Izotermikus állapotváltozás.....	11
1.3.4	Adiabatikus állapotváltozás.....	11
1.3.5	Politropikus állapotváltozás.....	12
1.3.6	A hőtan főtételei.....	13
2	A motorok elméleti körfolyamatai.....	13
2.1	Az Otto-motor elméleti körfolyamata.....	13
2.2	A dízelmotor elméleti körfolyamata.....	14
2.3	A Sabathe-körfolyamat termikus hatásfoka.....	15
2.4	Az Atkinson-Miller-ciklus.....	16
2.5	Motorok valóságos körfolyamatai.....	20
2.6	Motorok hatásfokai.....	21
2.7	Motorok fajlagos mutatói.....	24
2.7.1	Az indikált középnyomás (p_i).....	24
2.7.2	Az indikált munka (W_i).....	24
2.7.3	Az indikált teljesítmény: (P_i).....	24
2.7.4	Indikált fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás: (b_i).....	25
2.7.5	A fogyasztás (B_i).....	25
2.7.6	Fajlagos teljesítmények.....	25
3	Gépjárműmotorok szerkezeti felépítése, működése.....	26
3.1	A forgattyús mechanizmus kinematikája.....	26
3.2	A forgattyús mechanizmusban keletkezett tömegeerők.....	27
3.2.1	Forgó tömegeerők (F_r).....	27
3.2.2	Alternáló tömegeerők.....	28
3.3	A négyhengeres motor tömegkiegyenlítése.....	29
3.3.1	Forgó tömegeerők kiegyenlítése.....	29
3.3.2	Elsőrendű alternáló tömegeerők.....	30
3.3.3	Másodrendű alternáló tömegeerők.....	30
3.3.4	Forgó tömegeerők nyomatéka.....	30
3.3.5	Elsőrendű tömegeerők nyomatéka.....	30
3.3.6	Másodrendű tömegeerők nyomatéka.....	30
3.4	Otto-motorok tüzelőanyagellátó-rendszerei.....	32
3.4.1	M-Motronic rendszer.....	32
3.4.2	ME-Motronic rendszer.....	42
3.4.3	MED-Motronic rendszer.....	42
3.5	A dízelmotorok tüzelőanyagellátó-rendszerei.....	52
3.5.1	Forgóelosztós befecskendező szivattyúk.....	52
3.5.2	Külső meghajtású egyedi adagoló porlasztók.....	52
3.5.3	Közös nyomócsöves rendszer (CR).....	53
3.6	Kipufogógáz turbófeltöltés.....	69
3.7	Károsanyag-kibocsátás csökkentése.....	72
3.7.1	Kipufogógáz visszavezetés.....	72
3.7.2	Forgattyúház-szellőztetés.....	72
3.7.3	NO_x – katalizátor.....	73
3.7.4	Részecskeszűrők.....	74
4	Gépjárművek erőátviteli rendszerei.....	77
4.1	Dupla tengelykapcsolós (DSG) nyomatékváltó.....	77
5	Az egyszerű bolygómű.....	80

5.1	A belső fogazású bolygómű szerkezete.....	80
5.2	Az egyszerű bolygómű lehetséges áttételeinek meghatározása szerkesztéssel és számítással a bolygómű tengelyein ébredő nyomatékok alapján.....	81
5.2.1	A napkerék a hajtóelem, a bolygókerék-tartó a hajtott, a koszorúkerék rögzített.....	82
5.2.2	A koszorúkerék a hajtóelem, a bolygókerék-tartó a hajtott, a napkerék rögzített.....	82
5.2.3	A bolygókerék-tartó a hajtóelem, a napkerék a hajtott, a koszorúkerék rögzített.....	83
5.2.4	A bolygókerék-tartó a hajtóelem, a koszorúkerék a hajtott, a napkerék rögzített.....	83
5.2.5	A napkerék a hajtóelem, a koszorúkerék a hajtott, a bolygókerék-tartó rögzített.....	84
5.2.6	A koszorúkerék a hajtóelem, a napkerék a hajtott, a bolygókerék-tartó rögzített.....	84
6	Alternatív járműhajtások.....	85
6.1	Hibrid üzemmódok.....	85
6.2	A hibridizálás mértéke.....	85
6.3	Hibridhajtás-konstrukciók.....	86
6.4	A hibrid járművek elektromos rendszere.....	88
6.4.1	Az inverter.....	88
6.4.2	Akkumulátor modul.....	90
6.4.3	Fékrendszer.....	91
6.4.4	Multiplex kommunikációs hálózat.....	92
6.5	Menetstabilizáló rendszerek.....	94
6.6	A blokkolásgátló rendszer (ABS).....	95
6.7	A kipörgésgátló rendszer (ASR).....	96
6.8	Az elektronikus stabilitás program (ESP).....	97
7	A gépjármű villamos hálózata.....	97
7.1	Aramellátó rendszer.....	97
7.2	Indítóberendezések.....	102
7.3	Elektromos motorok.....	103
7.3.1	Egyenáramú motorok.....	103
7.3.2	Léptető motorok.....	105
7.4	Háromfázisú szinkrongenerátor.....	106
7.5	Háromfázisú motorok.....	107
7.5.1	Háromfázisú szinkronmotor.....	107
7.5.2	Háromfázisú aszinkronmotor (indukciós motor).....	109
7.6	Világítóberendezések.....	111
7.6.1	Fénytani és világítástechnikai alapfogalmak.....	111
7.6.2	A fényszóró berendezések fajtái.....	111
8	Gépjármű diagnosztika.....	112
8.1	Motor és segédberendezéseinek diagnosztikai vizsgálata.....	112
8.1.1	Mechanikai állapotvizsgálatok.....	112
8.1.2	Gyújtásvizsgálatok.....	113
8.1.3	Jeladó vizsgálatok.....	116
9	Gépjárművek gyártás utáni ellenőrzése.....	130
9.1	Mechanikai rendszerek gyártás utáni ellenőrzése.....	131
9.2	Motor és erőátviteli rendszer ellenőrzése.....	131
9.3	Felfüggesztés és futómű ellenőrzése.....	132
9.4	A fékrendszer ellenőrzése.....	134
9.5	Karosszéria elemek ellenőrzése.....	137
9.6	Elektronikus rendszerek gyártás utáni ellenőrzése.....	137
9.6.1	A villamos és kommunikációs hálózatok ellenőrzése.....	137
9.6.2	Motorirányító és hajtáslánc vezérlés ellenőrzése.....	139
9.6.3	Biztonsági és komfortelektronikai rendszerek ellenőrzése.....	140
9.6.4	Hibajavítás, utóellenőrzés, futáspróba, dokumentáció.....	140
10	A gépjárművek vezető támogató rendszerei, ADAS.....	141
10.1	Az információszerzés technikai rendszerelemei.....	142
10.1.1	Az ultrahangos érzékelők.....	142
10.1.2	A radarérzékelők.....	143

10.2 Kamerás érzékelés.....	147
10.3 Járművek aktív és prediktív biztonsági rendszerei.....	147
10.4 Korszerű járműszensorok.....	151
Felhasznált irodalom.....	152
Ajánlott irodalom.....	152

1 1. Hőtani alapfogalmak

1.1 A gázok fajhője

A hő az energia egyik megjelenési formája, és pedig az anyag molekuláinak kinetikus vagy mozgási energiája. Minél erősebb ez a mozgás, annál melegebbnek érezzük az anyagot.

A mozgás csökkenésével a hőmérséklet is csökken. Van egy hőmérséklet, az abszolút nulla fok ($-273,15^{\circ}\text{C}$), amelyen a molekulák hő mozgása megszűnik.

A hő az energia egyik megjelenési formája, ezért mértékegysége is azonos az energia mértékegységével.

A hőmennyiség jele Q , mértékegysége a joule. $1\text{ J} = 1\text{ N}\cdot\text{m}$.

Az időegység alatt bevezetett, vagy elvont hőmennyiséget hő áramnak, vagy hő teljesítménynek nevezzük.

A hő áram vagy hő teljesítmény jele \dot{Q} , mértékegysége a watt. Egy watt az a teljesítmény, amelyet egy joule munka egy másodperc idő alatt végez.

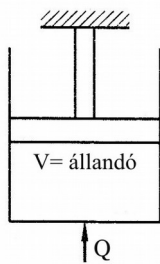
$$1\text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}}$$

Különböző minőségű anyagok hőmérsékletének azonos mértékű növeléséhez különböző hőmennyiségre van szükség, vagyis az anyagok fajhője különböző, tehát anyagjellemző.

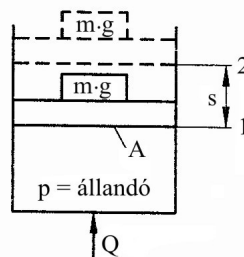
Valamely anyag fajhője az a hőmennyiség, amely az egységnyi tömegű anyag hőmérsékletét egy kelvinnel (Celsius-fokkal) növeli.

A szilárd testek és a folyadékok fajhője csak az anyag hő állapotától (hőmérsékletétől) függ.

A gázok fajhője viszont attól is függ, hogy a köközlés (hőelvonás) során a gáz nyomása vagy a gáz térfogata állandó-e. A melegítéssel járó folyamatokat kísérjük figyelemmel, az 1. ábrán látható, rögzített dugattyúval lezárt hengerben levő gáz esetében.



1. ábra. A gáz térfogata állandó



2. ábra. A gáz nyomása állandó

Tehát az első kísérletnél a hengerben levő gáz térfogata állandó (nem változik).

A hő kökölkor a gáz hőmérséklete és nyomása növekszik. A nyomás és a hőmérséklet növekedése a gáz anyagi minőségétől függő fajhővel arányos, amit állandó térfogathoz tartozó fajhőnek nevezünk és c_v -vel jelölünk.

A gázzal kökölt hőmennyiségre felírhatjuk: $Q_v = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$

Ugyanez az egységnyi tömegű gázra vonatkozóan: $q_v = c_v \cdot (T_2 - T_1)$

Az állandó térfogathoz tartozó fajhő alatt tehát azt a hőmennyiséget értjük, amely az egységnyi tömegű gáz hőmérsékletének egy kelvinnel való emeléséhez szükséges, ha a köközlés során a gáz térfogata állandó.

Ha a gázt állandó térfogaton melegítjük, akkor az nem végez munkát, a közölt hőmennyiség a gáz nyomását és a belső energiáját (munkavégző képességét) növeli. A hőtánban az

$U = m \cdot c_v \cdot T$ szorzatot a gáz belső energiájának, az egységnyi tömegre vonatkoztatva pedig fajlagos belső energiának nevezzük.

A fajlagos belső energia jele u , mértékegysége J/kg.

A gázok viselkedését a 2. ábra szerinti hengerben, állandó nyomáson való hő közlés folyamatában vizsgáljuk. A hengerben levő gázt lezáró dugattyúra a hő közlés közben is állandó nagyságú $m \cdot g$ erő hat, amelynek értékét a dugattyú keresztmetszetével elosztva, meghatározhatjuk a gáz nyomását. Ha a dugattyúra ható erő nagyságát nem változtatjuk, a gáz nyomása a hő közlés ellenére is állandó marad.

A hő közlés során a gáz hőmérséklete megint T_1 -ről T_2 -re nőtt, ezért a belső energiája az előbbivel megegyező mértékben növekedett, és közben a dugattyú az 1 helyzetből a 2 helyzetbe került. A dugattyú elmozdulásából láthatjuk, hogy a hő közlés során a gáz térfogata is megnőtt. Miközben a dugattyú az 1 helyzetből a 2 helyzetbe került, a gáz állandó nyomás ellenében munkát végzett. Ezt a térfogat változási munkát a 2. ábra jelöléseivel, a

$$W = A \cdot s \cdot p = p \cdot (V_2 - V_1)$$

összefüggéssel határozhatjuk meg.

Egységnyi tömegű gázra vonatkozóan a végzett munka

$$w = p \cdot (v_2 - v_1)$$

Tehát a második esetben az egységnyi tömegű gázzal közölt q_p hőmennyiség hatására a gáz hőmérséklete az előbbivel megegyező mértékben T_1 -ről T_2 -re növekedett, ezért a gáz belső energiájának növekménye is megegyezik az előbbivel, vagyis $\Delta u = u_2 - u_1$, de közben az egységnyi tömegű gáz $w = p \cdot (v_2 - v_1)$ értékű munkát is végzett. A térfogat és a hőmérséklet növekedése ugyancsak a gáz anyagi minőségétől függő fajhővel arányos, amit állandó nyomáshoz tartozó fajhőnek nevezünk és c_p -vel jelölünk.

A gázzal közölt q_p hőmennyiségre felírhatjuk:

$$q_p = c_p \cdot (T_2 - T_1) = u_2 - u_1 + p \cdot (v_2 - v_1)$$

Ez a hőmennyiség az első esethez képest $p \cdot (v_2 - v_1)$ értékkel nagyobb, miközben a gáz belső energiája ugyanolyan mértékben növekedett meg. Mivel

$$u_1 - u_2 = c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

ezért, írhatjuk, hogy $q_p = c_v \cdot (T_2 - T_1) + p \cdot (v_2 - v_1)$

A $p \cdot (v_2 - v_1)$ az egységnyi tömegű gáz által végzett terjeszkedési munka, miközben hőmérséklete T_1 -ről T_2 -re növekedett.

Az állandó nyomáshoz tartozó fajhőn azt a hőmennyiséget értjük, amely az egységnyi tömegű gáz hőmérsékletének egy kelvinnel való emeléséhez szükséges, ha a hőközlés során a gáz nyomása állandó.

Az R specifikus gázállandó az egységnyi tömegű gáz egységnyi hőmérséklet-változás hatására végzett munkájával egyenlő, ezért a $T_2 - T_1$ hőmérséklet-növekedés hatására végzett munkája: $p \cdot (v_2 - v_1) = R \cdot (T_2 - T_1)$

Végül írhatjuk, hogy $q_p = c_p \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot (T_2 - T_1) + R \cdot (T_2 - T_1)$

Ha az egyenlet mindkét oldalát elosztjuk $(T_2 - T_1)$ -gyel, akkor a $c_p = c_v + R$ eredményt kapjuk. A c_p állandó nyomáshoz és a c_v állandó térfogathoz tartozó fajhő hányadosa a κ adiabatikus kitevővel egyenlő

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

1.2 A gázok állapotjelzői

A gázok mérhető anyagi tulajdonságaira utaló fizikai fogalmakat állapotjelzőknek nevezzük.

Egyszerű állapotjelzők

Zárt rendszerben a gáz állapotát tükröző egyszerű állapotjelzők között határozott összefüggés van, amelyet az egyesített gáztörvény fejez ki. Egyenlettel:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

ahol: p a gáz nyomása, Pa; V a gáz térfogata, m^3 ; m a gáz tömege, kg; T a gáz hőmérséklete,

R a specifikus gázállandó, $\frac{J}{kg \cdot K}$

Az R specifikus gázállandó azzal a munkával egyenlő, amelyet az egységnyi tömegű gáz végez, ha állandó nyomáson hőmérsékletét egy kelvinnel növeljük.

Összetett állapotjelzők

Az összetett állapotjelzők kizárólag a közeg pillanatnyi állapotától függenek, de függetlenek attól, hogy miként jutottak ebbe az állapotba. A közeg pillanatnyi állapotát a következők határozzák meg:

A **belső energia** a molekulák kinetikai és potenciális energiájának összege.

A gázok belső energiája a hőmérséklettel egyenes arányban áll.

Jele U , mértékegysége J , $U = m \cdot c_v \cdot T$

A belső energia megváltozása: $\Delta U = m \cdot (U_2 - U_1) = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$

A *fajlagos belső energia* az egységnyi tömegű gáz belső energiája.

Jele u , mértékegysége J/kg , $u = c_v \cdot T$

A fajlagos belső energia megváltozása: $\Delta u = u_2 - u_1 = c_v \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot \Delta T$

A *hőtartalom* vagy *entalpia* a gázzal állandó nyomáson közölt hőmennyiség. Jele H , mértékegysége J .

$$H = m \cdot c_p \cdot T$$

1.3 Gázok állapotváltozásai, a gáztörvények

1.3.1 Izobár állapotváltozás

Ezen állapotváltozás során a gáznak állandó nyomáson adunk hőt, illetve vonunk el tőle. A hőközlést úgy szabályozzuk, hogy a nyomás ne növekedjék. Eközben térfogati munka keletkezik. A gáz hőmérséklete a folyamat végén magasabb, mint kezdetkor.

Izobár állapotváltozás megy végbe minden olyan berendezéseknél, amelyekben a melegítés, vagy hűtés folyamán a gáz $p =$ állandó nyomással áramlik egy hőcserélőn keresztül.

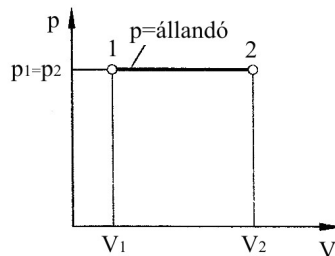
Az állapotjelzők változása

Az állapotjelzők változását a gázok általános állapotegyenletéből kapjuk.

$$\frac{p_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot v_2}{T_2} = R$$

R – specifikus gázállandó (a levegő specifikus gázállandója: 287 J/kg·K)

$$p_1 = p_2 \quad \text{esetében az izobár állapotváltozáskor:} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$



3. ábra. Az izobár állapotváltozás a $p - V$ koordináta-rendszerben

A hő és a munka

A fajlagos térfogati munka $w = p \cdot (v_2 - v_1)$.

Ahhoz, hogy állapotváltozást idézzünk elő, hőt kell átadni vagy tőle elvonni.

Izobár állapotváltozáskor a fajlagos hő:

$$q_p = c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

Dugattyús gép esetében a bevezetett hő egy része munkává alakul át, a második része a belső energia növelésére használdik fel.

1.3.2 Izochor állapotváltozás

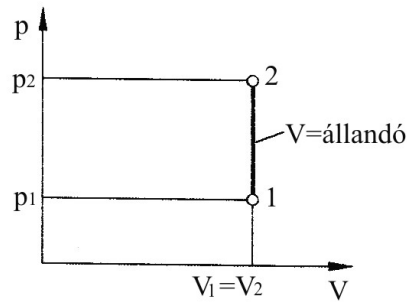
Ezen állapotváltozás során a gáztérben levő gáznak hőt adunk, vagy hőt vonunk el tőle. Ennek során megváltozik a gáz belső energiája; *térfogat munka nem keletkezik*.

Az állapotjelzők változása

Az állapotjelzők változását a gázok általános állapotegyenletéből kapjuk.

$$\frac{p_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot v_2}{T_2} = R$$

$$v_1 = v_2 \quad \text{esetében izochor állapotváltozáskor:} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$



4. ábra. Az izobár állapotváltozás a $p - V$ koordináta-rendszerben

A hő és a munka

A gázok általános állapotegyenletéből kapjuk, hogy

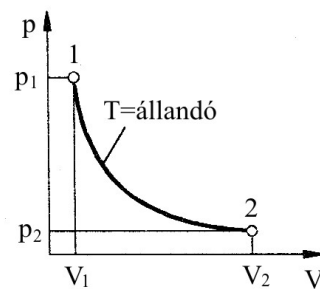
$$q = c_v \cdot (T_2 - T_1) + w \quad \text{és ha } w = 0, \text{ akkor}$$

$$q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

1.3.3 Izotermikus állapotváltozás

Az izotermikus állapotváltozás során a gáz T hőmérséklete állandó.

A p - V koordináta-rendszerben ábrázolva a képe egy egyenlő szárú hiperbola (izoterma).



5. ábra. Az izotermikus állapotváltozás a $p - V$ koordináta-rendszerben

Az egyesített gáztörvény alapján írhatjuk, hogy

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Megállapíthatjuk azt is, hogy a gáz sűrűsége állandó hőmérsékleten a gáz nyomásával egyenes arányban változik.

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

1.3.4 Adiabatikus állapotváltozás

Adiabatikus az állapotváltozás akkor, ha a gáz úgy terjed ki (expandál), vagy úgy sűrítődik (komprimálódik), hogy közben a rendszer hőt nem kap (nem melegítjük) és hőt nem vonunk el tőle (nem hűtjük). A kiterjedés folyamatában a gáz munkát ad le. Ez a munka a belső energiából keletkezik.

A hő egy része mechanikai energiává alakul át. Sűrítés során fordított folyamat játszódik le. A felhasznált munka, de kizárólag ez, hővé alakul át. Ennek megfelelően növekszik a gáz belső energiája.

A gázok általános állapotegyenletéből:

$$q = c_v(T_2 - T_1) + w, \quad q = 0 \text{ esetén a fajlagos munka:}$$

$$w = -c_v(T_2 - T_1) = c_v(T_1 - T_2) = u_1 - u_2$$

Az egyenlet jobb oldala pozitív lesz, ha $T_2 < T_1$, ha tehát a véghőmérséklet kisebb, mint a kezdeti hőmérséklet. A gáz expandál. Ebben az esetben munkát nyerünk.

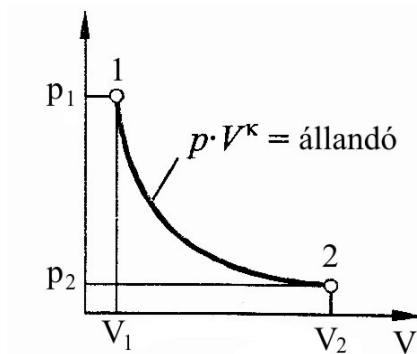
Adiabatikus sűrítéskor növekszik a gáz hőmérséklete. A felhasznált sűrítési munkának megfelelő hő átadódik a gáznak.

Az állapotjelzők változása

$$p_1 \cdot v_1^\kappa = p_2 \cdot v_2^\kappa$$

Adiabatikus állapotváltozáskor:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\kappa-1} \quad \text{vagy} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad \text{összefüggések érvényesek}$$



6. ábra. Az adiabatikus állapotváltozás a $p - V$ koordináta-rendszerben

A hő és a munka

Mínt hogy a fajlagos hő $q = 0$, ezért a térfogati munka

$$w = -c_v(T_2 - T_1) = u_1 - u_2$$

$$c_v = \frac{R}{\kappa - 1}$$

A fajlagos térfogati munka: $w = \frac{R}{\kappa - 1}(T_1 - T_2)$

Az egyenletekben κ az adiabatikus kitevő. Kéttomos gázokra $\kappa = 1,4$, $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$

1.3.5 Politropikus állapotváltozás

Politropikus állapotváltozás során részleges hőközlés, ill. hőelvonás van, vagyis $Q \neq 0$, és

$p \cdot V^n = \text{állandó}$. A p - V koordináta-rendszerben ábrázolva a képe az izoterma és az adiabata közé eső hiperbola. Ez azt jelenti, hogy a gáz és a környezete között tetszőleges mértékű hő-

csere van. Az egyenletben n a politropikus kitevő, mely rendszerint az állapotváltozás közben is változik.

A politropikus állapotváltozásnál az állapotjelzők a

$$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{n-1} \quad \text{vagy} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} \quad \text{összefüggések érvényesek}$$

A politropikus állapotváltozásra jellemző $p \cdot V^n = \text{állandó}$ állapotegyenlet megfelelő alakításával valamennyi állapotváltozás leírható, csak az n politropikus kitevő helyére az adott állapotváltozásra jellemző értéket kell beírni.

A politropikus kitevő különböző értékeihez tartozó állapotváltozások

Az n politropikus kitevő értékei	Az állapotváltozás jellemzője	Az állapotváltozás megnevezése
$n = 0$	$p = \text{állandó}$	Izobár
$n = 1$	$p \cdot V = \text{állandó}$	Izotermikus
$n = \kappa$	$p \cdot V^\kappa = \text{állandó}$	Adiabatikus
$n = \infty$	$V = \text{állandó}$	Izochor

A gyakorlatban megvalósított folyamatok többségénél a politropikus kitevő értéke $1 \leq n \leq \kappa$.

1.3.6 A hőtán főtételei

A nulladik főtétele szerint: két rendszer termodinamikai egyensúlyban van, ha hőmérsékletük egyenlő. Ez az állapot önmagától akkor sem változik meg, ha a két rendszer energiatartalma nem egyenlő.

Az első főtétele szerint: a hőmennyiség és a mechanikai munka egyenértékű.

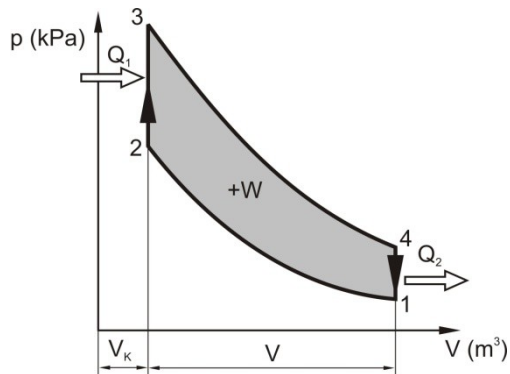
A mechanikai munka jobb hatásfokkal alakítható hővé, mint a hő mechanikai munkává.

A második főtétele szerint: hő csak a magasabb hőmérsékletű közeg felől az alacsonyabb hőmérsékletű közeg felé áramlik.

A harmadik főtétele szerint: az abszolút nullapontot csak megközelíteni lehet, elérni nem.

2 A motorok elméleti körfolyamatai

2.1 Az Otto-motor elméleti körfolyamata



- 1-2 adiabatikus sűrités
- 2-3 hőközlés állandó térfogaton
- 3-4 adiabatikus terjeszkedés
- 4-1 hőelvonás állandó térfogaton

7. ábra. Az Otto-motor elméleti körfolyamata

A termikus hatásfok: (η_t)

Azt az arányszámot, amely megmutatja, hogy egy adott ideális körfolyamat során a bevezetett hőenergia hányad részét tudjuk átalakítani mechanikai munkává, a körfolyamat termikus hatásfokának nevezzük.

Az Otto-körfolyamat termikus hatásfoka:

$$\eta_{tO} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$Q_1 = c_v \cdot m \cdot (T_3 - T_2)$$

$$Q_2 = c_v \cdot m \cdot (T_4 - T_1)$$

$$\eta_{tO} = \frac{c_v \cdot m \cdot (T_3 - T_2) - c_v \cdot m \cdot (T_4 - T_1)}{c_v \cdot m \cdot (T_3 - T_2)} = \frac{T_3 - T_2 - (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2};$$

$$\eta_{tO} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1}$$

Adiabatikus sűritésre felírható:

$$T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_2^{\kappa-1} = T \cdot V^{\kappa-1}$$

Ahol: $\kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ adiabatikus kitevő

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$V_2 = V_k$$

$$V_1 = V_k + V$$

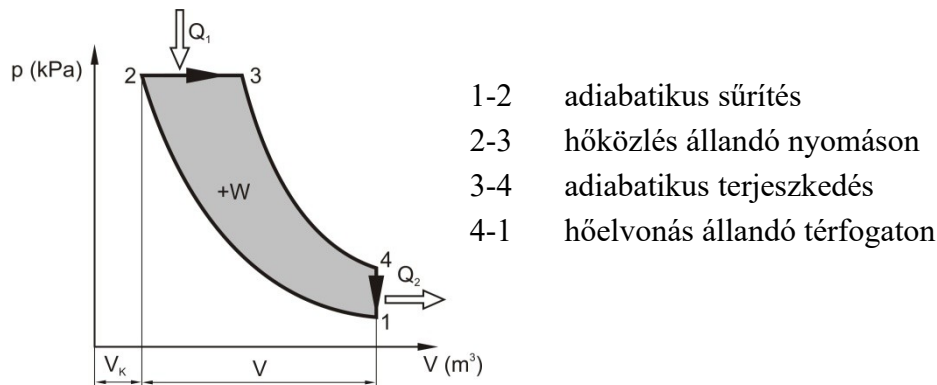
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_k}{V_k + V} \right)^{\kappa-1} = \frac{1}{\left(\frac{V_k + V}{V_k} \right)^{\kappa-1}} = \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}}$$

$$\eta_{tO} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1}$$

Bizonyítható, hogy a szorzat utolsó tagja egyenlő 1. Így

$$\eta_{t0} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$

2.2 A dízelmotor elméleti körfolyamata



8. ábra. A dízelmotor elméleti körfolyamata

A dízel-körfolyamat termikus hatásfoka:

$$\eta_{tD} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q_2 = c_v \cdot m (T_4 - T_1)$$

$$Q_1 = c_p \cdot m (T_3 - T_2)$$

$$\eta_{tD} = 1 - \frac{c_v \cdot m (T_4 - T_1)}{c_p \cdot m (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \kappa = 1,4$$

$$\eta_{tD} = 1 - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1}$$

$$\alpha = \frac{V_3}{V_2}$$

Bevezetve az előzetes terjeszkedés fogalmát:

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} = \alpha$$

$$\eta_{tD} = 1 - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\alpha - 1}$$

A 2-3 pontok között érvényes:

$$T_4 \cdot V_4^{\kappa-1} = T_3 \cdot V_3^{\kappa-1}$$

$$T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_2^{\kappa-1}$$

A 3-4 és az 1-2 pontok közötti adiabatikus állapotváltozásra felírva kapjuk:

A két egyenletet elosztva egymással:

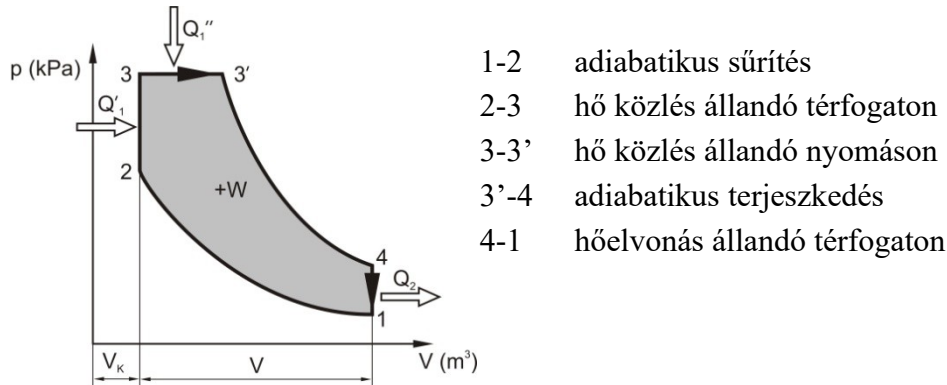
$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^{\kappa-1} = \alpha \cdot \alpha^{\kappa-1} = \alpha^\kappa$$

A dízelmotor termikus hatásfoka:

$$\eta_{tD} = 1 - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\alpha^\kappa - 1}{\alpha - 1}$$

2.3 A Sabathe-körfolyamat termikus hatásfoka

A dízelmotorok a valóságban inkább a Sabathe-körfolyamathoz állnak közelebb a működésüket tekintve. A hő bevitel ugyanis két részletben történik, ahogyan ez az alábbi ábrán is megfigyelhető. A hő bevitel egy része állandó térfogaton, míg a másik része állandó nyomáson történik.



9. ábra. A Sabathe-körfolyamat

A körfolyamat termikus hatásfoka

$$\eta_{ts} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_1}$$

$$Q_1 = c_v \cdot m \cdot (T_3 - T_2)$$

$$Q_2 = c_p \cdot m \cdot (T_4 - T_1)$$

Az összes közölt hőmennyiség

$$Q_2 = c_p \cdot m \cdot (T_4 - T_1)$$

Az elvont hőmennyiség

$$\eta_{ts} = 1 - \frac{c_p \cdot m \cdot (T_4 - T_1)}{c_v \cdot m \cdot (T_3 - T_2) + c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_3)}$$

$$\eta_{ts} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2) + \frac{c_p}{c_v} (T_3 - T_3)}$$

A levezetés további mellőzésével:

$$\eta_{ts} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\beta \cdot \alpha^{\kappa} - 1}{\beta - 1 + \kappa \cdot \beta (\alpha - 1)}$$

Ha $\beta = 1$, vagyis ha a hő közlés kizárólag állandó nyomáson megy végbe, a Diesel-körfolyamathoz jutunk.

Ha az $\alpha = 1$ ami azt jelenti, hogy elmarad az előzetes terjeszkedés, az Otto-körfolyamathoz jutunk.

2.4 Az Atkinson-Miller-ciklus

Az Atkinson-ciklusú motorok a hatásfok növelését és a károsanyag-kibocsátás csökkentését azon az alapon érik el, hogy a munkavégző ütem lökettérfogata nagyobb, mint a sűrítő ütemé. Egészen kis szerkezeti változtatással is megvalósítható az Atkinson-Miller, más megjelöléssel a Miller-ciklus.

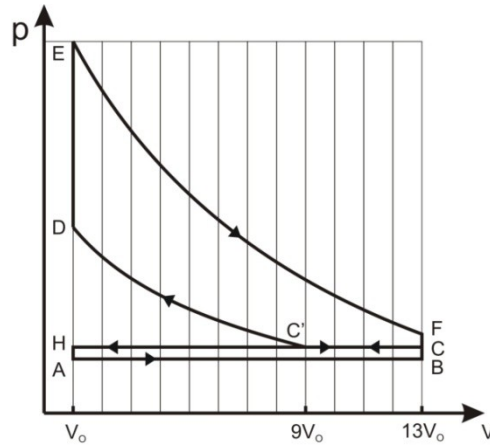
A Miller-ciklus termodinamikai körfolyamat, melyet négyütemű motorral valósítanak meg. Ralph Miller amerikai mérnök az 1940-es években fejlesztette ki a Diesel-ciklus módosításával. Célja az volt, hogy a magas sűrítési arányú feltöltős dízelmotorokon résztöltés révén korlátozza a túlságosan magas csúcshőmérséklet kialakulását, amely a kenőolaj-film leégését, ezzel a motorok élettartamának csökkenését okozza. A résztöltést a szívószelep nyitási idejének korlátozásával oldotta meg. 4 ütemű Otto-motorok esetén szintén megvalósítható a Miller-ciklus, amely a szelepvezérlés módosításával éri el a hatásfok javulását. A hagyományos négyütemű Otto-motor veszteségeinek nagy része – ha most a mechanikus veszteségektől eltekintünk – abból adódik, hogy a munkavégző ütem végén az égéstermékek hőmérséklete és nyomása még elég nagy lenne ahhoz, hogy mechanikus energiát szolgáltatson, de a kipufogó szelepen hasznosítatlanul távozik. A hatásfok javítására elsősorban a munkavégző ütem megnyújtása, vagyis a sűrítési viszony növelése alkalmas, de ennek határt szab a keverék öngyulladásának, a kopogásnak a fellépése.

A motorból kivehető mozgási energiát csökkenti a sűrítési ütemben a sűrítésre fordított energia is, ezért minden változtatás, mely a sűrítés energiaszükségletét csökkenti, szintén javítja a motor hatásfokát és tüzelőanyag fogyasztását.

A Miller-ciklus újítása az, hogy a szívószelepet az Otto-motorhoz képest hosszabb ideig hagyja nyitva. Ennek eredményeképpen a sűrítési-ütem két részre tagozódik: az első részben a szívószelep nyitva van, míg a második részben zárva van. A Miller-ciklus alapján működő motorok szerkezete első közelítésben, semmiben sem különbözik egy – célszerűen változtatható szelepvezérlésű – Otto-motortól. A **késleltetett szívószelep-zárást** alkalmazó Miller-ciklus p - V diagramja nagyfokú hasonlóságot mutat egy nagy sűrítési viszonyú Otto-motoréval. Az eltérés annyi, hogy a sűrítést ábrázoló elvi görbe kezdő szakasza itt nem az adiabatikus folyamatra jellemző görbe, hanem egyenes, mivel a sűrítési ütem kezdetén a beszívott keverék visszaáramlik, és a tényleges sűrítés csak később kezdődik. A résztöltés miatt a teljesítmény/lökettérfogó arány bizonyos mértékben romlik. A javuló hatásfok miatt azonban azonos motorteljesítmény eléréséhez nem szükséges a lökettérfogót olyan mértékben növelni, mint az az első közelítésből adódna.

A Miller ciklusnak két változatát alkalmazzák, többnyire a hibrid járművekben. Mindkét megoldás szerint nagy sűrítési viszonyú motort alkalmaznak, példaként legyen az 1,4 literes négyhengeres motor sűrítési aránya 13:1. Teljes töltés esetén a nagy sűrítési viszony alapvető problémát okozna a keverék öngyulladása (kopogás) miatt. A résztöltés miatt azonban a sűrítési ütem végén a keverék nyomása és felmelegedése nem haladja meg a normál Otto-motorét (példánkban legyen ez egy 9:1 sűrítési arányú 1 literes négyhengeres motor). A motor termikus hatásfoka jóval kedvezőbb a 9:1 sűrítési arányú Otto-motorénál, közelíti a Diesel-motorok hatásfokát, mivel az égéstermékben rejlő energiát a hosszabb munkavégző ütem során nagyobb arányban alakítja át mechanikus energiává.

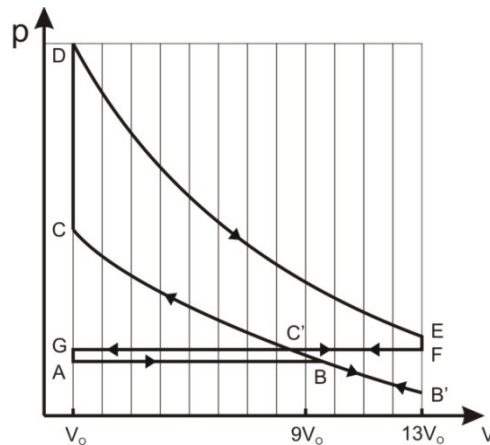
Az alábbi két elvi megoldás mindössze a szelepvezérlés módosítását jelenti. Közös alapelvük az, hogy a módosítás eredményeképpen a henger résztöltését valósítják meg.



10. ábra. Miller ciklus: a szívószelep késői zárása esetén

Az első megoldás a 10. ábrán követhető – most figyelmen kívül hagyva a szelepnnyitás/zárás átmeneti jelenségeit. A szívószelepek nem zárnak a szívási ütem végén, hanem nyitva maradnak a sűrítési ütem kezdetén addig a pontig, ahonnan a sűrítési arány 9:1 arányban számítható (C' pont). A nyitva maradó szelepeken a dugattyú a beszívott keverék egy részét kitolja a hengerből. A tényleges sűrítés során a keverék összesűrítése, tehát felmelegedése is ennek következtében a 9:1 sűrítési arányú motorénak fog megfelelni, és a sűrítési munka is csak ezzel az 1 literes motoréval lesz egyenlő. A munkavégzési ütem a 13:1 sűrítési aránynak megfelelő hosszúságú lesz, így jobban hasznosul az elégett keverék energiataralma. Bizonyos energiaveszteséget okoz ennél a megoldásnál a szívó ütem végén beszívott felesleges keverék beszívására és kitolására fordított energia. Ez a megoldás igényli a kitolt felesleges keverék problémájának kezelését is.

A második megoldásnál a töltéscsere miatti energiaveszteség részben csökkenthető. Ennél a megoldásnál a szívószelepek még a szívó ütem vége előtt záródnak, annál a pontnál, ahol az előzőekben leírt megoldásnál a sűrítési ütem kezdete után záródtak (a 11. ábrán B pont).



11. ábra. Miller ciklus: a szívószelepek a szívó ütem vége előtt záródnak

A henger résztöltése tehát ugyanolyan arányú lesz, és a sűrítési ütem végén a keverék összesűrítése is a 9:1 sűrítési arányú Otto-motoréval lesz azonos. Ennél a megoldásnál nem jelentkezik az előző megoldásnál fellépő felesleges keverék problémája, és elmarad annak beszívásához és kitolásához szükséges energiaveszteség is. Ugyanis a szívószelep záródása után a dugattyúnak a löket alsó pontjáig tartó $B-B'$, majd onnan vissza a B helyzetbe történő mozgása során lejátszódó adiabatikus depresszió/kompresszió reverzibilis folyamatában az energia-

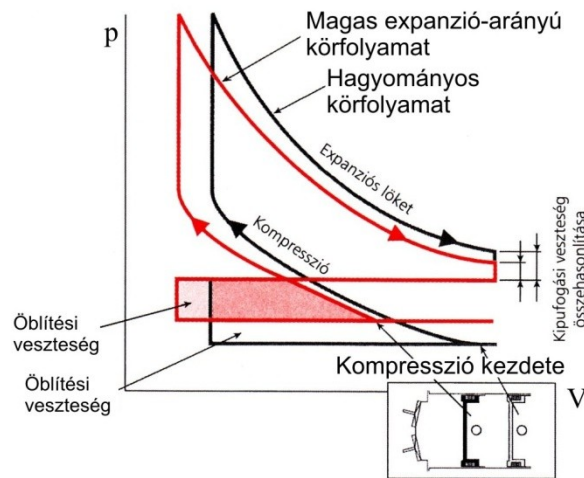
szükséglet és energia nyerés kiegyenlíti egymást a termikus hatásfok szempontjából. Egyszerűsítve úgy mondhatjuk, hogy a dugattyú lefelé mozgása során a hengerben fellépő vákuum ellen végzett mozgás (*B helyzet – B' alsó holtpont között*) ugyanannyi energiát igényel, amennyit a külső légnyomás a dugattyúnak a visszanyomásával végez (*B' alsó holtpont – B helyzet*). Az energiaigénnyel járó tényleges sűrités csak innen kezdődik.

A Miller-ciklusúak közé sorolják azokat a megoldásokat, ahol a szívószelepek késleltetve záródnak függetlenül attól, hogy a folyamat mennyire közelíti meg az elméleti Miller-ciklust. Amikor a dugattyú a szívó ütem befejeződése után az alsó holtponttól felfelé indul, a beszívott keverék részben visszaáramlana a még nyitott szívószelepen keresztül. A **kompresszoros Miller-motornál** azonban a beáramló keverék megnövelt nyomása a visszaáramlást megakadályozza, sőt a sűritést a dugattyú alsó holtpontja közelében, ahol a dugattyú mozgása viszonylag még lassú, a kompresszor végzi. A tulajdonképpeni sűrités a szívószelepek bezárásakor kezdődik, a dugattyú útjának körülbelül 30%-ánál. A feltöltős motorok problémája itt is jelentkezik, kis fordulatszámoknál a motor nyomatéka nagyon rossz.

Az Otto- és az Atkinson-ciklus összehasonlítása

Az Atkinson-ciklust megvalósító belsőégésű hőerőgépek működése alapvetően az Otto-ciklusú motorokéból származtatható, és az Otto-motoroknak egy kedvezőtlen adottságát küszöbölik ki. Az Otto-ciklus termikus hatásfoka (a tüzelőanyagban rejlő kémiai energia felszabadítása során nyert hőenergia mozgási energiaként történő hasznosulása) kedvezőtlen.

A 12. ábrán összehasonlításképpen látható a hagyományos és az Atkinson-Miller ciklus elméleti p - V diagramja.

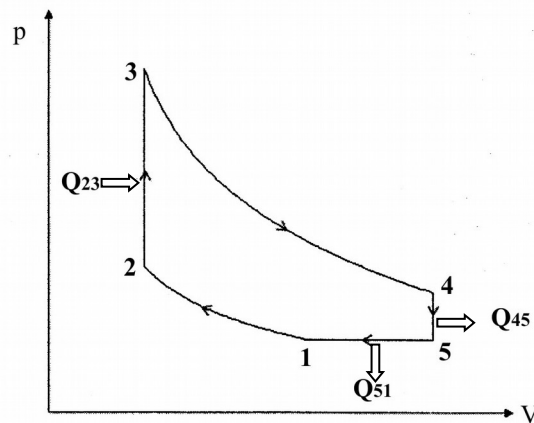


12. ábra. Az Atkinson-Miller és a hagyományos Otto-körfolyamat összehasonlítása

A hibrid járművek belsőégésű motorja - ha szükséges – segítséget kap az elektromos motortól az autó hajtásához, ezért a motorok fejlesztésénél elsősorban a maximális termikus hatásfok és nem a nagy teljesítmény elérése volt a cél. Az ábrán is látható, hogy a motor kisebb kompresszió térfogattal, hosszabb lökettel és így magasabb expanzió aránnyal rendelkezik. A löket-hosszat olyan mértékűre érdemes növelni, hogy a terjeszkedési (expanziós) ütem végére az égésterben létrejött kihasználatlan túlnyomás közelebb legyen a légköri nyomáshoz, mint a hagyományos motorokban. Ez a megoldás a tüzelőanyag elégetéséből származó energia nagyobb részét alakítja át hasznos munkává.

A rendszer nagyobb fojtószelepnyitással működik, csökkentve ez által alapjáraton a szívócsőben kialakult depressziót és a gáz beszívásának veszteségeit.

Az Atkinson - Miller ciklus termikus hatásfoka



$$\eta_{tAtk} = \frac{Q_{23} - (Q_{45} + Q_{51})}{Q_{23}} = 1 - \frac{Q_{45} + Q_{51}}{Q_{23}} = 1 - \frac{m \cdot c_v (T_4 - T_5) + m \cdot c_p ((T_5 - T_1))}{m \cdot c_v (T_3 - T_2)}$$

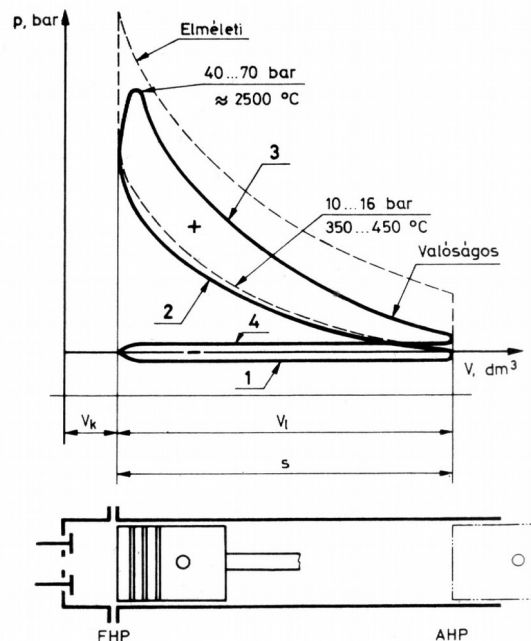
$$\eta_{tAtk} = 1 - \frac{(T_4 - T_5) + \kappa ((T_5 - T_1))}{(T_3 - T_2)}$$

2.5 Motorok valóságos körfolyamatai

Az Otto-motor valóságos körfolyamata, vagy más néven indikátordiagram a munkavégző közeg nyomásának változása a munkatérben egy munkafolyamaton belül, a munkatér térfogatváltozásának vagy a forgattyústengely szögelfordulásának függvényében.

Ez a nyomásváltozás-görbe próbapadon, működő motoron mérhető és képernyőn megjeleníthető. Ezt nevezzük indikálásnak.

A normálistól való eltérés esetén következtetni lehet a keverékképzés hibáira a gyújtás rendellenességeire (kopogás jelenségei), valamint a kompresszió hibáira.



103. ábra. Az Otto-motor elméleti és a valóságos p-V diagramja¹

- 1 - Áramlási veszteségek beáramláskor,
- 2 - A kompresszió görbe először laposabb, majd meredekebb a hő leadás, illetve a hő felvétel miatt,
- 3 - Az expanzió görbe meredekebb a hő leadás miatt,
- 4 - Áramlási veszteségek kiáramláskor.

Az eltérések az alábbi okokra vezethetők vissza:

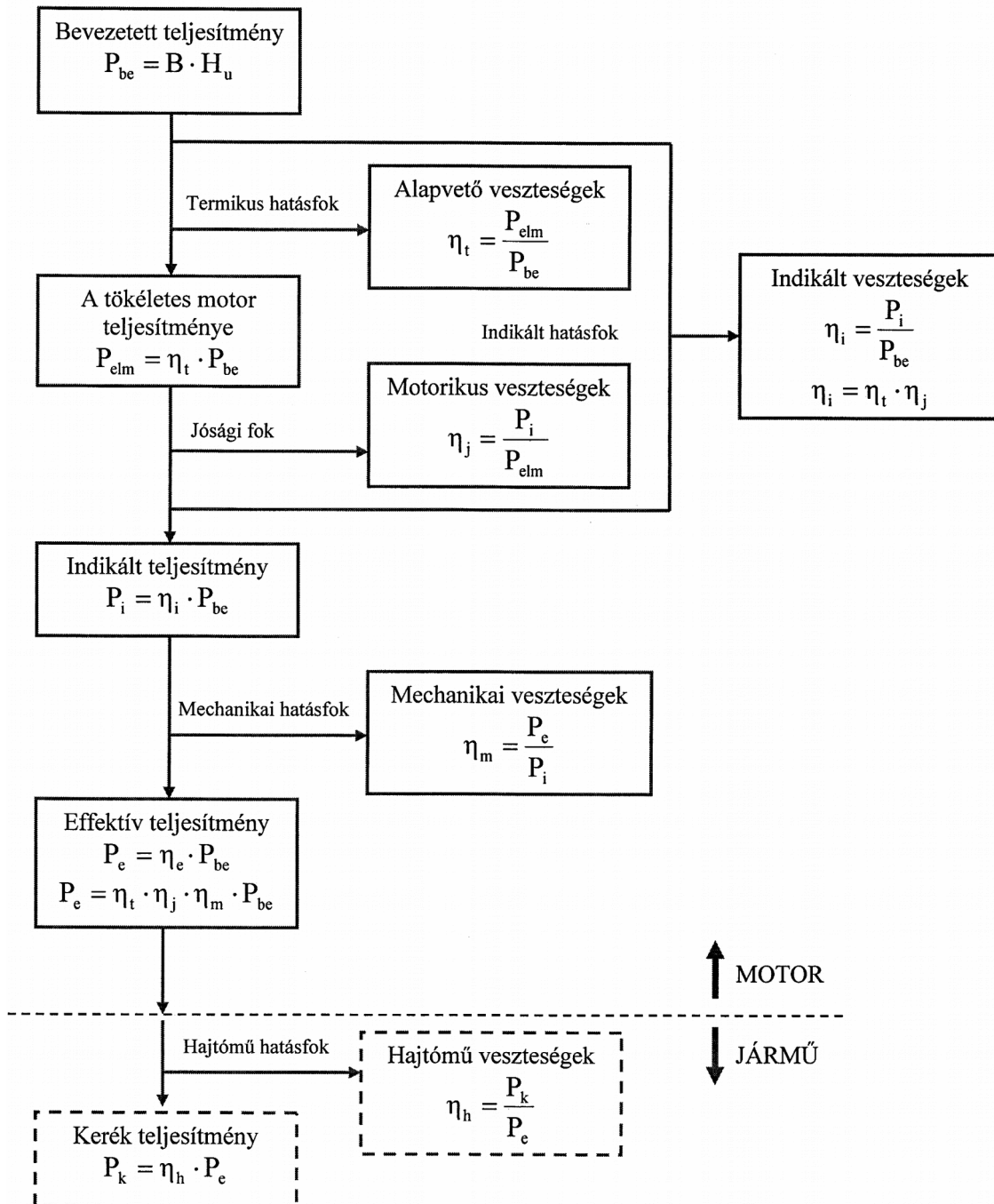
- a hengerben nem csak tiszta töltet van, hanem az előző munkafolyamatból visszamaradó gáz is,
- a tüzelőanyag csak tökéletlenül ég el,
- az égés sem pontosan állandó térfogaton és állandó nyomáson megy végbe,
- a gáz és a falak között hőcsere van,
- a be és a kiáramláskor áramlási veszteségek vannak,
- a dugattyúgyűrűknél gázvesztés keletkezik.

A dízelmotoroknál az eltérések hasonló okokra vezethetők vissza.

¹ Dr. Antal György - Cseh Sándor, Gépjármű-szerkezettan I. 18. ábra

2.6 Motorok hatásfokai

A motorok hatásfokait legegyszerűbben blokkvázlat alapján lehet szemléltetni.



Ahol: $B \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$ - a motor fogyasztása

$H_u \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$ - a tüzelőanyag fűtőértéke

Termikus hatásfok:

A termikus hatásfok az elméleti teljesítmény és a bevezetett hő teljesítmény viszonya:

$$\eta_t = \frac{P_{elm}}{P_{be}}$$

Másképpen:

Az elméleti indikátordiagram területének megfelelő munka viszonya a bevezetett hőmennyiség munkaeqyenértékéhez:

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{ebből levezetve} \quad \eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}}$$

Jóság fok:

A jóság fok az indikált teljesítmény és az ideális gép teljesítményének hányadosa. Azt mutatja meg, milyen közel van a valódi körfolyamat az ideális körfolyamathoz.

$$\eta_j = \frac{P_i}{P_{elm}} \quad \text{Otto-motornál:} \quad \eta_j = 0,4 \dots 0,7$$
$$\text{Dízelmotornál:} \quad \eta_j = 0,6 \dots 0,8$$

Indikált hatásfok:

Az indikált hatásfokot az indikált teljesítmény és a tüzelőanyaggal bevitt hő teljesítmény viszonya fejezi ki.

$$\eta_i = \frac{P_i}{P_{be}}$$

Mechanikai hatásfok:

Az effektív és az indikált teljesítmény viszonya.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \quad \eta_m \approx 0,8$$

Effektív hatásfok:

Az effektív teljesítmény és a tüzelőanyaggal bevitt hő teljesítmény viszonya.

$$\eta_e = \frac{P_e}{P_{be}} \quad \eta_e = \eta_t \cdot \eta_j \cdot \eta_m = \eta_i \cdot \eta_m$$

Otto-motornál: $\eta_e = 0,25 \dots 0,3$

Dízelmotornál: $\eta_e = 0,3 \dots 0,45$

A gépjármű hajtásláncában további veszteségek is fellépnek, ezeket nevezzük a hajtómű veszteségének.

A kerékre jutó teljesítmény és a motor effektív teljesítményének a hányadosa adja a *hajtómű hatásfokát*, ami 80-90% körül mozog a gépjármű erőátviteli rendszerének kialakításától, valamint korszerűségétől függően.

Érdeemes megvizsgálni a különböző veszteségek okait. A veszteségeket a motorok hatásfokának blokkvázlata alapján követhetjük nyomon.

Alapvető veszteségek:

Ezek magából a munkafolyamatból erednek és nem írhatók a motor tökéletlenségének terhére, hőtani törvényszerűségekre vezethetők vissza.

- A munkaközeg fajhője a hőmérséklet és a légviszony függvénye $c_p = f(T, \alpha)$: ha ugyanis a fajhő nő (a hőmérséklettel, dózissal) ugyanazon hőmennyiség kisebb hőfok-növekedést okoz.
- Véges hőmérsékleten történő hőelvonás: a környezeti hőmérsékletnél kisebb hőmérséklet esetén megszűnik a hőelvonás.
- Befejezetlen terjeszkedés: az expanzió nem terjed a környezeti nyomásig és hőmérsékletig, mivel a belsőégésű motor véges térfogathatárok között dolgozik.

Motorikus veszteségek

Ezek azok a veszteségek, melyek a valós motor technika megvalósítása során keletkeznek és az indikátordiagramból értékelhetők.

- A kémiai energia tökéletlen átalakulása hőenergiává
- Falveszteségek az égés alatt
- A valóságos égésfolyamat nem izochor
- A kompresszió nem adiabatikus
- Az expanzió nem adiabatikus
- Töltetcsere veszteségek
 - Elő-kipufogási veszteség
 - Kitolási veszteség
 - Szívási veszteség

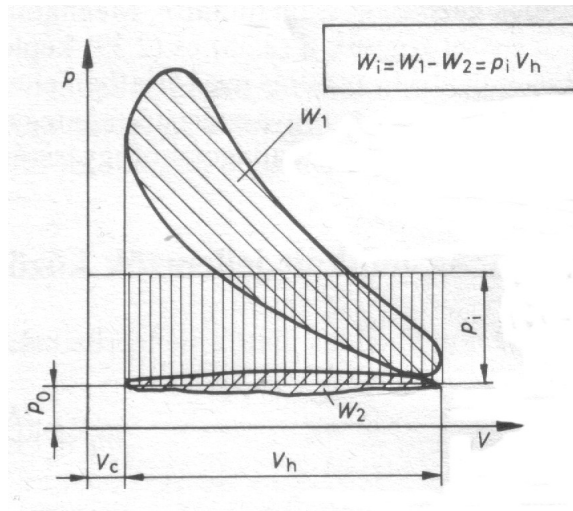
Mechanikai veszteségek

Ezek azokat a veszteségeket tartalmazzák, amelyek az indikált teljesítmény mechanikai teljesítményé történő átalakulásakor lépnek fel.

- Súrlódási veszteség, függ:
 - A kompresszió viszonytól (ϵ)
 - A hajtórúdviszonytól (λ)
 - A motor fordulatszámától (n_{mot})
 - A motor hő állapotától (T).
- A segédberendezések hajtásához szükséges teljesítmény
 - Vízszivattyú hajtása
 - Olajszivattyú hajtása
 - Vákuumszivattyú hajtása
 - Generátor hajtása stb.

2.7 Motorok fajlagos mutatói

2.7.1 Az indikált középnyomás (p_i)



W_1 - pozitív terjeszkedési munka,
 W_2 - negatív gázcsere-munka,
 p_i - indikált középnyomás,
 p_0 - atmoszférikus nyomás,
 V_h - lökettérfogat,
 V_c - kompresszió térfogat,

114. ábra. Az indikált középnyomás származtatása²

Az indikált középnyomás (p_i) a p-V indikátordiagram hasznos területének közepes magassága. Az indikátordiagram hasznos területe az indikált munka egy ciklusra eső értékét adja. Ezt az indikált munkát osztva a henger lökettérfogatával, kapjuk az indikált középnyomást.

$$p_i = \frac{W_i}{V_h} \left[\frac{J}{m^3} \right], \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Szokásos értékei: Otto-motornál: 0,7-1,34 MPa
 Diesel-motornál: 0,65-1,2 MPa

2.7.2 Az indikált munka (W_i)

Egy munkaciklus alatt a motor hengerének indikátordiagramból számított indikált munkája:

$$W_i = p_i \cdot V_h \quad [N \cdot m]$$

2.7.3 Az indikált teljesítmény: (P_i)

$$P_i = \frac{2n}{i} \cdot p_i \cdot V_h \cdot z \quad [W]$$

Ahol: $\frac{2n}{i}$ a munkaciklusok száma másodpercenként
 n a forgattyú tengely fordulatszáma
 i egy munkaciklus alatt megtett löketek száma
 $i = 4$ négyütemű motoroknál
 $i = 2$ kétütemű motoroknál
 V_h lökettérfogat
 p_i indikált középnyomás
 z hengersizám

² Dr. Dezsényi György - Dr. Emőd István - Dr. Finichiu Líviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 87. old. 3.6. ábra

2.7.4 Indikált fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás: (b_i)

$$b_i = \frac{m}{P_i \cdot t} = \frac{m}{\frac{W_i}{t} \cdot t} = \frac{m}{W_i} = \frac{m}{Q_1 \cdot \eta_i} = \frac{1}{\frac{Q_1}{m} \cdot \eta_i} = \frac{1}{H_a \cdot \eta_i} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kJ}} \right]$$

$$H = 43000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \text{A benzín fűtőértéke}$$

A fajlagos fogyasztás átszámítása $\frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$ mértékegységre

$$b_i = \frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{s}} \cdot 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

Az effektív értékeket megkapjuk, ha értelemszerűen az indikált jellemzők helyére az effektív értékeket helyettesítjük be.

$$\text{Pl. } P_e = \frac{2\pi}{i} \cdot p_e \cdot V_h \cdot z \quad [W]$$

A teljesítmények közötti összefüggések: $P_i = P_e + P_m$

ahol: P_i – a motor indikált teljesítménye

P_e – a motor effektív teljesítménye

P_m – a motor mechanikai teljesítmény vesztesége

A középnyomások közötti összefüggések: $p_i = p_e + p_s$

Ahol: p_i – az indikált középnyomás

p_e – az effektív középnyomás

p_s – súrlódási középnyomás

2.7.5 A fogyasztás (B_t)

A motor által időegység alatt (t) elfogyasztott tüzelőanyag mennyisége (m_t) vagy energiatar-
talma.

$$B_t = \frac{m_t}{t}$$

2.7.6 Fajlagos teljesítmények

Literteljesítmény (P_l)

A lökettérfogat 1 dm³-ére vonatkoztatott teljesítmény:

$$P_l = \frac{P_e}{V_H} \left[\frac{\text{kW}}{\text{dm}^3} \right]$$

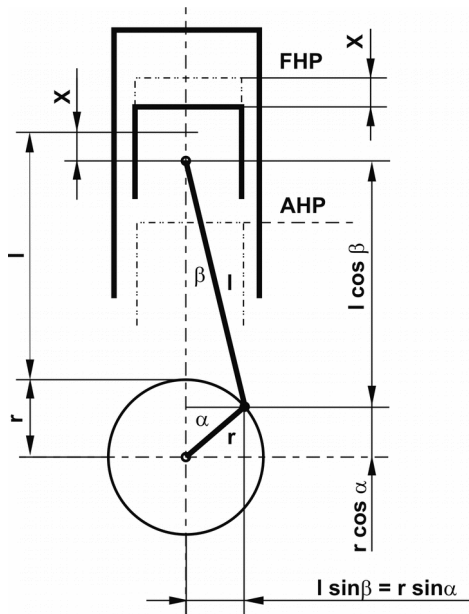
Teljesítménytömeg: (P_m)

A motor egységnyi tömegére vonatkoztatott tényleges teljesítmény:

$$P_m = \frac{P_e}{m} \left[\frac{\text{kW}}{\text{kg}} \right]$$

3 Gépjárműmotorok szerkezeti felépítése, működése

3.1 A forgattyús mechanizmus kinematikája



- r – forgattyúsugár
- l – hajtórúdhossz
- x – dugattyúelmozdulás
- λ - hajtórúdviszony
- α - forgattyústengely elfordulás
- FHP – felső holtpont
- AHP – alsó holtpont
- ω - a forgattyústengely szögsebessége
- $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$

125. ábra. A forgattyús mechanizmus kinematikája

A dugattyúút (x) pontos meghatározása számítással:

$$x = l + r - (l \cdot \cos \beta + r \cdot \cos \alpha)$$

$$l \cdot \sin \beta = r \cdot \sin \alpha \rightarrow \sin \beta = \frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \quad \text{mivel} \quad \frac{r}{l} = \lambda$$

Ezért $\sin \beta = \lambda \cdot \sin \alpha$

$$\cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta \quad \text{mivel} \quad \sin^2 \beta = \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha \quad \text{ezért írható}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha} \quad \text{ezt behelyettesítve az eredeti egyenletbe}$$

$$x = l + r - (l \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha} + r \cdot \cos \alpha) \quad \text{rendezve az egyenletet}$$

$$x = r(1 - \cos \alpha) + l(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha}) \quad \text{ez a dugattyúút pontos értéke}$$

Sokszor azonban az úgynevezett sorba fejtett alakkal számolunk

$$x = r \left(1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha \right) \quad \text{ez a dugattyúút közelítő számítása}$$

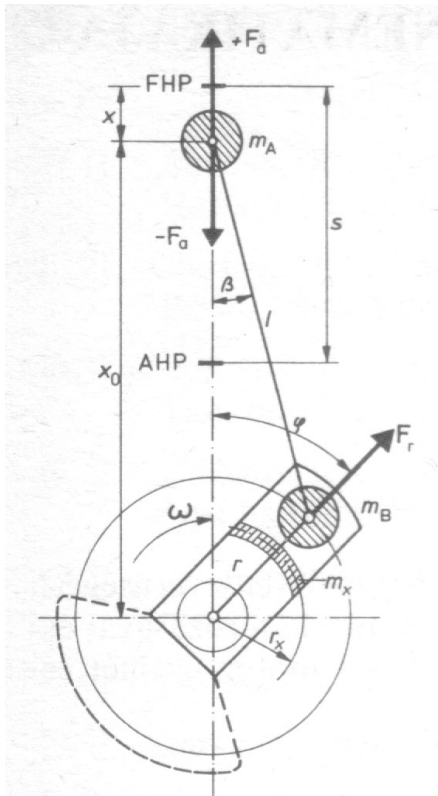
A levezetés mellőzésével a dugattyú sebessége (v) és a gyorsulása (a) az alábbi összefüggésekkel számítható:

$$v = r \cdot \omega \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) \quad a = r \cdot \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha)$$

3.2 A forgattyús mechanizmusban keletkezett tömegek

A tömegek változó mozgása következtében tömegek keletkeznek és azon kívül, hogy igénybe veszik az alkatrészeket, kellemetlen rázást is okoznak.

Az alábbi ábrán látható forgattyús mechanizmus egyszerűsített vázlatán megfigyelhető mindkét tömeget, a forgómozgás okozta forgó tömeget (centrifugális) erőt, melyet a forgó tömegek hoznak létre, illetve az alternáló tömeget, melyet az alternáló tömegek és a dugattyú gyorsulása okoz. A megszüntetésükre irányuló törekvéseket nevezzük tömegkiegyenlítésnek.



- F_a – alternáló tömeget
- F_r – forgó tömeget
- s – lökethossz
- r – forgattyúsugár
- x – dugattyúelmozdulás
- m_A – alternáló tömeg
- m_B – forgó tömeg
- α – forgattyústengely elfordulás
- FHP – felső holtpont
- AHP – alsó holtpont
- ω – a forgattyústengely szögsebessége

136. ábra. Tömegek a motorban³

3.2.1 Forgó tömegek (F_r)

A forgó tömegek egyenletes körmozgásakor keletkeznek

$$F_r = m_r \cdot r \cdot \omega^2 \text{ [N]}$$

- m_r – a forgótömegek
 - forgattyúcsap,
 - forgattyúkar,
 - a hajtórúd forgó tömegrésze.

r – forgattyúsugár

ω – a forgattyústengely szögsebessége

³ Dr. Dezsényi György - Dr. Emőd István – Dr. Finichiu Líviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 420. old. 10.1. b) ábra

3.2.2 Alternáló tömegek

A váltakozó dugattyúmozgás idézi elő.

$$F_a = m_a \cdot a_D \quad [N]$$

$$F_a = m_a \cdot r \cdot \omega^2 (\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha) \quad [N]$$

m_a – alternáló tömegek

- a dugattyú és tartozékai
- a hajtórúd alternáló mozgást végző tömegrésze

a_D – a dugattyú gyorsulása

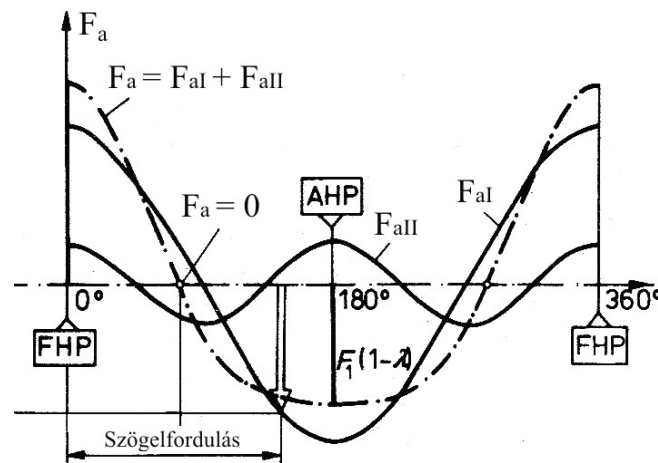
A tömegeket felbonthatjuk:

Elsőrendű $F_{al} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos\alpha$

illetve

Másodrendű $F_{all} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda \cos 2\alpha$ összetevőkre.

Az alábbi ábrán az elsőrendű (F_{al}), a másodrendű (F_{all}) és az eredő (F_a) alternáló tömegek alakulását kísérelhetjük figyelemmel, a motor forgattyústengely elfordulásának függvényében.



147. ábra. Az alternáló tömegek összetevői és eredője másodrendűig⁴

A 17. ábrán megfigyelhető, hogy egy teljes forgattyústengely körülfordulás alatt hogyan változik az elsőrendű és a másodrendű tömegere értéke. A különböző hengershámú motorok tervezésénél ezeket a változásokat kell figyelembe venni.

Többhengeres motorokban a tömegekön kívül, az azokból származó nyomatékok is keletkeznek. Azért tömegkiegyenlítésen azt a konstrukciós tevékenységet értjük, amely szerint a forgattyúkönyökök megfelelő elrendezésével és a forgattyús tengelyre ellentömegek felszerelésével, a tömegeket és a tömegek nyomatékát a minimális értékűre csökkentjük.

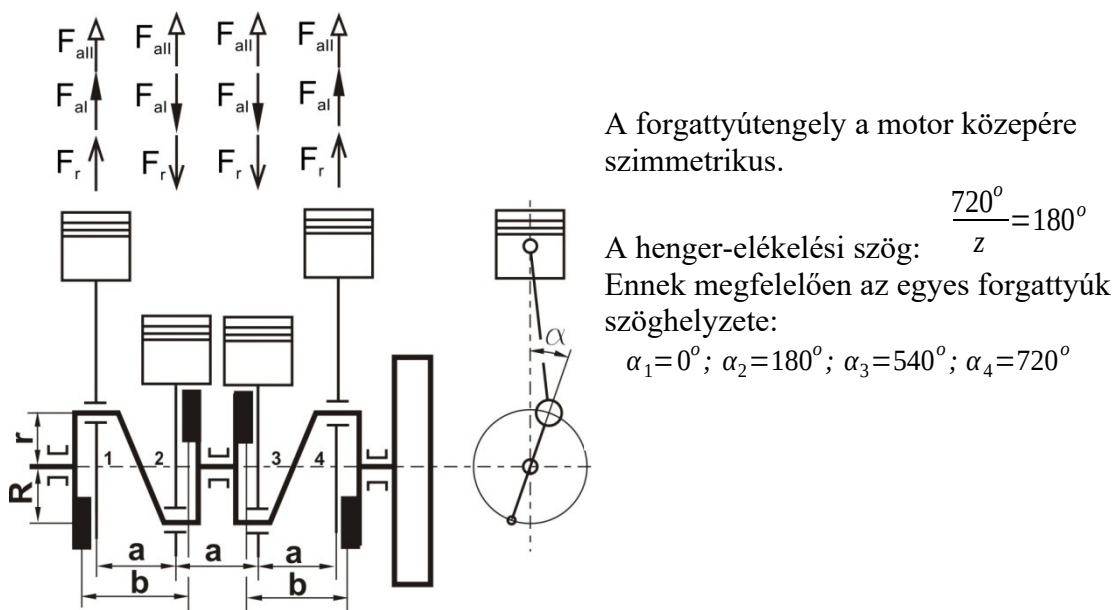
⁴ Dr. Dezsényi György - Dr. Emőd István – Dr. Finichiu Líviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 426. old. 10.4. b) ábra

3.3 A négyhengeres motor tömegkiegyenlítése

A négyhengeres motor tömegkiegyenlítésének vizsgálatát az alábbi szempontok figyelembevételével vizsgáljuk:

- A forgó tömegek kiegyenlítetttsége szerint;
- A forgó tömegek által keltett nyomatékok kiegyenlítetttsége szerint;
- Az elsőrendű tömegek kiegyenlítetttsége szerint;
- Az elsőrendű tömegek által keltett nyomatékok szempontjából;
- A másodrendű tömegek kiegyenlítetttsége szerint;
- A másodrendű tömegek által keltett nyomatékok szempontjából.

A 18. ábrán a forgattyús tengely adott helyzetében mutatja az említett háromféle tömegőrő irányát az egyes hengereknél.



158. ábra. Tömegek a négyhengeres motorban

3.3.1 Forgó tömegek kiegyenlítése:

A forgótömegek a forgattyúk irányában ébrednek, és nagysága:

A forgattyú szöghelyzeteket behelyettesítve az alábbi egyenletbe, eredményként nullát kapunk, ami azt bizonyítja, hogy a forgó tömegek függőleges összetevőinek eredője nulla.

$$\Sigma F_{iy} = m_r \cdot r \cdot \omega^2 (\cos 0^\circ + \cos 180^\circ + \cos 540^\circ + \cos 720^\circ)$$

$$\Sigma F_{iy} = m_r \cdot r \cdot \omega^2 (1 - 1 - 1 + 1) = 0$$

A forgattyú szöghelyzeteket ismét behelyettesítve az egyenletbe, eredményként nullát kapunk, ami azt bizonyítja, hogy a forgó tömegek vízszintes összetevőinek eredője nulla.

$$\Sigma F_{ix} = m_r \cdot r \cdot \omega^2 (\sin 0^\circ + \sin 180^\circ + \sin 540^\circ + \sin 720^\circ)$$

$$\Sigma F_{ix} = m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot 0 = 0$$

$\Sigma F_r = 0$ A forgótömegek szabaderőt nem keltenek, kiegyenlítésükről nem kell gondoskodni.

3.3.2 Elsőrendű alternáló tömegek

Az elsőrendű alternáló tömegek a henger síkjába esnek, és eredőjük:

$$\Sigma F_{al} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 (\cos 0^\circ + \cos 180^\circ + \cos 540^\circ + \cos 720^\circ)$$

$$\Sigma F_{al} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 (1 - 1 - 1 + 1) = 0$$

$$\Sigma F_{al} = 0 \quad \text{Ami az elsőrendű tömegek kiegyenlítetttségét jelenti.}$$

3.3.3 Másodrendű alternáló tömegek

Írányukat megállapítva a 17. ábrából is látható, hogy a kiegyenlítés nem biztosított.

Nagysága:

$$\Sigma F_{alII} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda (\cos 2 \cdot 0^\circ + \cos 2 \cdot 180^\circ + \cos 2 \cdot 540^\circ + \cos 2 \cdot 720^\circ)$$

$$\Sigma F_{alII} = m_a \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda (1 + 1 + 1 + 1)$$

$$\Sigma F_{alII} = 4 m_a \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda \quad \text{A másodrendű tömegek eredője}$$

A másodrendű tömegeket kétszeres szögsebességgel forgó segédtegyelen elhelyezett ellensúlyokkal lehet kiegyenlíteni.

3.3.4 Forgó tömegek nyomatéka

Az F_r erő a motor közepére nézve szimmetrikus. Az 1-4 és a 2-3 forgattyúknál azonos irányú, így az ezek által keltett nyomatékok is egyenlők, irányuk azonban ellentétes. Az $F_r \cdot a$ nyomatékok kifelé hatástalanok, ezek, mint belsőnyomatékok a forgattyúházat terhelik.

$$\Sigma M_r = 0 \quad \text{Szabad billentő-nyomaték nincs!}$$

3.3.5 Elsőrendű tömegek nyomatéka

Az F_{al} erő a motor közepére nézve szimmetrikus. Az 1-4 és a 2-3 forgattyúknál azonos irányú, így az ezek által keltett nyomatékok is egyenlők, irányuk azonban ellentétes. Az $F_{al} \cdot a$ nyomatékok kifelé hatástalanok, ezek, mint belsőnyomatékok a forgattyúházat terhelik.

$$\Sigma M_{al} = 0 \quad \text{Szabad billentő-nyomaték nincs!}$$

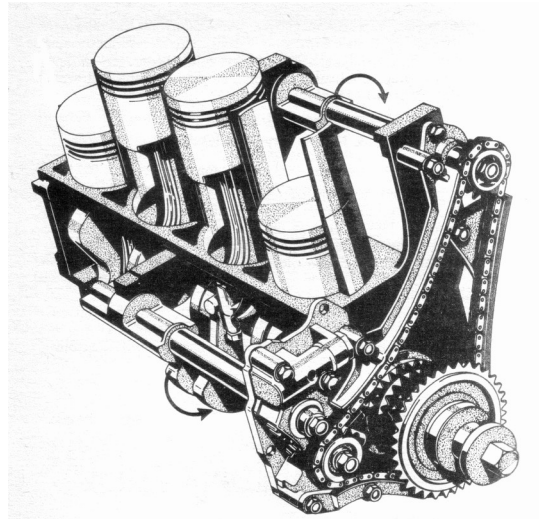
3.3.6 Másodrendű tömegek nyomatéka

Az egymás között mindig azonos értelmű másodrendű tömegek még belső nyomatékot sem keltenek. A motoroknál mégis található ellensúlyok, melyek a forgó tömegek által keltett belső nyomatékok csökkentésére szolgálnak. Így az ellensúlyok a csapok igénybevételét, és ezen keresztül, a forgattyúház terhelését is csökkentik. Az ellensúlyok nagyságát a forgótömegek által keltett nyomaték és az ellensúlyok által keltett nyomaték egyenlőségéből lehet meghatározni.

$$m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a = m_{re} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot b$$

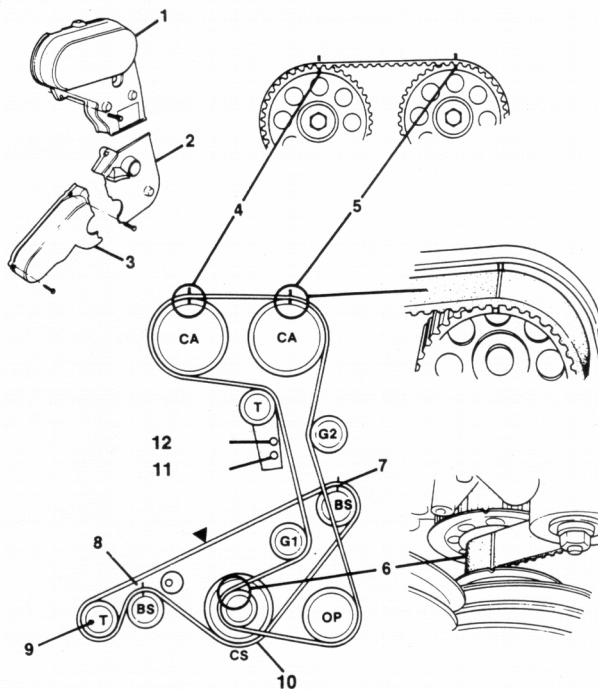
Másodrendű tömegelő kiegyenlítése a gyakorlatban lánchajtásnál

Az alábbi ábrán megfigyelhető a másodrendű tömegelő kiegyenlítését szolgáló, egymással ellentétes irányban, a forgattyústengely fordulatszámának kétszeresével forgó segédtengelyek.



169. ábra. Másodrendű tömegelő kiegyenlítése lánchajtásnál⁵

Másodrendű tömegelő kiegyenlítése a gyakorlatban szíjhajtásnál



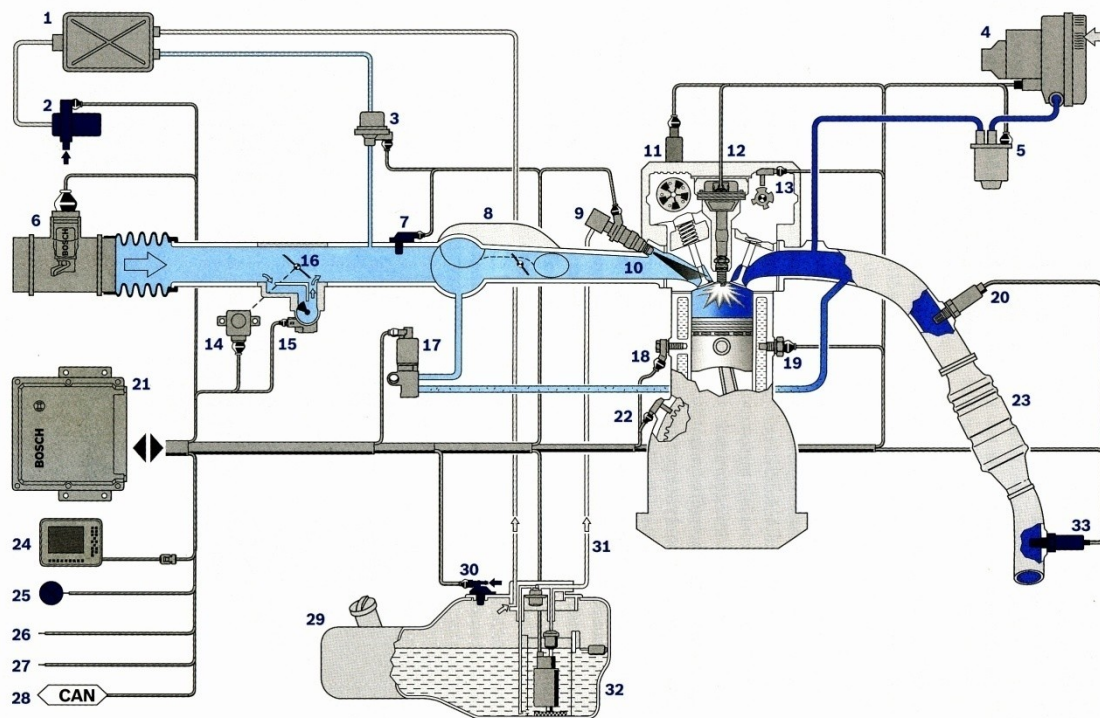
- 1, 2, 3 – Fogasszín burkolat
- 4, 5, 6 – Vezérlési jelek
- 7, 8 – Vezérlési jelek a kiegyenlítő tengelyeken
- 9 – Feszítőgörgő
- 10 – Fogasszín
- 11, 12 – A feszítőgörgő csavarjai
- CA – A vezérmű szíjkereke
- T – Feszítőgörgő
- G₁, G₂ – Közbenső görgők
- OP – Olajszivattyút hajtó kerék
- CS – A főtengeley szíjkereke
- BS – A kiegyenlítő tengely szíjkereke

⁵ Dr. Dezsényi György - Dr. Emőd István - Dr. Finichiu Líviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 432. old. 10.10. ábra

3.4 Otto-motorok tüzelőanyagellátó-rendszerei

3.4.1 M-Motronic rendszer

Az M-Motronicban minden olyan részegység benne van, amely a szívócső-befecskendezésű és hagyományos fojtószelepes motor vezérléséhez szükséges. A rendszert bemutató 21. ábrán az M-Motronic rendszer egyik kiviteli példája látható. A kiépítettséget a motorteljesítmény-igény, illetve a mindenkor érvényes kipufogógáz-előírások határozzák meg. Az M-Motronic rendszer vezérlő központja a motor vezérlőegység (21), amely fogadja az összes bemenő jelet és létrehozza a végrehajtó elemeket vezérlő jeleket. A Motronic fejlődéstörténete során létrejöttek olyan Motronic-generációk (pl. M1, M3, M7), amelyek első sorban a hardver felépítésében különböznek egymástól.⁷



21. ábra. Egy M-Motronic rendszer elektronikus vezérlő és szabályzó elemei⁸

- 1 Aktív-szén-tartály, 2 Tartály tömítettségét ellenőrző modul, 3 Regeneráló szelep, 4 Szekunderlevegő szivattyú, 5 Szekunderlevegő szelep, 6 Légtömegáram-szenzor,
- 7 Szívócsőnyomás szenzor, 8. Változtatható szívócső geometria,
- 9 Tüzelőanyag elosztó elem, 10 Befecskendező szelep, 11 VVT vezérlés elemei,
- 12 Gyújtótekeres, gyújtógyertya, 13 Vezérműtengely jeladó, 14 Fojtószelep szenzor,
- 15 Üresjárati állító, 16 Fojtószelep, 17 EGR szelep, 18 Kopogás-szenzor,
- 19 Motor-hőmérséklet szenzor, 20 Lambda-szonda, 21 Motorvezérlő,
- 22 Fordulatszám-szenzor, 23 Hármashatású katalizátor, 24 Diagnosztikai csatlakozó,
- 25 Hibajelző lámpa, 26 Indításgátló, 27 Sebességváltó vezérlőegység csatlakozója,

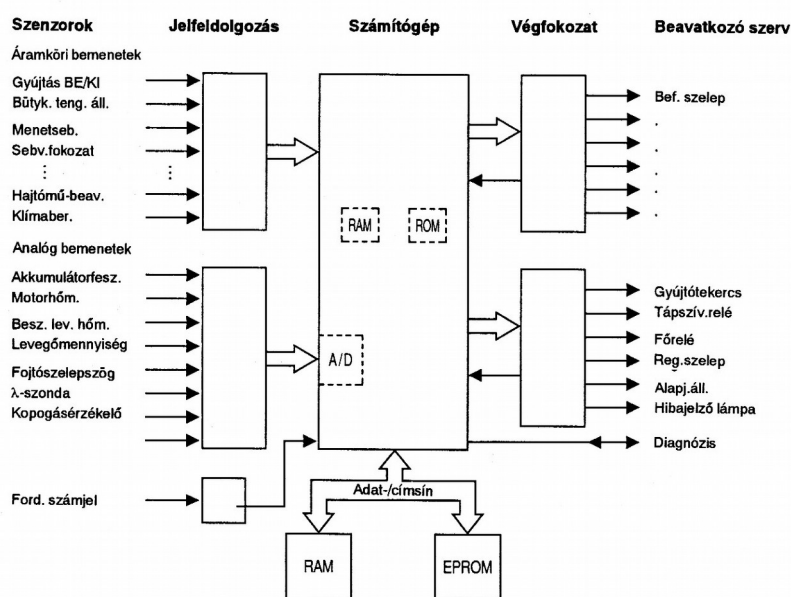
⁶ Autodata 2000, Tesztértékek

⁷ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei 12. old.

⁸ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei, 13. old. 1. ábra

28 CAN csatlakozó, 29 Tüzelőanyag-tartály, 30 Tartálynyomás-szenzor,
31 Tüzelőanyagszivattyú egység, 32 tüzelőanyag-vezeték, 33 Tüzelőanyag-szivattyú nyomásszabályzó
egység, 33 Lambda-szonda a katalizátor után.

A Bosch Motronic elektronikusan irányított benzinbefecskendező rendszer bemeneti információi, valamint beavatkozó szervei



22. ábra. Az M-Motronic rendszer blokkvázlata⁹

A levegő rendszer elemei

Fojtószelep

A gázpedál rudazaton vagy huzalon keresztül csatlakozik a fojtószelephez (16). A gázpedál állása meghatározza a fojtószelep nyitási keresztmetszetét, és a szívócsövön keresztül a hengerbe beáramló levegő tömegáramot.

Üresjárat állító

Az üresjárat állítón (15) keresztül meghatározott levegő-tömegáram vezethető a fojtószelepet megkerülve (bypass). A pótlevegővel a fordulatszám egy állandó értékre szabályozható be (üresjárat fordulatszám szabályozás). A motorvezérlő ehhez a megkerülő-szelep nyitási keresztmetszetét vezérli.

Terhelésmérő szenzorok

A motorterhelés meghatározó paraméterként szolgál az égés időpontjában a hengerben lévő töltetet és így a beszívott levegő-tömegáramot illetően. Ez alapvető adat a befecskendezési idő, számítással történő meghatározásához.

Levegőmennyiség-mérő (LMM)

⁹ Robert Bosch GmbH, Motormenedzsment, Motronic 38. old. 81. ábra

A levegőmennyiség-mérő a levegőszűrő és a fojtószelep között helyezkedik el és a motor által beszívott levegő térfogatáramát $[m^3/s]$ méri. A levegőáram levegőmennyiség-mérőben elhelyezett, csapágyazott torló csappantyút egy rugó visszatartó erejével szemben elfordítja. A torló csappantyú szögállása a levegő térfogatáramának mértékéül szolgál. Az elfordulás mértékét egy potenciométer elektromos feszültséggé alakítja át. A levegő hőmérséklet-változása okozta sűrűség változás miatt, beépítenek egy levegő hőmérséklet érzékelőt is.

Levegőtömeg-mérő

A hőhuzalos és a hőfilmes levegőtömeg-mérők termikus terhelés szenzorok. Egy azon elv alapján működnek: egy fűtött testtől a mellette átáramló levegő hőt von el. A levegő tömegáramától függő fűtőáram a hőmérsékletet állandó értéken tartja. A fűtőáramot egy kiértékelő áramkör szállítja és egyben kiértékelő feszültséget hoz létre.

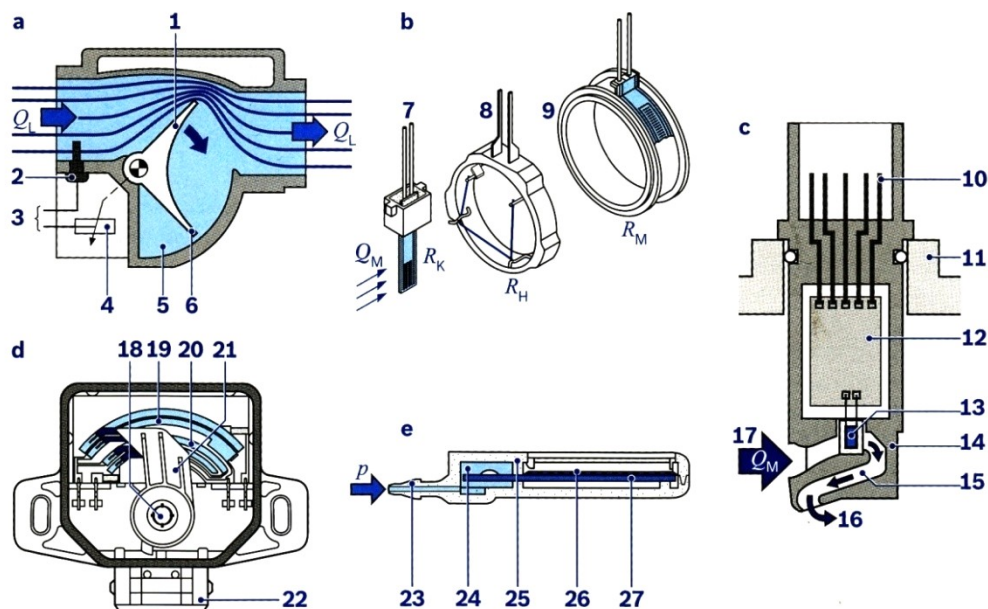
A hőhuzalos levegőtömeg-mérő (HLM) esetében a fűtött test, vagyis a fűtött szál, egy vékony platinahuzal. A hőfilmes levegőtömeg-mérő (HFM) esetében a fűtött test egy platina filmellenállás (fűtőelem). Ezt a szenzort egyéb elemeivel együtt egy kerámia lapkán helyezik el. Az érzékelő még a visszaáramló levegőt is érzékeli.

Szívócsőnyomás-szenzor (DS)

A szívócsőnyomás-szenzor a szívócsőben uralkodó abszolút nyomást érzékeli. A szívócsőnyomásból, a beszívott levegő hőmérsékletéből és a mért fordulatszámából kiszámítható a beszívott levegő tömege.

Fojtószelep szenzor (DKS)

A fojtószelep nyitási szögét potenciométeren keresztül érzékeli, és analóg feszültséget hoz létre. Járulékos információkat szolgáltat a dinamikus működésekkel és a működési tartomány felismerésével (üresjárat, részterhelés, teljes terhelés) kapcsolatban. A beszívott levegő tömege a fojtószelep nyitásszögének és a fordulatszámának értékeléséből határozható meg.



23. ábra. A Motronic rendszereknél alkalmazott terhelés szenzorok¹⁰

a – torló-nyomásos levegőmennyiség-mérő (LMM)

¹⁰ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei, 14. old. 2. ábra

- b – hőhuzalos levegőtömeg-mérő (HLM)
- c – hőfilmes levegőtömeg-mérő (HFM)
- d – fojtószelep-szenzor (DKS)
- e – szívócsőnyomás-szenzor (DS vagy MAP)

Kipufogógáz-visszavezetés

A visszavezetett gázok befolyásolják az égést. Csökkentik a csúcshőmérsékletet, és ez által az NO_x emissziót. A beszívott levegő csökkentett fojtása révén csökken a tüzelőanyag-fogyasztás is. A kipufogógáz-visszavezető szelep nyitási keresztmetszetét a motor vezérlőegysége által előállított PWM-jel közvetett módon, egy elektro-pneumatikus átalakítón keresztül állítja be a szükséges értékre. A szelepek közvetlenül is vezérelhetők elektromos úton, helyzetviszajelzésüket egy potenciométer adja.

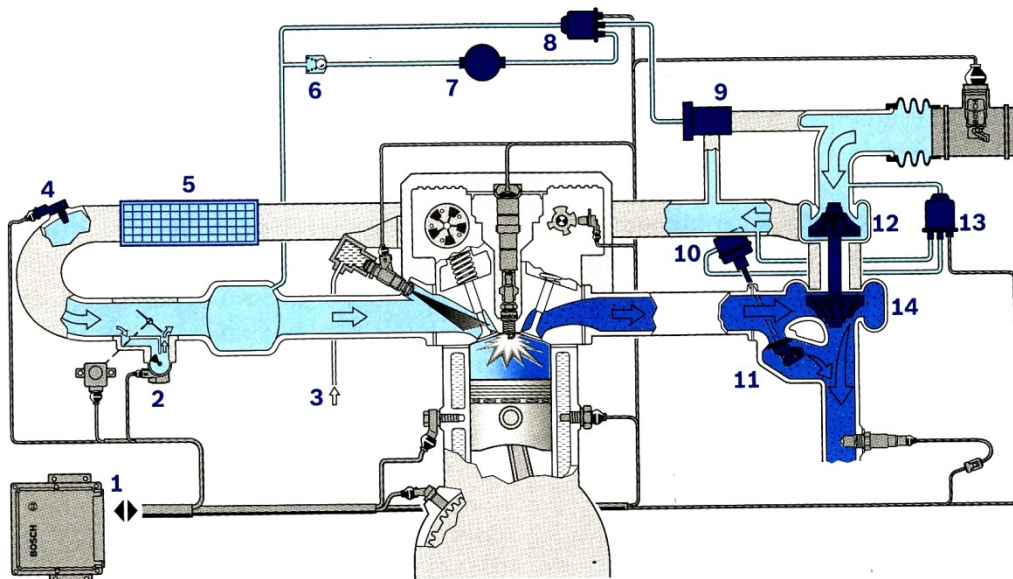
Változtatható szívócső geometria

A fordulatszámától függő dinamikus feltöltési hatások jobb kihasználása érdekében átkapcsolható szívócső geometria alkalmazható. A szívócső átkapcsolással ellátott rendszerek lehetővé teszik a hengerek jobb feltöltését és ezen keresztül a kedvezőbb nyomatéki jelleg megvalósítását. A szívócső geometriát az üzemi munkaponttól függően a motor vezérlőegysége állítja be elektromos, vagy elektro-pneumatikus szelep segítségével.

Kipufogógáz turbófeltöltés

A kipufogógáz turbófeltöltés további lehetőséget jelent a hengertöltés és ezen keresztül a forgatónyomaték növelésére. A turbófeltöltő a kipufogó leömlőben helyezkedik el, hogy a kipufogógáz meghajthassa a kipufogógáz-turbinát.

A vele azonos tengelyre szerelt sűrítő összesűríti a beszívott levegőt és így növeli a henger töltését. A sűrítés során felmelegedett levegőt a töltőlevegő-hűtő hűti vissza. A töltőnyomást a motor üzemi munkapontjához kell igazítani, ezt a turbina megkerülő szelep (westegate-szelep) végzi.



24. ábra. Kipufogógáz turbófeltöltés¹¹

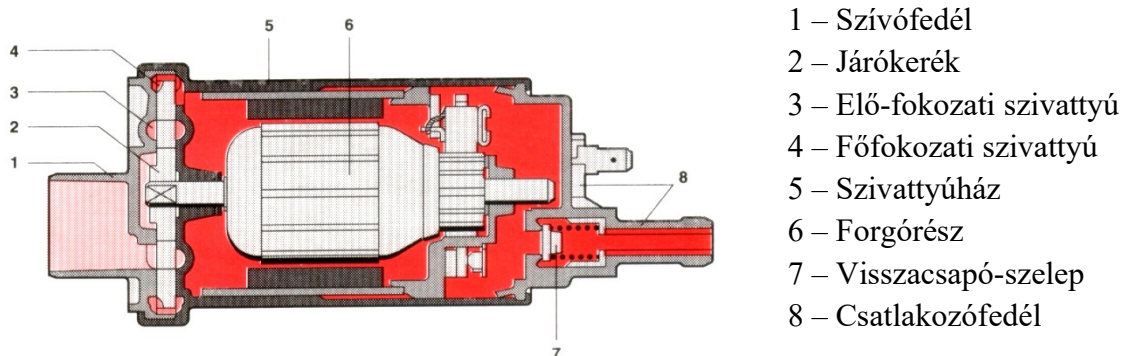
¹¹ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei, 16. old. 3. ábra

- 1 Motorvezérlő, 2 Fojtószelepegység, 3 Tüzelőanyag bevezetés, 4 Töltőnyomás és hőmérséklet-érzékelő, 5 Töltőlevegő hűtő, 6 Visszacsapó szelep, 7 Depresszió-tároló, 8 Mágnesszelep, 9 Toló-üzemi megkerülő szelep, 10 Töltőnyomás-szabályzó szelep, 11 Wastegate (megkerülő) szelep, 12 A turbófeltöltő sűrítője, 13 Mágnes szelep (ütemszelep), 14 A turbófeltöltő turbinája

A tüzelőanyag-rendszer részei

Elektromos tüzelőanyag-szivattyú

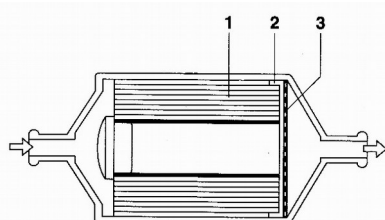
Újabb rendszereknél a tüzelőanyag-tartályon belülré helyezik el egy komplex egységet alkotva.



- 1 – Szívófedél
- 2 – Járókerék
- 3 – Elő-fokozati szivattyú
- 4 – Főfokozati szivattyú
- 5 – Szivattyúház
- 6 – Forgórész
- 7 – Visszacsapó-szelep
- 8 – Csatlakozófedél

25. ábra, Kétfokozatú elektromos tápszivattyú¹²

Tüzelőanyag-szűrő



- 1 – papírtekeres
- 2 – szita
- 3 – támlap

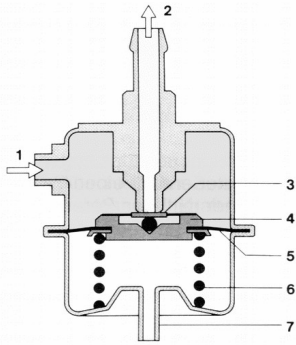
26. ábra. Tüzelőanyag-szűrő

A tüzelőanyag-szűrő felfogja a tüzelőanyagban lévő szennyeződést és így óvja a befecskendező rendszert az elszennyeződéstől. Elhelyezhetik a tartályon kívül a tüzelőanyag vezetékben, de a tüzelőanyag-tartályban is.

Tüzelőanyag-nyomásszabályozó

A nyomásszabályzó egy meghatározott értékre állítja be a nyomást a tüzelőanyag-ellátó rendszerben úgy, hogy a feleslegesen szállított tüzelőanyagot visszaszállítja a tartályba. A szívócsőhöz vezető vákuum-vezeték állandó nyomáskülönbséget biztosít a befecskendező szelep és a szívócső között.

¹² Robert Bosch GmbH, Elektronikus benzinbefecskendező rendszerei, 7. old. 12. ábra

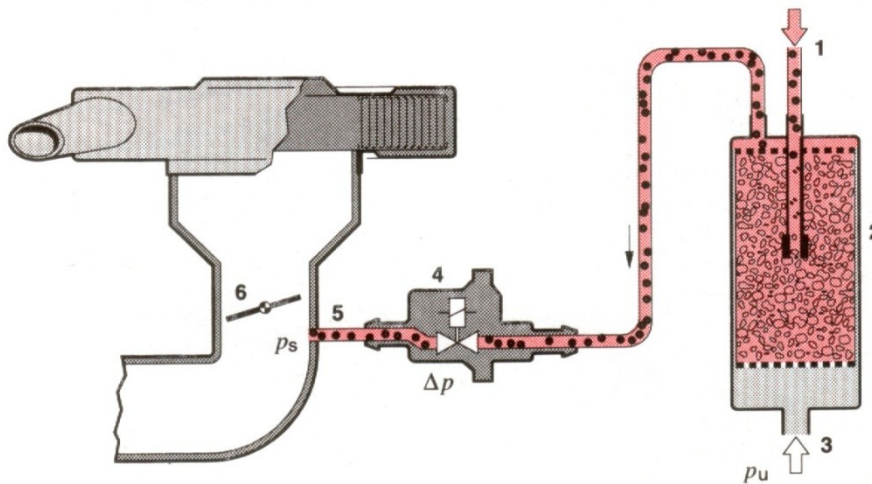


- 1 – Tüzelőanyag bevezetés
- 2 – Visszafolyás
- 3 – Lapszelep
- 4 – Szeleptartó
- 5 – Membrán
- 6 – Nyomórugó
- 7 – Szívócső csatlakozás

27. ábra. Tüzelőanyag-nyomásszabályozó¹³

A membránlemez a nyomásszabályzó terét két részre osztja. Az alsó részen helyezkedik el a rugókamra, mely a szívórésszel van összekötve, így a membrán felső oldalát a rugóerő és a szívótér-depresszió nyomásának együttese terheli. Ezzel a nyomással a membrán felső részén lévő tüzelőanyag nyomása tart egyensúlyt. Ha ez az ellennyomás meghaladja az alsó nyomás értékét, kinyit a golyós szelep, és a fölösleges tüzelőanyag visszaáramolhat a tartályba. A tüzelőanyag-szivattyú szállítási mennyiségét, ellennyomás mellett, a visszafolyó ágban kell mérni.

Tüzelőanyag-elgőzlgést visszatartó rendszer



28. ábra. Tartályszellőztető rendszer¹⁴

- 1 Tartálycsatlakozó, 2 Aktívszenes benzingőztároló, 3 Friss levegő,
- 4 Regeneráló-szelep, 5 Szívócső csatlakozó, 6 Fojtószelep

A környezetet terhelő szénhidrogén vegyületek emissziójának csökkentése érdekében a törvények előírásai megtiltják, hogy az tüzelőanyag tartályban képződő üzemanyag-gőzök a környezetbe kikerüljenek. Ezért minden járművet fel kell szerelni a tüzelőanyag párákat visszatartó rendszerrel, amelynél a tartály egy aktívszenes szűrővel van összekötve. Az aktív szén tulajdonsága, hogy képes elnyelni a tüzelőanyag gőzöket. Az aktív szénben megkötött tüzelőanyag továbbvezetéséhez a motor friss levegőt szív az aktívszenes szűrőn keresztül, eközben a levegő ismét felveszi a tüzelőanyagot. A szénhidrogénnel feldúsított levegő a szívó-csővön keresztül a hengerekbe kerül vissza.

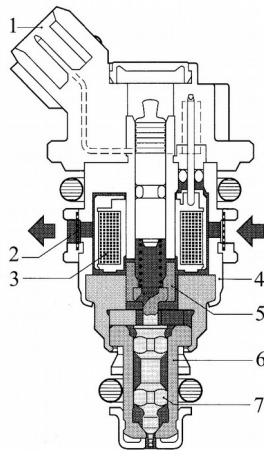
¹³ Robert Bosch GmbH, Elektronikus benzinbefecskendező rendszerei, 7. old. 14. ábra

¹⁴ Robert Bosch GmbH, Elektronikus benzinbefecskendező rendszerei, 9. old. 17. ábra

A regeneráló gáz áramát az aktívszéntartó és a befecskendező egység között lévő regeneráló szelep (ütemszelep) végzi úgy, hogy szűk határok között tartható legyen a keverék $\lambda=1$ légfeltesleg-tényezője. A regeneráló gázáram határa akkor van, ha a regeneráló gáz tüzelőanyag-tartalma megegyezik a mindenkori munkapont tüzelőanyag-szükségletének 20 %-kal. A szelep árammentes állapotban nyitva, vezérelt állapotban zárva van.

A regeneráló szelep tartományában a visszacsapó-szelep megakadályozza, hogy leállított motornál a tüzelőanyag-gőzök az aktívszéntartóból a szívócsőbe kerülhessenek.

Elektromágneses befecskendező szelepek



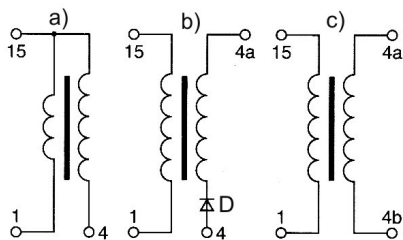
- 1 – Villamos csatlakozó
- 2 – Szűrő
- 3 – Tekercs
- 4 – Szelepház
- 5 – Mozgórész
- 6 – Szeleptest
- 7 – Szeleptű

179. ábra. Befecskendező szelep¹⁵

Elektromágneses szelepeket alkalmaznak. A tekercs áram nélküli állapotában a szeleptűt a vasmagon keresztül rugó szorítja a tömített szeleplülésre, így a szelep zárt állapotban marad. Ha a tekercs áramot kap, akkor a szeleptű felemelkedik 0,06 –0,1 mm-re és a tüzelőanyag a réseken át a szívócsatornába áramlik.

A gyújtás rendszer részei

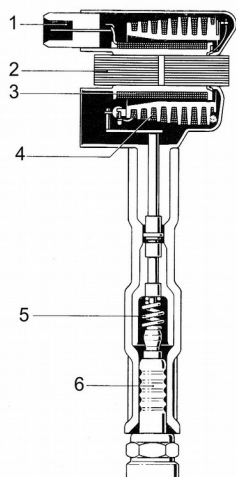
Gyújtótekercs kialakítások



- a) Egyszikrás gyújtótekercs (forgóelosztás)
- b) Külön szikrás gyújtótekercs (statikus elosztás)
- c) Kétszikrás gyújtótekercs

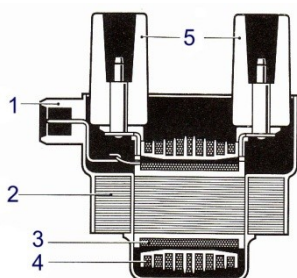
30. ábra. A gyújtótekercs kialakítások

¹⁵ Robert Bosch GmbH, Motormenedzment, Motronic 13. old. 23. ábra



- 1 – Kisfeszültségű csatlakozás
- 2 – Lemezelt vasmag
- 3 – Primer tekercs
- 4 – Szekunder tekercs
- 5 – Nagyfeszültségű csatlakozó
- 6 – Gyújtógyertya

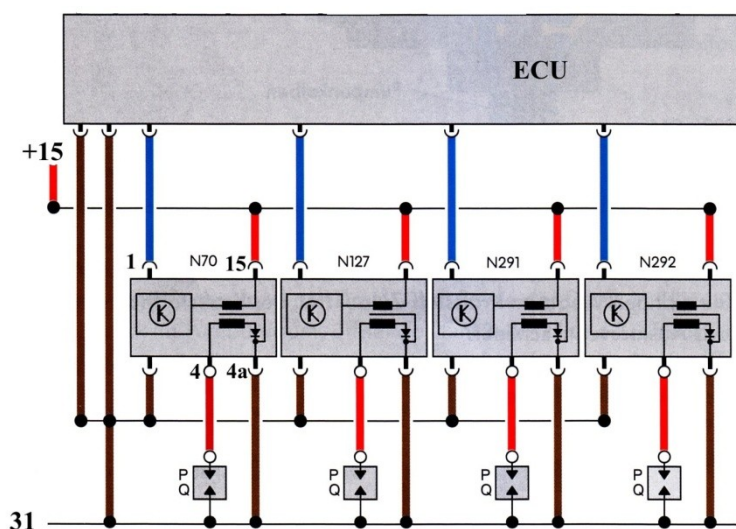
31. ábra. Külön szikrás gyújtótekercs¹⁶



- 1 – Kisfeszültségű csatlakozás
- 2 – Lemezelt vasmag
- 3 – Primer tekercs
- 4 – Szekunder tekercs
- 5 – Nagyfeszültségű csatlakozó

32. ábra. Kétszikrás gyújtótekercs¹⁷

A gyújtótekercs tárolja a levegő-tüzelőanyag keverék gyújtásához szükséges gyújtási energiát és létrehozza a gyújtógyertyán a szikra átütéséhez a nagyfeszültséget. A mai rendszereken szinte már csak a külön szikrás rendszereket alkalmazzák. A szekunder körben el kell helyezni egy nagyfeszültségű diódát, amely megakadályozza, hogy a primer áram kialakulásakor keletkezett önindukciós feszültség gyújtószikrát hozzon létre, ugyanis a külön szikrás gyújtótekercsek áttétele lényegesen nagyobb, mint a hagyományos, vagy a kétszikrás tekercseké.



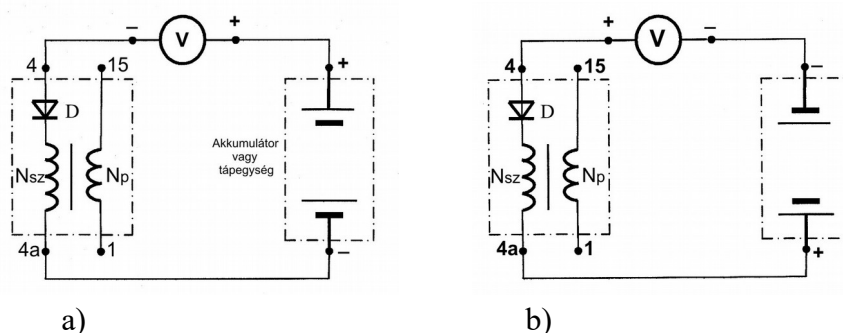
¹⁶ Robert Bosch GmbH, Motormenedzsment, Motronic 17. old. 28. ábra

¹⁷ Robert Bosch GmbH, Motormenedzsment, Motronic 17. old. 29. ábra

33. ábra. Külön szikrás gyújtórendszer részlete¹⁸

A külön szikrás gyújtótekercs vizsgálata:

A nagyfeszültségű dióda vizsgálata feszültségmérővel



34. ábra. A nagyfeszültségű dióda vizsgálata: a) nyitó irány, b) záró irány

Gyújtógyertya

A gyújtógyertya az elektródák között átugró szikrával gyújtja meg a hengerben lévő levegő-tüzelőanyag keveréket.

A kipufogógáz-tisztító rendszer részei

Hármas hatású katalizátor

A hármashatású katalizátor vízgőzzé (H_2O), nitrogénné (N_2) és széndioxiddá (CO_2) alakítja át a levegő-tüzelőanyag keverék elégetésekor keletkező szénmonoxidot (CO), szénhidrogént (HC) és a nitrogénoxidot (NO_x).

Lambda-szondák

A lambda-szonda méri a kipufogógáz oxigéntartalmát, aminek alapján következtetni lehet a levegő-tüzelőanyag keverék összetételére. A motorvezérlő egység a lambda-szonda jelét használja a tüzelőanyag sztöchiometriai arányban ($\lambda=1$) történő adagolásához. A hármashatású katalizátor átalakító képessége ennél a keverék-összetételnél a legjobb.

Az M - Motronic rendszereknél kizárólag kétpontos (ugrásjelű) lambda - szondákat alkalmaznak. A rendszertől függően a kétszondás szabályozáshoz és a katalizátor öregedésének figyelésére a katalizátor mögé beépíthető egy további szonda.

Szekunder-levegő rendszer

A motor indítása után a kipufogócsőbe történő rövid ideig tartó levegő befúvás a kipufogógázban lévő, el nem égett szénhidrogének (HC) utóégéséhez vezet. Ez a beavatkozás egyrészt csökkenti a HC kibocsátást, másrészt lerövidíti a katalizátor felfűtéséhez szükséges időt, így az gyorsabban eléri az üzemi hőfokot.

A levegőt (szekunder levegőt) a szekunder levegő szivattyú 21. ábra (4) fújja be, az aktív üzemben kívül azonban ezt a vezetékét a szekunder levegőszelep 21. ábra (5) zárva tartja. Mindkét részegységet a motorvezérlő működteti.

A fedélzeti diagnosztika részei

- Tartály tömítettségét ellenőrző modul
- Szívócsőnyomás szenzor
- Hibajelző lámpa

¹⁸ VW Selbststudienprogramm 34 old. kapcsolási rajz részlet

- Tartálynyomás-szenzor
- Lambda-szonda a katalizátor után.

Üzemi adatok

Szenzorok melyek további előírt értéket továbbítanak a motorvezérlő számára.

- Fordulatszám szenzor: a főtengely helyzetének érzékelésére és a motorfordulatszám számításához szükséges,
- Fázis szenzor: a fázishelyzet (a motor munkauteme) ill. a vezérműtengely helyzetének érzékelésére,
- Motorhőmérséklet- és a beszívott levegő hőmérséklet-szenzor a hőmérsékletfüggő korrekciós tényezők számításához,
- Kopogás-szenzor: a motor kopogásának felismeréséhez.

Motor hűtőventillátor

A vezérlőegység a hőmérséklet függvényében kapcsolja be a motor hűtőventillátorát, hogy kiegészítő hűtést adjon és csökkentse a motor hőmérsékletét. Rendszertől függően a hűtőventillátor több fokozatban is kapcsolható.

Klímakompresszor

A klímakompresszor működtetéséhez nagy teljesítményre van szükség, amit a motornak kell szolgáltatnia. Ez a részteljesítmény a hajtás számára elvész. Olyan helyzetekben, amikor a motor teljesítményére teljes egészében szükség van (pl. előzéskor teljes terhelésnél) a motor vezérlése a kompresszort időlegesen kikapcsolja.

Alapjáraton való működtetés esetén az előgyújtás növelésével, valamint több tüzelőanyag befecskendezésével tartja állandó értéken a motor alapjárat fordulatszámát.

Kommunikáció

CAN - csatlakozó

A jármű kivitelétől függően az M-Motronic CAN-busz rendszerrel is kiegészülhet. A CAN csatlakozón keresztül lehetőség van az adatcserére egyéb elektronikus rendszerekkel (pl. sebességváltó-vezérlés, ABS blokkolásgátló rendszer).

Hibajelző lámpa (MIL)

A hibajelző lámpát a műszerfalba vagy a műszer egységbe építik be. Jelzi a vezetőknek a Motronic-rendszer hibás működését.

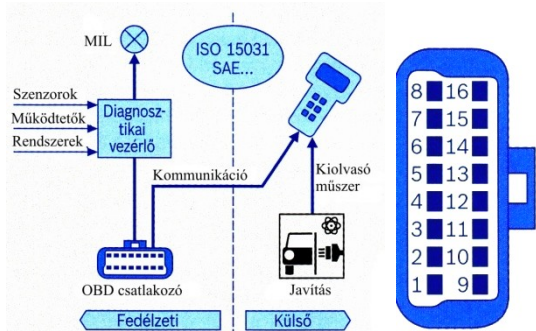
Tüzelőanyagfogyasztás-jel

A Motronic a befecskendezési időből kiszámítja a tüzelőanyag fogyasztást, és ezt az információt digitális jelként vezetéken továbbítja a fedélzeti számítógépnek. A tüzelőanyag-fogyasztás jele a CAN- csatlakozón is továbbítható.

Diagnosztikai csatlakozó

A vevőszolgálati műhelyben a „K-vezeték” diagnosztikai csatlakozón keresztül csatlakoztatottak a rendszer tesztkészülékei (pl. KTS500). Ezek használatával lehetőség nyílik az üzemeltetés során a diagnosztikai rendszerben eltárolt hibák kiolvasására. Kezdetben a hiba-információk kiolvasása csak diagnosztikai lámpával, felvillanó kódok segítségével volt lehetséges. Azóta az információk a motordiagnosztikai berendezéseken keresztül szöveget megjelenítő

képernyőn is kiolvashatók. Azon járművek esetében, amelyek az OBD II-nek megfelelő fedélzeti diagnosztikai rendszerrel vannak felszerelve, a „Scan Tool”-al (vizsgáló készülékkel) a kipufogógáz összetételét befolyásoló hibák a hiba keletkezésekor uralkodó „környezeti feltételekkel” együtt kiolvashatók.



7-es és 15-ös kapocs: adatátvitel a DIN ISO 9141-2 szerint, 2-es és 10-es kapocs: adatátvitel a SAE J 1850 szerint, 1-3-8-9-11-12-13-as kapocs: OBD által nem foglalt, 4-es kapocs: gépjármű test, 5-ös kapocs: jel-teszt, 6-os kapocs: CAN HIGT, 14-es kapocs: CAN LOW, 16-os kapocs: Akkumulátor pozitív

35. ábra. Fedélzeti diagnosztika¹⁹

3.4.2 ME-Motronic rendszer

Az elektronikus gázpedállal (EGAS) ellátott elektronikus motorvezérlés jellemzője, hogy nincs jelen benne a gázpedál és a fojtószelep között a mechanikus összeköttetés (rudazat vagy huzal). A gázpedál helyzetét (amely a vezető kívánságát közvetíti) a gázpedálban található potenciométer (pedálút-szenzor a gázpedál-modulban, analóg feszültségjelként érzékeli és továbbítja, amit a motorvezérlő egység beolvas. A vezérlőegység olyan jeleket hoz létre, amelyek az elektromos vezérlésű fojtószelep nyitott keresztmetszetét úgy szabályozzák, hogy a belsőégésű motor a kívánt nyomatékot adja le.

Az ME-Motronic rendszer a fedélzeti diagnosztika tekintetében az EOBD követelményeinek felel meg.

A rendszer kiépítettségét a motorteljesítményre vonatkozó igény, valamint a mindenkor érvényes kipufogógáz- és diagnosztikai előírások szabják meg.

Az ME-Motronic és az M-Motronic közötti legfontosabb különbséget a fojtószelep elektromos vezérlése, valamint a felhasználói szoftver nyomaték-alapú működési struktúrája jelenti.

3.4.3 MED-Motronic rendszer

A közvetlen befecskendezésű benzinmotoroknál új vezérlési koncepció kialakítása vált szükségessé. A befecskendező szelepnek egyaránt képesnek kell lennie homogén keverék és ún. réteges keverékképzés létrehozására.

Motronic esetében a szívócsőbe végzett befecskendezés során már megvalósult - , valamint egy helyileg korlátozott töltésréteg (rétegezett-üzem) létrehozására is az égéstéren belül. A homogén keverék-eloszlás a tüzelőanyag szívóütemben történő befecskendezésével, a réteges töltés pedig a sűrítési ütem végén, röviddel a keverék gyújtása előtti befecskendezéssel érhető el. A közvetlen befecskendezés előnye a tüzelőanyag-fogyasztás szempontjából csak ezzel a réteges üzemmel aknázható ki.

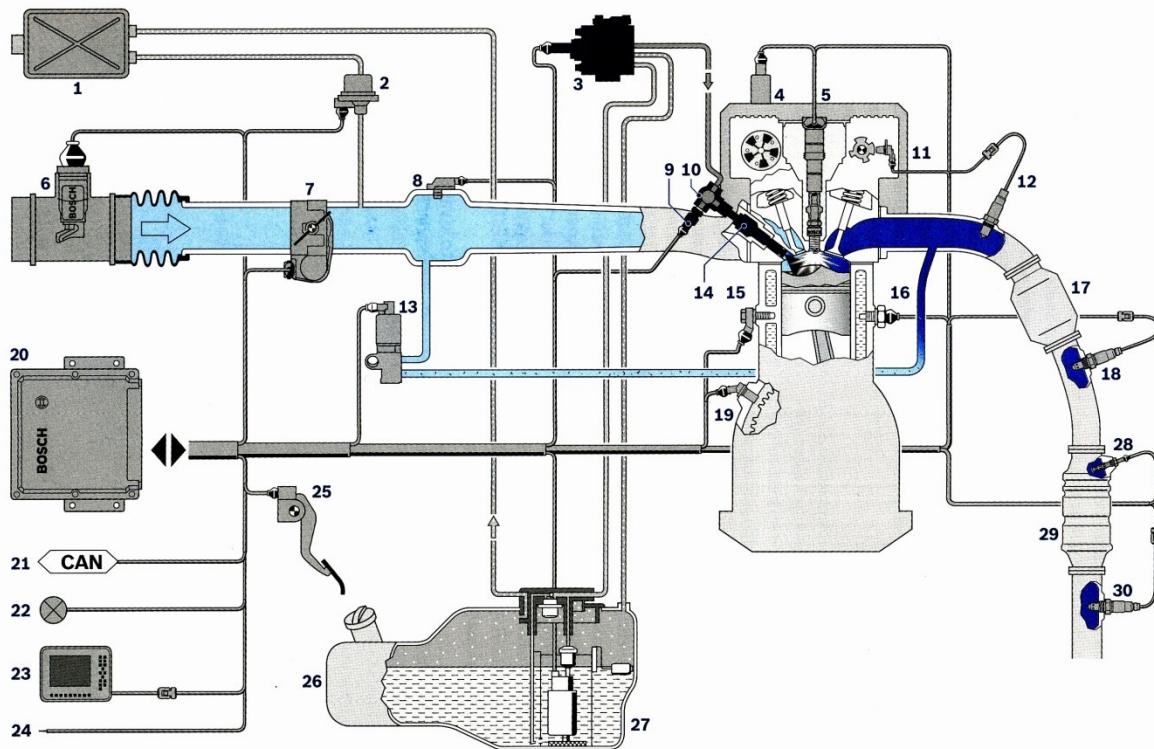
Azt a motorirányító rendszert, amely teljesíti ezeket a szigorúbb követelményeket, MED-Motronic-nak hívják. A két rendszer között a leglényegesebb különbség a tüzelőanyag-rendszerben, valamint az NO_x tároló katalizátorral felszerelt kipufogó berendezésben mutatkozik meg.

A MED-Motronic rendszer részei:

¹⁹ Robert Bosch GmbH, Motormenedzsment, 123. old. 1. ábra

- A levegő rendszer
- A tüzelőanyag-rendszer
- A gyújtásrendszer
- A kipufogógáz-tisztító rendszer
- Fedélzeti diagnosztika

MED-Motronic rendszer elektronikus vezérlése és szabályozása



36. ábra. A közvetlen benzinbefecskendezéses rendszer (MED-Motronic) felépítése²⁰

1 Aktív szén-tartály, 2 Regeneráló szelep, 3 Nagynyomású szivattyú, 4 A változtatható vezérműtengely-vezérlés beavatkozó, 5 Gyújtótekerics ráhelyezett gyújtógyertyával, 6 Hőfilmes légtömegmérő, 7 Fojtószelepegység, 8 Szívócső-nyomásszenzor, 9 Tüzelőanyag-nyomásszenzor, 10 Nagynyomású tüzelőanyag-elosztó, 11 Vezérműtengely-fázisszenzor, 12 Lambda-szonda az előkatalizátor előtt, 13 Kipufogógáz-visszavezető szelep, 14 Nagynyomású befecskendező szelep, 15 Kopogásszenzor, 16 Motorhőmérséklet érzékelő, 17 Előkatalizátor (háromas hatású), 18 Lambda-szonda az előkatalizátor után, 19 Fordulatszám-szenzor, 20 Motorvezérlő egység, 21 CAN csatlakozó, 22 Hibajelző lámpa, 23 Diagnosztikai csatlakozó, 24 Csatlakozó az indításgátló vezérlőegységhez, 25 Gázpedál-modul, 26 Tüzelőanyag-tartály, 27 Tüzelőanyag-tartály beépítési egység az elektromos tüzelőanyag-szivattyúval, a szű-

²⁰ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei 25. old. 1. ábra

rővel és a nyomásszabályzóval, 28 Kipufogógáz-hőmérséklet szenzor, 29 Főkatalizátor (NO_x tároló és hármas hatású katalizátor), 30 Lambda-szonda a főkatalizátor után

A levegőrendszer

Közepes fordulatszámig kb. 3000 min⁻¹ és kis fordulatszámigény mellett a motor rétegezett üzemmódban működik, tehát a fojtószelep teljesen nyitott. Ebben az üzemmódban a forgatónyomatékokat nem a beszívott levegő tömegével, hanem a befecskendezett tüzelőanyag mennyiségével állítja be a motorvezérlés.

Az NO_x csökkentése érdekében kipufogógáz-visszavezetést (AGR) alkalmaznak. A levegő tömegáram mérésére a motorba irányuló tömegáramok (levegő és a kipufogógáz) pontos vezérlése miatt van szükség. A levegő tömegáram meghatározására hő filmes légtömegmérőt és szívócsőnyomás érzékelőt használnak.

A hő filmes légtömegmérővel (6) történik a szívócsőbe áramló friss levegő mérése. Ennek a tömegáramnak a segítségével meghatározható a szívócsőben lévő levegő parciális nyomása. A szívócső-nyomásszenzorral (8) mért szívócső-nyomás és e parciális nyomás különbségéből következtetni lehet a visszavezetett kipufogógáz-tömegáramra.

A kipufogógáz-tömeg a szegény keverékű üzemben el nem égett oxigén-részt tartalmaz, amely a mért lambda értékből határozható meg.

A fojtószelep feletti nyomásviszony és a beszívott levegő hőmérséklete segítségével a mért fojtószelep-nyitási szögből kiszámítható a fojtószelepen keresztül áramló frisslevegő-tömegáram. A kipufogógáz-ellennyomás segítségével meghatározható az EGR-szelepen keresztül visszavezetett kipufogógáz-tömegáram. Az EGR szelep pillanatnyi helyzetéről egy potencióméter ad kellő pontosságú tájékoztatást a motor ECU számára. A beszívott levegő hőmérsékletének meghatározására mindkét mérőrendszerben hőmérséklet-szenzorokat alkalmaznak. A hőfilmes levegő-tömegárammérő jelenléte esetén a hőmérséklet-szenzort ebbe építik be, a nyomásmérős rendszerben ezt külön kell beépíteni a fojtószelep elé.

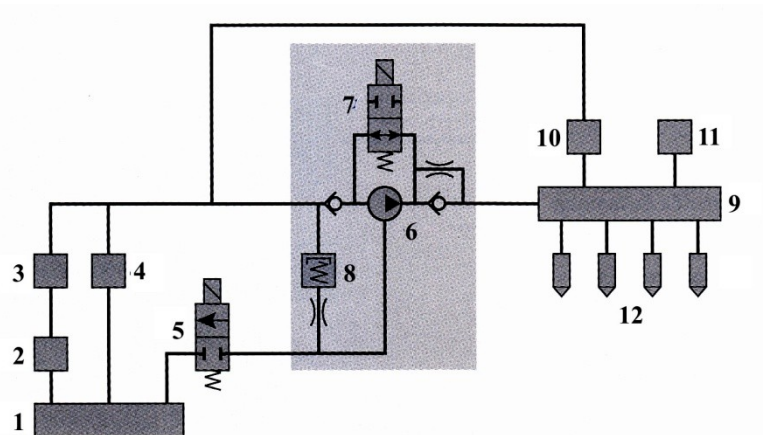
A tüzelőanyag-rendszer

A tüzelőanyag-rendszere kis- és nagynyomású körből áll. Ebben a tekintetben jelentős eltérés mutatkozik a kisnyomású benzinbefecskendező rendszerektől, amelyben a befecskendező szelepek a kisnyomású körhöz csatlakoznak.

A közvetlen befecskendezésű rendszer rendelkezik ugyanis egy nagynyomású szivattyúval.

A kisnyomású rendszer

Az elektromos elő-tápszivattyút úgy vezérlik, hogy az 4-5 bar nyomást állít elő. A rendszer-nyomás (befecskendezési nyomás) az üzemállapottól függően 50-120 bar. A nagynyomású szivattyú általában mennyiség szabályzóval rendelkezik.

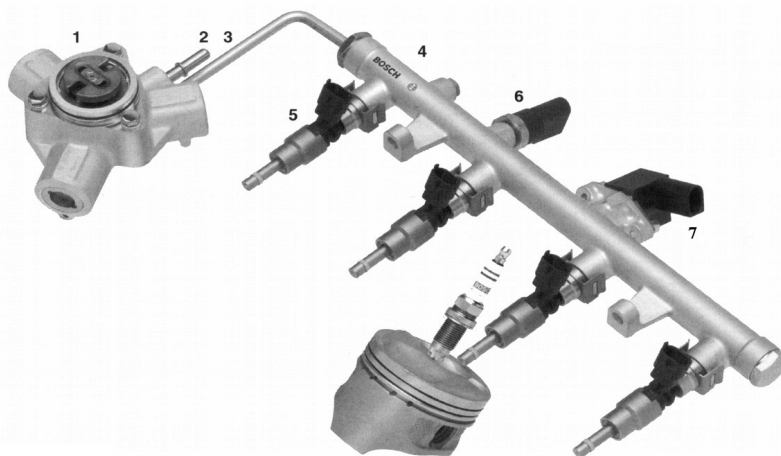


37. ábra. A közvetlen benzinbefecskendezéses rendszer felépítése²¹

1 Tüzelőanyag-tartály, 2 Elektromos tüzelőanyag-tápszivattyú, 3 Tüzelőanyag-szűrő, 4 Kisnyomású nyomásszabályozó, 5 Záró-szelep, 6 Nagynyomású szivattyú, 7 Mennyiség szabályzó szelep, 8 Nyomáscsillapító, 9 Gyűjtőcső, 10 Nyomásszabályzó szelep, 11 Nyomáskorlátozó szelep, 12 Nagynyomású befecskendező szelepek

A szivattyút saját ECU irányítja úgy, hogy a nyomás mindig előírt értékű legyen. Normál üzemben 4 bar, indításkor 5 bar. A szivattyú ECU 20 kHz frekvenciájú impulzusszélesség modulált jellel (PWM) vezérli a szivattyút. A szűrőbe beépített nyomáshatároló csak biztonsági szerepet játszik. Az új szivattyút a szivattyú ECU-hoz illeszteni kell.

A nagynyomású rendszer



38. ábra. A közvetlen benzinbefecskendezéses rendszer felépítése²²

1 Nagynyomású szivattyú (HDP-1), 2 Alacsony nyomású csatlakozó, 3 Nagynyomású cső, 4 Tüzelőanyag elosztócső (rail), 5 befecskendező szelep, 6 Nyomásérzékelő, 7 Nyomásszabályozó

Az elosztócső alumínium ötvözet, térfogata fontos, mert nyomástároló szerepe is van.

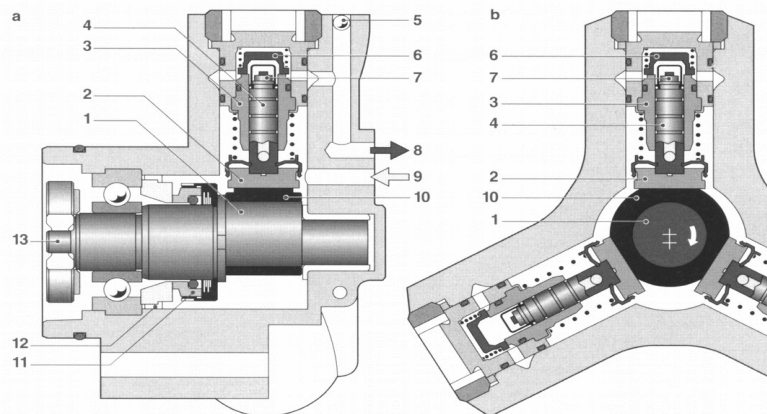
Nagynyomású szivattyú (HDP-1)

A nagynyomású szivattyú faladata üzemállapottól függően 50-120 bar nyomás előállítására.

²¹ Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei 27. old. 2. ábra

²² VW Selbststudienprogramm

Az indítási szakaszban a befecskendező szelepek nyomása megegyezik az előszállító szelepek nyomásával, ami 5 bar-nak felel meg.



39. ábra. A nagynyomású szivattyú (HDP-1) szerkezete²³

a Hosszmetszet, b Keresztmetszet

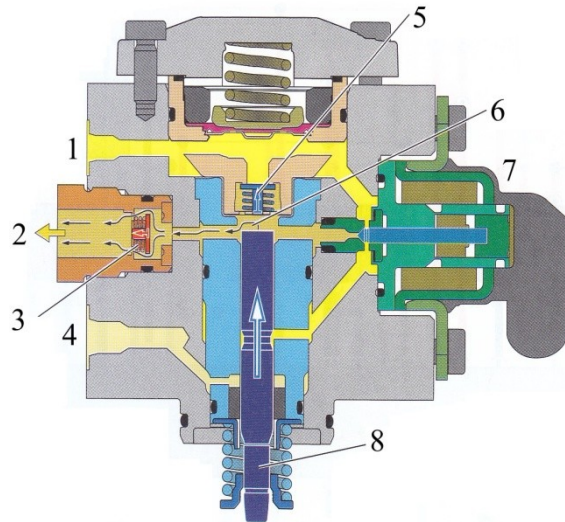
- 1 Excenter, 2 Csúszó emelőtőke, 3 Szivattyúhenger, 4 Dugattyú, 5 Lezáró golyó,
 6 Nyomószelep, 7 Beeresztőszelep, 8 Csatlakozás a nagynyomású rendszerhez (rail-hez),
 9 Beáramlás a kisnyomású rendszerből, 10 Emelőgyűrű, 11 Axiális tömítés,
 12 Statikus tömítés, 13 Meghajtó-tengely

A nagynyomású szivattyú jellemzői:

- általában a vezérműtengelyről hajtják,
- radiális szivattyú, a 120°-os szög egyenletes terhelést, és átfedő szállítást biztosít,
- a szivattyú erősen túlszállít,
- a szállított mennyiség fordulatszámfüggő,
- az elosztócsőre szerelt nyomásszabályzó állítja be a „megcélzott” nyomást,
- a nyomásszabályzó a szivattyú szívó oldalára ereszt vissza,
- a tüzelőanyag keni a szivattyút.

Nagynyomású szivattyú (HDP-2)

²³ VW Selbststudienprogramm



40. ábra. A nagynyomású szivattyú (HDP-2) szerkezete és működése szállítás üzemmódban²⁴

- 1 Beáramlás a kisnyomású rendszertől, 2 Csatlakozás a nagynyomású rendszerhez,
 3 Nyomószelep, 4 A kenésre használt benzin visszaáramlása a tartály felé,
 5 Szívó szelep, 6 Nyomótér, 7 Mennyiség szabályozó szelep, 8 Dugattyú

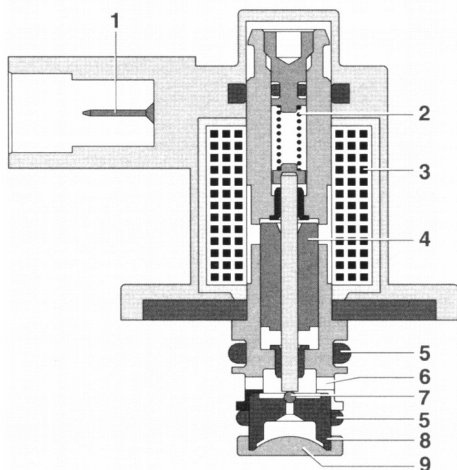
A nagynyomású szivattyú jellemzői:

- általában a szívó-vezérműtengelyen elhelyezkedő két-vagy háromprofilú bütyök működteti,
- a szivattyú mennyiség-szabályozott,
- a mennyiség szabályozó szelepet a szivattyúra szerelik,
- a mennyiség szabályozó szelep az AHP-ban zár, és a megfelelő nyomás elérésekor nyit, visszaengedi a „fölösleges” tüzelőanyagot a beeresztő szelep mögé,
- a beeresztő oldali nyomásingadozást a szivattyúra szerelt nyomáslengés-csillapító csökkenti (a mennyiség szabályozó nyitásakor ugrásszerűen nőne a nyomás),
- a dugattyút és a hengert a tüzelőanyag kené, a tömítőelem fölötti kenésre használt tüzelőanyagot visszavezetik a tartályba.

Nyomásszabályozó a HDP-1 szivattyúval szerelt változathoz

Feladata: Az üzemállapothoz szükséges rendszernyomás biztosítása.

²⁴ VW Selbststudienprogramm 33. oldal



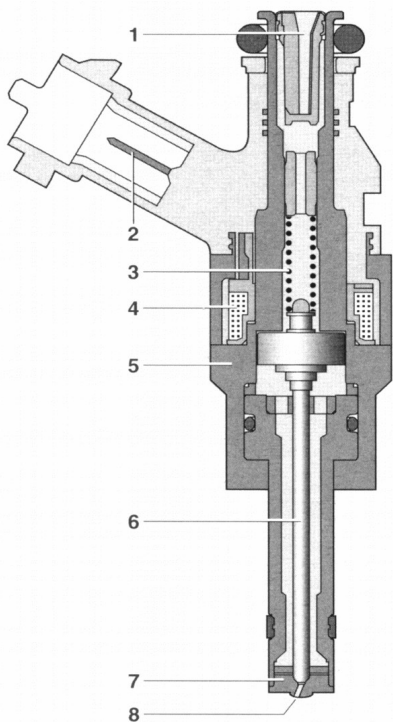
- 1 – Elektromos csatlakozó
- 2 – Nyomórugó
- 3 – Tekercs
- 4 – Vasmag
- 5 – Tömítőgyűrű (O-gyűrű)
- 6 – Kivezető furat
- 7 – Szelepgolyó
- 8 – Szeleptülés
- 9 – Hozzávezetés a szitaszűrőn keresztül

41. ábra. A nagynyomású szivattyú (HDP-2) szerkezete és működése szállítás üzemmódban²⁵

Működése:

Árammentes állapotban a rugóerő tart egyensúlyt a rendszernyomásból adódó szelepgolyóra ható erőre. Ha a tekercsen áram folyik, annak mágneses ereje hozzáadódik a nyomásból adódó erőhöz, tehát a rendszernyomás csökken. A tekercsen átfolyó átlagáram nagyságát az ECU kitöltési tényező változtatással vezérli.

Nagynyomású befecskendező szelep



Feladata:

Megfelelő helyre, megfelelő időben meghatározott mennyiségű tüzelőanyag befecskendezése a motor hengerébe.

- 1 – Hozzávezetés finom szitaszűrőn keresztül
- 2 – Elektromos csatlakozó
- 3 – Nyomórugó
- 4 – Tekercs
- 5 – Szelepház
- 6 – Fúvókatú a vasmaggal
- 7 – Szeleptülés
- 8 – Szelepkivezető furat

42. ábra. A nagynyomású befecskendező szelep²⁶

Jellemzője:

- direkt vezérlésű szelepek,

²⁵ VW Selbststudienprogramm 34. oldal

²⁶ VW Selbststudienprogramm 33. oldal

- igen jó porlasztás (nagy nyomás,)
- rövid idő alatt kell bejuttatni a tüzelőanyagot (kb. 6-szor rövidebb, mint a szívócsatorna befecskendezésénél van amikor csak egy fél ütem áll rendelkezésre),
- alapjáraton a befecskendezési idő kb. 0,4 ms.

Működése:

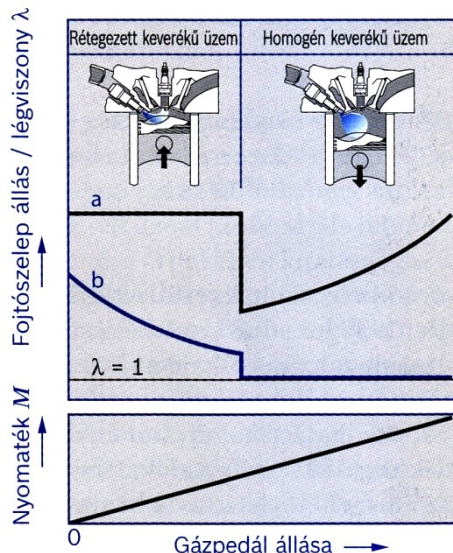
A szelepet rugóerő tartja zárva. Ha a tekercsen áram folyik a fűvókatút a mágneses tér elmozdítja, a szelep fecskendez. A szelepeket az ECU 50-90 V feszültségről működteti, amelyet kondenzátorok feltöltése útján önindukcióval állít elő. A működtetés előmágnesezéssel kezdődik. Ekkor a szelep még zárt.

A gyújtásrendszer

A gyújtószikrához szükséges nagyfeszültséget hengerenkénti gyújtótekercsek biztosítják. A szegénykeverékes üzemmódban működő motor biztos gyújtásához nagyobb energiát és gyújtófeszültséget biztosító, nagyobb áttételű gyújtótekercsre van szükség. A gyújtásrendszer megegyezik a már ismertetett M-Motronic rendszerével.

A közvetlen befecskendezéses rendszer működésmódjai

Homogén és réteges alapüzem



43. ábra. Átváltás a réteges keverékű és a homogén keverékű üzemmód között²⁷

Homogén alapüzem: ($\lambda=1$)

Közepes és nagy terhelés-tartományokban alkalmazzák.

A gázpedál közepesen vagy teljesen nyitott. A fojtószelepet az ECU a gázpedálállásnak megfelelően nyitja (mennyiségi szabályzás).

A motor nyomatéka közepes vagy nagy.

Előnyös mert nagy terhelés esetén jó a hatásfok, kicsi a kopogási hajlam és kellő mennyiségű CO keletkezik.

Rétegzett alapüzem ($\lambda>1$)

Kicsi és közepes terhelés-tartományokban alkalmazzák 50°C-nál magasabb motorhőmérsékleten, 250-500°C-os NOx-tároló katalizátor esetén, ha nincs tárolt hiba.

A gázpedál majdnem teljesen felengedett és a közepesen benyomott helyzet között.

²⁷ Benzinmotorok irányító rendszerei 28. old. 3. ábra

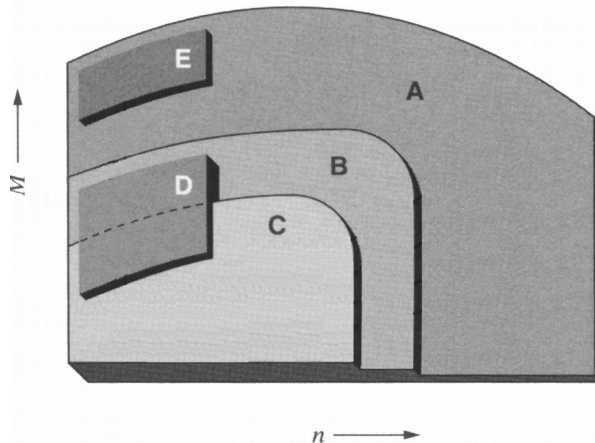
A fojtószelepet az ECU teljesen nyitja. A motor nyomatéka közepes vagy kicsi (minőségi szabályzással üzemel a motor).

Előnyös mert jó a kompresszió-viszony, kicsi a szívási munka, a levegőbe vagy füstgázba beágyazott keverékfelhő jól hőszigetelt.

Terheletlen állapot (alapjárat)

Ekkor a motor $\lambda = 1$ -el homogén keverékkel üzemel.

A közvetlen befecskendezéses rendszer alapüzemű és különleges üzemmódjai



- A – Homogén, $\lambda = 1$ keverék
- B – Homogén, szegény keverék füstgáz-visszavezetéssel vagy anélkül
- C – Rétegzett, szegény keverék füstgáz-visszavezetéssel vagy anélkül
- D – Homogén-rétegzett üzem
- E – Homogén kopogásvédett üzem

44. ábra. Az alapüzem és a különleges üzemmódok²⁸

Az üzemmód választás alapja az ún. üzemmód jellegmező, amiből az üzemmód koordinátor választ. A prioritáslistán különböző követelményeket értékelnek ki pl. motorindítás, fékszervo nyomás, hidegjáratás, katalizátorhevítés, NOx- katalizátor regenerálás, kéntelenítés, stb..

A – Homogén, $\lambda = 1$ keverék

Közepes és magas fordulatszám és nagy nyomatéki igény esetén alkalmazzák. A szívóütemben fecskendez. Hosszú keverékképzési idő, kis károsanyag emisszió. Hasonló, mint a szívócsatorna befecskendezés.

B – Homogén, szegény keverék füstgáz-visszavezetéssel vagy anélkül, $\lambda > 1$

Az „A és C” közötti átmenetben alkalmazzák. Mivel a fojtószelep közel teljesen nyitott kicsi a töltéscsere veszteség. A CO kevés ezért sok az NOx. (Ekkor a lambda a gazdaságos keveréknek felel meg.)

C – Rétegzett, szegény keverék füstgáz-visszavezetéssel vagy anélkül, $\lambda > 1$

Alacsony max. 3000 1/min fordulatilag, a sűrítési ütemben fecskendez, a levegő sodorja a keveréket a gyertyához, magas NOx (kevés CO), lehet nagy EGR, közepes nyomatéknál lehet sok korom a rossz keveredés miatt, magas fordulaton, erős örvénylés bizonytalan égés jellemzi. (EGR a platina kevésbé tudja az N₂-t oxidálni.)

D – Homogén-rétegzett üzem

Az első befecskendezés (kb. 75%) a szívó ütemben, az egész munkatérben homogén szegény keverék jön létre. A második befecskendezés a sűrítési ütemben a gyertya körül dús keveréket hoz létre. A „B és C” váltása közben, néhány ciklusig alkalmazzák.

²⁸ Benzinmotorok irányító rendszerei 28. old. 4. ábra

E – Homogén kopogásvédett üzem

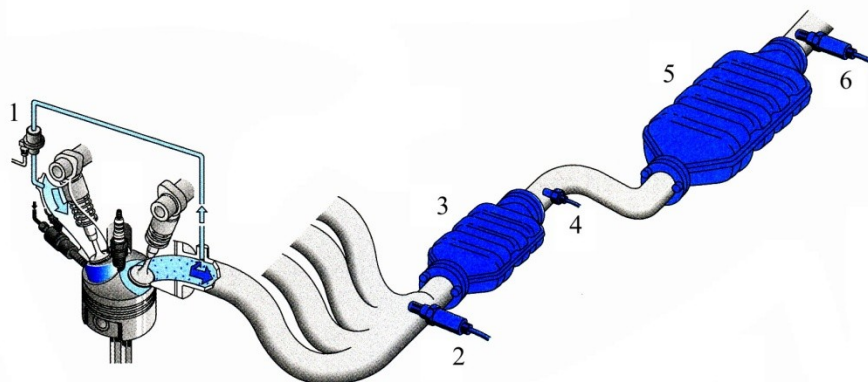
Dupla befecskendezés alkalmazásával elhagyható a gyújtáskésleltetés a tüzelőanyag párolgása hőelvonással jár.

F – Rétegzett, katalizátorhevítő üzem

A második befecskendezés a munkaütemben jön létre. Katalizátormelegítés, hidegjáratáskor vagy kéntelenítés a cél.

A kipufogógáz-tisztító rendszer

A katalizátoros károsanyag-emisszió csökkentő rendszer az alábbi ábrán látható szerkezeti egységekből áll. A motor-közeli (más elnevezéssel elő-) katalizátor (3) fő feladata a motorindítás utáni gyors bemelegedéssel a hidegjáratási szakaszban az emisszió csökkentés, és a hőtermelés. Ezáltal a főkatalizátor is hamarabb eléri a beindulási hőmérsékletet, ami természetesen szintén csökkenti a károsanyag kibocsátást.



45. ábra. Kipufogógáz-tisztító rendszer NO_x katalizátorral²⁹

1 Motor a füstgáz visszavezető rendszerrel, 2 Szélessávú lambda-szonda 3 Motor-közeli katalizátor, 4 Feszültséggenerátor ugrássonza (monitor-szonda) 5 NO_x tároló (főkatalizátor) 6 Kétpontos lambda-szonda NO_x szenzorral integrálva

A három komponensre ható elő-katalizátor mögött egy különleges, kettős feladatú főkatalizátort (5) találunk. Egyik feladata a fő károsanyag összetevők mennyiségének további csökkentése, a másik az NO_x időleges eltárolása. Mivel szegénykeverékes üzemben nem keletkezik elegendő CO az NO_x redukálására, ráadásul a platina (mint oxidációs katalizátoranyag) oxidálja az N₂ egy részét is, a szegénykeverékes üzemmódban az NO_x döntő hányadát el kell tárolni. Az NO_x tároló (Nitrogenoxide Storage Catalyst = NSC), nitrogénoxid abszorber, vagy NO_x csapda hatóanyaga általában BaO, ritkán KO. Mivel az NO_x csapdát a hármasszerű katalizátorral építik egybe, a platina, a ródium és a palládium mellett a felületnövelő rétegen a BaO is jelen van. A 36. ábrán megfigyelhetjük azt is, hogy a közvetlen befecskendezéses rendszereknél, legtöbbször nem találunk szekunderlevegő bevezető rendszert, mivel e befecskendező rendszer szükség esetén létre tud hozni katalizátorhevítő üzemmódot is.

Az NO_x tároló katalizátor működése

A NO_x –tárolós eljárás lényege az, hogy az eljárás aktív betétanyagának felületén NO₂-vé oxidálja a kipufogógáz NO_x -ét, és bárium-só formájában tárolja azt. Az átalakulásakor az O₂ egy része a kipufogógáz koromrészecskéinek egy részével CO₂-vé oxidálódik. A többségük azonban a szűrőben ülepedik le. A leülepedett részecskéket a motorirányító egység gázolaj-befecskendezéssel tisztítja meg.

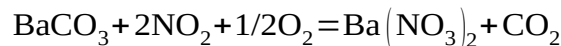
²⁹ Forrás: Bosch

kendezéssel regenerálja. Ennek során nagy koncentrációjú CO és HC keletkezik, a jelen lévő aktív oxigén, az N₂-nél aktívabb szenet CO₂-vé oxidálja úgy, hogy a szűrőben visszamaradt részecskék CO₂-vé égnek el. NO_x -tároló katalizátorral 70 % körüli NO_x -csökkenés érhető el.

A nitrogén-oxid tárolás folyamata

A katalizátor kémiai anyagai nagy affinitást mutatnak az NO_x iránt. Ilyen anyag pl. a bárium-karbonát (BaCO₃). Ebben a folyamatban az NO nem, csak az NO₂ tárolható el, ezért a kipufogógáz NO tartalmát egy előbb elhelyezett oxidációs katalizátorban NO₂-vé kell alakítani.

A tárolási folyamatban az NO₂ és a kipufogógázban lévő oxigén reakcióba lép a bárium –karbonáttal:



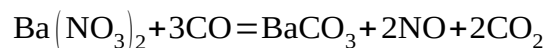
A katalizátorban eltárolt NO₂ mennyiség (a túltöltöttség) felismerése történhet:

- Matematikai modell alapján,
- Egy NO_x – szenzor méri a katalizátor után a nitrogén-oxid koncentrációt.

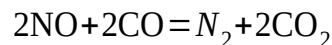
Az eltárolt nitrogénvegyületek átalakítása, (regeneráció)

A tárolási szakasz után a katalizátort regenerálni kell, azaz az eltárolt nitrogénvegyületeket el kell távolítani, és nitrogénné kell alakítani. Redukáló anyagként a kipufogógázban lévő CO, HC és H₂ használható.

Első lépésben a szén-monoxiddal történő redukálás folyamata játszódik le:



Második lépésben az NO-t a katalizátor ródium bevonata N₂-vé ill. CO₂-vé alakítja



A folyamathoz kénmentes tüzelőanyagra van szükség.

A rétegezett és a homogén keverékű üzemmód összehasonlítása.

NO_x -szenzor

Az NO_x -szenzor érzékeli a füstgáz nitrogénoxid tartalmát. Ha az számottevően megnövekszik, az ECU jelzést kap arra vonatkozóan, hogy az NO_x tároló katalizátor megtelt és kezdődhet a regenerálás.

Az NO_x-szonda egy áramszonda, amely a kipufogógáz pillanatnyi NO_x tartalmától függő áramjelet állít elő. A µA nagyságú szondaáram és a szonda táplálása miatt, általában a szonda közelében egy saját ECU-t helyeznek el, amely közvetlenül, vagy CAN-en keresztül kommunikál a motor ECU-val.

A rétegezett és a homogén keverékű üzemmód összehasonlító táblázata

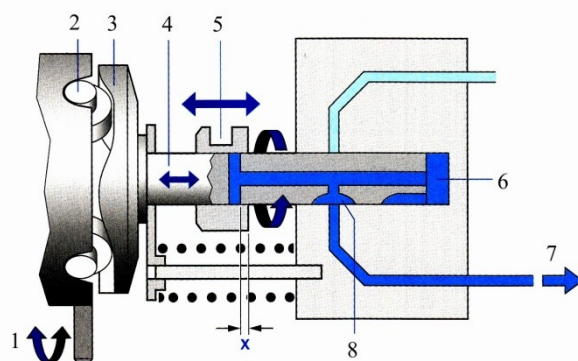
Üzemmód megnevezése	Rétegezett keverékű üzemmód	Homogén keverékű üzemmód
Fojtószelepállás	Fojtószelep teljesen nyitva	A fojtószelep a terhelésnek megfelelő helyzetben

Légviszony	$\lambda > 1$	$\lambda = 1$
A befecskendezés időzítése	Befecskendezés a sűrítési ütem végén	Befecskendezés a motor szívó ütemében
A dugattyú mozgása	A dugattyú felfelé mozog	A dugattyú lefelé mozog

3.5 A dízelmotorok tüzelőanyagellátó-rendszerei

3.5.1 Forgóelosztós befecskendező szivattyúk

A forgóelosztós befecskendező szivattyúk jellemzője, hogy egyetlen szivattyúelem végzi minden henger tüzelőanyag-ellátását. A szárnylapátos tápszivattyú szállítja a tüzelőanyagot a belső nagynyomású térbe. A magas-nyomás létrehozása axiális dugattyún keresztül történik. Egy forgó központi elosztódugattyú nyitja és zárja a szabályozó rések (8) és furatokat és így osztja el a tüzelőanyagot a motor egyes hengereihez. A befecskendezési mennyiséget szabályozó tolattyú szabályozza.



46. ábra. Az élvezérlésű, axiáldugattyús befecskendező szivattyú működési elve³⁰

1 Befecskendezés állítása, 2 Görgő, 3-Lökettárcsa, 4 Axiális dugattyú, 5 Szabályozó tolattyú, 6 Nagynyomású tér, 7 Tüzelőanyag a befecskendező szelephez, 8 vezérlőrés, x Hasznos löket

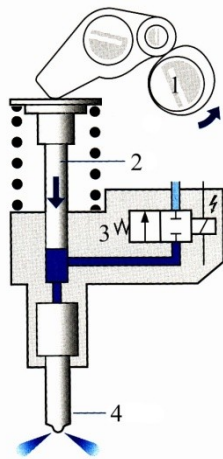
A motor egy forgó lökettárcsát hajt meg. A bütykemelések száma a lökettárcsán megfelel a motorhengerek számának. Ezek legördülnek a görgős gyűrű görgőin és az elosztó dugattyún a forgómozgás mellett emelőmozgást hoznak létre.

3.5.2 Külső meghajtású egyedi adagoló porlasztók

Az adagoló porlasztókat közvetlenül a motor vezérműtengelye hajtja. A motor vezérműtengelyén a motor szelepvezérlésére szolgáló bütykök mellett megtalálhatók az adagolóporlasztó működtetéséhez szolgáló bütykök is. Ezeket a rendszereket általában haszongépjármű dízelmotorokon alkalmazzák.

Adagoló porlasztó egység

³⁰ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 23. old. 2. ábra



- 1 - Működtető bütyök
- 2 - Az adagoló dugattyúja
- 3 - Nagynyomású mágnes szelep
- 4 - Befecskendező fűvóka

47. ábra. Adagoló-porlasztó egység³¹

Az adagoló-porlasztók működési módja lényegileg megegyezik a soros befecskendező szivattyúéval. Az adagolóporlasztó egység (Unit Injector System) esetében a befecskendező szivattyú és a porlasztó-fűvóka közös egységet alkot. Minden egyes hengerhez a motorban egy adagoló-porlasztó egységet szerelnek be a hengerfejbe. Ezt a motor vezérműtengelye, vagy közvetlenül egy nyomórúd, vagy egy himba működteti. Az adagoló-porlasztó integrált építési módjának köszönhetően nincs szükség a többi dízel befecskendező rendszerben alkalmazott nagynyomású vezetékre a befecskendező szivattyú és a porlasztó-fűvóka között. Ezért az adagolóporlasztó egység rendszert lényegesen magasabb befecskendezési nyomáson lehet működtetni. A maximális befecskendezési nyomás jelenleg 2200 bar (haszonjárművek esetén). Az adagoló-porlasztó egység elektronikus vezérléssel működik. A befecskendezés kezdetét és időtartamát a motorvezérlő számítja ki és nagynyomású mágnes szelepeken keresztül vezérli.

Adagoló-porlasztó-nyomócső egység

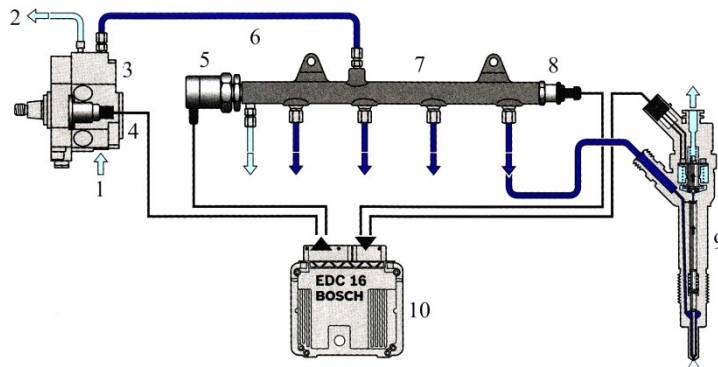
A moduláris adagolóporlasztó-nyomócső egység (UPS ill. PLD) ugyanolyan eljárás szerint működik, mint az adagoló-porlasztó egység), de azzal ellentétben a fűvókatartó kombináció és a befecskendező szivattyú egy rövid, az alkatrészeknek megfelelő nagynyomású vezetékkel vannak összekötve. A nagy nyomás létrehozásának és a fűvókatartó-kombinációnak a szétválasztása egyszerűbb felszerelést tesz lehetővé a motoron.

A motorban minden egyes hengerhez egy adagoló egység (adagoló, vezeték és fűvókatartó szerkezet) kerül beépítésre, melyet a motor vezérműtengelye hajt meg. Az adagolóporlasztó-nyomócső egységnél is gyorsan kapcsoló, nagynyomású mágnes-szeleppel elektronikusan vezérlik a befecskendezés kezdetét és időtartamát.

3.5.3 Közös nyomócsöves rendszer (CR)

A közös nyomócsöves (Common Rail), nagynyomású tároló és befecskendező rendszernél a nyomás létrehozása és a befecskendezés egymástól függetlenül történik, tárolt mennyiséggel, mely a közös elosztócsőből (Common Rail) és a befecskendező szelepekből áll. A befecskendezési nyomást a motor fordulatszámától és a befecskendezési mennyiségtől teljesen függetlenül hozza létre egy nagynyomású szivattyú. A rendszer ezzel nagy flexibilitást nyújt a befecskendezés terén.

³¹ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 25. old. 4. ábra



48. ábra. Közös nyomócsöves rendszer³²

- 1 Elő-tápszivattyútól, 2 Tüzelőanyag visszafolyás, 3 Nagynyomású szivattyú, 4 Mennyiség szabályzó,
5 Nyomásszabályzó, 6 Nagynyomású csővezeték, 7 Elosztócső (Rail),
8 Nyomásérzékelő, 9 Befecskendező szelep, 10 Motorvezérlő (EDC)

A nyomásszint ilyenkor 1600 bar (szgk.) ill. 1800 bar (haszonjárművek) lehet.

Általában egy görgőcellás elő-tápszivattyú tüzelőanyagot továbbít vízleválasztós szűrőn keresztül a nagynyomású szivattyúhoz. A nagynyomású szivattyú biztosítja az állandó magas tüzelőanyag nyomást az elosztócsőben.

A befecskendezés időpontját és mennyiségét, valamint az elosztócső nyomását az elektronikus dízelvezelés (EDC, Electronic Diesel Control) határozza meg a motor üzemi állapotától és a környezeti feltételektől függően.

A befecskendezett tüzelőanyag mennyiségét a nyomás és a befecskendező szelep nyitvatartási ideje együttesen határozza meg. A nyomásszabályozó szelep, mely a felesleges tüzelőanyagot visszavezeti a tüzelőanyag-tartályba, szabályozza a nyomást. Az újabb generációs Common Rail rendszerekben a befecskendezést az elő-tápszivattyú szállítási teljesítményének szabályozásával változtatják.

A befecskendező szelepek (injektorok) az elosztócsőhöz rövid nyomócsővel csatlakoznak. A korábbi generációs közös nyomócsöves rendszerekben mágnes szelepes befecskendező szelepeket alkalmaztak, míg a legújabb rendszerekben piezo befecskendező szelepek működnek. Ezeknél a mozgatott tömeg és a belső súrlódás csökkentett, aminek köszönhetően nagyon rövid kapcsolási idővel történhet a befecskendezés. Ennek a károsanyag-kibocsátásra gyakorolt hatása nagyon kedvező.

A dízelmotorok befecskendező rendszereivel szemben támasztott követelmények:

- Környezetvédelmi követelmények
- Takarékosabb üzem
- Nagyobb motorteljesítmény
 - Üzemállapothoz illesztett befecskendezési nyomás (200... 1800 bar)
 - Változtatható befecskendezés-kezdés
 - Lehetőleg több elő- és utó-befecskendezés

Alkalmazási területek:

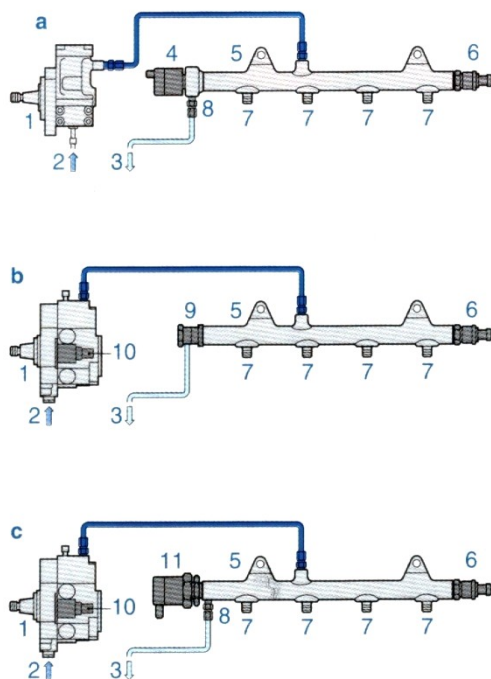
³² Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 26. old. 6. ábra

- *Személygépkocsi motorokon:* (30 kW teljesítményű, 100 Nm forgatónyomatékú motoroktól egészen a felsőkategóriás 180 kW teljesítményű és 560 Nm forgatónyomatékot leadó nyolchengeres motorjáig.
- *Könnyű haszongépjárműveken:* egészen 30 kW/henger teljesítményig.
- *Nehéz-tehergépkocsikon,* mozdonyokon és hajókon, egészen 200 kW/henger teljesítményig.

A common-rail rendszert az alábbi fő részegységek alkotják:

- *Kisnyomású rendszer* a tüzelőanyag-ellátás elemeivel,
- *Nagynyomású rendszer* a nagynyomású szivattyúval, rail-csővel, az injektorokkal és a nagynyomású tüzelőanyag-vezetékkel,
- *Elektronikus dízel szabályozás (EDC)* érzékelőkkel, vezérlőegységgel és beavatkozó szervekkel.

Nyomásszabályzás a common-rail rendszereknél:



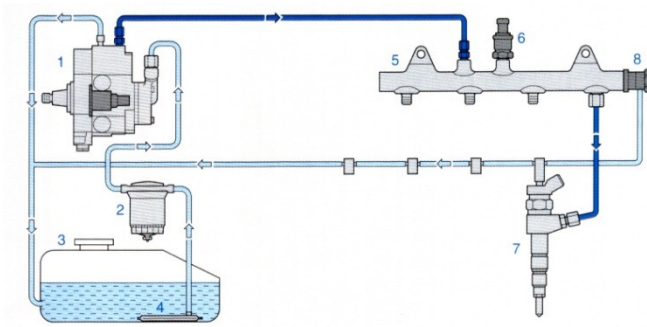
- 1 – Nagynyomású szivattyú
- 2 – Tüzelőanyag-betáplálás
- 3 – Tüzelőanyag-visszafolyás
- 4 – Nyomásszabályzó-szelep
- 5 – Rail-cső
- 6 – Rail-nyomás érzékelő
- 7 – Injektor csatlakozó csomópont
- 8 – Tüzelőanyag visszafolyás
- 9 – Nyomáskorlátozó szelep
- 10 – Adagolóegység
- 11 – Nyomásszabályzó-szelep

49. ábra. A nyomásszabályozás lehetőségei a CR rendszereknél³³

- Nagy nyomás oldalon végzett szabályozás nyomásszabályzó szeleppel (személygépkocsiknál)
- Szívóoldalon végzett nyomásszabályozás a nagynyomású szivattyúra épített adagolóegységgel (személygépkocsik és haszongépjárművek részére)
- Szívóoldalon végzett nyomásszabályozás adagolóegységgel, nyomásszabályzó-szeleppel kiegészítve (személygépkocsikhoz)

³³ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 6. old. 3. ábra

Második generációhoz tartozó common rail rendszer

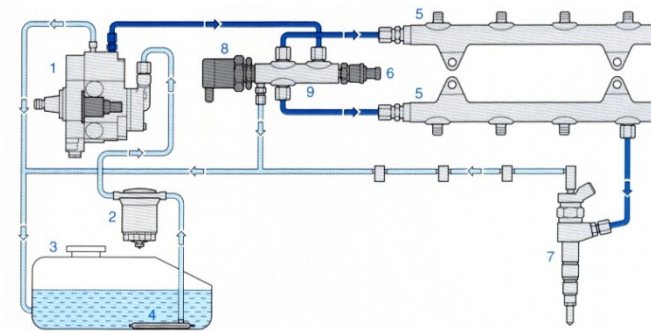


- 1 – CP3 nagynyomású szivattyú
- 2 – Tüzelőanyag-szűrő
- 3 – Tüzelőanyag-tartály
- 4 – Előszűrő
- 5 – Rail-cső
- 6 – Rail-nyomás érzékelő
- 7 – Mágnesszelep-vezérelt injektor
- 8 – Nyomáskorlátozó szelep

50. ábra. A második generációhoz tartozó CR rendszer³⁴

A rail-nyomást az alacsony nyomású oldalon állítják be, az adagolóegységen keresztül.

Második generációhoz tartozó, két szabályzó elemes common rail rendszer

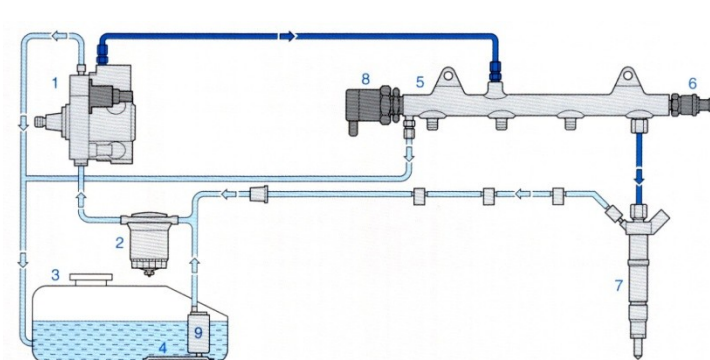


- 1 – CP3 nagynyomású szivattyú
- 2 – Tüzelőanyag-szűrő
- 3 – Tüzelőanyag-tartály
- 4 – Előszűrő
- 5 – Rail-cső
- 6 – Rail-nyomás érzékelő
- 7 – Mágnesszelep-vezérelt injektor
- 8 – Nyomásszabályozó szelep
- 9 – Funkcionális csoport

51. ábra. Két szabályzóelemes CR rendszer³⁵

Terhelés-csökkenés esetén túl hosszú időt venne igénybe a nyomás lecsökkentése a rail-ben, ezért a nagynyomású rendszerben is alkalmaznak nyomásszabályozó szelepet.

Harmadik generációhoz tartozó, két szabályzó elemes common rail rendszer



- 1 – CP1H nagynyomású szivattyú
- 2 – Tüzelőanyag-szűrő
- 3 – Tüzelőanyag-tartály
- 4 – Előszűrő
- 5 – Rail-cső
- 6 – Rail-nyomás érzékelő
- 7 – Piezo-inline injektor
- 8 – Nyomásszabályozó szelep
- 9 – Tüzelőanyag- szivattyú

52. ábra. Harmadik generációs CR rendszer³⁶

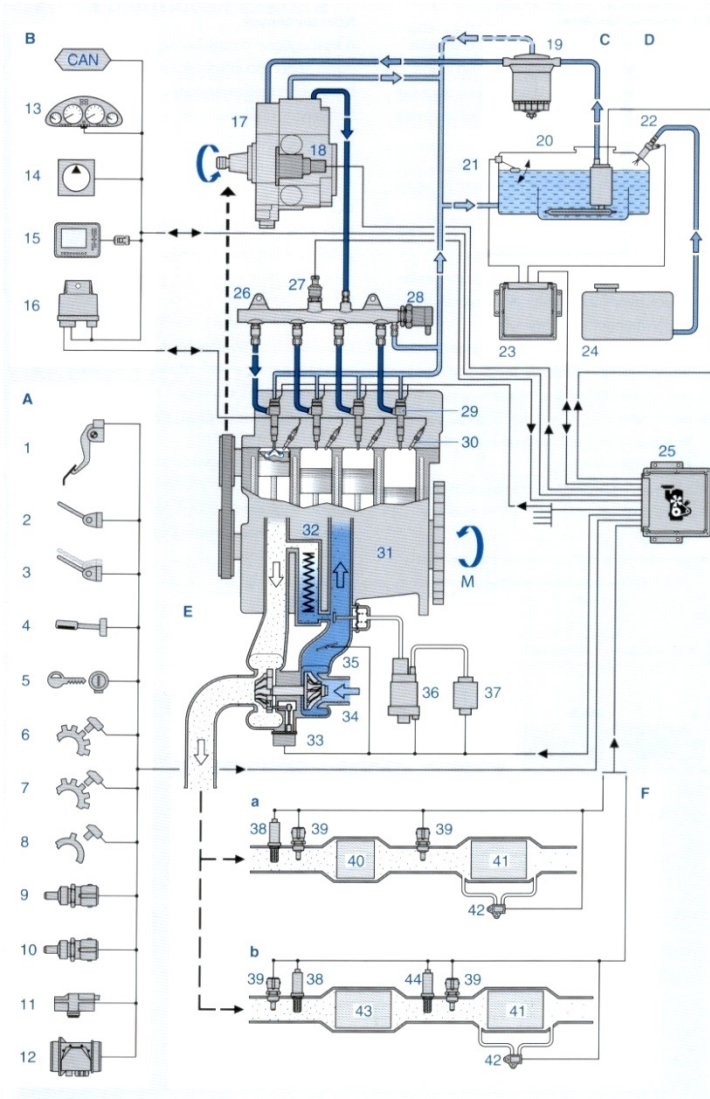
Kizárólag az alacsony oldalon való szabályzáshoz képest előny, hogy hideg üzemmódban teljesen át lehet állni a nagy-nyomású szabályzásra. A nagynyomású szivattyú ilyenkor többet szállít, mint amennyit a rendszer felhasznál, a nyomás beállítását nyomásszabályozó szelep végzi. A tüzelőanyag fölmelegszik, és fűtéséről nem kell gondoskodni.

³⁴ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 11. old. 1. ábra

³⁵ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 11. old. 2. ábra

³⁶ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 11. old. 3. ábra

Bosch közös nyomásterű dízelbefecskendező rendszer blokkvázlata



53. ábra. Személygépkocsi CR rendszere³⁷

Motor, motorvezérlés és a befecskendezés nagy-nyomású elemei

- 17 – Nagynyomású szivattyú
- 18 – Mennyiség szabályozó egység
- 25 – Motor-vezérlőegység
- 26 – Rail-cső
- 27 – Rail-nyomás érzékelő
- 28 – Nyomásszabályzó-szelep
- 29 – Injektor
- 30 – Csapos izzógyertya
- 31 – Dizelmotor

A Szenzorok

- 1 – Gázpedál-érzékelő
- 2 – Tengelykapcsoló helyzetérzékelő
- 3 – Fékkapcsoló érintkező
- 4 – Menetsebesség-szabályozó
- 5 – Gyújtáskapcsoló
- 6 – Menetsebesség-szenzor
- 7 – Fordulatszám-érzékelő
- 8 – Vezérműtengely helyzetérzékelő
- 9 – Motorhőmérséklet-érzékelő
- 10 – Levegőhőmérséklet-érzékelő
- 11 – Turbónyomás-érzékelő
- 12 – Hőfilmes légtömegáram-mérő

B Interfészek

- 13 – Műszerfal
- 14 – Klímakompresszor kezelőszervei
- 15 – Diagnosztikai interfész
- 16 – Izzítás vezérlő-berendezés
- CAN – Soros adatbusz

C Tüzelőanyag-ellátás

- 19 – Tüzelőanyag-szűrő
- 20 – Tüzelőanyag-tartály
- 21 – Tüzelőanyag-szint-jelző

D Additív rendszer

- 22 – Additív adagoló egység
- 23 – Additív vezérlőegység
- 24 – Additív tartály

E Levegőellátás

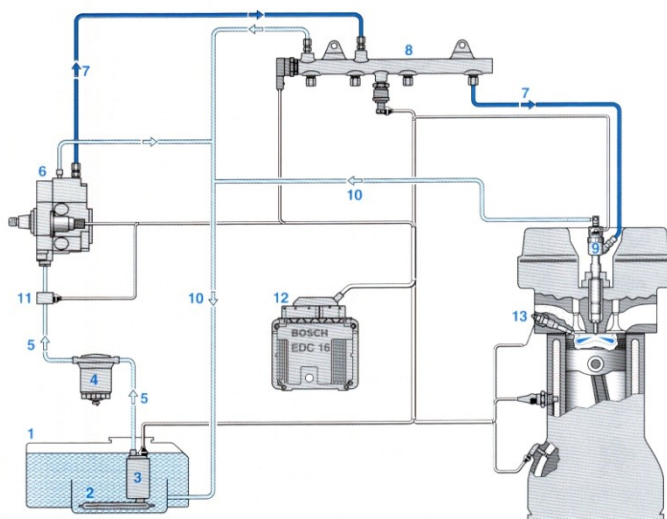
- 32 – Visszavezetett kipufogógáz hűtője
- 33 – Feltöltő nyomás-állító
- 34 – Turbófeltöltő
- 35 – Szabályozó csappantyú
- 36 – EGR-állítómű
- 37 – Vákuumszivattyú

F Kipufogógáz utókezelés

- 38 – Szélessávú lambda-szonda
- 39 – Kipufogógáz hőmérséklet-érzékelő
- 40 – Oxidációs katalizátor
- 41 – Részecskeszűrő
- 42 – Nyomáskülönbség-szenzor
- 43 – NO_x - katalizátor
- 44 – NO_x - érzékelő

³⁷ Személygépkocsi CR rendszere 13. old.

Tüzelőanyag-ellátás – kisnyomású rész

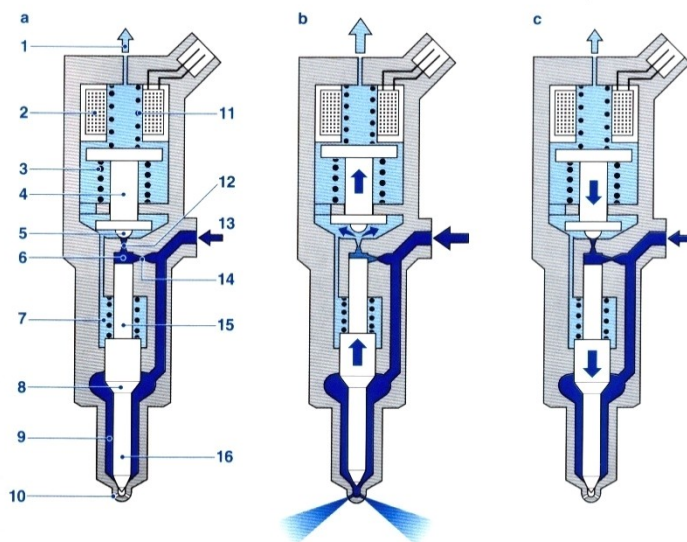


54. ábra. Kisnyomású rendszer³⁸

- 1 – Tüzelőanyag-tartály
- 2 – Előszűrő
- 3 – Elő-tápszivattyú
- 4 – Tüzelőanyag-szűrő
- 5 – Tüzelőanyag-vezeték
- 6 – Nagynyomású szivattyú
- 7 – Nagynyomású tüzelőanyag-vezeték
- 8 – Rail-cső
- 9 – Injektor
- 10 – Visszafolyó vezeték
- 11 – Tüzelőanyag hőmérséklet-érzékelő
- 12 – Vezérlőegység
- 13 – Csapos izzógyertya

Tüzelőanyag-ellátás – nagynyomású részegységei

Mágnesszelep-vezérelt injektor



55. ábra. Az injektor működési fázisai³⁹

- 1 – Tüzelőanyag visszafolyás
- 2 – Mágnes tekercs
- 3 – Túllendülési rugó
- 4 – Mágneses mozgórész
- 5 – Szelepgolyó
- 6 – Szelep vezérlőkamrája
- 7 – Fúvókarugó
- 8 – Nyomófelület a fúvókatún
- 9 – Nyomókamra
- 10 – Befecskendező furat
- 11 – Mágnes szelep rugója
- 12 – Kimenő fojtás
- 13 – Nagynyomású csatlakozó
- 14 – Bemelő fojtás
- 15 – Szelepdugattyú
- 16 – Fúvókatú

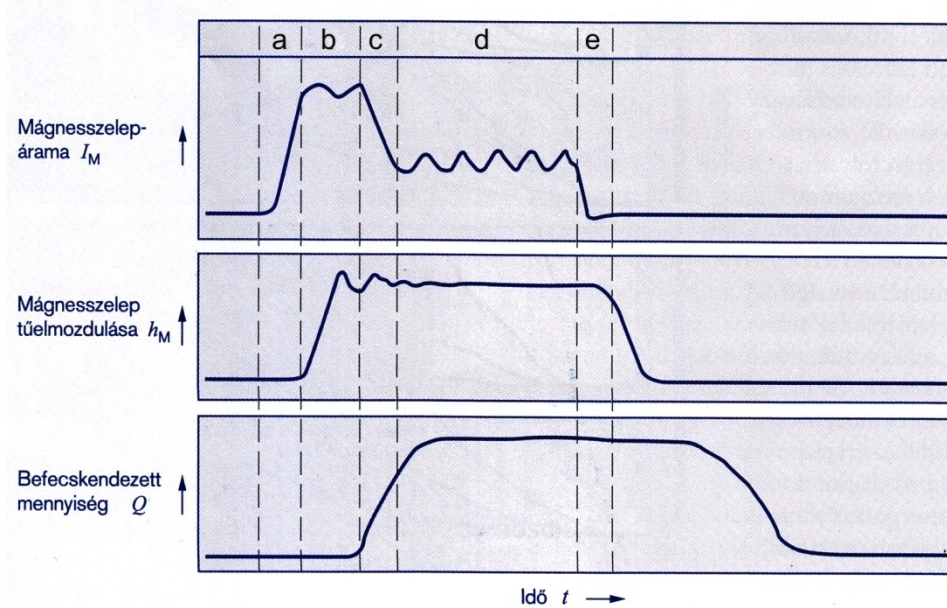
Működése

- a) Injektor zárva: nyugalmi állapotban nem kap vezérlést. Ekkor a szelep vezérlőkamrájában felépül a rail-nyomás. A fúvókatú zárva van.
- b) Az injektor nyit: A nyomás lecsökken a szelep vezérlőkamrájában, a szeleptű kinyit és megkezdődik a befecskendezés. A befecskendezett tüzelőanyag-mennyiségét a rail-nyomás és a mágnes szelep kapcsolási ideje határozza meg.
- c) Az injektor zár: a mágnes szelep vezérlésének megszűnésével a szeleprugó a mozgórészt lefelé nyomja, a szelep-golyó rázáródik a kilépő fojtásra. A fúvókatú lezár.

³⁸ Személygépkocsi CR rendszere 18. old. 1. ábra

³⁹ Személygépkocsi CR rendszere 28. old. 1. ábra

A mágnesszelep-vezérelt injektorok vezérlése



56. ábra. Az injektor vezérlése⁴⁰

Nyitási szakasz (a tartomány)

A mágnes szelepek nyitásához az áramerősségnek először egy nagyon meredek, pontosan definiált felfutó éllel kell hozzávetőleg 20 A-os szintre növekednie. Ezt az akár 50 V-ot is elérő indítófeszültséggel lehet elérni. Ezt a feszültséget a vezérlőegység állítja elő, és egy kondenzátorban tárolja.

Behúzási szakasz (b tartomány)

A behúzó áram szakasza alatt a mágnes szelep az akkumulátortól kap tápellátást. Ez elősegíti a gyorsabb nyitást. A behúzó áramot áramkorlátozással 20 A-os értéken határolják.

Tartóáram szakasza (c, d tartomány)

A tartóáram szakaszában az áramerősséget hozzávetőleg 13 A-ra csökkentik, hogy mérsékeljék a vezérlőegységben és az injektorban hővé alakuló energiaveszteséget. A behúzó áramnak a tartóáram szintjére süllyedésekor feszültség indukálódik. Ezzel a feszültséggel töltik fel a tároló kondenzátorokat.

Lekapcsolás (e tartomány)

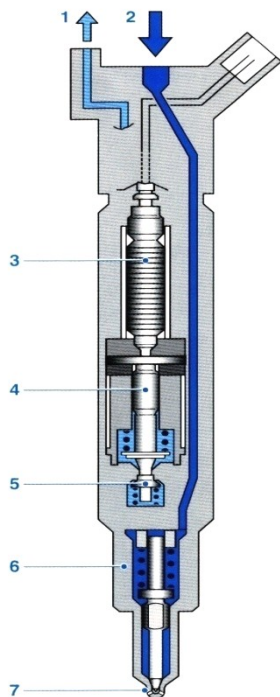
Amikor az injektor zárásához a vezérlőegység kikapcsolja az áramot, szintén energia szabadul fel. Ezt az energiát is az indítófeszültség tároló kondenzátorába vezetik.

Utántöltés a feszültségnövelő egységgel

A tároló kondenzátor utántöltését a vezérlőegységbe integrált feszültségnövelő egység végzi. Már a behúzási szakasz előtt meg kell történnie a nyitásnál kivett energia utántöltésének. Ez mindaddig tart, míg a kondenzátorban felhalmozódik a mágnesszelep nyitásához szükséges energiamentiség.

⁴⁰ Személygépkocsi CR rendszere 32. old. 1. ábra

Piezo-inline injektor felépítése



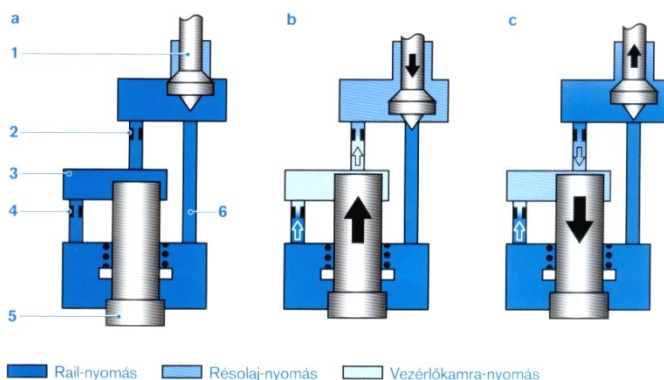
- 1 – Tüzelőanyag visszafolyás
- 2 – Nagynyomású csatlakozó
- 3 – Piezo állítóelem
- 4 – Hidraulikus csatoló
- 5 – Szervoszelep
- 6 – Fúvókamodul fúvókatúvel
- 7 – Befecskendező furat

Eltérő sajátosságok:

- A mechanikus erők mellőzése a fúvókatúnél.
- A mozgató tömegek és a súrlódás csökkent (kisebb az elhangolódási veszély).
- Rövid vezérlési idők (150 μ s).
- Nincs közvetlen szivárgás a nagynyomású és a kisnyomású oldal között.

57. ábra. A piezo-inline injektor felépítése⁴¹

A szervószelep (vezérlőszelep) működése



- a – Kiindulási helyzet
- b – Fúvókatú nyit
- c – Fúvókatú zár

- 1 – Szervószelep
- 2 – Kimeneti fojtás
- 3 – Vezérlőkamra
- 4 – Bemeneti fojtás
- 5 – Fúvókatú
- 6 – Megkerülő csatorna

58. ábra. A szervoszelep működése⁴²

A fúvókában lévő fúvókatút egy szervoszelep vezérli. A kívánt befecskendezett mennyiség így a szelep vezérlési idejével szabályozható. Nem vezérelt állapotban a meghajtó elem kiindulási helyzetben van. Ez azt jelenti, hogy ekkor a nagynyomású kör el van választva a kisnyomású körtől. A fúvókát a vezérlőkamrában (3) uralkodó rail-nyomás zárva tartja. A piezo működtető elem vezérlésével kinyit a szervoszelep és lezárja a megkerülő csatornát. A kilépő (2) és a belépő (4) fojtófuratok átfolyási mennyiségei közötti különbség hatására lecsökken a nyomás a vezérlő kamrában, a fúvóka (5) pedig kinyit. A zárási folyamathoz az elektromos elemet ki kell sütni, ennek hatására a szervoszelep újra kinyitja a megkerülő csatornát. A vezérlőkamrában újra megnő a nyomás, a fúvókatú lezár.

⁴¹ Személygépkocsi CR rendszere 34. old. 5. ábra

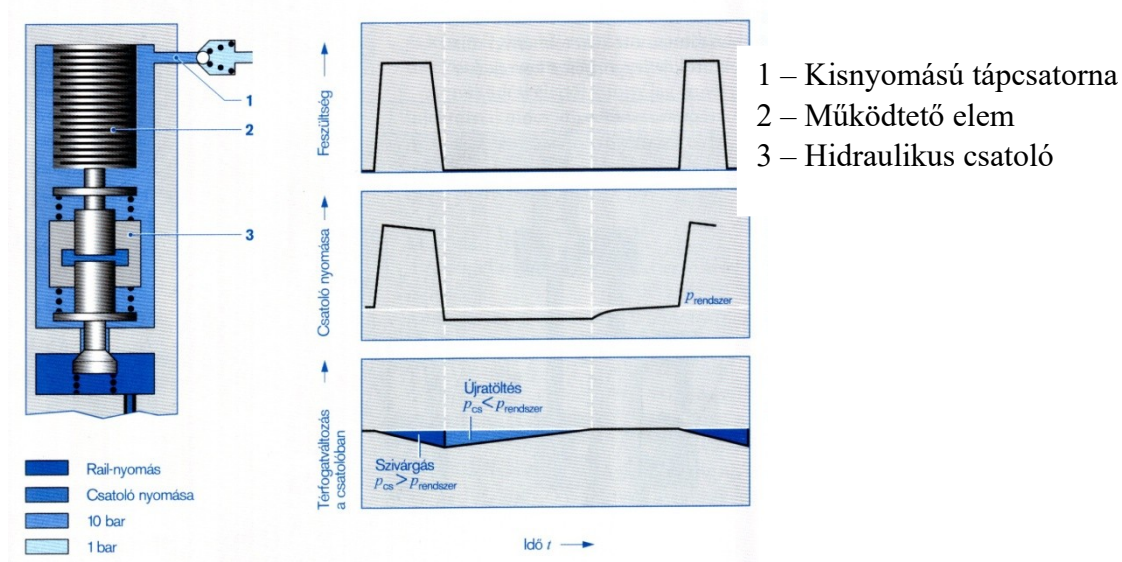
⁴² Személygépkocsi CR rendszere 35. old. 6. ábra

Hidraulikus csatoló

Feladata:

- A működtető elem löketének áttételezése és felerősítése
- A működtető elem és a szervoszelep között esetleg jelenlévő holtjáték kiegyenlítése, pl. a hőtágulás miatt
- Vészleállítási funkció (egy esetleges elektromos hiba esetén a befecskendezés önműködő leállítása).

Szerkezeti felépítése:



59. ábra. A hidraulikus csatoló⁴³

Működése:

A működtető modult és a hidraulikus csatolót dízel tüzelőanyag veszi körül, ennek nyomása kb. 10 bar.

A működtető elem nem vezérelt állapotában, a hidraulikus csatolóban lévő nyomás és a környezeti nyomás között egyensúly van. A hőmérsékleti hatások következtében fellépő hosszváltozásokat a két dugattyú perselyeinek csekély résveszteségei egyenlítik ki, így a működtető elem és a kapcsolószelep között minden pillanatban erőzáró kapcsolat van.

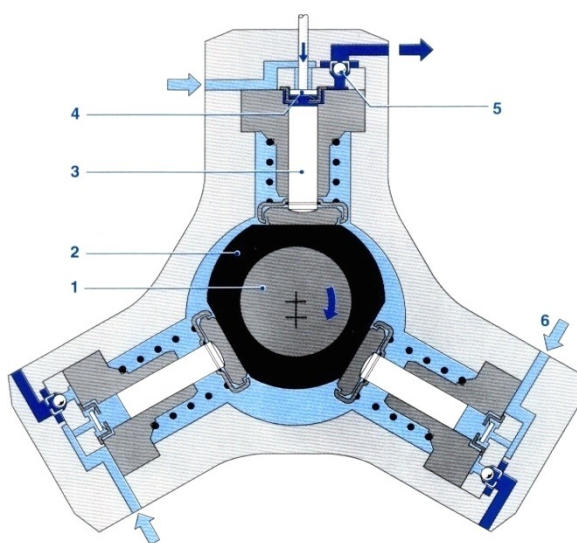
Egy befecskendezési folyamat beindítására, a működtető elemre mindaddig kell feszültséget kapcsolni (110...150V), amíg a keletkező erő túllépi a kapcsolószelep és a működtető elem közötti erőegyensúlyt. Ezáltal a csatolóban megnő a nyomás, egy csekély résolaj pedig, a dugattyú vezető perselyén keresztül kifolyik a csatolóból az injektor alacsony nyomású körébe. A csatolóban ilyenkor létrejövő nyomásesésnek akár több milliszekundumig tartó vezérlési idő esetén sem lesz hatása az injektor működésére. A befecskendezési folyamat végeztével a csatolóból hiányzó mennyiség a dugattyú vezető perselyének illesztési hézagán, a nyomáskülönbség hatására kiegyenlítődik.

⁴³ Személygépkocsi CR rendszere 36. old. 8. ábra

A piezo-inline injektorok előnyei:

- Lehetséges a többszörös befecskendezés, a befecskendezés kezdetének és az egyes részbefecskendezések közötti időtartam rugalmas megválasztásával;
- Az előbefecskendezés során nagyon kis mennyiségek is vezérelhetők;
- Az injektornak kisebb a beépítési mérete és tömege (270 gramm, szemben a 490 grammal);
- Alacsony zajszint (-3dB(A));
- Kisebb fogyasztás (-20 %);
- Csökkentett emissziós értékek;
- Motorteljesítmény növekedés (+7 %).

Nagynyomású szivattyú (CPI radiál-dugattyús szivattyú)



- 1 – Hajtótengely
- 2 – Excenter
- 3 – Adagolóelem dugattyúval
- 4 – Beszívó szelep (bemenő szelep)
- 5 – Kilépő szelep
- 6 – Tüzelőanyag bevezetés

60. ábra. CPI radiál-dugattyús szivattyú⁴⁴

A hajtótengely az excenter közvetítésével az excenter emelkedésének megfelelő löketű mozgásba hozza a dugattyúkat.

A tüzelőanyag a nagynyomású szivattyú szívószelepén (4) keresztül jut az adott dugattyúelem terébe, miközben a dugattyú lefelé mozog (szívólöket).

Miután a dugattyú túllépi az alsó holtpontját, a szívószelep bezár. Ekkor a nyomás az elő-tápszivattyú által biztosított értékről tovább növekszik. Az így felépített nyomás akkor nyitja a kilépő szelepet (5), amikor elérte a rail-ben lévő nyomást.

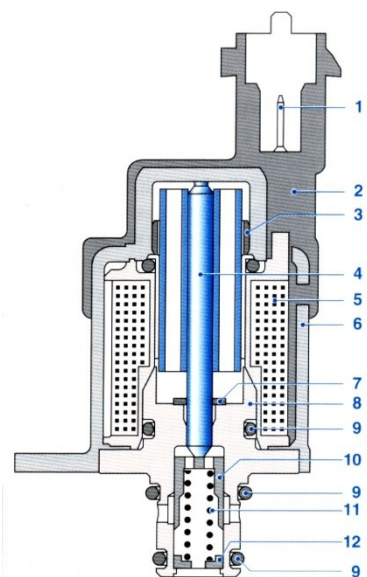
A dugattyúelem mindaddig szállít, amíg az eléri a felső holtpontját.

Amennyiben az elem dugattyú fölött a tüzelőanyag nyomása a tápnyomás alá csökken, újra kinyitja a szívószelepet és a folyamat megismétlődik.

Részterheléskor a hajtóteljesítmény csökkentése érdekében egy elem a szívószelepet kitámasztásával lekapcsolható.

Mennyiség szabályzó szelep szerkezeti felépítése

⁴⁴ Személygépkocsi CR rendszere 36. old. 8. ábra



- 1 – Elektromos csatlakozó
- 2 – Elektromágnes háza
- 3 – Persely
- 4 – Mozcórész lökórúddal
- 5 – Tekercs
- 6 – Fazék
- 7 – Maradék-légrés alátét
- 8 – Mágnesvasmag
- 9 – O-gyűrű
- 10 – Túlfolyó-szelep
- 11 – Rugó
- 12 – Biztosító elem

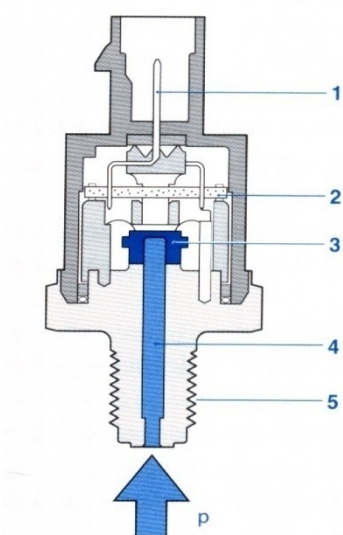
61. ábra. Mennyiség szabályzó szelep⁴⁵

Működése

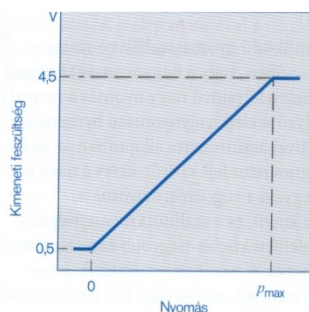
A hatásfok növelését úgy lehet elérni, hogy a nagynyomású szivattyú mennyiség szabályozását a tüzelőanyag belépő oldalán végzi a rendszer. Ennek során a szivattyúelemhez folyó tüzelőanyag mennyiségét egy fokozat-mentesen szabályozható mágnes szelep határozza meg.

Ez a szelep a rail-csőbe továbbított tüzelőanyag-mennyiséget a rendszer szükségleteihez igazítja. Ezzel csökken a szivattyú hajtásához szükséges teljesítmény és tüzelőanyag sem melegszik túl. A mágnes szelepet impulzusszélesség modulált jel (kitöltési tényező) segítségével vezérlik.

Nagynyomású érzékelő és jelleggörbéje



- 1 – Elektromos csatlakozó
- 2 – Kiértékelő kapcsolás
- 3 – Acélmembrán nyúlásmérő bélyegekkel
- 4 – Mérőcsatlakozó
- 5 – Menet



62. ábra. Nagynyomású érzékelő⁴⁶

Működése:

⁴⁵ Személygépkocsi CR rendszere 43. old. 4. ábra

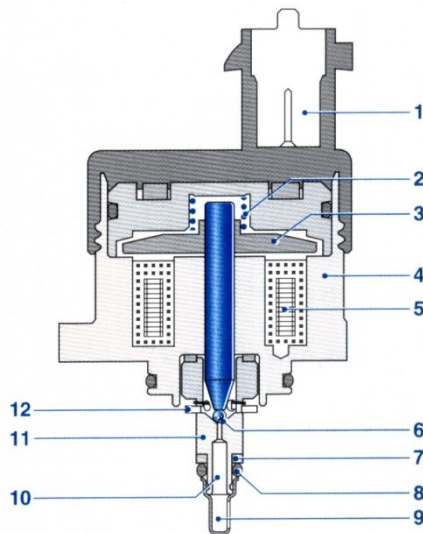
⁴⁶ Személygépkocsi CR rendszere 43. old. 4. ábra

A dízel rail-nyomás érzékelő a tüzelőanyag elosztó csőben kialakuló nyomást méri.

A tüzelőanyag nyomást szabályzó kör állítja be.

A szenzor központi eleme egy acélmembrán, amelyre hídba kapcsolt nyúlásmérő bélyegeket gőzölnek fel. A szenzor méréstartománya a membrán vastagságától függ. Amint a hidraulikus csatlakozón keresztül a mérendő nyomás hatni kezd a membrán egyik oldalára, a membrán alakváltozása miatt (ez 1500 bar nyomáson 20 μm) a nyúlásmérő bélyegek megváltoztatják elektromos ellenállásukat. A mérőhíd 0...80 mV kimenő feszültsége egy összekötő vezetéken keresztül a szenzor belsejében található feldolgozó áramkörbe kerül. Ez utóbbi a híd feszültségét 0...5 V közötti értékre erősíti, majd továbbítja a vezérlőegység felé, a mely a benne tárolt jelleggörbe alapján számítja a nyomást.

Nyomásszabályozó szelep



- 1 – Elektromos csatlakozó
- 2 – Szeleprugó
- 3 – Vasmag
- 4 – Szelepház
- 5 – Mágnes tekercs
- 6 – Szelepgolyó
- 7 – Támasztó gyűrű
- 8 – O-gyűrű
- 9 – Szűrő
- 10 – Nagynyomású csatlakozó
- 11 – Szeleptest
- 12 – Kifolyás az alacsony nyomású kör felé

63. ábra. Nyomásszabályzó-szelep⁴⁷

A nyomásszabályozó nem működik:

A rail-csőben, vagy a nagynyomású szivattyú kimenetén létrejövő nagy nyomás a nyomásszabályzó szelep nagynyomású bemenetére hat. Mivel árammentes állapotban az elektromágnes nem fejt ki erőt, ezért a nagy nyomás legyőzi a rugóerőt, a nyomásszabályzó szelep kinyit, és a szállított mennyiségnek megfelelően kisebb-nagyobb keresztmetszet van nyitva.

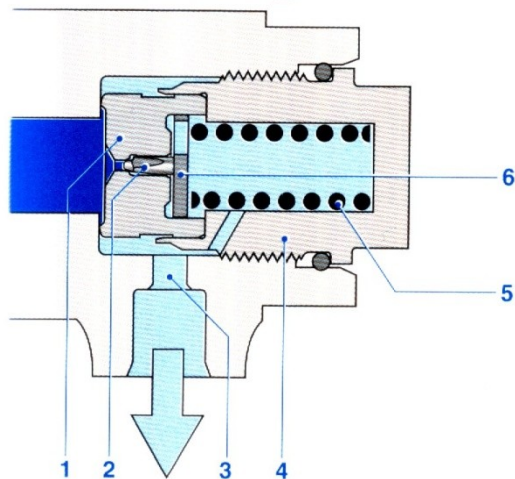
A rugót úgy méretezik, hogy ilyen esetben hozzávetőleg 150 bar nyomás alakuljon ki.

A nyomásszabályzó szelep működik:

Amennyiben meg kell növelni a nagynyomású körben lévő nyomást a rugó előfeszítési ereje mellett mágneses erőt is, létre kell hozni. A nyomásszabályzó szelep, vezérlést kap, ezáltal bezáródik, mindaddig, míg a növekvő nagynyomás által létrejövő erő, valamint a mágnes és a rugó együttes ereje egyensúlyba nem kerül. Ekkor a szelep kinyit és a nyomást állandó értéken tartja. Az elektromágnesben ébredő erő a vezérlőárammal arányos. A vezérlőáram változtatását a vezérlő jel kitöltési tényezőjének változtatásával érik el.

⁴⁷ Személygépkocsi CR rendszere 43. old. 4. ábra

Nyomáskorlátozó (lefúvató) szelep



- 1 – Szelepbetét
- 2 – Szelep dugattyú
- 3 – Kisnyomású tartomány
- 4 – Szeleptest
- 5 – Nyomórugó
- 6 – Szeleptányér

64. ábra. Nyomáskorlátozó-szelep⁴⁸

A lefúvató szelep feladata szerint nyomáskorlátozó szelepként működik, az újabb rendszerek belső lefúvató szelepeinek vészüzemi funkciója is van. A szelep úgy határolja a rail-ben lévő nyomást, hogy túl nagy nyomás esetén szabaddá tesz egy kifolyó nyílást. A vészüzemi funkcióval megoldható, hogy a rail-csőben megmarad egy adott értékű nyomás, így korlátozásokkal ugyan, de tovább lehet autózni.

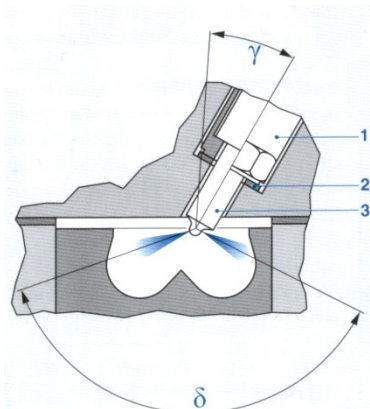
Működése:

Normál üzemi nyomás esetén egy rugó jól tömítetten nyomja a dugattyút az ülékére, így az, zárva marad. A maximálisan megengedett nyomás túllépése esetén a dugattyút a rail-csőben lévő nyomás a rugó ellenében kimozdítja. Így a tüzelőanyag a dugattyú csatornáin keresztül a tüzelőanyag-tartályba kerül vissza, így a rail-csőben a nyomás csökken.

Furatos porlasztó fúvókák

Furatos porlasztó fúvókákat azokon a motorokon alkalmaznak, amelyek a közvetlen befecskendezés elvén (Direct Injection, DI) működnek.

Beépítési helyzete az alábbi ábrán látható:



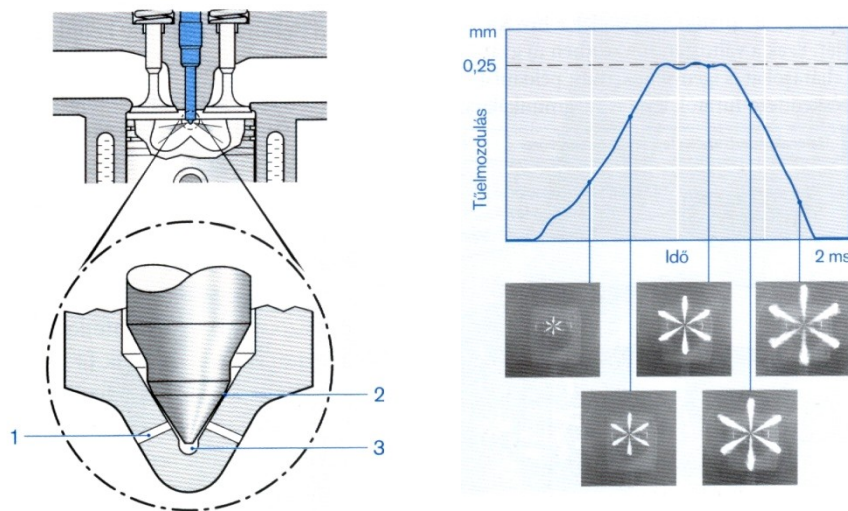
- 1 – Porlasztótartó vagy injektor
- 2 – Tömítőgyűrű
- 3 – Furatos porlasztó fúvóka
- γ – Dőlésszög
- δ – befecskendezés kúpszöge

65. ábra. Furatos porlasztó elhelyezkedése az égéstérben⁴⁹

⁴⁸ Személygépkocsi CR rendszere 49. old. 3. ábra

⁴⁹ Személygépkocsi CR rendszere 52. old. 1. ábra

A fűvókageometria döntő elemei és a porlasztási sugárformák alakulása



66. ábra. Furatos porlasztó elhelyezkedése az égéstérben⁵⁰

A porlasztó kialakítás emisszióra gyakorolt hatása

Befecskendező furat geometriája:

A részecske és az NO_x emissziót befolyásolja.

Az ülék geometriája

A pilot-mennyiségre gyakorolt hatása miatt a motor zajkibocsátását jelentősen befolyásolja.

Zsákfurat geometria

A szénhidrogén kibocsátást befolyásolja.

Szervizelés esetén kizárólag az eredeti típusú alkatrészeket szabad beszerezni, hogy a motor teljesítménye és a károsanyag-emisszió ne romoljon.

⁵⁰ Személygépkocsi CR rendszere 55. old. 5-6. ábra

A befecskendezés paramétereinek kiszámítása a vezérlőegységben

Indítási tüzelőanyag-mennyiség: Indításkor a befecskendezett tüzelőanyag mennyiségét a rendszer a hűtőközeg-hőmérséklet és az indítási fordulatszám függvényében számolja ki.

Menetüzem: Normál menetben a befecskendezett mennyiséget a rendszer a gázpedál-helyzet és a fordulatszám függvényében határozza meg. A számításhoz olyan jellegzőket használ, amelyek egyéb adatokat is figyelembe vesznek.

Alapjárat-szabályozás: Az alapjárat szabályozás feladata, hogy alapjáraton, felengedett gázpedálnál egy adott, előírt fordulatszámot tartson. Értéke a motor üzemállapotának megfelelően változhat (hideg motor, klímaberendezés bekapcsolva stb.).

Végfordulatszám-szabályozás (leszabályozás): A végfordulatszám szabályozás megvédi a motort a túlságosan magas fordulatszámon való üzemeléstől.

Közbenső fordulatszámok szabályozása: A rendszer akkor aktiválódik, amikor a motort (a pillanatnyi terheléstől függetlenül) egy közbenső fordulatszámon kell tartani.

Menetsebesség szabályozása (tempomat): Lehetővé teszi a gépkocsi állandó sebességgel való haladását. A rendszer lehetővé teszi az előírt sebesség lépésenkénti változtatását is a kezelőkaron keresztül.

Menetsebesség korlátozás: A gépkocsi maximális sebességét egy előírt értéken tartja, még abban az esetben is, ha a gázpedált a szükségesnél tovább működtetik.

Aktív rángatás-csillapítás: Hirtelen terhelésváltozások esetén a motor nyomatékváltozása lengéseket idéz elő a gépkocsi hajtásláncában. Ezen lengések csillapítására szolgál ez a funkció, melyet a fordulatszámjel változásából ismer fel, majd az aktív szabályozáson keresztül hajtja végre.

Járásegyenletesség szabályozás, mennyiségkiegyenlítő szabályozás: A járásegyenletesség szabályozás illetve mennyiségkiegyenlítő szabályozás feladata, hogy az egyes hengerekhez tartozó fordulatszám-változások alapján felismerjék, majd a befecskendezett mennyiség szelektív változtatásával kiegyenlítsék a fordulatszám különbségeket.

Korlátozási mennyiség: Amennyiben a motorba mindig a vezető által kívánt, vagy a gyakorlatilag lehetséges tüzelőanyagot fecskendeznék be, úgy az alábbi jelenségek lépnének fel:

- túl magas károsanyag-kibocsátás,
- túl nagy koromkibocsátás,
- mechanikai túlterhelés,
- termikus túlterhelés,
- mágnes-szelepek termikus túlterhelése.

Motorfék funkció: Működtetéséhez a motorfék kapcsoló állását veszi figyelembe.

Magassági korrekció: A tengerszint feletti magasság növekedésével a légköri nyomás csökken. Ennek megfelelően a hengerben lévő levegő tömege is. Ebben az esetben csökkenteni kell a befecskendezett mennyiséget is.

Hengerlekapcsolás: Nagy motorfordulatszámokon kis forgatónyomatékra van szükség, csak nagyon kevés tüzelőanyagot kell befecskendezni. A másik lehetőség a nyomaték csökkentésére a hengerlekapcsolás.

Injektorok mennyiségének korrekciója: (IMA) – tüzelőanyag adagolási korrekció a gyártáskor keletkező szállítási mennyiség eltérésének kiegyenlítésére.

Nullmennyiség kalibrálás: az injektorok (pilot) mennyiségi értékeinek kiegyenlítése a zajcsökkentés érdekében. A vizsgálat hengerenként, motorfék-üzemben történik.

Mennyiség középértékének adaptációja: az emissziós értékek optimalizálását szolgálja.

Nyomáshullám korrekció: a nyomáshullám okozta eltéréseket korigálja.

3.6 Kipufogógáz turbófeltöltés

A turbófeltöltést a motorok teljesítményének növelésére használták többnyire haszongépjárművekben. Manapság már szinte kivétel nélkül minden dízelmotorban alkalmaznak valamilyen feltöltési eljárást. A szívómotorral ellentétben a feltöltött motor esetében a levegő túlnyomással kerül a motorba. Ennek következtében a motor hengerében megnő a levegőtömeg, ami megfelelően megnövelt tüzelőanyag-mennyiséggel nagyobb teljesítményt biztosít azonos hengerűrtartalom mellett, illetve azonos teljesítmény érhető el kisebb hengerűrtartalommal. A hengerméret csökkentésével csökkenthető a tüzelőanyag-fogyasztás ezzel egyidejűleg a károsanyag-kibocsátási értékek is javulnak. A legújabb környezetvédelmi előírások nem is tejesíthetők a motorok feltöltése nélkül.

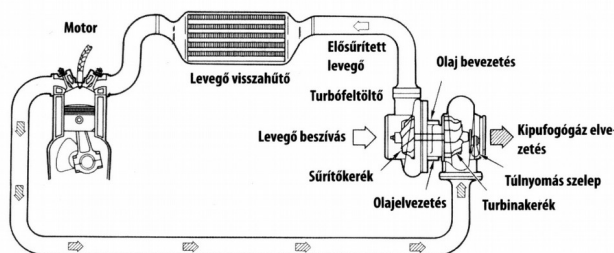
A dízelmotor különösen alkalmas a feltöltéshez, mivel itt csak a levegő kerül sűrítésre és nem a levegő-tüzelőanyag keverék, valamint a rá vonatkozó minőségi szabályozásnak megfelelően jól kombinálható feltöltővel.

Kétféle feltöltési módszert különböztetünk meg:

- A kipufogógáz turbófeltöltő esetében a sűrítési teljesítményt a kipufogógázból lehet nyerni (áramlástechnikai kapcsolat a motor és a feltöltő között).
- A mechanikus feltöltő esetében a sűrítési teljesítmény a motor forgattyús tengelyéről származik (mechanikus kapcsolat a motor és feltöltő között).

A szállítási fok a hengerbe zárt levegőtöltést a lökettérfogat által meghatározott elméleti töltésre vonatkoztatva adja meg normál feltételek között (levegőnyomás $p_0 = 1013 \text{ hPa}$, hőmérséklet $T_0 = 273 \text{ K}$) feltöltés nélkül. A szállítási fok feltöltött dízelmotorok esetében 0,85 és 3,0 között van.

Sűrítés közben a feltöltőben a levegő felmelegszik (180°C -ig). Mivel a meleg levegő sűrűsége kisebb, mint a hideg levegőé, a felmelegedés hátrányosan befolyásolja a hengerfeltöltést.



67. ábra. A turbófeltöltő rendszer szerkezeti felépítése⁵¹

A feltöltő után kapcsolt töltőlevegő-hűtő hűti le a sűrített levegőt és ezzel tovább növeli a henger feltöltését. Így több oxigén áll rendelkezésre az égéshez, amivel nagyobb maximális forgatónyomaték és nagyobb teljesítmény érhető el, adott fordulatszámnál. A 180°C hőmérsékletű levegőt visszahűtve 40°C -ra, több mint 40%-kal növekedhet a hengerbe jutó levegő sűrűsége.

A hengerbe beáramló levegő alacsony hőmérséklete miatt a sűrítési ütem hőmérséklete is csökken. Ennek további előnyei vannak:

- jobb termikus hatásfok és ezzel kisebb tüzelőanyag-fogyasztás, így kevesebb koromkibocsátás a dízelmotoroknál,

⁵¹ Kovács Miklós: Turbófeltöltés, Maróti Könyvkereskedés, 140. old.6.6. ábra

- kisebb termikus terhelés a hengertérben,
- alacsonyabb NO_x-kibocsátás a kisebb égési hőmérséklet miatt.

Kipufogógáz turbófeltöltés

A kipufogógáz turbófeltöltővel való feltöltés a legelterjedtebb alkalmazás. Jellemzően személgépkocsiknál, haszonjárműveknél, valamint hajók és mozdonyok nagy motorjainál alkalmazzák.

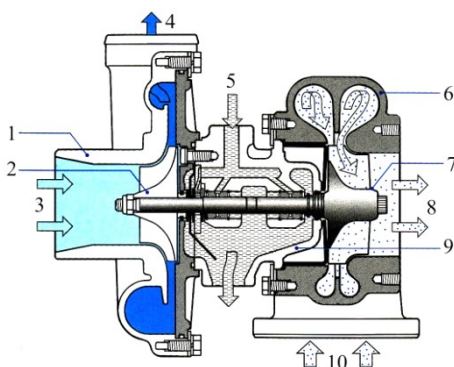
A kipufogógáz turbófeltöltést a teljesítmény és a maximális forgatónyomaték emelésére használják alacsony és közepes fordulatszámnál, különösen az elektronikus töltőnyomás-szabályozással kapcsolatban. Emellett a károsanyag-csökkentés szempontjai is egyre nagyobb jelentőséget kapnak.

A belsőégésű motorok forró, nyomás alatt levő kipufogógázával nagy mennyiségű energia vész kárba. Ezért kézenfekvő gondolat volt, hogy az energia egy részét a kipufogócsőben a nyomás létrehozásához hasznosítsuk.

A kipufogógáz turbófeltöltő két áramlástechnikai gépből áll:

- egy kipufogógáz turbinából (7), mely a kipufogógáz áram energiáját felveszi és
- egy sűrítőből (kompresszorból) (2), mely tengelyen keresztül kapcsolódik a turbinához és összesűríti a beszívott levegőt.

A forró kipufogógáz a turbinára áramlik, és gyors forgómozgást hoz létre rajta (dízelmotoroknál legfeljebb kb. 200000 f/min). A turbinakerék befelé irányított lapátjai a kipufogógázt középre vezetik, ahol oldalirányban kilép (8 radiális turbina). A tengely meghajtja a radiális kompresszort.



68. ábra. A turbófeltöltő szerkezeti felépítése és működése⁵²

A viszonyok itt éppen fordítottak: a beszívott levegő (3) a kompresszor közepén lép be, a lapátok kifelé nyomják, eközben a levegőt összesűríti (4).

A kipufogógáz turbina előtti nagyobb nyomás miatt nagyobb lesz a motor kipufogóütemében a gázok kitolásához szükséges munka. Ezzel egyidejűleg azonban a turbina a kipufogógáz áramlási energiája mellett részben annak termikus energiáját is át tudja változtatni sűrítési teljesítménnyé, így a töltőnyomás nagyobb lesz, mint a kipufogógáz turbina előtti nyomásának emelkedése. A motor összhatófoka így tovább javítható az üzemi jellegmező egyes tartományaiban.

Állandó fordulatszám mellett a turbina és a turbófeltöltő jellegmezője kedvező hatásokra és ezzel magas feltöltésre állítható be. Nehezebb azonban a helyzet a változó fordulatszámú üzemelő gépjárműmotor esetében, melytől alacsony fordulatszámnál, különösen gyorsítás

⁵² Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 30. old. 1. ábra

esetén, nagy nyomatókat várnak el. A kipufogógáz alacsony hőmérséklete és kis mennyisége valamint turbófeltöltő tömegtehetetlensége szintén késleltetik a gyorsítás kezdetén a nyomás létrejöttét a kompresszornál.

Ezt a turbófeltöltős személygépkocsi-motoroknál „turbólyuknak” nevezik.

A gyorsítási késedelem (turbólyuk) csökkentésére több lehetőség is kínálkozik:

- A feltöltés-szabályozás eszközeinek (turbina-megkerülő szelep, változtatható turbina-geometria) alkalmazása;
- Kisebb tömegű (tehetetlenségi nyomatókú) sűrítő- és turbinakerék alkalmazása;
- V-hengerelrendezésű motoroknál célszerű a két hengersort két külön feltöltővel ellátni, melyek mérete így kisebb lehet;
- Elektromotor csatlakoztatása a turbina és a sűrítő közé;
- Különböző méretű turbófeltöltők összekapcsolása.

Üzemeltetési tudnivalók turbófeltöltők esetén:

Kezelési tanácsok

A turbófeltöltők rendkívül finom, ugyanakkor igen nagy igénybevételű szerkezetek. Ennek megfelelően az alapvető fontosságú követelmények betartására kinos gondossággal ügyelni kell:

A feltöltő által beszívott levegő tisztasága:

- Csak az előírt típusú és minőségű légszűrő betétet használjuk.
- A szűrőbetétet az előírt időközökben cserélni kell.
- A szívóvezeték csatlakozásainál a legcsekélyebb tömítetlenség sem engedhető meg.
- A szorítóbilincseket szükség esetén után kell húzni.
- A csatlakozó tömlőket a legkisebb sérülés esetén cserélni kell.

Előírt minőségű motorolaj használata:

- A legtöbb gépkocsigyártó más, nagyobb teljesítményszintű olajat ír elő turbófeltöltővel szerelt motorjaihoz.
- A feltöltő rendszerint a motorolaj cirkulációs köréből kapja a kenőolajat, ami nemcsak ken, de hűti is a feltöltő csapágait.
- Ennek megfelelően olajcserénél a gyár által megadott és lehetőleg legmagasabb minőségi fokozatú olajat kell használni.
- Az olaj és az olajszűrő csereperiódusát pontosan be kell tartani.
- Sérült, elhasználódott turbófeltöltő számottevő olajfogyasztást okoz, ami a kipufogógáz színének elváltozásáról többnyire felismerhető.

Vezetési tanácsok:

Valamennyi turbófeltöltős motornál a feltöltő kímélése érdekében az alábbi két szabályt feltétlenül be kell tartani:

- A motor (főleg a hideg motor) beindítását követően egy rövid ideig (kb. egy percig) ne adjunk teljes gázt, terheletlenül sem vigyük a motor fordulatszámát a felső tartományba. Ezekben az átmeneti másodpercekben még nem alakul ki kifogástalan kenés a feltöltő csapágaiban, így azok károsodhatnak.
- Erősen igénybevett, felmelegedett motor (és feltöltő) leállítása esetén a gáz elvétele után hagyjuk a motort kb. fél percig alapjáraton működni. Átmenet nélküli, hirtelen le-

állás esetén a motor és az általa meghajtott olajszivattyú leáll, de a feltöltő rotorja még tovább forog a 100-200 ezer/min fordulatszám maradványaként. Olajnyomás hiányában a feltöltő csapágyainak kenése és hűtése megszűnik, ami a besülés veszélyét hordozza magában. További gondot okoz, hogy az intenzív üzem következtében erősen felhevült turbinaházból nagymennyiségű hő áramlik a csapágyakhoz.

Fontos tudnivalók az ellenőrzési és karbantartási munkákhoz

- A turbófeltöltők nagy fordulatszámon és igen magas hőmérsékleten üzemelnek. A felhevült felületek megérintése súlyos sérüléseket okozhat.
- A már megbontott rendszert nem szabad működtetni, mert a feltöltőbe bekerülő idegen tárgyak súlyos károsodást és személyi sérülést okoznak.

3.7 Károsanyag-kibocsátás csökkentése

Motoron belüli megoldások

- Az égéstér geometriai optimalizálása;
- A többszelepes technika alkalmazása;
- A befecskendező szelep központi elhelyezése;
- Nagyobb sűrítési viszony és befecskendezési nyomás alkalmazása.

Motoron kívül elhelyezett megoldások:

- Termikus utókezelésre szolgáló rendszerek,
- Kipufogógáz visszavezetés,
- Tüzelőanyag-gőzök visszatartó rendszere.

3.7.1 Kipufogógáz visszavezetés

A kipufogógáz-visszavezetés (AGR) nagyon hatékony motoron belüli módszer az NO_x kibocsátás csökkentésére a dízelmotorok esetében. Meg lehet különböztetni:

- belső kipufogógáz-visszavezetést, melyet a szelepvezérlési idők befolyásolnak és melyre a maradék kipufogógáz van hatással, és
- külső kipufogógáz-visszavezetést, melyet további vezetékek és egy szabályozószelep köt össze az égéstérrel.

Az NO_x - csökkentő hatást alapvetően a következő okokra lehet visszavezetni:

- kipufogógáz tömegáram csökkentése,
- égési sebesség és a helyi csúcshőmérsékletek csökkentése az inaktív gáz részarányának növelésével az égéstérben, valamint
- részleges oxigén parciális-nyomás illetve a helyi légviszony csökkentése.

3.7.2 Forgattyúház-szellőztetés

A belsőégésű motor működése közben a forgattyúház-szellőztetés által távoznak el azok a gázok, melyek az égéstérből a hengerfal és a dugattyú között, a dugattyú és a dugattyúgyűrű között, a dugattyúgyűrűk hézagain és a szeleptömítéseken keresztül a forgattyúházba kerülnek. A forgattyúházból kijutó gázok a motor kipufogógázaihoz képest szénhidrogén-koncentrációk többszörösét tartalmazhatják. A tökéletes és tökéletlen égés termékei mellett víz (gőz), korom és tüzelőanyag-maradványok lehetnek ebben a gázban, valamint motorolaj egészen kicsi cseppek formájában.

A feltöltéses dízelmotorok esetében a motorolaj részek a kifűjt gázokban található korommal lerakódhatnak a turbófeltöltőn, a töltőlevegő hűtőben, a szelepeken és a koromszűrőn és ezzel működési zavarokhoz vezethetnek.

A forgattyúház szellőztetésen keresztüli olajkihordásból adódó olajfogyasztás minimálisra csökkentése érdekében, olajleválasztó segítségével az olaj visszavezetésre kerül és csak a gázok távoznak el.

3.7.3 NO_x – katalizátor

Az SCR-katalizátor

A nitrogén-oxidok átalakítását a szelektív katalitikus redukció alkalmazásával, az SCR- (Selective Catalytic Reduction) is el lehet érni a katalizátorban. Ez a kipufogógázba juttatott szénhidrogének elégetésekor felszabaduló hőenergiát hasznosítja a gáz NO_x tartalmának redukálásához vagy ammónia, ill. karbamid redukálóanyag beporlasztásával hoz létre hasonló hatást.

A szelektív szó arra utal, hogy a redukálóanyag oxidációja nem a kipufogógáz O₂ –tartalmával, hanem NO_x oxigénjével megy végbe. Redukálóanyagként ammóniát (NH₃) használnak. Az ammóniát a karbamid (NH₂)₂CO vizes oldatából nyerik, és pontosan adagolható a kipufogógázhoz.

A karbamid német neve Harnstoff, a vizes oldat német rövidítése HWL. Ezzel a megnevezéssel is lehet találkozni, ma ezt az anyagot AdBlue márkanéven forgalmazzák. A karbamid nagyon jól oldódik vízben és ezért egyszerűen adagolható karbamid-víz oldat formájában a kipufogógázhoz.

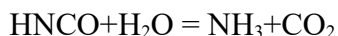
Az SCR-katalizátor kémiai folyamatai

Az AdBlue-ból ammóniát kell felszabadítani (hidrolízis).

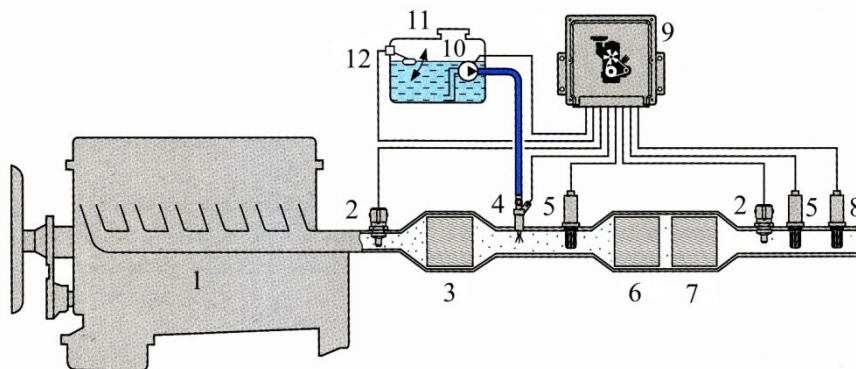
Ez két lépésben történik.

Először termolízis folyamatban ammónia (NH₃) és izocián sav (HNCO) keletkezik: (NH₂)₂CO = NH₃+HNCO

Majd az izociánsav vízzel ammóniává és széndioxiddá alakul:



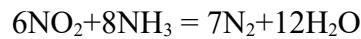
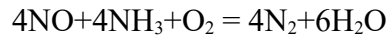
A korszerű SCR – katalizátorok egyidejűleg az oxidációs katalizátorok szerepét is ellátják, így elmarad a korábban szükséges elő-katalizátor. A folyamathoz legalább 250 °C hőmérsékletre van szükség.



69. ábra. Kipufogó rendszer nitrogén-oxid katalitikus redukcióval⁵³

1 Diesel-motor, 2 Hőmérséklet-érzékelő, 3 Oxidációs katalizátor, 4 Redukálóanyag-adagoló fűvóka, 5 NO_x – szenzor, 6 SCR-katalizátor, 7 NH₃ záró katalizátor, 8 NH₃ – szenzor, 9 ECU, 10 AdBlue szivattyú, 11 AdBlue tartály, 12 Szintjelző

A nitrogén-oxidok lebontását az alábbi egyenletek szerint végzi az SCR – katalizátor:



300 °C hőmérséklet alatt az átalakulás túlnyomórészt a második egyenlet szerint alakul.

A legkedvezőbb átalakulási arány eléréséhez „1:1”-es NO:NO₂ arány lenne szükséges.

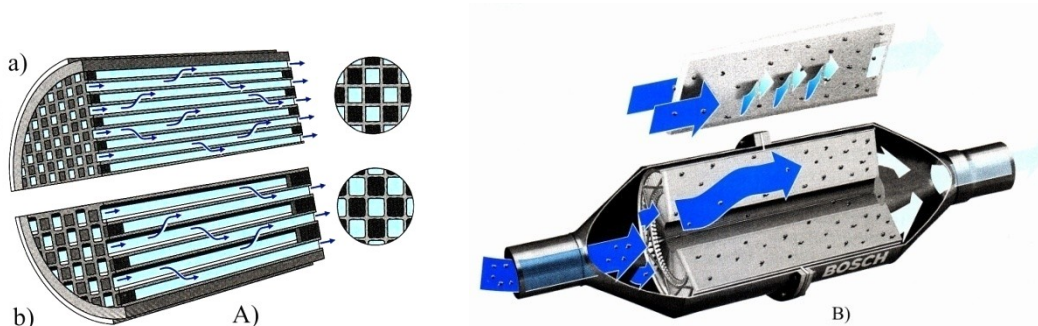
Ilyenkor az átalakulás már 170-200 °C hőmérsékleten is végbemegy.

Az NO oxidálása NO₂ –vé az SCR katalizátor elé helyezett oxidációs katalizátorban megy végbe. A redukálóanyag adagolásának jellemzője az ún. Feed-viszony, amelyet α-val jelölnek, és a kipufogógázhoz kevert ammónia és a kipufogógázban lévő NO_x tömegének a hányadosát jelenti.

3.7.4 Részecskeszűrők

Ez a szűrőtípus általában szilíciumkarbid vagy kordierit anyagból készült méhsejtszerű felépítésű test, amelyben a szomszédos csatornákat az ellenkező végükön kerámiadugókkal zárják le, így a kipufogógáz csak a porózus falakon haladhat át. A csatornák általában négyzet keresztmetszetűek, falvastagságuk 300-400 μm, a csatornák száma 100-300 CPSI (cella/négyzethüvelyk). A kipufogógáz átáramlása közben a részecskék a fal belsejében elakadnak, a szűrő fokozódó eltömődésekor a falak homloklfelületén is keletkezik egy koromréteg, amely nagyon hatékony felületi szűrést biztosít.

A koromszűrő készülhet szinterfém-ből is. A szűrőt fém hordozószerkezetbe, szűrőtasakokba töltött szinterfém por alkotja. Az ék alakú szűrőtasakok a kilépő oldalon egymáshoz záródnak, így a kipufogógáznak át kell áramlani azok falán, ahol a kerámiaszűrőkhöz hasonló módon lerakódnak a részecskék. Mindkét szűrőtípusnál 95 % feletti szűrési fok érhető el a 10 nm - 1 μm közötti mérettartományban.



70. ábra. Koromszűrők. A) kerámia (a négyyszögletű, b nyolcszögletű kialakítással, B) szinterfém részecskeszűrő⁵⁴

A szűrő anyagától függetlenül, időről időre el kell távolítani a lerakódott részecskéket, azaz a szűrőt regenerálni kell, mivel a növekvő részecske lerakódás miatt növekszik a kipufogógáz

⁵³ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 60. old. 1. ábra

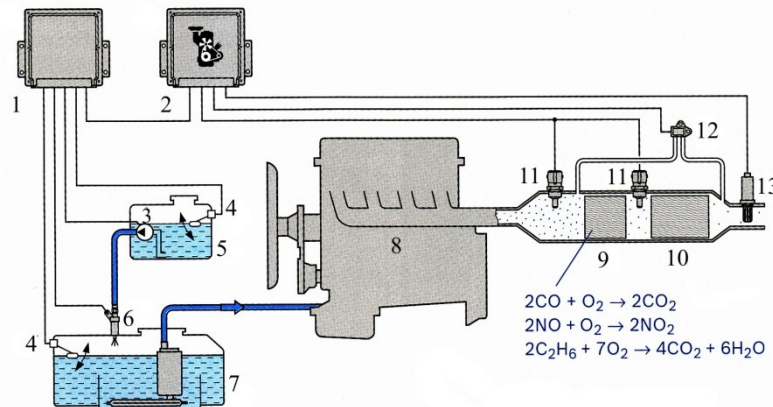
⁵⁴ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 66. old. 2-3. ábra

ellennyomása, ezzel romlik a motor hatásfoka, növekszik a tüzelőanyag-fogyasztása és csökken a teljesítménye.

A szűrő regenerálására átlagosan 500 km-enként van szükség. Oxidáló anyagként NO_2 – ot használva a korom átalakulása már 300°C hőmérsékleten is végbemegy, ezt használja a CTR[®] - eljárás.

A szinterfém szűrők előnye a kerámiaszűrőkkel szemben, a jó hővezető képesség, melynek eredményeképpen a szűrő egyik területén meggyulladó korom égéshője a távolabbi területeket is felmelegíti, így egyenletes koromleégést biztosít.

A szűrő regenerálása adalékos rendszerű részecskeszűrővel:



71. ábra. Adalékos rendszerű részecskeszűrő oxidációs katalizátorral⁵⁵

- 1 Adalékvezérlő egység, 2 Motorvezérlő, 3 Adalék-szivattyú, 4 Folyadékszint-szenzor, 5 Adaléktartály, 6 Adagolóegység, 7 Tüzelőanyag-tartály, 8 Dízelmotor, 9 Oxidációs katalizátor, 10 Részecskeszűrő, 11 Hőmérséklet-szenzor, 12 Nyomáskülönbség-szenzor, 13 Koromszenzor

A dízel tüzelőanyaghoz kevert adalékanyaggal (cérium vagy vasvegyületekkel) a korom oxidációs hőmérséklete $350\text{-}450^\circ\text{C}$ -ra csökkenthető, azonban a kipufogógáz hőmérséklete még ezt az értéket sem éri el. Egy meghatározott koromtöltet elérésekor ezért aktív regenerációt kell alkalmazni, vagyis a motorvezérlést úgy kell megváltoztatni, hogy a kipufogógáz hőmérséklete megfelelően nagy legyen. Ez elérhető pl. késői tüzelőanyag-befecskendezéssel. A tüzelőanyaghoz adott adalék a szűrőben hamuként marad vissza. A kerámiaszűrők adalékbázisú regenerálás mellett kb. 120 000 km-enként, mechanikus tisztításra szorulnak.

A regenerációhoz szükséges motoron belüli intézkedések a kipufogógáz hőmérsékletének emelésére különböző terhelési viszonyok mellett:

Magasabb motorfordulatszám teljes terhelés esetén, nem szükségesek motoron belüli intézkedések, mivel már az alapjellemzőknél is 600° felett van a kipufogógáz hőmérséklete. Közepes fordulatszám teljes terhelés esetén egyrészt a főbefecskendezés kezdetét „késői” irányban tolják el, más részről korai utóbefecskendezés (kb. 30° -kal a FHP után) is történik. Az alkalmazásnál figyelembe kell venni, hogy ez az utóbefecskendezés még részt vesz az égésben és befolyásolja a forgatónyomatékat.

Alacsony fordulatszám és nagy terhelésen a csekély feltöltés és a nagy tüzelőanyag-mennyiség miatt a levegőarány $\lambda < 1,4$. Egy késleltetett, vagyis korai utóbefecskendezés itt helyileg nagyon kicsi légviszonyt teremtene, amivel erőteljesen a fekete füst kibocsátás emelkedne; ezért itt késői utó-befecskendezést alkalmaznak (kb. 70° -kal a FHP után).

⁵⁵ Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája 68. old. 4. ábra

Közepes terhelésnél a kívánt hőmérsékletemelkedés a töltőnyomás-csökkentéssel, utó-befecskendezéssel (kb. 30°-kal a FHP után) és a főbefecskendezés késleltetésével érhető el. Alacsony és közepes fordulatszámon részterheléskor nagy hőmérsékletemelkedés szükséges a normál üzemhez képest, ezért a fent leírt intézkedések mellett a levegőmennyiséget is csökkenteni kell a fojtószelepen keresztül. Emellett intézkedéseket kell tenni az égés stabilizálására: az előbefecskendezés tüzelőanyag-mennyiségének emelésével, valamint az elő- és főbefecskendezés közti időtartam beállításával.

Alacsony fordulatszámon és a legalacsonyabb terhelésnél nem lehetséges stabil regenerálási üzem 600 °C feletti katalizátor utáni hőmérséklet hiányában.

4 Gépjárművek erőátviteli rendszerei

4.1 Dupla tengelykapcsolós (DSG) nyomatékváltó

Az OAM jelű 7-fokozatú duplakuplungos váltóművet a VW Polo, Golf, Passat és Touran típusokban alkalmazott. A váltómű 250 N·m nyomaték megszakítás nélküli átvitelére alkalmas. A váltóműben a VW két újdonságot is bevezetett, nevezetesen ez a világon az első, első-kerék meghajtású keresztbe beépített váltóműve. Másrészt ez a világon az első száraz duplakuplungos hajtómű.

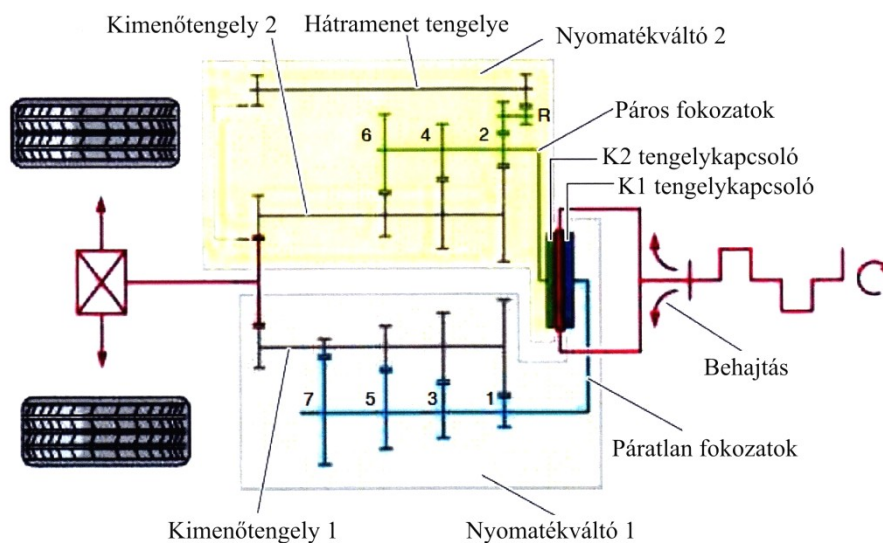
A duplakuplungos váltómű alapvetően két egymástól független rész-váltóműből áll. Mindkét rész-váltómű működését tekintve úgy épül fel, mint egy kézi váltómű. Mindkét rész-váltóműhöz egy-egy kuplung van hozzárendelve.

Mind a két tengelykapcsoló száraz kuplung. Ezeket a mechatronikus egység irányítja (nyitja vagy zárja) a kapcsolandó fokozattól függően.

A K1 kuplungon keresztül, és így az első rész-váltóművön, illetve az első kihajtótengelyen kapcsoljuk az 1., 3., 5. és 7. sebességi fokozatokat.

A 2., 4., 6. és R fokozatokat a második (K2) kuplungon át a második rész-váltómű második és harmadik kihajtótengelyén át kapcsoljuk.

Alapvetően mindig csak az egyik rész-váltómű erőzárt. A másik rész-váltóműben bekapcsolható a következő fokozat, hiszen ennek a tengelykapcsolója nyitott. Minden fokozatot egy hagyományos szinkronszerkezet kapcsol.



72. ábra. VW DSG nyomatékváltó kinematikai vázlata⁵⁶

Tengelykapcsoló

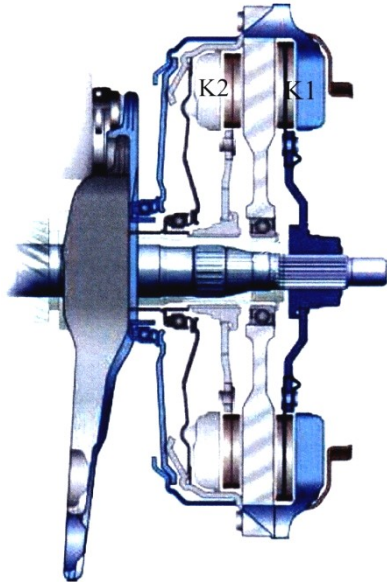
A duplakuplung szerkezetben két egymástól különálló száraz súrlódó betétes tengelykapcsoló található.

Két tengelykapcsoló állás lehetséges:

- Álló motornál, illetve üresjáratban mindkét tengelykapcsoló oldott,
- Hajtás közben mindig csak az egyik tengelykapcsoló zárt.

⁵⁶ Forrás: VW DSG OAM oktatási segédlet

A K1 jelzésű tengelykapcsoló közvetíti a nyomatékot az 1., 3., 5. és 7. sebességfokozatokban. Egy hidraulikus kuplungállító működteti a hozzá tartozó kinyomó-villát. A kinyomó-villa nekinyomja a kinyomó-csapágyat a tányérrugónak, amely a fordítóponton feltámaszkodva a nyomóerőt húzóerővé alakítja át. Ez a húzóerő a nyomólapot a meghajtó tárcsa felé húzza és a súrlódó tárcsát annak nekiszorítja. Így a nyomaték az első meghajtó tengelynek adódik át.



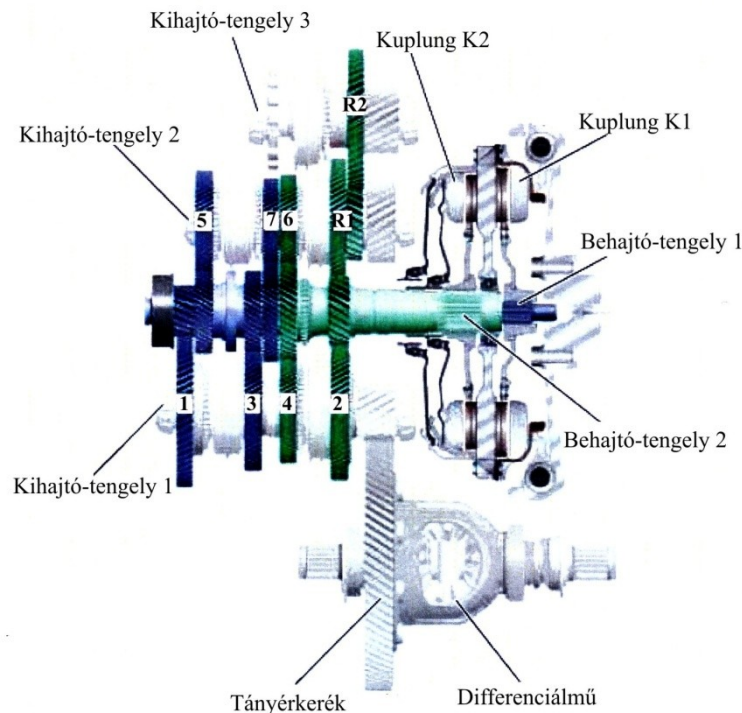
73. ábra. Duplakuplung⁵⁷

A K2 jelzésű tengelykapcsoló közvetíti a nyomatékot a 2., 4., 6. és R sebességfokozatokban. Egy hidraulikus kuplungállító működteti a hozzá tartozó kinyomó-villát. A kinyomó-villa nekinyomja a kinyomó-csapágyat a tányérrugónak, amely a fordítóponton feltámaszkodva a nyomóerőt húzóerővé alakítja át. Ez a húzóerő a nyomólapot a meghajtó tárcsa felé húzza és a súrlódó tárcsát annak nekiszorítja. Így a nyomaték a második meghajtó tengelynek adódik át.

⁵⁷ Forrás: VW DSG OAM oktatási segédlet

Nyomatékáramlás a duplakuplung szerkezetben

A duplakuplung szerkezet a váltóharangban kapott helyet. A duplakuplung két különálló tengelykapcsolóból áll, amelyeket egy duplakuplung szerkezetté szereltek össze.



74. ábra. A nyomatékváltómű szerkezeti felépítése⁵⁸

A K1 jelzésű tengelykapcsoló az első behajtó-tengely bordás kialakításán keresztül adja át a nyomatékot. Az első behajtó-tengely a nyomatékot az 1. és 3. fokozat esetén az első kihajtó-tengelynek; az 5. és 7. fokozat esetén pedig a második kihajtó-tengelynek adja át.

A K2 jelzésű tengelykapcsoló a második behajtó-tengely bordáit forgatja.

A nyomaték a 2. és 4. fokozat esetén az első kihajtó-tengely felé a 6. és hátrameneti fokozat esetén pedig a második kihajtó-tengely felé áramlik. A hátramenet esetén a nyomatékot tovább módosítja, hogy a második kihajtó-tengelyről egy fogaskerék a harmadik kihajtó-tengelyt hajtja meg.

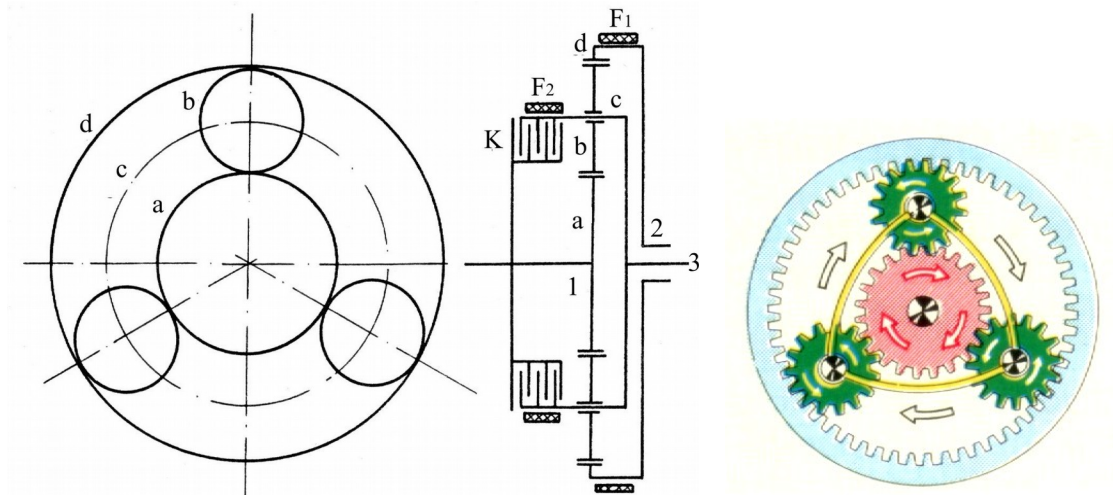
Mindhárom kihajtó-tengely a differenciálmű behajtó-fogaskereke révén van összeköttetésben. Végezetül tekintsük át az egyes fokozatok kapcsolását táblázatos formában.

1. fokozat	2. fokozat	3. fokozat	4. fokozat	5. fokozat	6. fokozat	7. fokozat	R fokozat
Kuplung K1	Kuplung K2	Kuplung K1	Kuplung K2	Kuplung K1	Kuplung K2	Kuplung K1	Kuplung K2
Behajtó-tengely: 1	Behajtó-tengely: 2	Behajtó-tengely: 1	Behajtó-tengely: 2	Behajtó-tengely: 1	Behajtó-tengely: 2	Behajtó-tengely: 1	Behajtó-tengely: 2
Kihajtó-tengely 1	Kihajtó-tengely 1	Kihajtó-tengely 1	Kihajtó-tengely 1	Kihajtó-tengely 2	Kihajtó-tengely 2	Kihajtó-tengely 2	Kihajtó-tengely 3

⁵⁸ Forrás: VW DSG OAM oktatási segédlet

5 Az egyszerű bolygómű

5.1 A belső fogazású bolygómű szerkezete



75. ábra. Az egyszerű bolygómű szerkezeti felépítése

- 1 – a napkerék tengelye
- 2 – a koszorúkerék tengelye
- 3 – a bolygókerék-tartó tengelye

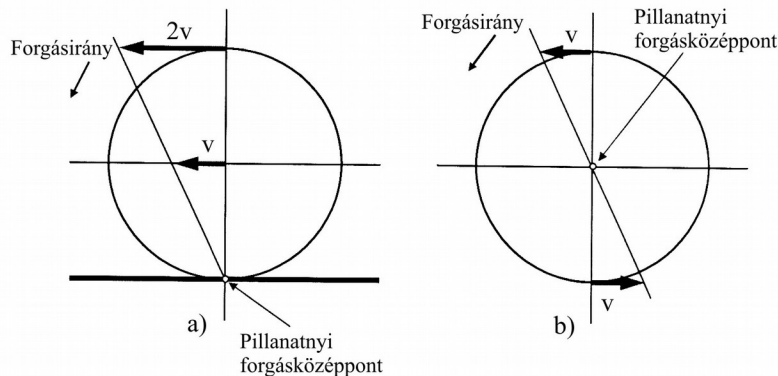
A lehetséges áttételek:

Hajtó elem	Hajtott elem	Rögzített elem	A hajtott elem for- gásiránya	Áttétel (lassító, gyorsító)
napkerék	bolygókerék-tartó	koszorúkerék	azonos	lassító
koszorúkerék	bolygókerék-tartó	napkerék	azonos	lassító
bolygókerék-tartó	napkerék	koszorúkerék	azonos	gyorsító
bolygókerék-tartó	koszorúkerék	napkerék	azonos	gyorsító
napkerék	koszorúkerék	bolygókerék-tartó	ellentétes	lassító
koszorúkerék	napkerék	bolygókerék-tartó	ellentétes	gyorsító

5.2 Az egyszerű bolygómű lehetséges áttételeinek meghatározása szerkesztéssel és számítással a bolygómű tengelyein ébredő nyomatékok alapján

Egy bolygómű áttételét a Kuczbach- féle szerkesztéssel lehet látványosabbá és érthetőbbé tenni. A szerkesztési eljárás lényege, hogy megrajzoljuk a bolygóművet az osztókör átmérőivel, és a hajtó fogaskerék kerületi sebességét tetszőleges nagyságban felvesszük. Természetesen a kerületi sebesség nem befolyásolja az áttételt. Az áttételt itt is, mint minden fogaskerék-hajtásnál a fogszámok fogják meghatározni.

Egy fogaskerékhez tartozó kerületi sebesség ismeretében a másik két fogaskerék kerületi sebessége is meghatározható, ahogyan ez az alábbi ábrákon is megfigyelhető.



76. ábra. A kerületi sebességek alakulása a pillanatnyi forgásközéppont szemszögéből

A kerületi sebességvektorok végpontjaihoz húzott egyenesek egy adott vízszintes szakaszból kimetszik az adott fogaskerék fordulatszámaival arányos szakaszt.

Az így kapott szakaszok hányadosai megadják az adott áttétel értékét. Mindig a hajtórész fordulatszámaival arányos szakaszt kell osztani a hajtott rész fordulatszámaához tartozó szakasszal. Az áttételeket a tengelyek számozásának alapján különböztetjük meg.

Az i_{13} -as áttétel pl. azt jelenti, hogy az 1 jelű tengely a hajtó napkerék, a 3 jelű tengely a hajtott bolygókerék-tartó tengelye.

Az áttételeket a nyomatékból is meghatározhatjuk, úgy hogy a kimenő nyomatékot osztjuk a bemenő nyomatékkal, ahogyan ez az egyes fokozatok ismertetésénél látható lesz.

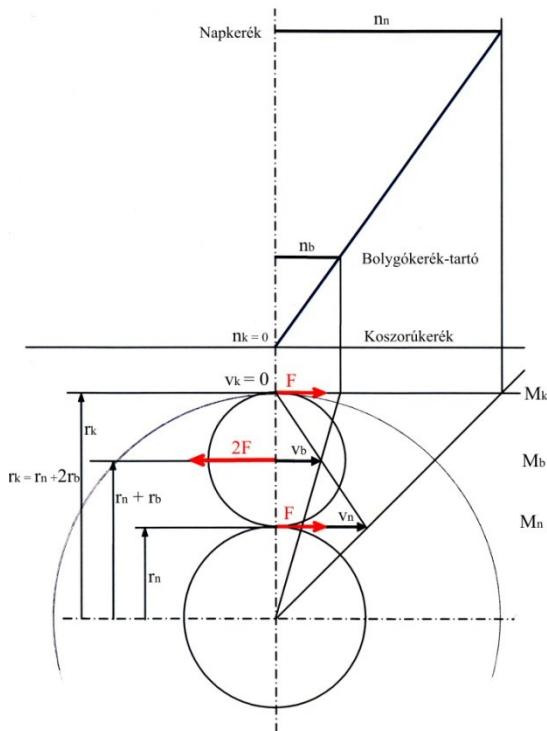
Az ismertetés során használt jelölések és jelentésük:

- $r_n = \frac{m \cdot z_n}{2}$ - a napkerék osztókörének sugara;
- $r_b = \frac{m \cdot z_b}{2}$ - a bolygókerék osztókörének sugara;
- $r_k = \frac{m \cdot z_k}{2}$ - a koszorúkerék osztókörének sugara
- m - a hajtásra jellemző fogaskerék modulja;
- z - a fogaskerek fogszáma;
- v - a fogaskerek kerületi sebessége;
- M - az adott tengely nyomatéka.

Ha az áttétel értéke egynél nagyobb lassító, ha egynél kisebb gyorsító áttételről beszélünk.

Az áttételnél szereplő negatív előjel forgásirányváltást jelent.

5.2.1 A napkerék a hajtóelem, a bolygókerék-tartó a hajtott, a koszorúkerék rögzített



77. ábra. i_{13} -as áttétel

A fokozat áttétele:

$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow \text{reakció nyomaték } M_R$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow \text{kimenő nyomaték } M_{KI}$$

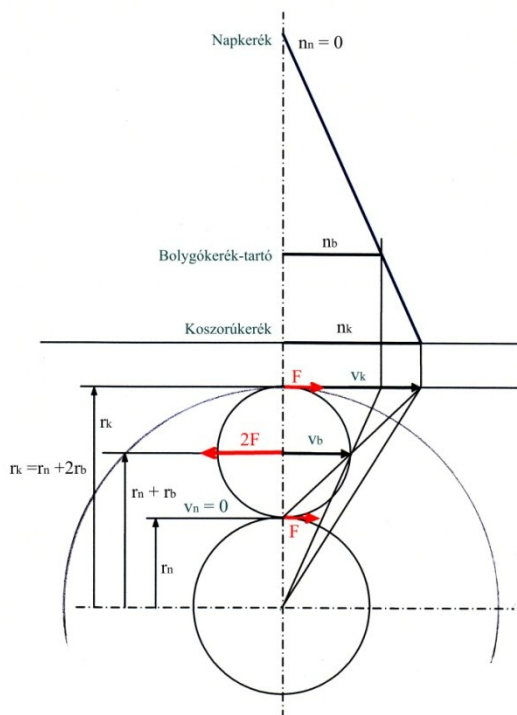
$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow \text{bemenő (hajtó) nyomaték } M_{BE}$$

$$M_b = M_n + M_k \quad \text{Ez mindig igaz!}$$

$$i_{13} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = \frac{M_b}{M_n} = \frac{2F \cdot (r_n + r_b)}{F \cdot r_n} = \frac{2r_n + 2r_b}{r_n} = \frac{z_n + z_k}{z_n}$$

Lassító áttétel!

5.2.2 A koszorúkerék a hajtóelem, a bolygókerék-tartó a hajtott, a napkerék rögzített



78. ábra. i_{23} -as áttétel

A fokozat áttétele:

$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow M_{BE}$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow M_{KI}$$

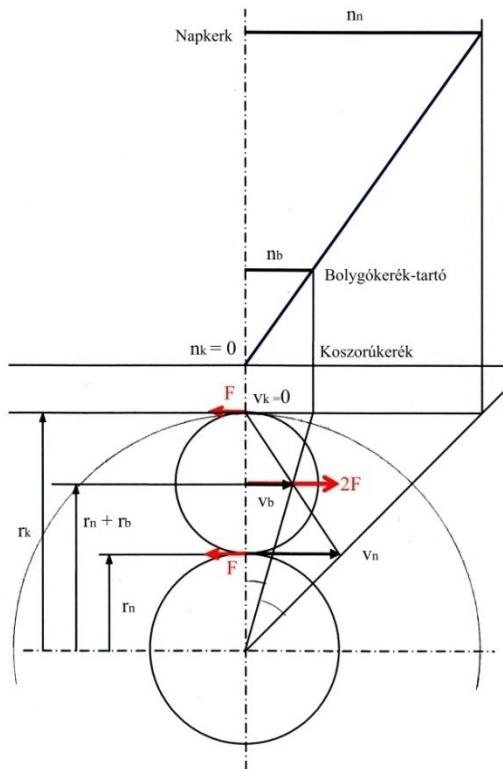
$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow M_R$$

$$M_b = M_n + M_k$$

$$i_{23} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = \frac{M_b}{M_k} = \frac{2F \cdot (r_n + r_b)}{F \cdot r_k} = \frac{2r_n + 2r_b}{r_k} = \frac{z_n + z_k}{z_k}$$

Lassító áttétel!

5.2.3 A bolygókerék-tartó a hajtóelem, a napkerék a hajtott, a koszorúkerék rögzített



79. ábra. i_{31} -es áttétel

$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow M_R$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow M_{BE}$$

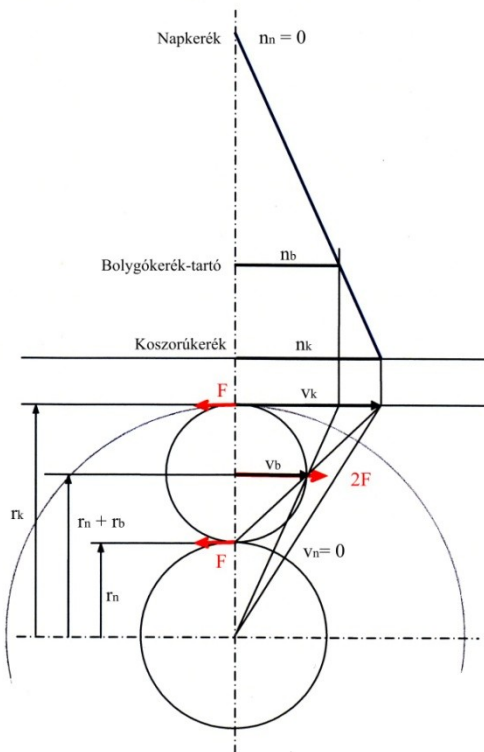
$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow M_{KI}$$

$$M_b = M_n + M_k$$

$$i_{31} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = \frac{M_n}{M_b} = \frac{F \cdot r_n}{2F \cdot (r_n + r_b)} = \frac{r_n}{2r_n + 2r_b} = \frac{z_n}{z_n + z_k}$$

Gyorsító áttétel!

5.2.4 A bolygókerék-tartó a hajtóelem, a koszorúkerék a hajtott, a napkerék rögzített



78. ábra. i_{32} -es áttétel

$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow M_{KI}$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow M_{BE}$$

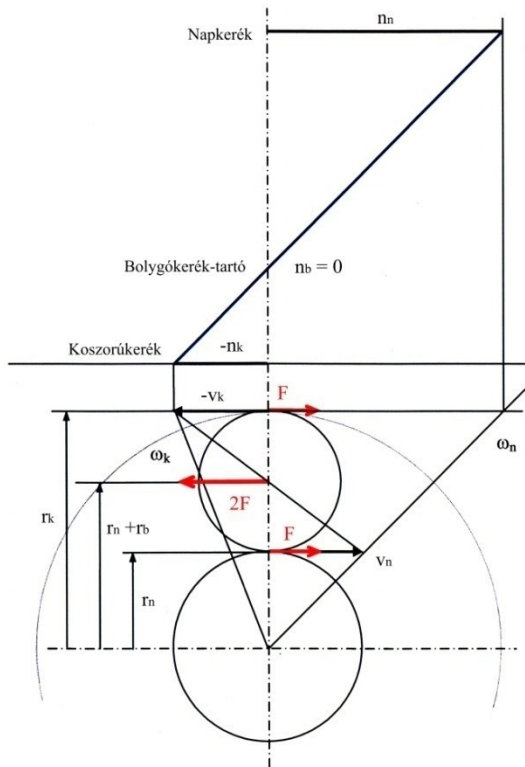
$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow M_R$$

$$M_b = M_n + M_k$$

$$i_{32} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = \frac{M_k}{M_b} = \frac{F \cdot r_k}{2F \cdot (r_n + r_b)} = \frac{r_k}{2r_n + 2r_b} = \frac{z_k}{z_n + z_k}$$

Gyorsító áttétel!

5.2.5 A napkerék a hajtóelem, a koszorúkerék a hajtott, a bolygókerék-tartó rögzített



$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow M_{KI}$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow M_R$$

$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow M_{BE}$$

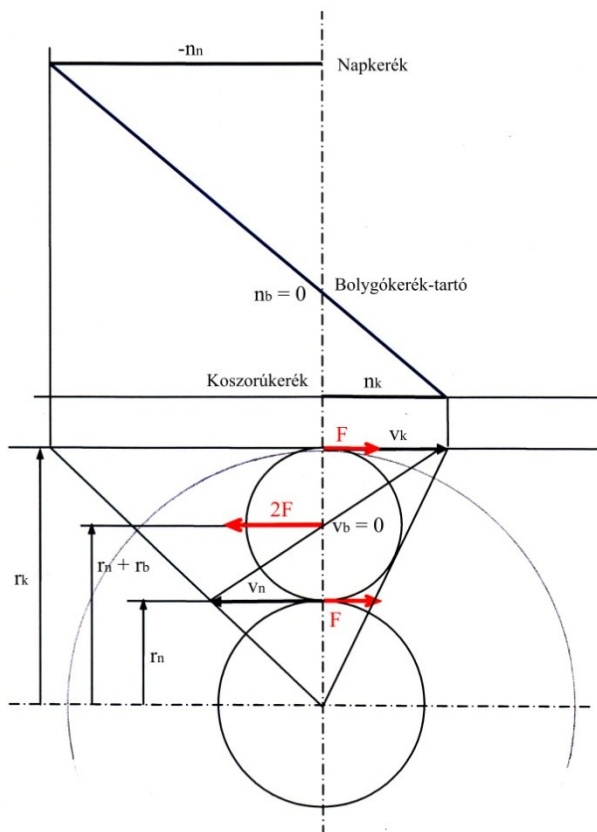
$$M_b = M_n + M_k$$

$$i_{12} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = -\frac{M_k}{M_n} = -\frac{F \cdot r_k}{F \cdot r_n} = -\frac{z_k}{z_n}$$

Forgásirány-váltó lassító áttétel!

80. ábra. i_{12} -es áttétel

5.2.6 A koszorúkerék a hajtóelem, a napkerék a hajtott, a bolygókerék-tartó rögzített



$$M_k = F \cdot (r_n + 2r_b) \rightarrow M_{BE}$$

$$M_b = 2F \cdot (r_n + r_b) \rightarrow M_R$$

$$M_n = F \cdot r_n \rightarrow M_{KI}$$

$$M_b = M_n + M_k$$

$$i_{21} = \frac{M_{KI}}{M_{BE}} = -\frac{M_n}{M_k} = -\frac{F \cdot r_n}{F \cdot r_k} = -\frac{z_n}{z_k}$$

Forgásirány-váltó gyorsító áttétel!

81. ábra. i_{21} -es áttétel

6 Alternatív járműhajtások

6.1 Hibrid üzemmódok

Tisztán villamos hajtás

Az úgynevezett full-hibrid képes hosszabb távolságok megtételére úgy, hogy csak a villamos motor hajtja a járművet. Ilyenkor a hőerőgépet leválasztják. Ekkor a hibridhajtó akkumulátorról (HV akkumulátor) működik a villamos motor és a jármű lokális (helyi) károsanyag emisszió nélkül, gyakorlatilag hangtalanul üzemel. Ez az üzemmód előnyös, mert a hőerőgép a kis terheléstartományokban gazdaságtalanul és jelentős károsanyag kibocsátással üzemel.

Villamos rásegítéses üzem

A hőerőgép és a villamos motor is pozitív hajtónyomatékot szolgáltat, a két gép teljesítménye összeadódik. Rövid időre - pl. egy nagy gyorsulással történő előzésre - kiemelkedően nagy nyomaték és teljesítmény áll rendelkezésre.

Generátor üzem

A HV akkumulátor töltése teljes egészében nem fedezhető a visszatápláló fékezéssel. Ezért ebben az üzemmódban a villamos gép (MG = motorgenerátor, IMG = integrált motorgenerátor) generátorként, a hőerőgép energiájának egy részét felhasználva tölti a HV akkumulátort, ha az irányítóegység ezt szükségesnek ítéli. A hatékony tüzelőanyag felhasználás érdekében, ha lehetséges, célszerű ezt az üzemmódot a hőerőgép alacsony terhelésénél létrehozni, hogy az a gazdaságosabb üzemi tartományban működjön.

Visszatápláló fékezés (regeneratív fékezés)

Fékezéskor a jármű mozgási energiájának egy részét a generátorként működő MG visszatáplálja a HV akkumulátorba. A regeneratív fékezési igényről a féket irányító elektronika informálja a hajtásvezérlő elektronikát.

Start/stop funkció

Ha a jármű megáll a HV-ECU - a hibridhajtás központi irányítóegysége, meleg motor esetén minden beavatkozás nélkül leállítja a hőerőgépet.

6.2 A hibridizálás mértéke

E mérték azt jellemzi, hogy milyen a belsőégésű motor és a villamos motor hajtóteljesítményének az aránya, eloszlása és mennyire számottevő a hőerőgéphez képest a villamos gép teljesítménye.

Microhibrid: Ezeknél a járműveknél az indító motorként is működő szíjjal hajtott villamos gép (motorgenerátor) teljesítménye 5 kW-nál kisebb, tehát a hőerőgéphez képest csak kevésbé számottevő. A villamos gép törpefeszültségről üzemel motorként vagy generátorként. A hőerőgép a járművön szinte változatlan. Kismértékű fékenergia visszatáplálásra képes. Energiatárolója egy növelt kapacitású ólomakkumulátor. Lehetséges a Start-Stop funkció és esetleg gyorsításnál a villamos „rásegítés”. Kb. 5-10% CO₂ kibocsátás és fogyasztáscsökkenés érhető el.

Mildhibrid: Az enyhe (gyenge, mérsékelt) hibridek általában párhuzamos kialakítású hibrid rendszerek, amelyeknél a 20 kW-nál nem nagyobb MG a hőerőgéppel azonos tengelyt hajt meg. A villamos gép, amely ekkor az indítómotor is egyben, képes megnövelni a hajtónyomatékot és alkalmas a regeneratív fékezésre. Elsősorban alacsony motorfordulatszámokon van

jelentős szerepe. A villamos gép torziós lengések csillapításában is részt vehet. Ha a motor nem tudja a hengerlekapcsolásos üzemet vagy nincs lehetőség a szétkapcsolásra, a tisztán villamos hajtásnak nincs értelme, hiszen így nagy a hőerőgép hajtónyomaték igénye (úgynevezett vonszolt nyomatéka). Az MG-t motorüzemben nagyfeszültségű akkumulátor táplálja inverteren keresztül. Kb. 15%-os az energia megtakarítás.

Full-hibrid: A „teljes” hibrid hosszabb távolságok megtételére is alkalmas tisztán villamos hajtással (EV mód) a HV akkuról. Ekkor a hőerőgép természetesen nem üzemel. Elsősorban a soros és a vegyes hibridelrendezéseket alkalmazzák, az utóbbit rendszerint egy bolygóműves nyomatékosztóval valósítják meg. Az alkalmazott villamos gépek teljesítménye nagyobb, mint 20 kW. Kb. 25-30% fogyasztás és CO₂ kibocsátás csökkenés érhető el.

Plug-in hibrid: E megoldás a full-hibrid elektromosan külső forrásról tölthető változata. Azáltal, hogy a full-hibridnél számottevően nagyobb tárolóképességű akkumulátort szereltek a járműbe, nagy távolságok megtételére is alkalmas tisztán villamos hajtással. Csak hosszabb utak megtételekor használja a hőerőgépet. A HV akku villamos utántöltése elsősorban a háztartásokban valósulhat majd meg, de ha a jövőben elterjed, gyorsított töltőállomásokon is lehetséges 5-15 perc alatt. Elterjedését jelenleg a nagy energiatároló képességű hosszú élettartamú telep előállítási költsége, mérete és súlya akadályozza.

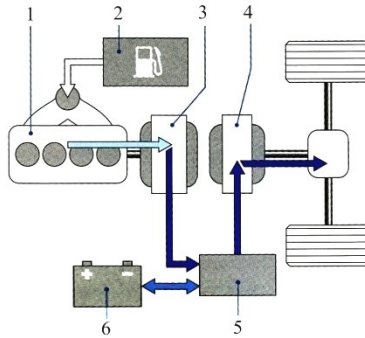
6.3 Hibridhajtás-konstrukciók

Soros hibridhajtás (Series Hybrid Electric Vehicle = S-HEV)

Fő jellemzője, hogy az energia átalakítói egymás után vannak kapcsolva. A hőerőgép mellett legalább két villamos gépre - egy generátorra és egy motorgenerátorra - van szükség. A belsőégésű motor nem kapcsolódik mechanikusan, közvetve sem, a jármű hajtott tengelyeihez. A generátor a hőerőgép mechanikai energiáját átalakítja villamos energiává. Az inverter (frekvenciaváltó) a kimenő teljesítményigény alapján - a generátor (és a HV akku) energiáját felhasználva - előállítja a villamos hajtómotor számára az adott hajtásfeladat ellátásához szükséges jellemző feszültséget (és áramot). A jármű hajtását kizárólag a villamos motor végzi.

Az S-EHV jellemzői:

- A belsőégésű motor működési tartománya szabadon
- A szükséges energiát biztosíthatja a generátor, a HV akku. és a kettő együtt is,
- A nagy motorgenerátor teljesítmény miatt erős regeneratív fékezés valósítható meg,
- Hátránya a sok energiaátalakítás okozta veszteség, a magas költség
- Elsősorban vasúti járműveken és haszongépjárműveknél alkalmazzák.

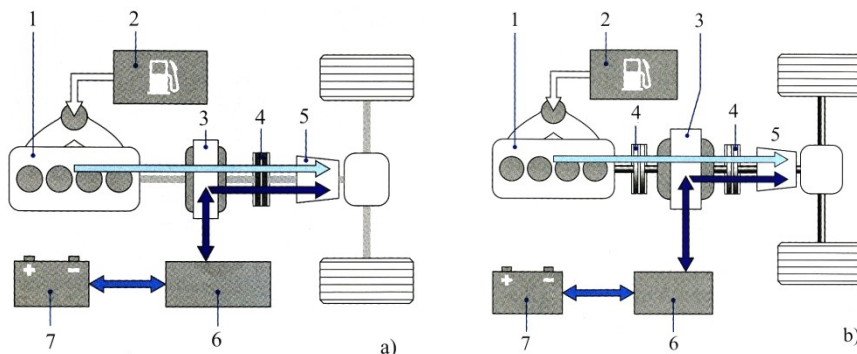


82. ábra Soros hibridhajtás (SHEV)⁵⁹

1 - Belsőégésű motor, 2 - Tüzelőanyag tartály, 3 – Generátor, 4 - Motor-generátor (MG = IMG), 5 – Inverter, 6 - HV akkumulátor

Párhuzamos hibridhajtás (Parallel Hybrid Electric Vehicle = P-HEV)

A P-HEV-ben egy motorként és generátorként is működtethető villamos gép közvetlenül kapcsolódik a belsőégésű motor főtengetyéhez. Ez nyomatékösszegzéssel jár, ahol a hajtómotorkok forgatónyomatékai tetszőlegesen arányban variálhatók, a fordulatszámok azonban nem. Ez utóbbi korlátozza a hőerőgép működési tartományának megválasztását. Szükség van tehát nyomatékváltóra és egy tengelykapcsolóra is E megoldásnak PI-HEV a jele. Ha a regeneratív fékezés hatásfokát javítani szeretnénk, és alkalmazni szeretnénk a tisztán villamos hajtást, be kell építeni még egy tengelykapcsolót, amivel a hőerőgép teljesen leválasztható. Ennek P2-HEV a jele.



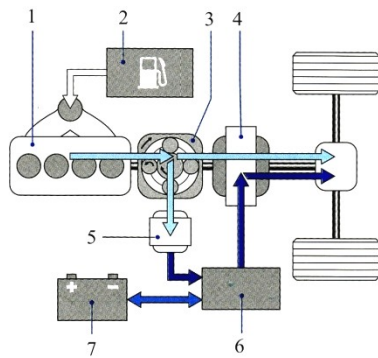
83. ábra. Párhuzamos hibrid a) egy tengelykapcsolóval, b) két tengelykapcsolóval⁶⁰

1 Belsőégésű motor, 2 Tüzelőanyag tartály, 3 Motor-generátor (MG = IMG) 4 Tengelykapcsoló, 5 Nyomatékváltó 6 Inverter, 7 HV akkumulátor

Nyomatékosztó (teljesítményosztó) vegyes hibridhajtás, E vegyes hibridek központi alkatrésze egy bolygómű (esetleg kettős bolygómű). Alapesetben a bolygóműbe a hőerőgép által bevitt mechanikai teljesítmény kétfelé oszlik. Egyik része mechanikus úton történő teljesítményátadással a hajtómű kihajtó tengelyén a kerekek felé áramlik. A másik része egy tisztán villamos úton történő teljesítményátadás (ezért soros is), amely az ekkor generátorként működő MG I - en, az inverteren és a motorként működő MG II - n jut el a kerekekhez. Az MG II a hajtómű kihajtó tengelyével (a bolygómű koszorú kerekével) áll közvetlen kapcsolatban tehát itt a nyomatékösszegzés valósul meg (ezért párhuzamos is).

⁵⁹ Robert Bosch GmbH, Hibrid hajtások 10. old. 11. ábra

⁶⁰ Robert Bosch GmbH, Hibrid hajtások 12. old. 13-14. ábra



- 1 – Belső égésű motor
- 2 – Tüzelőanyag tartály
- 3 – Bolygómű
- 4 – Villanymotor
- 5 – Generátor
- 6 – Inverter
- 7 – HV akkumulátor

84. ábra. Nyomatékosztó hibridhajtás⁶¹

A nyomatékosztó PS-EHV főbb jellemzői:

- Olyan vegyes hibrid, amely egyszerre, egy időben működik soros és párhuzamos üzemben is;
- A hőerőgép és a motorgenerátorok megfelelő vezérlésével tág tartományban tudja változtatni a mechanikusan és villamos úton átvitt teljesítmény arányát;
- A jelentős hányadú mechanikus teljesítmény átvitel miatt a 3 - Bolygómű energiavesztése viszonylag kicsi;
- A rendszer külön nyomatékváltót nem igényel;
- Képes a tisztán elektromos hajtásra, tehát fullhibrid;
- Műszakilag közepesen bonyolult, előállítási költsége a gépjárművekhez viszonyítva számottevő.

6.4 A hibrid járművek elektromos rendszere

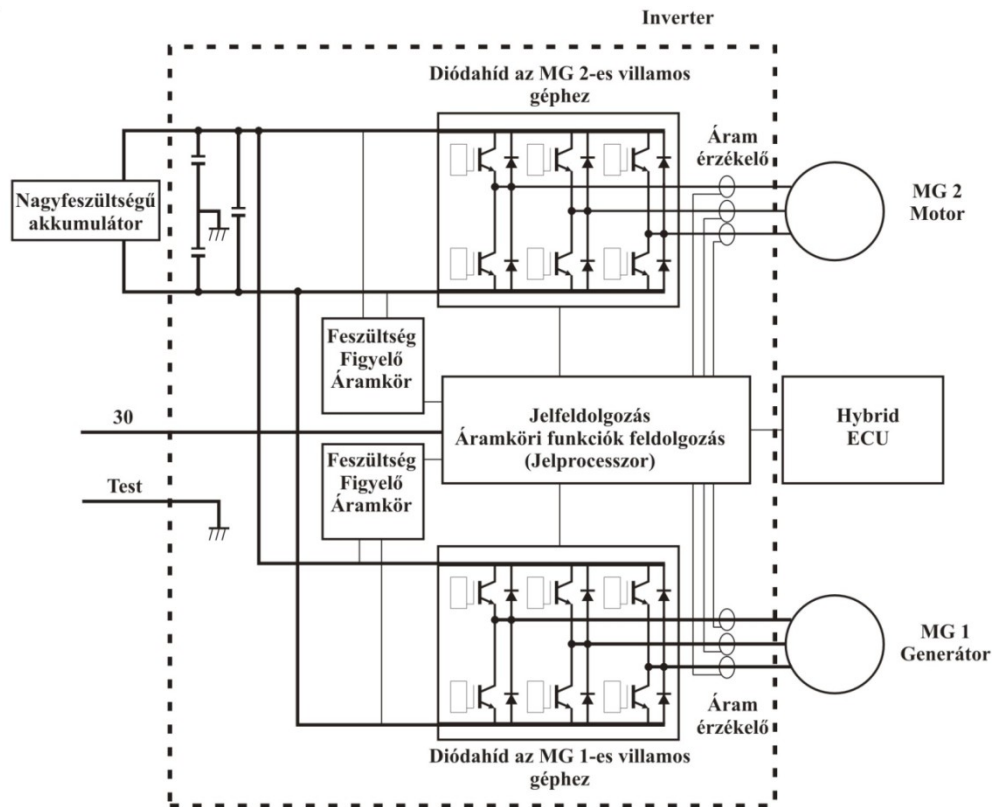
A hibrid járművek elektromos rendszerét egyik legismertebb járművén a Prius I személygépkocsin mutatom be a teljesség igénye nélkül.

6.4.1 Az inverter

A Priusba épített inverter fő feladata az, hogy az akkumulátor 288 V-os egyenfeszültségéből váltakozó feszültséget állítson elő az MG 2-es villamos gép számára. Emellett ő végzi az MG 1-es generátor váltakozó feszültségének egyenirányítását, valamint a regeneratív fékezésnél az MG 2-es villamos gép váltakozó feszültségének egyenirányítását az akkumulátor töltéséhez. Az inverter modult a 12 voltos akkumulátorról táplálják. Külön testet és akkumulátor 30-ast kap. A nagyfeszültségű akkumulátorból jövő kábelek jól elkülönítve feltűnő narancssárga színű kábelekkel kapcsolódnak az inverter modul kapcsaira.

Az inverterben két szigetelt vezérlő-elektrodájú bipoláris tranzisztorokból (IGBT) kialakított hídkapcsolás található. A félvezetők vezérlését a nagy műveleti sebességű jelprocesszor végzi. A jelprocesszor kommunikál a hibrid ECU-val és figyeli a villamos gépek áramát egy-egy áramérzékelővel, amit az inverter kimenetein helyeztek el. A tranzisztor hidak bemenő feszültségét két különálló feszültségérzékelő áramkör figyeli, amit a jelprocesszor figyelembe vesz a vezérlő jelek kiadásánál.

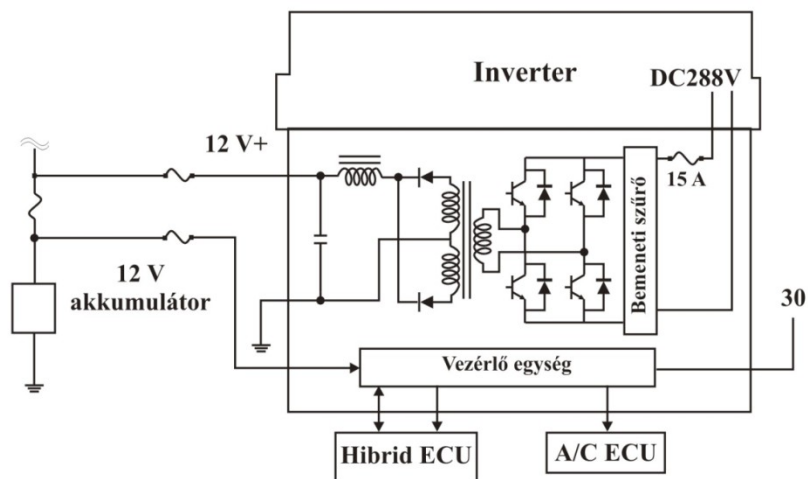
⁶¹ Robert Bosch GmbH, Hibrid hajtások 14. old. 17. ábra



85. ábra. Inverter⁶²

A szinkron gépeket egy frekvencia modulált, három fázisú jellel működtetik, amit a jelprocesszor végez. Így képes a villamos gép alacsony fordulatszámon is nagy nyomatékot leadni, a tekintélyes indítónyomaték mellett.

Az inverter modullal összeépítették a DC/DC átalakítót, így az közvetlenül a modulról kapja a 288 V-os egyenfeszültséget, megspórolva ezzel a vezetékcsatlakozásokat és csökkentve a hibalehetőségeket. A modul blokkvázlata a következő képen látható:



86. ábra. DC/DC átalakító blokkvázlata⁶³

A DC/DC átalakító az autó hagyományos 12 voltos hálózatról működő rendszereinek áramellátását biztosítja és tölti a 12 voltos akkumulátort. A modul önmagában meg tudja oldani a ha-

⁶² Forrás: Toyota

⁶³ Forrás: Toyota

gyománys feszültség szabályozást és ezzel állandó 14,3 voltos töltőfeszültséget tud biztosítani. Erről egy visszacsatoló jelet kap közvetlenül az akkumulátor kapcsairól. A vezérlőegység kapcsolatban áll a légkondicionáló vezérlőjével és a hibrid irányító egységgel. Az inverter modul vezérlőegysége is a 12 voltos hálózatról működik.

Az IGBT hidak által termelt hő elvezetését egy, a villamos berendezések számára kialakított hűtőkör biztosítja. A kiegyenlítő tartály után a hűtőfolyadék átmegy az inverter modulon, ezután helyezkedik el a szivattyú, ami forgatja a vizet a két motoron keresztül. A motorok után a hűtőközeg a kondenzátorban lehűl. A kondenzátor a motor hűtőradiátora elé van építve.

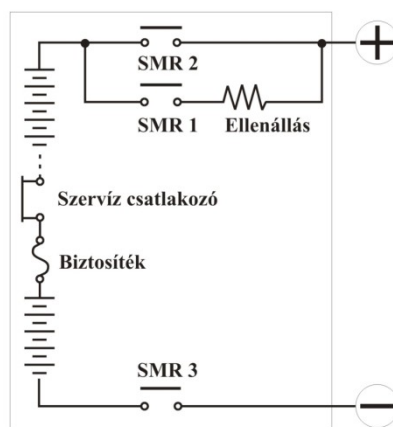
6.4.2 Akkumulátor modul

A Prius az autó mozgatásához szükséges energia egy részét villamos energia formájában tárolja. Ez az akkumulátor modulban történik, ami a csomagtartóban található. A nagyfeszültségű kábelek zárt fémcsőben futnak a kocsiján az inverter modulhoz.

Az akkumulátor NiMH technológiával tárolja a villamos energiát. A fém-hibrid akkumulátor 1,2 voltos cellákból épül fel. Ezek hatos csoportokban modulokra vannak osztva. A 40 modul alkotja a Prius nagyfeszültségű akkumulátor telepét. Ez azt jelenti, hogy az akkumulátor feszültsége $1,2 \text{ V} \cdot 6 \cdot 40 = 288 \text{ Volt}$. Az európai modellekben 2 modullal kevesebb van, ami csak 273,6 Voltos kapcsolófeszültséget jelent. A III. generációs technika 2009-től tovább csökkentett, 201,6V feszültségű NiMH akkumulátort kapott.

A modulban a cellák mellett található a vezérlőegység, a nagyfeszültséget kapcsoló főrelé (SMR) és a szervíz csatlakozó. A szervíz csatlakozó a nagyfeszültségű hálózatot bontja szerezés esetén. Az áramkör a sorba kapcsolt cellák közepén kerül megszakításra, így nem tud áram folyni a nagyfeszültségű körökben.

A következő képen az akkumulátor felépítése látható:

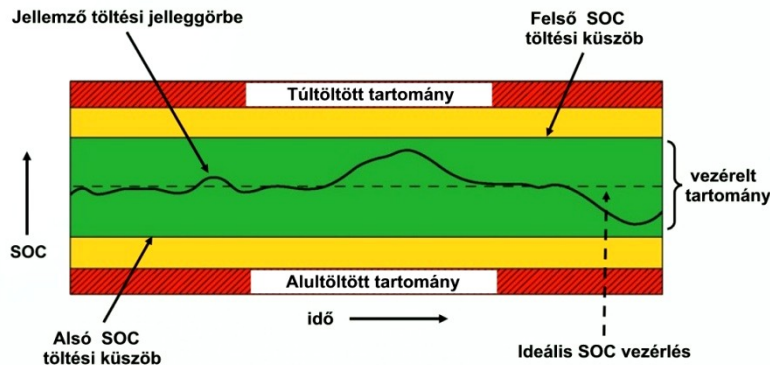


87. ábra. Az SMR főrelé kialakítása

Az SMR főrelé kapcsolja a nagyfeszültségű hálózatot. A gyújtás kulcs elfordítása után a főrelé megkerülő SMR 1-es kontaktora húz meg először. A hirtelen áramlökések csökkentésére egy teljesítmény ellenállást kapcsol. Az SMR 3-as kontaktor egy időben húz meg az egyessel. A kapcsolási tranziensek lezajlása után az SMR 2-es kontaktor meghúz, az SMR 1 elenged és ezzel rendelkezésre áll az akkumulátor teljes kapacitása.

Kikapcsoláskor először az SMR 2-es kontaktor bont, majd kis késleltetés után az SMR 3-as is elenged. Az akkumulátort egy külön vezérlő egységgel látták el. A vezérlő egység figyeli a modulok feszültségét és az áramerősséget. Az akkumulátor káros túlmelegedésének elkerülé-

se miatt az ECU figyeli a belső, illetve a külső hőmérsékletet. A modul hűtéséről egy külön levegőhűtő kör gondoskodik. A ventilátort az akkumulátor ECU kapcsolja. A légbeszívó nyílás a kalaptartón található és a kivezető nyílás a C oszlopon van. Az ECU folyamatosan jelent a Hibrid vezérőnek az akkumulátor töltöttségi szintjéről, a töltés, illetve fogyasztás mértékéről. A vezérő figyeli az akkumulátor töltöttségi szintjét, amit SOC-nak (State of charge) neveznek.

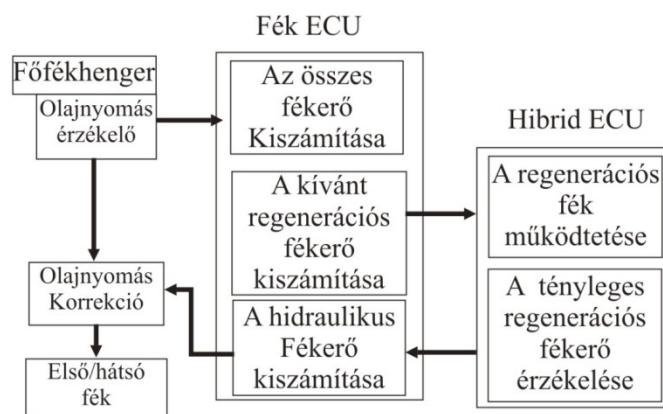


88. ábra. A NiMH akkumulátor töltöttségi szintjei (SOC) ⁶⁴

Az akkumulátor ECU a kapocsfeszültséget az ideális SOC szinthez szabályozza. Az élettartam növelés miatt a töltöttséget a zöld tartományban kell tartani. A vörös tartományok a túltöltött, illetve a lemerült akkumulátor szintjét mutatják. A túltöltöttség károsíthatja az akkumulátort, drasztikus esetben pedig akár tüzet is okozhat. Az akkumulátor csak meleg éghajlaton igényel karbantartást. Túl nagy környezeti hőmérsékletnél a töltöttség szintje akár 60%-al is csökkenhet.

6.4.3 Fékrendszer

A Prius képes az autó mozgási energiájának villamos energiává történő átalakítására. A hibrid irányító egység figyel arra, hogy maximális legyen a regeneratív fékezés. Ha a regeneratív fékhatás nem elegendő, akkor a hibrid ECU a hagyományos hidraulikus fékrendszert is használja. A fékrendszer működési vázlatát a következő képen látható.



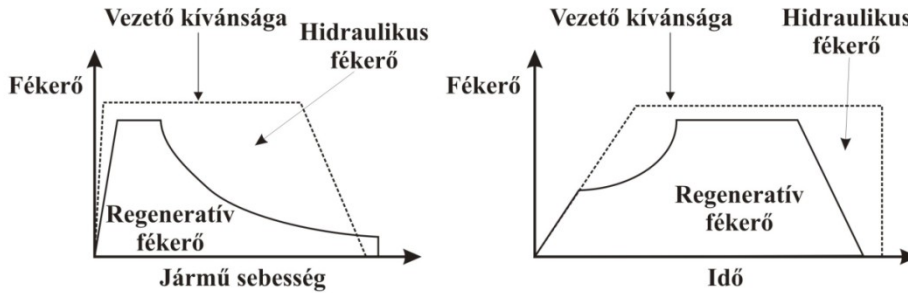
89. ábra. A fékrendszer blokkvázlata

A főfékhengerbe épített olajnyomás érzékelővel határozzák meg a vezető által kívánt fékerőt. A fék ECU a kívánt fékerőből kiszámítja, hogy mekkora lehet a regenerációs fékerő. Ezután a hibrid ECU hozza létre a regeneratív fékerőt és visszajelzést ad a fék ECU-nak a megvalósi-

⁶⁴ Forrás: Toyota

tott villamos fékezésről. Az összes fékerőből a vezérlő kivonja a hatásos regenerációs fékerőt, ez lesz a hidraulikus fékerő. Az ECU a jel ismeretében kivezérli a mágnes szelepeket, így létrehozva a kívánt hidraulikus fékhatást.

A regeneratív fékerő és a hidraulikus fékerő közötti megosztás függ a jármű sebességétől és az időtől. A képen is látszik, hogy a sebesség csökkenésével egyre több villamos fékerőt engedélyez a hibrid ECU. Ilyenkor a rendszer az egyre kisebb mozgási energiát maximális hatékonysággal próbálja visszanyerni.



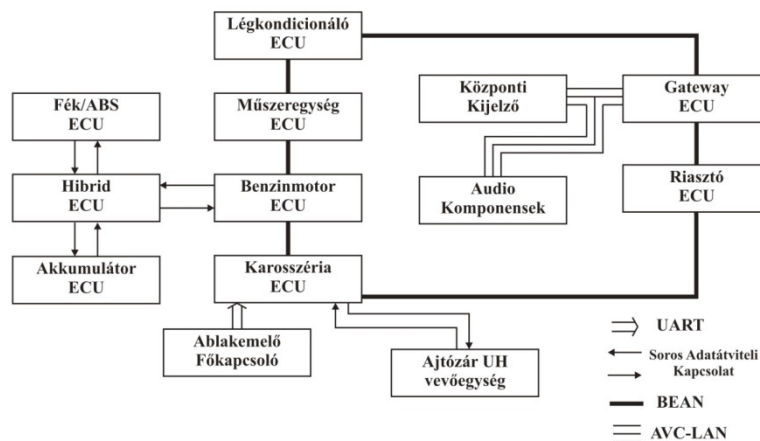
90. ábra. A fékerő eloszlása a sebesség, illetve az idő függvényében

A második kép a regeneratív fékerőt ábrázolja az idő függvényében. Hosszabb fékezés esetén a vezérlő fokozatosan egyre nagyobb villamos fékerőt enged.

A vezérlők pontos összehangolásával tudják hatékonyan visszanyerni az autó mozgási energiáját. Így az akkumulátorban elraktározott energia ismét visszafordítható az autó mozgására, csökkentve ezzel az üzemanyag fogyasztást.

6.4.4 Multiplex kommunikációs hálózat

A Prius vezérlő egységei között elengedhetetlen az információ csere. Ezt a Toyota mérnökei egyedi kommunikációs busz hálózattal oldották meg. A következő képen a Prius I-es multiplex hálózata látható.



91. ábra A Prius I multiplex hálózatának blokkvázlata

A karosszéria ECU a benzinmotor ECU a műszeregység ECU, a légkondicionáló ECU, a gateway ECU, a kettős reteszelő ECU, és a riasztó ECU között BEAN rendszert alkalmaztak. A BEAN (Body Electronics Area Network) egy egyvezetékes aszinkron kommunikációs rendszer, ami maximum 10 kb/sec-os adatátviteli sebességre képes. A karosszéria ECU végzi a központi zárok kezelését, a belső világítás működtetését, az immobilizer vezérlését, és ezeknek a diagnosztikáját. A műszeregység vezérlője a műszerek működtetését, az egyes visszajel-

ző fények és figyelmeztető lámpák megvilágítását végzi. Emellett a jelzőhangok kiadása is az ő feladata. A légkondicionáló ECU a klíma berendezést működteti. Figyeli a vezető kívánságát, az egyes hőmérsékleteket és ezek alapján kapcsolgatja a klíma kompresszort.

A benzinmotor ECU ezen a buszvonalon is kommunikál. Többek között a sebesség és fordulatszám jelet közli a műszeregységgel, de a klíma kompresszor működtetés információt is ezen a buszon kapja. A riasztó ECU a BEAN busz vonalon kapja meg a karosszéria ECU-tól a távirányító kapcsolójelét. A buszon már csak a kapcsolójel megy, az ajtózár ultrahangos vevőegysége azonosítja a távirányítót. A karosszéria ECU nyitja az ajtó zárat, illetve küldi a riasztó deaktiváló jelét. A gateway ECU egyezteti a buszok eltérő sebességét. A központi kijelző és az audio egységek AVC-LAN (Audio Visual Communication – Local Area Network) buszon kommunikálnak. A központi kijelzőn megjelenített információk és az audio rendszer elemei közötti információcserét biztosítja. Ez egy nagyobb sebességű busz vonal.

A fék ECU, a HV ECU, a motorvezérlő ECU és az akkumulátor ECU között hagyományos soros kommunikációval történik az adatcsere. Ezek a vezérlők azonban a Prius 2004-es modelljében már nagy sebességű (500kb/sec) CAN buszon kommunikálnak.

Munkavédelem, biztonsági előírások

Az áramütés elkerülése

Szakszerűtlen beavatkozás esetén a ≈ 100 V-os feszültségű hálózat balesetveszélyt jelenthet. Ezért járó motornál, illetve bekapcsolt gyújtásnál az IMA rendszer elemeit tilos megérinteni!

A rendszer-főkapcsoló

Az IMA szerkezeti elemeinek javításakor a rendszer-főkapcsoló lekapcsolásával feszültség mentesíteni kell a rendszert. Lekapcsolás után legalább 5 percet várni kell, míg a kapacitorok kisülnek.

A rendszer-főkapcsoló lekapcsolását követően, a kapacitorok kisülése miatt, a javítási művelet megkezdése előtt méréssel ellenőrizni kell a feszültség szintet.

A nagyfeszültségű rendszer szerelésekor biztonsági okból használjunk érintésvédelmi kesztyűt.

A Hibridhajtással kapcsolatos rövidítések és fogalmak:

- **HV** - Hybrid Vehicle - Hibridhajtású jármű;
- **HV battery** - Hibrid járműhajtó akkumulátor (HV) akku (pl. Toyota Prius I, 228 darab nikkell-fém hibridakku cellából áll, $U_n = 273,6$ V a feszültség (1,2 V/cella), 6 cella alkot egy modult, $2 \times 19 = 38$ modul egy telepet);
- **Battery-ECU** - HVB-ECU - a hibrid járműhajtó akkumulátor irányító egysége;
- **HV-ECU** - a hibridhajtás központi irányítóegysége;
- **DC/DC converter** - egyen-egyen átalakító pl. 273,6 V DC-t átalakít 14 V DC-re, (ellátja a fogyasztók jelentős részét villamos energiával továbbá tölti a kiegészítő akkut is);
- **Inverter** - az egyen feszültséget átalakítja (pl. 3 fázisú) előírt váltakozó feszültséggé;
- **IPM** - Intelligent Power Module - az inverterek, a DC/DC átalakító, és a Boost converter egység együtt közös dobozban (PCU = power control unit);
- **IMA** – Integrated Motor Assist – integrált elektromotoros ráségítés;
- **MG = IMG** - motorgenerátor, integrált motorgenerátor. Tág tartományban változtatható jellemzőfü, háromfázisú, váltakozó-áramú szinkron motorként és generátorként is üzemelni tudó villamos gépek;

- **Transaxle** (transzmisszion) – hajtómű;
- **Rezolver** - a motorgenerátorok indukciós elven működő fordulatszám és forgórész szög helyzet érzékelője;
- **PWM** - pulse width modulation - impulzus szélesség moduláció;
- **Szervizcsatlakozó** - vizsgálat karbantartás vagy javítás közben a csatlakozót kihúzva a HV akkumulátor lekapcsolható.

6.5 Menetstabilizáló rendszerek

A gépjárművek haladását biztosító hajtáslánc elemei (motor, sebességváltó) mellett fontos szerep jut a haladást korlátozó, a gépjárművet fékező járműrendszereknek is. Kizárólag ezek teszik ugyanis lehetővé, hogy a gépjármű biztonságosan mozogjon a közúti közlekedésben. Ugyanakkor egyre fontosabbak az utasokat balesetkor védő rendszerek is.

Biztonsági rendszerek:

A közúti közlekedés biztonságát sokféle tényező befolyásolja:

- a gépjármű állapota (pl. felszereltség, a gumiabroncsok állapota, kopási jelenségek)
- az időjárási, út- és forgalmi viszonyok (pl. oldalszél, útburkolat, forgalomsűrűség), valamint a vezető képessége és pillanatnyi állapota.

Korábban a jármű világítása mellett csak a fékpedálból, fékvezetékekből és kerékfékekből álló fékrendszer szolgálta a biztonságot, mára azonban egyre több olyan rendszer társul ezekhez, amelyek beavatkoznak a fékberendezés működésébe. A beavatkozás aktív módja miatt ezeket *aktív biztonsági rendszereknek* is nevezik.

A gépjárművekbe beépített, és a technika legújabb állását képviselő biztonsági rendszerek nagymértékben növelik a jármű biztonságát.

A fék a gépjármű fontos részegysége, amely a közlekedésben való biztonságos részvétel elengedhetetlen kelléke. Az automobil történetének kezdetén a kis sebességek és a csekély forgalomsűrűség miatt a fékberendezéssel szemben támasztott követelmények a maiáig sokkal alacsonyabb szintűek voltak. Az idők folyamán a fékberendezés állandó fejlődésen ment keresztül. Az autók által manapság elért nagy sebesség végső soron csak úgy vált lehetségessé, hogy a gépkocsit veszélyhelyzetben megbízható fékberendezés képes lelassítani és megállítani. A fékberendezés ezért a gépjármű biztonsági rendszerének fontos alkotórésze.

A gépjárműtechnika más területeihez hasonlóan, az elektronika bevonulta a biztonsági rendszerekbe is. Az időközben a biztonsági rendszerekkel szemben támasztott magas szintű követelmények ma már csak az elektronika segítségével teljesíthetők.

Aktív biztonsági rendszerek

Ezek a rendszerek segítik a baleset elkerülését és megelőző módon járulnak hozzá a közúti közlekedés biztonságához. Aktív biztonsági rendszerek például:

- az ABS (blokkolásgátló rendszer)
- az ASR (kipörgésgátló rendszer)
- az ESP (elektronikus stabilitásmegőrző program).

Ezek a biztonsági rendszerek kritikus helyzetben stabilizálják a járművet és így fenntartják annak kormányozhatóságát.

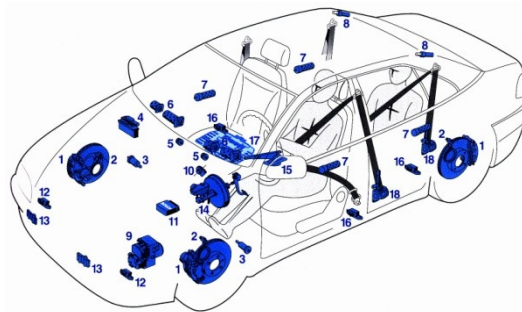
Az olyan rendszerek, mint az adaptív sebességszabályzás (ACC, Adaptive Cruise Control), a biztonság növelése mellett jelentősen növelik a kényelmet is, miután a követett gépkocsi mö-

götti követési távolságot automatikus gázelvétellel vagy akár a fék aktív működtetésével is megtartják.

Passzív biztonsági rendszerek

Ezek a rendszerek baleset bekövetkezésekor megvédik az utasokat a súlyos sérülésektől. Csökkentik a sérülés veszélyét és mérséklék a baleset következményeit.

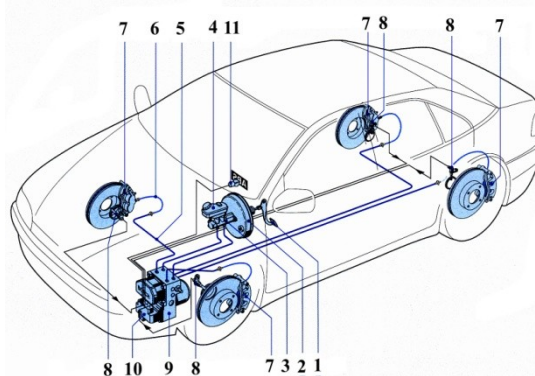
A passzív biztonsági felszerelésekre példa a törvényesen előírt biztonsági öv, valamint a légszák, amely ma már a gépkocsi különböző helyein megtalálható első- vagy oldallégszák formájában. Tekintettel a téma terjedelmére, ezen jegyzet nem alkalmas arra, hogy minden részletét teljességében kifejtjük, ezért csak a leglényegesebb részekre térünk ki, szinte felsorolás jelleggel. Az alábbi ábrán a technika mai állásának megfelelően felszerelt gépkocsi biztonsági rendszerei és azok részei láthatók.



92. ábra. A gépkocsi biztonsági rendszerei⁶⁵

1 Kerékfék a féktárcsával, 2 Kerékfordulatszám-érzékelő, 3 Láb-légszák gázgenerátorral, 4 ESP elektronika, (ABS és ASR-funkcióval), 5 Térd-légszák gázgenerátora, 6 Vezető- és utas oldali légszák gázgenerátorai, 7 Oldal légszák gázgenerátora, 8 Fej-légszák gázgenerátora, 9 ESP hidraulika egysége, 10 Kormányelfordítás-szög érzékelője, 11 Légszák-elektronika, 12 Elő-érzékelő, 13 Ütközést előjelző érzékelő, 14 Fékerő rásегítő a főfékhengerrel és fékpedállal, 15 Rögzítőfék működtető kar, 16 Lassulás-érzékelő, 17 Az ülés terhelését felismerő érzékelő lap, 18 Biztonsági öv heveder-előfeszítővel

6.6 A blokkolásgátló rendszer (ABS)



93. ábra. Blokkolásgátlóval ellátott fékrendszer áttekintő ábrája⁶⁶

1 fékpedál, 2 fékrásегítő, 3 főfékhenger, 4 kiegyenlítő tartály, 5 fékcső, 6 féktömlő, 7 kerékfék a kerék munkahengerrel, 8 kerékfordulatszám-érzékelő, 9 hidraulikus egység, 10 ABS elektronika, 11 ABS ellenőrző lámpa

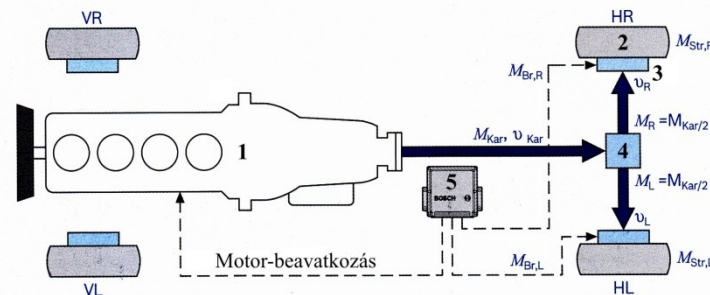
⁶⁵ Robert Bosch GmbH, Gépjárművek menetstabilizáló rendszerei 5. old. 1. ábra

⁶⁶ Robert Bosch GmbH, Gépjárművek menetstabilizáló rendszerei 28. old. 1. ábra

Kritikus vezetési helyzetekben előfordulhat, hogy fékezés közben a kerekek blokkolnak. Az okok között szerepelhet például, hogy nedves az útburkolat, vagy előre nem látott akadály ijedségi reakciót vált ki a vezetőből. Ezáltal a jármű kormányozhatatlanná válhat, megpördülhet és elhagyhatja az úttestet.

Az ABS fékezés közben idejében felismeri, hogy egy, vagy több kerék blokkolásra hajlamos, és azonnal beavatkozik oly módon, hogy a féknyomást állandó értéken tartja vagy csökkenti. Így nem blokkolnak a kerekek és a jármű követi a kormányozdulatokat. Ezen a módon az autó biztonságosan és gyorsan lefékezhető, illetve megállítható.

6.7 A kipörgésgátló rendszer (ASR)



94. ábra. Egy tengelyen meghajtott, ASR-rel felszerelt gépkocsi hajtásrendszere⁶⁷

1 Motor és sebességváltó, 2 Kerék, 3 Kerékfék, 4 Keresztirányú differenciálmű, 5 ASR elektronika, M_{kar} Hajtónyomaték a kardántengelyen, v A kerék fordulatszám, R Jobb oldal, L Bal oldal, V Elő, H Hátsó

Nem csak fékezéskor jöhetnek létre kritikus menet-állapotok, hanem általában mindig, amikor nagy hosszirányú erőket kell átadnia a gumiabroncs és az útfelület érintkezési felületén. Ezáltal az átvihető oldalerők csökkennek. Ez így van induláskor és gyorsításkor, különösen síkos úton, hegymenetben és kanyarban. Az ilyen helyzetek meghaladhatják az gépkocsivezető képességeit és helytelen reakciókat, illetve a jármű instabil viselkedését idézhetik elő. Ezeket a problémákat oldja meg a kipörgésgátló (hajtási csúszásgátló rendszer, ASR), ha a gépkocsi még nem lépte át a fizikai határokat.

Míg a blokkolásgátló rendszer (ABS) a kerekek fékezés közbeni blokkolását akadályozza meg, az ASR a hajtott kerekek kipörgését gátolja meg úgy, hogy minden egyes meghajtott keréken csökkenti a tényleges hajtónyomatékot.

Az ASR beavatkozási lehetőségei

A kerekek mért sebessége és ezzel együtt mindenkori hajtási csúszása minden egyes keréken az M_{Ges} nyomatékmérleg megváltoztatásával befolyásolható. Az egyes kerekek M_{Ges} nyomatékmérlege az erre a kerékre jutó $M_{kar}/2$ hajtónyomatékból, a mindenkori féknyomatékból és az útfelületre átvihető nyomatékból adódik.

$$M_{Ges} = \frac{M_{Kar}}{2} - M_{Br} - M_{Str}$$

Nyilvánvaló, hogy a mérleg a motor által leadott M_{kar} nyomatékkal és az M_{Br} féknyomatékkal befolyásolható. Ezek jelentik tehát az ASR beavatkozási lehetőségeit és a szabályozott mennyiségeket, amelyekkel az egyes kerekek csúszása beszabályozható a csúszási célértékre.

⁶⁷ Robert Bosch GmbH, Gépjárművek menetstabilizáló rendszerei 44. old. 1. ábra

A motor M_{Kar} nyomatéka Otto-motorral hajtott gépkocsik esetében alapvetően a motor működésébe az alábbi helyeken történő beavatkozással vezérelhető:

- fojtószelep (a fojtószelep állásának változtatása),
- gyújtóberendezés (az előgyújtási szög változtatása),
- befecskendező berendezés (egyedül befecskendezési impulzusok kihagyása). Az utóbbi két beavatkozás a „gyors”, az első a „lassú” beavatkozási lehetőségek közé tartozik. A gyártótól és az alkalmazott motortól függ, hogy ezek közül melyik beavatkozási lehetőség alkalmazható.

Dízelmotoros gépkocsiknál az M_{Kar} hajtónyomaték az elektronikus befecskendezés szabályzóval (EDC) befolyásolható (a befecskendezett mennyiség csökkentésével). Az M_{Br} féknyomaték kerekenként történhet a fékberendezésen keresztül. Az aktív nyomásművelés szükségessé válása azonban feltételezi az eredeti ABS-rendszer erre a funkcióra történő kibővítését.

6.8 Az elektronikus stabilitás program (ESP)

Az ESP fő feladata, hogy a gépkocsi ferdefutási szögét a megengedhető értékek között tartsa, mert ekkor még a gépkocsivezető uralni tudja az autót. Az ESP stabilizáló nyomatékot hoz létre a fékek egyedi, szabályozott működésével.

Szabadon gördülő kerekeknél bal kanyarban alulkormányozottság esetén a bal hátsó kerék fékezésével, túlkormányozottság esetén a jobb első kerék fékezésével lehet a gépkocsit stabilan az úton tartani.

Az ESP rendszerhez kiegészítő érzékelők szükségesek a gépkocsivezető szándéka szerinti menetpálya és a gépkocsi által ténylegesen megtett út közötti különbség korrekt meghatározása céljából.

Az ESP rendszer bemenő információi a következők:

- perdülési sebesség,
- keresztirányú gyorsulás,
- a kormánykerék elfordulási szöge, sebessége és iránya,
- a kerekek forgási sebessége,
- fékezőnyomás a főfékhengernél,
- gázpedálhelyzet.

Ezen információkat természetesen külön jeladótól kapja az ESP elektronika.

A beavatkozás típusától függően Otto-motoroknál az alábbiak szerint történhet:

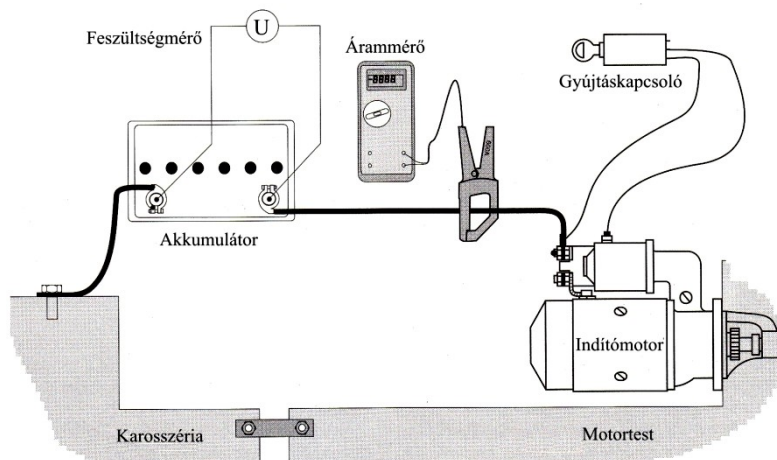
- a hidraulika rendszeren keresztül a fékező erő nagyságába,
- valamint a motorelektronikán keresztül
 - a tüzelőanyag mennyiségébe,
 - az előgyújtás időzítésébe,
 - és a fojtószelep-helyzetébe.

7 A gépjármű villamos hálózata

7.1 Áramellátó rendszer

A gépjármű teljes villamos rendszerének tárgyalása nem fér bele e jegyzet szűkösen szabott keretébe, ezért csak a legfontosabbak kerülnek említésre, azon belül is főként a diagnosztikai vizsgálatokra helyezve a fő hangsúlyt.

Az áramellátó és indítórendszer hibabehatárolásához szükség van egy feszültségmérőre, amelyet csatlakoztatunk az akkumulátor kivezető csapjaira és egy árammérőre, mellyel indítózás közben (indításpróba) mérjük a forrás által leadott áramerősséget is. A hibabehatárolás kapcsolása az 95. ábrán kísérhető figyelemmel.



95. ábra. Hibabehatárolás⁶⁸

Ha ekkor viszonylag magas kapocsfeszültség és kis terhelőáram mérhető (12,4V–25 A), nem az akkumulátor a hibás. Ilyenkor valószínűleg a hálózat sérült vagy az indítómotor hibásodott meg. Ha ugyanekkor a kapocsfeszültség alacsony, de a terhelőáram nagy (7 V–350 A), szintén nem a telep rossz, ilyenkor nagy valószínűséggel az indítómotor hibásodott meg. Ha alacsony feszültséget és kis áramerősséget mérünk (7,5 V– 45 A) akkor valószínűleg az akkumulátor hibásodott meg. Az akkumulátor kiszerelese előtt célszerű ellenőrizni az energiaellátó rendszert is.

A kiszereelt akkumulátor vizsgálata



96. ábra. Akku tesztér⁶⁹

Az akkumulátorról biztos képet kapunk, ha először elektromosan feltöltjük. Töltés folyamán, ha a feszültség gyorsan növekszik viszonylag kis töltőáram mellett, nagy valószínűséggel az akkumulátor elszulfátosodott. Ilyenkor célszerű kis töltőáramot alkalmazni, pl. az amperóra kapacitás tizedrészének megfelelő árammal ($C_{20}/10$ A) tölteni a telepet.

⁶⁸ Huszti Tibor: A gépjármű villamos hálózata, Autoverso Oktatási Bt. 104. old. 2.46. ábra

⁶⁹ Gál Zoltán: Fénykép

Szervizekben alkalmaznak olyan berendezéseket (akku teszter) melyek fix értékű ellenállással, rendszerint 100 A-rel terhelik meg a telepet. A berendezés rendelkezik feszültségmérővel is, így külön feszültségmérőre nincs is szükség.

Az akkumulátor indítóképeségét az alábbiak szerint lehet megítélni:

- Először meg kell mérni az akkumulátor nyugalmi feszültségét (a töltést követő fél óra után)
- A terhelés végrehajtásakor a mérőeszköz csatlakozóját hozzá kell nyomni az akkumulátor kivezető csapjaihoz, majd 10 s idő múlva le kell olvasni a kapocsfeszültséget, és ha a műszer mutatója a zöld tartományon belül van, az akkumulátor töltöttsége megfelelő.

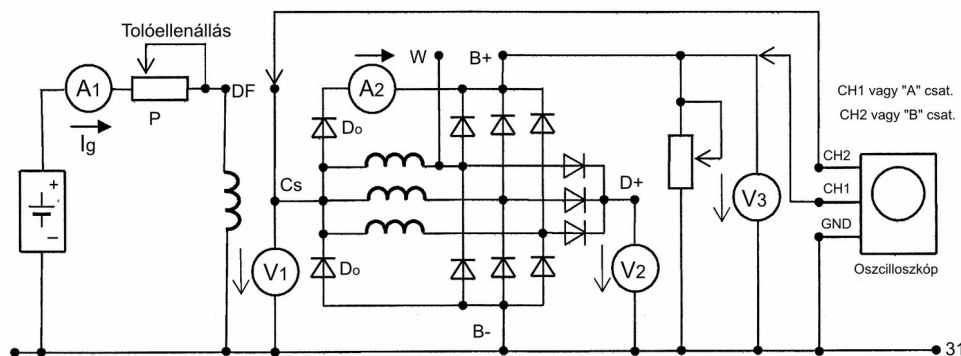
Generátor vizsgálata

A generátor diagnosztika a töltőáram és a szabályozott feszültség névleges értékének ellenőrzésére, valamint annak oszcilloszkópos vizsgálatára terjed ki. Ezek a vizsgálatok motorra szerelt állapotban, igaz nehézkesen, de elvégezhetők. Érdeemes a vizsgálatot az elektromos csatlakozások, testvezetékek, ékszíjfeszesség, zajosságvizsgálattal kezdeni.

A névleges töltőáram és a névleges motorfordulatszám ismeretében ellenőrizhető a generátor hibátlan működése. A motort a névleges fordulatszámon járattjuk miközben az árammérő főgóval a töltőáramot mérjük a generátor töltővezetékén. A generátor maximális gerjesztését kikényszeríthetjük úgy, hogy terhelővillával az akkumulátort 80-100A árammal terheljük. Ha a mérés során, a generátor névleges fordulatszáman leadja a névleges áramerősség értékét, a generátort hibátlanak kell minősíteni.

A generátor egyenirányító diódáinak és fázistekercseinek esetleges hibáit az egyenirányított feszültség oszcillogramjának segítségével azonosíthatjuk.

Az egyenirányított rendszerfeszültség a háromfázisú, kétutas egyenirányítás eredményeként ingadozó.



97. ábra. Mérőkapcsolás a generátor oszcilloszkópos vizsgálatához ⁷⁰

A méréshez az oszcilloszkóp mérővezetékét az akkumulátor pólusaira csatlakoztatva, járassuk a motort kb. 2500-3000 min⁻¹ fordulatszámon és kapcsoljunk be minél több fogyasztót a rendszer terhelésének növelése érdekében. Erre azért van szükség, hogy az akkumulátor feszültségét csökkentsük annak érdekében, hogy a generátor hullámos feszültsége látható legyen. Hibátlan generátor esetén a hullámosság egyenletes, míg valamilyen meghibásodás esetén (dióda hiba, fázistekercs zárlat, szakadás) esetén jeltorzulás következik be. A diagnosztika ebben az esetben csak arra mutat rá, hogy a generátor hibás vagy hibátlan. Torzult jelalak esetén a

⁷⁰ Gál Zoltán: Generátordiagnosztika, Oktatási segédlet

generátort ki kell szerelni és a konkrét hibafeltárást csak szétszerelt generátornál végezhetjük el. A javítás elvégzése után, a gépkocsira való felszerelés előtt, célszerű az oszcilloszkópos vizsgálatot próbapadon a 97. ábrán látható mérőkapcsolás szerint elvégezni.

A mérőkapcsoláson is megfigyelhető, hogy az akkumulátor csupán a gerjesztő áramot biztosítja, és nem terheli a generátort. A generátor terheléséről egy változtatható ellenállás gondoskodik. Az oszcilloszkópos vizsgálat elvégezhető persze a generátor üresjáratában is (terhelés nélkül), de fennáll annak a veszélye, hogy a generátor feszültsége túlzottan megemelkedik feszültség szabályozás nélkül. A mérés természetesen elvégezhető a generátorba beépített feszültség szabályozó esetén is.

Akkumulátor felügyelet

A mai korszerű, karbantartás-mentes akkumulátorok meghibásodása a nagy teljesítménye ellenére is, a mai napig az egyik leggyakoribb hibaforrás. Ily módon az akkumulátor ellenőrzése és diagnosztikája egyre nagyobb jelentőséggel bír. Ezt a feladatot látja el az energia menedzser, a fogyasztók számára szükséges energia és a rendelkezésre álló energiával történő összehasonlítással, melyet a generátor teljesítményéből és az akkumulátorban tárolt energiából nyer. A fő cél az akkumulátor töltöttségi állapotának ellenőrzése és adott esetben a CAN-busz segítségével az energiafogyasztók vezérlése, ha szükséges, akkor a lekapcsolásuk is. Így elkerülhető az akkumulátor túlzott kisütése és mindenkor garantált marad a gépkocsi indítási képessége.

Az akkumulátor állapotának lehető legpontosabb megítéléséhez az alábbi adatok szükségesek:

- az akkumulátor hőmérséklete,
- a terhelő áram,
- az akkumulátor nyugalmi és üzemi feszültsége.

Az akkumulátor felügyeletet rendszerint egy intelligens akkumulátorszenzorral (IBS) és a motorvezérlő elektronika segítségével oldják meg.

Az akkumulátorszenzor három részből áll: a mechanikus részből, az elektromos modulból és a szoftverből.

A mechanikus rész



98. ábra. Akkumulátor-szenzor⁷¹

A mechanikus részhez tartozik az akkumulátorsaru a testkábelrel, mely a következő feladatokat tölti be:

- Elektromos kapcsolat a karosszéria és az akkumulátor negatív pólusa között.

⁷¹ Forrás: Gépjárműelektronika egyszerűen, 135. old.

- Az áramméréshez szükséges érzékelőelemek befogadása.
- Az elektronikus modul befogadása
- Hő kapcsolat létesítése az akkumulátor negatív sarka és a hőmérséklet-szenzor között.
- Az IBS testelése (a feszültségellátás egy külön vezetéken történik).
- Az elektronikus elemek védelme.

Az elektronikus modul feladata a feszültség regisztrálása, az átfolyó áram és akkumulátor hőmérsékletének mérése.

A szoftver

A pontos adatgyűjtéshez az IBS széles mérési tartományokkal rendelkezik:

- áram -200 A és +200 A között,
- feszültség 6 V és 16,5 V között,
- hőmérséklet -40 ° C és 105 ° C között,
- indítóáram 0 A és 1000 A között,
- nyugalmi áram 0 A és 10 A között.

Az akkumulátorszenzor feladatai:

- Folyamatos feszültség, áram és hőmérséklet mérés a gépkocsi minden működési állapotában.
- Akkumulátorjellemzők számítása, melyek alapul szolgálnak az akkumulátor töltöttségi állapotának és az akkumulátor állapotának meghatározásához.
- Az akkumulátortöltő és kisütő árama közötti egyensúlyteremtés.
- Az akkumulátor töltöttségi állapotának figyelése és kritikus töltöttségi állapot elérése esetén megfelelő beavatkozás.
- Az indítóáram mérése az akkumulátor állapotának meghatározásához.
- A nyugalmi áram figyelése.
- Az adatok átvitele a fölérendelt vezérlőegységhez.
- Öndiagnosztika.
- Az algoritmus-paraméterek és az öndiagnosztikához szükséges paraméterek automatikus frissítése a motorvezérlő egységen keresztül.
- A képesség, hogy az „alvó” (sleep) módból felébredjen.

Kiértékelő elektronika

Az IBS kiértékelő elektronikája folyamatosan gyűjti a mérési adatokat. Ezeket az áram, feszültség és hőmérséklet értékeket az akkumulátor-jellemzők számítására használják fel. A bit-szinkron interfészen keresztül az akkumulátorjellemző adatait a motorvezérlő elektronikába küldi. Az akkumulátorjellemzők számításával párhuzamosan történik az akkumulátor töltöttségi állapotának előzetes számítása. A „motor ki” jel fennállása alatt, valamint amíg a befecskendező főrelé zárt állapotban van, az akkumulátor szenzor információkat gyűjt a motorvezérlő egységtől az akkumulátor állapotáról, hogy a motort garantáltan be lehessen indítani. Miután a befecskendező főrelé kikapcsol, az akkumulátor-szenzor folyamatosan figyeli az akkumulátor töltöttségi állapotát.

A nyugalmi áram mérése

A gépkocsi nyugalmi állapotában az IBS folyamatosan méri az akkumulátorjellemzők megkívánt értékeit. Úgy van programozva, hogy az „alvó” mód 14 másodpercenként megszakad és

ekkor egy mérés történik. A mérés kb. 50 ms-ig tart. A mérési adatok az IBS nyugalmi-áram memóriájában kerülnek tárolásra. Ha beindítják a motort, akkor a motor vezérlőegység kiolvassa a nyugalmi-áram memóriát. A nyugalmi-áram menetének a tárolt előírt értékekkel való összehasonlításával megállapíthatóak a különbségek. Ha a nyugalmi-áram menetében eltérés fordul elő, akkor ez megjelenik a motorvezérlő egység hibamemóriájában.

Az optimális akkumulátortöltés

Ahhoz, hogy optimális akkumulátortöltés jöjjön létre minden akkumulátor-töltöttségi állapotban, az akkumulátor hőmérsékletétől és a töltöttségi állapottól függő töltésszabályozást alkalmaznak. Ehhez a vezérlőegységben az aktuális akkumulátor-hőmérséklet számára optimális előírt töltési feszültségérték kerül kiszámításra. A generátor gerjesztő árama ekkor úgy van beállítva, hogy a kívánt töltőáram jelenjen meg az akkumulátornál. Ily módon kompenzálni lehet a generátorvezetéken fellépő feszültségesést is. Teljesen feltöltött akkumulátornál csökkenteni lehet a generátor-teljesítményt, ezáltal a tüzelőanyag fogyasztást is.

Diagnosztika

Mint minden korszerű elektronikus rendszerben, az akkumulátor felügyeletben is fordulhat elő hiba. Ez lehet a pozitív vagy negatív póluszárlat, szakadás vagy a csatlakozók, illetve vezetékek átmeneti ellenállás-növekedése, hibás vezérlőegység, a buszrendszer meghibásodása, hibás akkumulátor vagy hibás generátor. Általában hiba esetén a rendszer, helyettesítő értékekkel működik tovább és bejegyzés történik a hibamemóriába.

A hibamemóriába például akkor kerülnek bejegyzések, ha az energia-felügyelet aktivált egy lekapcsolási fokozatot és ez alapján a rendszerben funkciókorlátozásokat határozott meg. Ez a hibabejegyzés adott esetben lehet: generátor mechanikai hiba, a generátor magas hőmérsékletre szabályozás vagy generátor elektromos hiba.

További információk nyerhetők a mért értékblokkok (tényleges értékek) lekérdezésével. A mért értékblokkokban különböző paraméterek és értékek jelennek meg. Ide tartoznak például:

- akkumulátor feszültség,
- generátorfeszültség előírt érték,
- az akkumulátor hőmérséklete,
- az akkumulátor töltöttségi állapota,
- kommunikáció a generátorral, nyugalmi-áram középértéke,
- vészkapcsolás,
- az akkumulátor belső ellenállása, töltés elvesztése,
- nyugalmi-áram lekapcsolása.

A diagnosztika során, az előírt és tényleges értékek összehasonlításával a fellépő hibák behatározhatók.

7.2 Indítóberendezések

Az indítórendszer együttes vizsgálata az indítómotor áramfelvételének, az akkumulátor kapocsfeszültségének és az indítórendszer elektromos hálózatának érintett részein történő feszültségesés egyidejű mérésével hajtható végre korrekt módon. Az indítási áramfelvétel és a feszültségesés ismeretében az akkumulátor indítóképességére vonatkozóan is helyes információhoz juthatunk.

Az akkumulátor kapocsfeszültségének 20°C körüli hőmérsékleten, 10 s indítómotor működtetés után nem szabad 12 V névleges feszültségű rendszerben 9,5 V alá esnie. Kifogástalan akkumulátorállapot mellett 5-6 s idtartamú indítózás után állandósul a kapocsfeszültség 10,5 V felett, ekkor a vizsgálat befejezhető, és az akkumulátor töltöttségét megfelelőnek lehet értékelni.

7.3 Elektromos motorok

7.3.1 Egyenáramú motorok

A gépjárművekben a legkülönbözőbb feladatok megoldására alkalmaznak egyenáramú motorokat. Egyik legfontosabb alkalmazás a belsőégésű motor indítását szolgáló indítómotor.

A gépjármű egyéb területein is egyre több helyen végzik a berendezések mozgatását különböző egyenáramú motorokkal. Az ablaktörlők és ablakemelők mozgatását már szinte a kezdetektől elektromos motorok végzik, nem beszélve a manapság egyre jobban elterjedőben lévő ülésmozgató szerkezetekről, a fojtószelepegység állítókról, tükörmozgató szerkezetekről stb. Egyre nagyobb szerepet töltenek be az egyenáramú motorok egyik speciális típusa az ún. léptetőmotorok, melyeket a gépjárművekben többnyire a műszerek működtetésére és a motorok alapjáratú levegőszabályozásához használnak.

Az egyenáramú motor szerkezeti felépítése és működése

Az egyenáramú motor két fő részből tevődik össze. Az állórész öntöttvas vagy acél motorházban rögzítik a motor pólusait. A főpólusba helyezik el a gerjesztő tekercseket.

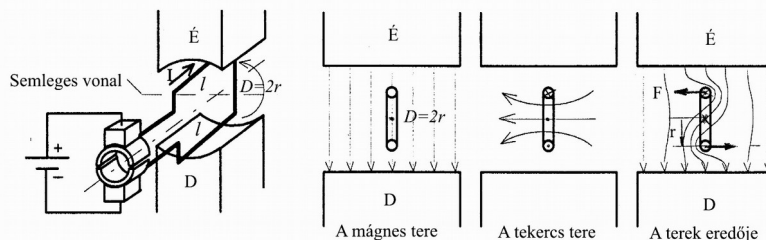
A forgórész tengelyen elhelyezett lemezelt vasmagon, a tekercsek elhelyezésére alkalmas hornyokat alakítanak ki. Ezekbe fektetik az armatúra tekercseit. A tekercsek kivezetéseit a tengelyen található kommutátor szegmenseihez rögzítik. A kommutátorral érintkeznek az állórészhez rögzített szén- vagy bronzkefék.

A motor forgórészére feszültséget kapcsolva mágneses tér alakul ki, mely kölcsönhatásba lép az állórész mágneses terével és forgatónyomaték keletkezik, melyet az alábbi összefüggéssel számolhatunk ki:

$$M = 2 \cdot F \cdot r \quad F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha \quad \text{a helyettesítést elvégezve}$$

$$M = 2 \cdot B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot r \quad \Phi = 2 \cdot r \cdot l \cdot B$$

$$M = \Phi \cdot I \cdot \sin\alpha$$



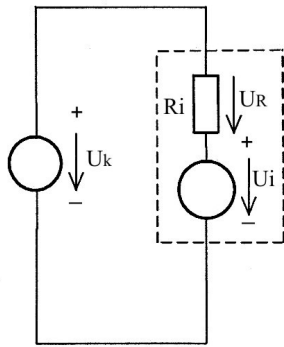
99. ábra. Az egyenáramú motor szerkezete és a forgatónyomaték kialakulása

Egy mágneses térbe helyezett áramjárta vezetőkeretre $M = \Phi \cdot I \cdot \sin\alpha$ nagyságú nyomaték hat, tehát a nyomaték a fluxus maximális értékétől, a keretben folyó áram erősségétől és a keret szöghelyzetétől függ.

Ha azt szeretnénk, hogy a nyomaték állandó irányba hasson, a keretben az áramirányt 180°-onként meg kell fordítani. A valóságos motorokban nem egy vezető keretet, hanem több különböző szöghelyzetben elhelyezkedő, néha több menetű vezetőkeret-rendszert, ún. forgórészt helyeznek a mágneses térbe, s az áram irányváltásról kommutátor és szénkefék gondoskodnak.

Ekkor a nyomaték: $M = c \cdot \Phi \cdot I$

A legfontosabb motorjellemzők meghatározása:



100. ábra. Motorjellemzők

A motor nyomatéka:

$$M = c \cdot \Phi \cdot I$$

A motor alapegyenlete:

$$U_k = U_i + I \cdot R_i = c \cdot \Phi \cdot n + I \cdot R_i$$

A motor mechanikai teljesítménye:

$$P_m = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = U_i \cdot I$$

A motor felvett teljesítménye:

$$P_f = U_k \cdot I$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_f} = \frac{U_i \cdot I}{U_k \cdot I}$$

A motor hatásfoka:

Az egyenáramú motorok a gerjesztési megoldásukat tekintve lehetnek:

Állandó mágnessel gerjesztett motorok

Az állórész gerjesztéséhez nem szükséges villamos energia, így a motor teljesítményigénye kisebb, a hatásfoka nagyobb lesz. A motor fordulatszáma arányos a kapcsolófeszültséggel. Viszonylag kis méretük ellenére hatásfokuk eléri a 70-80%-ot. Bolygóműves indítómotoroknál, ablaktörlő- és ablakemelő motorok működtetésére használják.

Párhuzamos gerjesztésű motorok

Párhuzamos gerjesztésnél a gerjesztő tekercs menetszáma és ellenállása viszonylag nagy, árama kicsi. Mivel a fordulatszám a kapcsolófeszültséggel egyenesen, a gerjesztő árammal pedig fordítottan arányos, megfelelő gerjesztő tekercscsel elérhető, hogy a motor fordulatszáma csaknem független legyen a kapcsolófeszültségtől. A kapcsolófeszültség polaritását felcserélve az áram iránya a forgórészben is, és a gerjesztő tekercsben is megfordul, ezért a párhuzamos gerjesztésű motor forgás iránya nem függ a kapcsolófeszültség polaritásától.

Soros gerjesztésű motorok

Soros kapcsolás esetén a gerjesztő tekercs menetszáma és ellenállása kicsi, így az armatúra áramát nem korlátozza. Emiatt indításkor - amikor nem indukálódik belső feszültség - a motor árama rendkívül nagy lesz. A nagy áram erős mágneses teret, és nagy forgatónyomatékot okoz. A forgás közben indukált feszültség csökkenti az áramot, emiatt csökken a gerjesztés is, és a belső feszültség csak nagyobb fordulatszámnál lesz azonos a kapcsolófeszültséggel. A motor fordulatszáma ezért tovább növekszik. Hatására a gerjesztő áram is tovább csökken, vagyis a fordulatszám elvileg a végtelenhez tart. A gyakorlatban a súrlódás és a közegellenállás korlátozza ennek elérését, azonban még így is olyan nagy lehet, hogy a forgórész szétrepül, ami súlyos balesetet okozhat. A soros gerjesztésű motort ezért terhelés nélkül bekapcsolni tilos.

A soros motor indítónyomatéka nagy, emiatt gépjárművekben használjuk indítómotornak. Polaritásra nem érzékeny, mert az áram iránya az armatúrában és a gerjesztő tekercsben egyaránt megváltozik, így ugyanolyan irányú forgatónyomaték keletkezik.

Vegyes gerjesztésű motorok

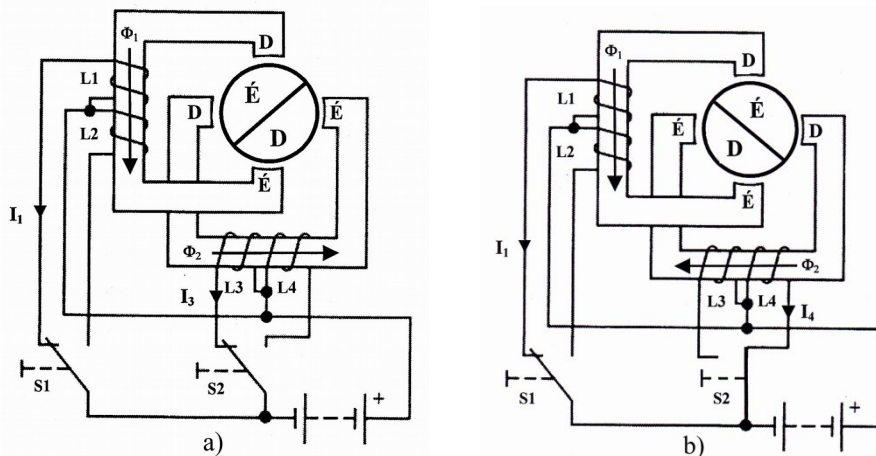
A vegyes gerjesztésű motor jelleggörbéi a soros gerjesztésűvel azonos matematikai függvények, de ugyanazt a soros gerjesztésű motort, ha párhuzamosan kötött gerjesztő-tekercsrel is felszereljük, maximális teljesítményét jelentősen növeli, terheletlen fordulatszámát csökkenti (mert a párhuzamosan kötött tekercs fluxusa nem változik). Indítómotorként elsősorban a soros és a vegyes gerjesztésű motorok alkalmazhatók, hiszen ezek indítónyomatéka igen nagy. Ma már készítenek azonban állandó mágnesű motorokat is. A tisztán soros gerjesztésű motorok túlpörgés-veszélyesek, ezért ezeknél nagyon fontos, hogy a forgórész jelentős belső súrlódással rendelkezzen. A vegyes gerjesztésűeknél miután a fluxus a párhuzamosan kötött gerjesztő tekercs miatt korlátlanul nem tud csökkenni, belső súrlódásnak nincs akkora szerepe.

7.3.2 Léptető motorok

A léptetőmotor alapvetően különbözik az egyszerű egyenáramú motoroktól. Ez a különbség abban áll, hogy a léptetőmotorokat digitális jelekkel kell vezérelni. Ennek a motortípusnak előnye, hogy a jel hatására adott, előre meghatározott pozícióba fordul. Elsősorban olyan helyeken alkalmazzák e motorokat, ahol lényeges a pontos pozícióba állás. Tehát megtalálhatók a számítógép perifériákban, és az autóipar számos területén.

A léptetőmotorok a tekercsek száma és a kivezetéseit tekintve lehetnek unipoláris és bipoláris kialakításúak. A lépésszámukat tekintve pedig teljes léptetéses (egyfázisú), fél-léptetéses (két-fázisú) és mikro léptetéses működésűek.

A léptetőmotorok egy típusának működése.



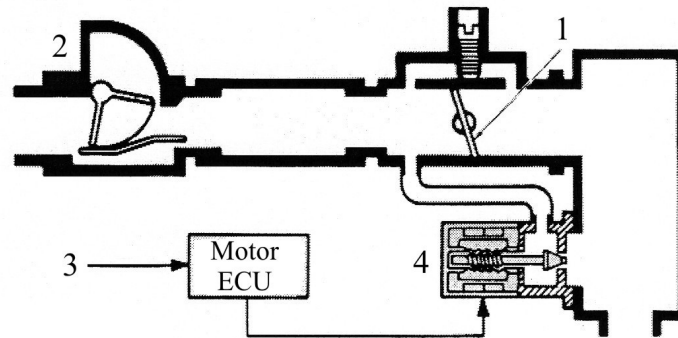
101. ábra. A léptetőmotor működési elve⁷²

A 101. ábrán jól megfigyelhető a léptetőmotor működésének lényege, nevezetesen az, hogy a forgó állandó mágnes mindig az állórész eredő mágneses térereje szerint áll be és ott is marad, míg a térerő iránya nem változik meg. Az a) jelű ábrán az L1- és az L3-jelű tekercsekben kialakuló térerő (mágneses fluxus) eredőjének irányába állt be az állandó mágnes. Ahhoz, hogy 90°-ot elforduljon a forgórész az L4 tekercs mágneses terének kell érvényesülni. Ehhez az S2

⁷² Forrás: Autószerelő ábragyűjtemény, 2006.

kapcsolót át kell váltani. Az S1 és az S2 kapcsolók valójában tranzisztorok, melyek működtetéséről egy vezérlőegység gondoskodik.

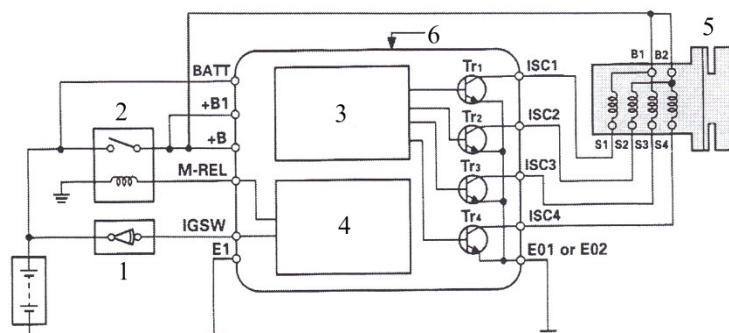
Léptető motorokat alkalmaznak a gépjármű motoroknál az alapjárat fordulatszám szabályozására, ahol a pótlevegő „adagolását” végeztetjük el vele, ahogyan ez az alábbi ábrán jól látható.



102. ábra. Alapjárat fordulatszám szabályozása léptetőmotorral⁷³

1 – Fojtószelep, 2 – Légnyelés mérő, 3 – Bemeneti információk, 4 – Léptetőmotoros alapjárat szabályozó szelep

A léptetőmotor működtetése a 103. ábrán kísérelhető figyelemmel.



103. ábra. Az alapjárat szabályozó léptetőmotor működtetése⁷⁴

1 Gyújtáskapcsoló, 2 Befecskendező főrelé, 3 Mikrokontroller, 4 Főrelé-vezérlő áramkör, 5 Léptetőmotoros alapjárat szabályozó szelep, 6 bemeneti információk

7.4 Háromfázisú szinkrongenerátor

Felépítése: álló és forgó rész.

Az álló részben található a vasmagra elhelyezett háromfázisú tekercselés. A tekercseket egymáshoz képest 120°-ra elforgatva helyezik el. A tekercseket csillag- vagy háromszögkapcsolásban működtetik. Az álló rész tekercseiben indukálódik a villamos feszültség, innen vesszük le a megtermelt váltakozó áramú energiát.

A forgó rész egy, a tengelyre helyezett vasmag, amelyben elhelyezik az egyenáramú (gerjesztő) tekercset. A tekercsek táplálását a tengelyen található két csúszógyűrűvel oldják meg.

Működése:

⁷³ Forrás: Toyota

⁷⁴ Forrás: Toyota

A forgó rész gerjesztő tekercsét egyenárammal tápláljuk a csúszógyűrűkön keresztül. Így a generátor belsejében egy állandó mágneses tér jelenik meg.

Ha megforgatjuk a tengelyt, akkor a forgó mágneses tér hatására, az álló részben levő háromfázisú tekercsekben, villamos feszültség indukálódik (mozgási indukció). A keletkező feszültség időben változik, szinuszosan váltakozó feszültség lesz.

A három, egymáshoz képest 120°-kal elforgatott tekercsekben, az indukálódó fázisfeszültségek egymáshoz képest 120°-os fáziseltolódással jönnek létre.

7.5 Háromfázisú motorok

Forgó mágneses mező: ha egy elektromos motor álló részében elhelyezett, egymáshoz képest 120°-kal elforgatott tekercsüket háromfázisú villamos árammal táplálunk, akkor a motor belsejében egy forgó mágneses mező keletkezik, amelynek a fordulatszáma:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \left[\frac{\text{ford}}{\text{min}} \right]$$

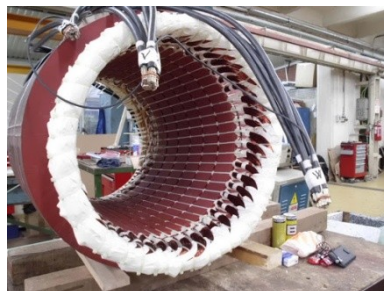
ahol, n_0 - szinkronfordulatszám

f - frekvencia

p – póluspárok száma

7.5.1 Háromfázisú szinkronmotor

Felépítése: Állórész (sztator): öntöttvas vagy acélpajzsban elhelyezett lemezelt vasmag hornyaiban háromfázisú (csillag- vagy háromszögkapcsolás), váltakozó áramú tekercsek találhatók.



104. ábra. A szinkronmotor állórész tekercselése⁷⁵

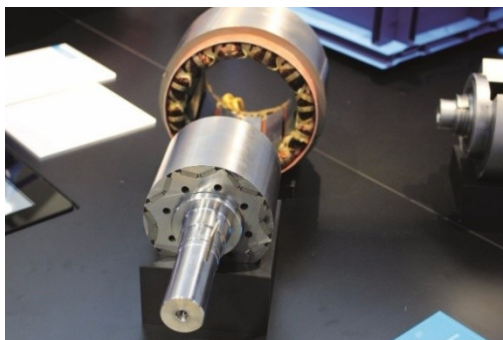
Forgórész (rotor): többféle megoldás létezik. Ezekből három:

1. Tekercselt: tengelyre erősített vasmagban egyenárammal táplált tekercset helyeznek el, amelynek kivezetéseit a tengelyen található csúszógyűrűkhöz rögzítik.
2. Reluktanciamotor: lágymágneses forgórész, tekercselés nélkül.



⁷⁵ Forrás: Autotechnika, 14. old. 4. kép

3. Állandó mágnesű: állandó mágneest, mágneseket rögzítenek a tengelyre.



106. ábra. Állandó mágnesű szinkron motor⁷⁷

Működése: Az állórészt háromfázisú villamos árammal tápláljuk, ennek hatására a motor belsőjében létre jön a forgó mágneses tér. A forgórész állandó mágneses tere kölcsönhatásba lép a forgó mágneses mezővel. A kialakult vonzó, taszító hatás következtében a forgórész együtt forog a forgó mágneses mezővel (innen a szinkronmotor elnevezés).

A szinkronmotor fordulatszám-tartó. Az adott póluspárral és frekvencián üzemeltetett szinkronmotor csak az n_0 fordulatszámon képes működni. Ezért, ha a tápláló háromfázisú váltakozó áram frekvenciája nem változtatható, akkor a szinkronmotor indítása problémát jelent. Nem lehet egyik pillanatról a másikra, nulla fordulatszámról a szinkronfordulatszámra gyorsítani! Ha valamilyen oknál fogva „kibillen” a szinkronfordulatszám, a motor leáll.

Fordulatszám szabályozás: járművek meghajtásánál használt szinkronmotoroknál fontos, hogy a fordulatszám nulláról egészen egy maximális értékig szabályozható legyen! Megépített, adott póluspárral rendelkező szinkronmotornál csak a frekvencia segítségével, azzal egyenes arányosan lehet változtatni!

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \left[\frac{\text{ford}}{\text{min}} \right]$$

Az elektromos meghajtású járművekben invertert (egyenáram-váltakozó áram átalakító) használnak a háromfázisú villamos energia előállításához. Az inverter segítségével a villamos áram frekvenciája változtatható nullától (indítás) egy adott értékig, ennek megfelelően a motor fordulatszáma is változtatható nullától egy maximális értékig!

Egyéb jellemzők:

- megfelelően vezérelt, szabályozott motor nagyon jó hatásfokkal működik $\eta = 85 \dots 95\%$,
- rövid idejű túlterhelést elvisel,
- az állandó mágnesű szinkronmotornál figyelni kell arra, hogy a forgórész ne melegedjen 120°C -nál nagyobbra, mert veszít mágneses tulajdonságaiból,

⁷⁶ [https:// omnibuszblog.hu címkép](https://omnibuszblog.hu/cimkep)

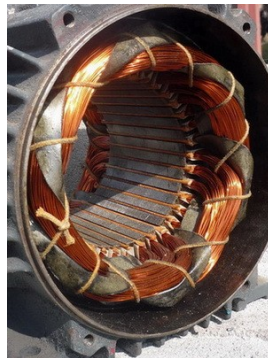
⁷⁷ Forrás: Fénykép

- generátor üzemmód: ha a tengelyen megjelenő mechanikai forgatónyomaték hatására a forgórész megelőzi az állórész szinkronfordulatszámát ($\delta < 0$), akkor a szinkrongép generátorként működik.
- ha a háromfázisú betáplálás két fázisát felcseréljük, akkor a motor forgásiránya megváltozik, ellentétes lesz.

7.5.2 Háromfázisú aszinkronmotor (indukciós motor)

Felépítése:

Állórész (sztator): öntöttvas vagy acélpajzsban elhelyezett lemezelt vasmag hornyaiban háromfázisú (csillag- vagy háromszögekcsatlós), váltakozó áramú tekercsek találhatók.



107. ábra. Állandó mágnesű szinkron motor⁷⁸

Forgórész (rotor): kétféle megoldás létezik:

1. Tekercselt: tengelyre erősített vasmagban háromfázisú tekercseket helyeznek el, amelyek kivezetéseit a tengelyen található csúszógyűrűkhöz rögzítik.



108. ábra. A tekercselt szinkron motor forgórésze⁷⁹

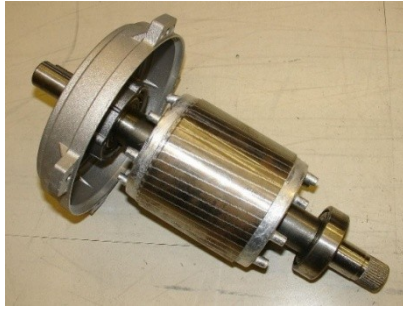
2. Rövidrezárt: tengelyre erősített vasmagban „rö-zárt tekercs”, alumínium rudakat két végén egy-alumínium gyűrűvel rövidre zárják (kalicka).



vidre-
egy

⁷⁸ Forrás: Fénykép

⁷⁹ Forrás: Fénykép



109. ábra. Rövidrezárt forgórészű aszinkron motor⁸⁰

Működése:

Az állórészt háromfázisú villamos árammal tápláljuk, ennek hatására a motor belsejében létrejön egy forgó mágneses mező. Ez a mágneses tér villamos feszültséget indukál a forgórész rövidrezárt tekercseiben, aminek hatására nagy értékű áram keletkezik bennük. A forgó mágneses mező és a keletkezett áramok között fellépő erőhatások forgatónyomatékot keltenek. A forgórész követi, bizonyos mértékű elmaradással, „elcsúszással” a forgó mágneses mezőt (innen az aszinkron elnevezés). Ezért az aszinkron-fordulatszám kisebb, mint a szinkronfordulatszám: $n < n_0$!

Az aszinkronmotor fordulatszáma:

Az adott póluspárral és frekvencián üzemeltetett aszinkronmotor fordulatszáma elmarad a n_0 szinkronfordulatszámtól. Ezt az elmaradást, „csúszást” a szlippel (jele: s) jellemezzük.

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} [\%]$$

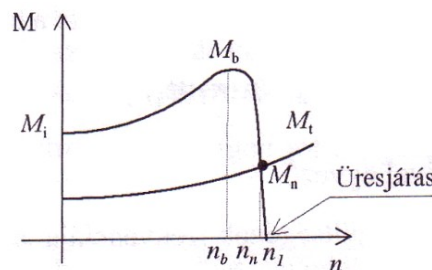
ahol, n_0 – szinkronfordulatszám, n – aszinkronmotor fordulatszáma

Jellemző értékei: $s = 1 \dots 6\%$.

Adott póluspárral rendelkező aszinkronmotor fordulatszámát a „ f ” frekvenciával és „ s ” szlippel lehet szabályozni

$$n = n_0 \cdot (1 - s) = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s)$$

Villamos járművekben az inverterrel változtatható a frekvencia és ezzel szabályozható az aszinkronmotor fordulatszáma.



110. ábra. Rövidrezárt forgórészű aszinkron motor⁸¹

M_i indítónyomaték, M_b billenő nyomaték, M_n névleges forgatónyomaték

⁸⁰ Forrás: Fénykép

⁸¹ Forrás: Fénykép

Forgatónyomaték: rendelkezik indító forgatónyomatékkal. A nyomaték arányos a tápláló feszültség négyzetével (érzékeny a feszültség változásra).

$$M_n \approx U^2$$

A névleges forgatónyomaték megközelítőleg fele a billenő nyomatéknak.

$$M_n \simeq \frac{M_{\text{bill}}}{2}$$

Egyéb jellemzők:

- megfelelően vezérelt, szabályozott motor nagyon jó hatásfokkal működik $\eta = 80 \dots 90\%$,
- rövid idejű túlterhelést elvisel, ötször nagyobb, mint a szinkronmotor,
- ha a háromfázisú betáplálás két fázisát felcseréljük, akkor a motor forgásiránya megváltozik, ellentétes lesz,
- ha az aszinkronmotort a szinkronfordulatszám fölé forgatjuk, akkor átmegy generátor üzemmódba.

7.6 Világítóberendezések

7.6.1 Fénytani és világítástechnikai alapfogalmak

Térszög: a gömbsüveg felületének (A) viszonya a gömbsugár négyzetéhez r^2 .

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \text{ [sr]}, \text{ szteradián}$$

Fényáram: a fényerősség (I) és a besugárzott térszög (Ω) szorzata.

$$\Phi = I \cdot \Omega \text{ [lm]}, \text{ lumen}$$

Megvilágítás: a megvilágított (A) felületre eső (Φ) fényáram és a megvilágított felület nagyságának a hányadosa.

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4\pi \cdot I}{4r^2 \cdot \pi} = \frac{I}{r^2} \text{ [lx]}, \text{ lux}$$

Fényerősség: egy térszögben kibocsátott fényáram és a térszög hányadosa.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \text{ [cd]}, \text{ candela}$$

Fénysűrűség: a fényerősség és a megvilágítandó felület hányadosa.

$$L = \frac{I}{A} \text{ [cd/m}^2\text{]}, \text{ candela/m}^2$$

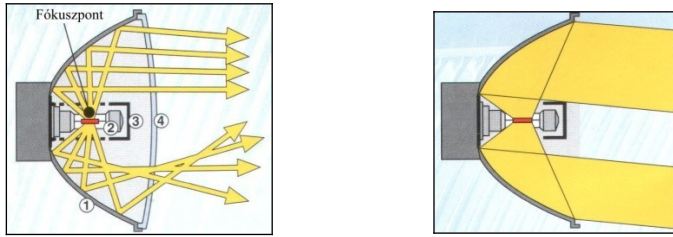
7.6.2 A fényszóró berendezések fajtái

A fényforrások szerint lehetnek:

- hagyományos izzószálas,
- halogén izzó,
- ívkisüléssel vagy D-lámpa
- LED-es.

A tükröző felületek szerint

- Paraboloid fényvető
- Ellipszoid fényvető
- Szabad térformájú fényvető, FF (Frei Flächen)



111. ábra. Szabadtérformájú fényvető felül- és oldalnézetben⁸²

1 speciális kialakítású tükröző felület, 2 D-lámpa, 3 árnyékoló lemez, 4 fedőüveg

8 Gépjármű diagnosztika

8.1 Motor és segédberendezéseinek diagnosztikai vizsgálata

8.1.1 Mechanikai állapotvizsgálatok

A belső égésű motor hengerterének tömítettsége meghatározza a motorból nyerhető munka nagyságát.

A hengertér gáztömörsege a következő tényezők befolyásolják:

- a motor fordulatszáma;
- a motor terhelése;
- a motor hő állapota;
- a határoló elemek, tömítések műszaki állapota.

A gáztömörség természetesen soha nem tökéletes, hiszen a dugattyú és a hengerhüvely között gázátfújás lehetséges, amely egy adott értékig természetes. Ezt a gázmennyiséget hívjuk kartergáznak.

Ha a diagnosztikai vizsgálatoknál az előbb felsorolt tényezők közül az első hármat peremfeltételekkel rögzítjük, akkor az utolsó tényezőre (műszaki állapot) vonatkozóan egyértelmű eredményeket kapunk.

A vizsgálatok lehetnek szelektívek, ami azt jelenti, hogy csak a hiba tényét tárják fel vagy mélydiagnosztikai jellegűek, amelyek már a hiba helyét és mértékét is kimutatják, ill. léteznek összetetten értékelő eljárások is, amelyek a henger üzemét összetetten értékelik, és az eredmény csak részlegesen jellemző a hengertér gáztömörségére.

Arra való tekintettel, hogy ebben a témakörben neves szerzők kiadványai megtalálhatók, pl. Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván „Gépjármű diagnosztika” című művei, melyben a témakörök részletes tárgyalásra kerültek, tekintettel e jegyzet véges terjedelmére, nem térnek ki.

A részletes ismertetés helyett táblázatos formában foglalom össze a vizsgálatok lehetőségeit.⁸³

	Mélydiagnosztikai vizsgálatok	Szelektív eljárások	Összetetten értékelő eljárások
Közvetlen módszer	Kompresszió csúcnyomás mérése Nyomásveszteség mérése	Kartergáz mennyiség mérése	
Közvetett		Elektronikus relatív	Szívócső-depresszió

⁸² Forrás: Képesítővizsga-segédlet, 1.0 verzió

⁸³ Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván Gépjármű diagnosztika, 26. old.3.1. táblázat

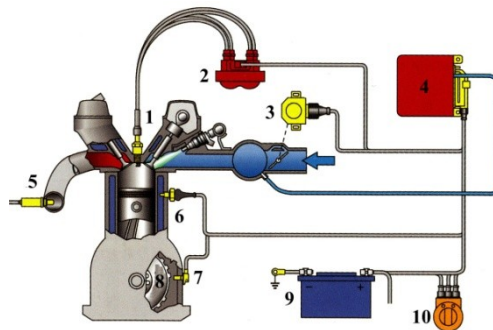
módszer		kompresszió mérése	mérése Hengerteljesítmény- különbség mérése
---------	--	--------------------	---

8.1.2 Gyújtásvizsgálatok

Teljesen elektronikus gyújtás

A teljesen elektronikus gyújtásrendszerrel nincsenek forgó alkatrészek, jelentősen csökkentve ezzel a meghibásodás lehetőségét.

További előnyt jelent még az alacsony zajszint, a lényegesen kisebb zavarójel, mivel már nincs nyílt szikraképződés, csökken a nagyfeszültségű vezetékek száma. Az alábbi ábrán a teljesen elektronikus (DIS) gyújtás vázlatja látható

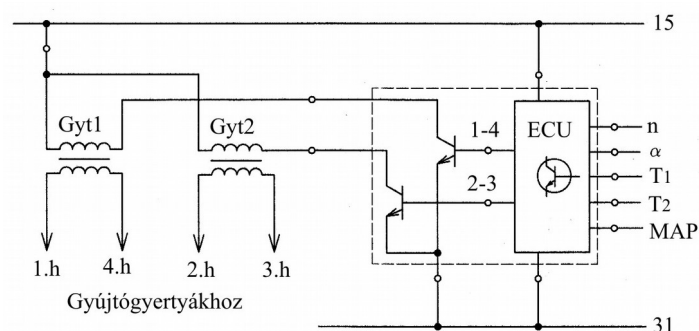


112. ábra. Teljesen elektronikus gyújtás⁸⁴

- 1 Gyújtógyertya, 2 Kétszikrás gyújtótekerecs, 3 Fojtószelep kapcsoló, 4 Vezérlőegység beépített végfokokkal, 5 Lambda-szonda, 6 Motorhőmérséklet szenzor, 7 Fordulatszám-és referencijel-szenzor, 8 Impulzuskerék, 9 Akkumulátor, 10 Gyújtás-indítókapcsoló

Kétszikrás gyújtótekercek

Kétszikrás (parazita-szikrás) gyújtótekercekkel ellátott rendszerek esetét egy gyújtótekerecs mindenkor két gyújtógyertyát lát el nagyfeszültséggel. Mivel a gyújtótekerecs egyidejűleg két szikrát hoz létre, egy gyújtószikrának a henger munkautemében, a másiknak pedig 360 fokkal eltolva, a kipufogó ütemben kell lennie. Az alábbi ábrán ilyen kétszikrás gyújtóberendezés villamos kapcsolási vázlatja látható.



⁸⁴ Forrás: Bosch

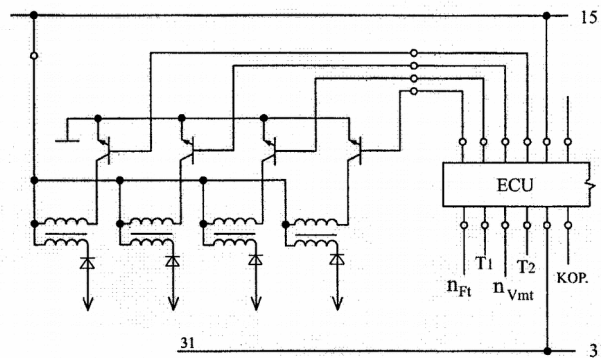
113. ábra. Kétszikrás gyújtóberendezés⁸⁵

n motor-fordulatszám jel, α fojtószelephelyzet, T_1 motorhőmérséklet, T_2 levegőhőmérséklet, MAP szívócső-nyomás jel

Egy négyhengeres motor esetén például az 1-es és 4-es henger, valamint a 2-es és 3-as henger gyújtótekercsre van csatlakoztatva. A gyújtótekercsreket a vezérlőegységben lévő gyújtás végfokok vezérli. A vezérlőegység a forgattyús tengely szenzortól kap jelet ahhoz, hogy a megfelelő gyújtótekercs vezérlését megkezdje.

Egyszikrás gyújtótekercsek

Egyszikrás gyújtótekercsel ellátott rendszerek esetében minden hengerhez egy gyújtótekercs tartozik. Ezek a gyújtótekercsek rendszerint közvetlenül a hengerfejnél a gyújtógyertya felett helyezkednek el. A vezérlés a vezérlőegység által meghatározott sorrendben történik. Egyszikrás berendezések vezérlőegységeinek a forgattyús tengely szenzor mellett vezérműtengely szenzorra is szükségük van, hogy képesek legyenek megkülönböztetni a sűrítési felsőholtpontot a kipufogási felsőholtponttól.



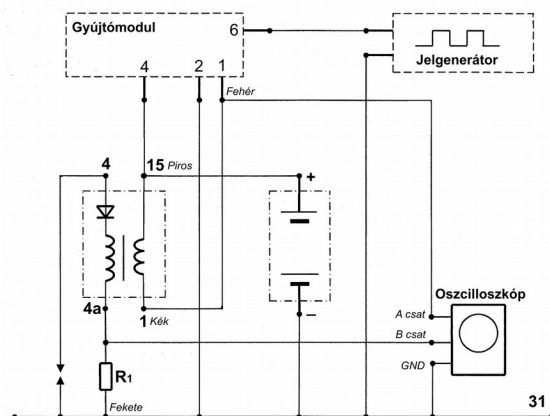
114. ábra. Egyszikrás gyújtótekercs⁸⁶

Kiegészítő szerkezeti elemként a szekunder áramkörben nagyfeszültségű dióda található az úgynevezett záró-szikra elnyomásához. Ezt a nemkívánatos - a primer tekercselés bekapcsolása során keletkező önindukciós feszültség miatt a szekunder tekercselésben létrejövő - szikrát elnyomja a dióda. Erre azért van lehetőség, mert a záró-szikra szekunder feszültsége a gyújtószikrával ellentétes polaritással rendelkezik. Ebben az irányban a dióda zár.

Ebben az esetben a gyújtótranszformátor viszonylag nagy áttétele (1:300) miatti, a primer áram kialakulásakor keletkező ellentétes irányú önindukciós feszültség okozta szikraképződést akadályozzuk meg. Ez a szikra jóval a felsőholtpont előtt keletkezne, és jelentős mértékben lerontaná a motor teljesítményét. Egyszikrás tekercsek esetében a szekunder tekercselés második kimenetét a 4a kapcsen keresztül a testre kötjük.

⁸⁵ Hevesi György: Autó villamosság, Műszaki kiadó, 249. old. 7.52. ábra

⁸⁶ Hevesi György: Autó villamosság, Műszaki kiadó, 250. old. 7.54. ábra



115. ábra. Mérőkapcsolás a gyújtásvizsgálathoz⁸⁷

A gyújtás felügyeletéhez a testelő vezetékbe R_1 mérőellenállás van beépítve, ami szikraképződés közben méri a gyújtóáram által előidézett feszültségesést. A fenti kapcsolásban az oszcilloszkóp „A” csatornáján a primer feszültség, míg „B” csatornáján a szekunder áram jelalakja kísérelhető figyelemmel. Az R_1 ellenálláson eső feszültséget a rendszer, gyújtás visszaigazoló jelként alkalmazza.

Az egyszikrás tekercsek különböző kivitelben állnak rendelkezésre: Például egyedi gyújtótekercsként (pl. BMW) vagy blokkban, melynél egy műanyag házban egyedi tekercsek vannak összefogva (pl. Opel). Ebben az esetben egy tekercs, vagy dióda hiba esetén a teljes egységet cserélni kell.

Fellépő hibák és diagnosztika

- Szemrevételezés, vezetékcsatlakozások ellenőrzése
- Vezeték kötegek épségének ellenőrzése
- Test vezetékek ellenőrzése

Amennyiben a szemrevételezéses vizsgálat nem vezet eredményre, a hibát nem sikerült feltárni, az oszcilloszkópos vizsgálat vezethet eredményre.

Forgó feszültségelosztóval ellátott elektronikus gyújtás esetén az oszcilloszkópot gond nélkül csatlakoztathatjuk a gyújtóberendezés vizsgálatához szükséges kivezetésekhez. Itt minden primer és szekunder nagyfeszültségű vezeték hozzáférhető. Az oszcilloszkóp csatlakozó vezetékai a 4-es kapocshoz közvetlenül csatlakoztathatók. Ugyanez érvényes az olyan egyszikrás tekercsek tekintetében is, melyek nincsenek ráépítve a gyújtógyertyákra. A nagyfeszültségű vezetékek rendszerint itt is hozzáférhetők.

Problémásabbá válik a dolog az olyan egyszikrás tekercsek esetében, melyek közvetlenül össze vannak építve a gyújtógyertyákkal. Adapter vezetékgyarnitúrával lehetséges egyidejűleg felfogni valamennyi henger primer és szekunder oszcillogramját. Ha nem áll rendelkezésre adapter vezetékgyarnitúra, köztes vezeték elkészítésével mégis lehetőség teremthető a szekunder oszcillogram felvételére. A köztes vezetéket a gyújtógyertyához megfelelő gyertyapipából, egy darab gyújtóvezetékéből és a gyújtótekercshez köthető csatlakozóból kell elkészíteni. Lehúzzuk a gyújtótekercset, majd az elkészített vezetéket csatlakoztatjuk a gyújtógyertya és a tekercs közé. Erre a köztesvezetékre csatlakoztatható a szekunder csipesz. Az oszcilloszkóp

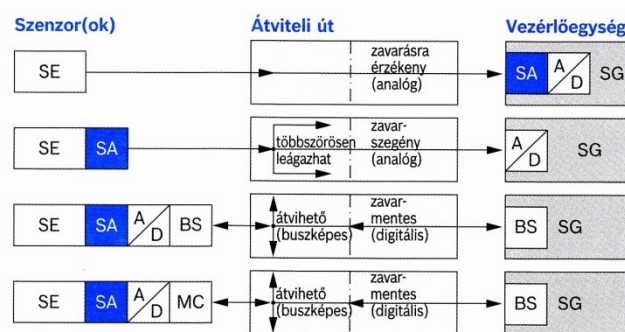
⁸⁷ Gál Zoltán: Mérési segédlet

képe elmenthető és a folyamat a többi hengernél is megismételhető. Végül lehetőség van az elmentett képek összehasonlítására is.

Ha a végfok az egyszikrás tekercsben van elhelyezve, már nincs lehetőség a primer feszültség mérésére. A vezérlőegység már csak a gyújtótekercsnek küld vezérlő impulzusokat. Ebben az esetben egy árammérő fogóval a gyújtótekercs plusz- vagy testelő vezetékén mérhető meg a primer áram. A szekunder feszültség méréséhez ismét köztes vezetéket kell használni, melyhez az oszcilloszkópot csatlakoztatjuk. Ezek a gyújtóberendezések kihagyás-felismerő szerkezettel vannak felszerelve, ami felismeri a gyújtás esetleges kimaradásait. Az ellenőrzéseket az áramkörben lévő ellenállások mérésével is el lehet végezni. Problémát csak a nagyfeszültségű diódával ellátott egyszikrás tekercsek okoznak, mivel a diódánál az átvezetés irányában igen nagy a feszültségesés.

8.1.3 Jeladó vizsgálatok

Ahhoz, hogy a vezérlőegységek megfelelően működjenek, gyors, pontos információra van szükség. Ezt biztosítják a gépjármű különböző részein elhelyezett különféle integráltsági fokkal rendelkező szenzorok.



116. ábra. ábra. Szenzorok integráltsági foka⁸⁸

A 116. ábra jelölései:

SE – szenzorok

SG – digitális vezérlőegység

SA – jelfeldolgozás analóg, (1. integráltsági fok)

A/D – analóg/digitális átalakító

BS – buszképes átalakító, (2. integráltsági fok)

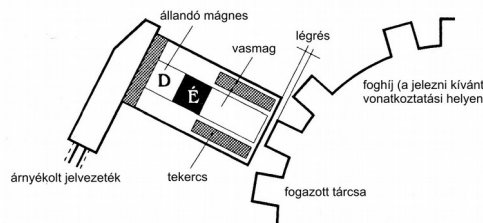
MC – mikroszámítógép a szenzorban (3. integráltsági fok)

Indukciós jeladó

Az indukciós jeladó használható a motor fordulatszámának és vonatkoztatási jelének, a vezérműtengely szöghelyzetének, a kerekek fordulatszámának, a nyomatékváltó kimenő tengelyének és a gépjárműben lévő egyéb forgást végző elemek fordulatszámának mérésére. A motorfordulatszám- és szöghelyzet szenzorok feladata, hogy megállapítsák a fordulatszámot és a

⁸⁸ Robert Bosch GmbH: Szenzorok a gépjárművekben

forgattyús-tengely szöghelyzetét. Leggyakrabban a lendkerék közelében, a fogaskoszorúhoz szerelik be ezeket a jeladókat.



117. ábra. Az indukciós jeladó szerkezeti felépítése⁸⁹

Indukciós jeladónál fogazott impulzuskerék mozgása a mágneses tér változásait idézi elő. A mágneses mezők által létrehozott eltérő feszültségjelek továbbításra kerülnek a vezérlőegység felé. A jelekből a vezérlőegység kiszámítja a forgattyús-tengely fordulatszámát és helyzetét, ezzel fontos alapadatokat kapva a befecskendezéshez és a gyújtásállításhoz.

Az indukciós jeladó működése a mozgási indukción alapszik. Az indukált feszültség nagysága: $U_i = B \cdot l \cdot v$ [V] egymásra merőleges mágneses tér és vezető, illetve mágneses tér és sebességirány esetén. A jeladó kimenőjelét az U_i indukált feszültség képezi.

A motorfordulatszám-szenzor működésének kiesése esetén a következő hibajelenségek léphetnek fel: kihagy a motor, leáll a motor.

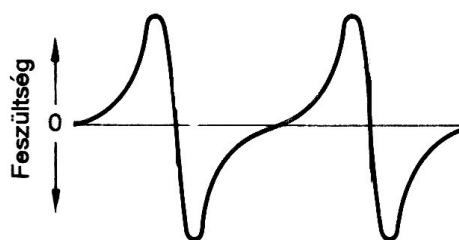
A működéskiesésnek a következő okai lehetnek:

- belső rövidzárlatok,
- vezetékszakadások,
- vezeték rövidzárlat,
- impulzuskerék mechanikus sérülései,
- fémkopás miatti szennyeződések a légrésben.

A hibakeresés első lépése a hibatároló kiolvasása.

Majd a szenzorvezetéseket és a szenzor elektromos csatlakozásait ellenőrizzük érintkezés és korrózió szempontjából.

A vizsgálat elvégezhető ellenállásméréssel és oszcilloszkópos jelalak vizsgálattal egyaránt. Ehhez eltávolítjuk a dugaszolt összeköttetést és ellenőrizzük a szenzor belső ellenállását. Ha a belső ellenállás értéke 500 és 1000 ohm között van (a névleges értéktől függően), a szenzor rendben van. 0 ohm esetén rövidzárlat áll fenn, végtelen nagy ellenállás esetén szakadás. A testzárlat ellenőrzést ohm mérővel a csatlakozó lábai és a járműtest között végezzük. Az ellenállás értékének a végtelen felé kell tendálnia. Az oszcilloszkóppal végzett mérés során kis-sé torz szinusz jelet kell látnunk.



118. ábra. Az indukciós feszültség alakulása⁹⁰

⁸⁹ Forrás: Bosch

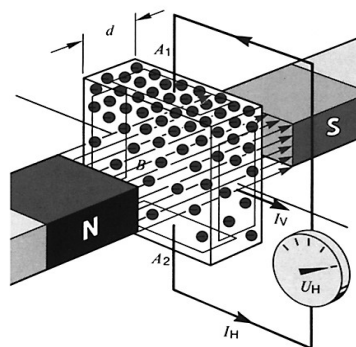
⁹⁰ Forrás: Bosch

Érdekességképpen elmondható, hogy a jelalak nem függ a forgásiránytól. Ha azonban a kivezetéseket felcseréljük fél periódussal eltolódik, és a jelalak tükörképe jelenik meg az oszcilloszkópon, vagyis a jel nulla átmenete nem lesz határozott, ami komoly működési zavarokat okozhat.

Hall-generátoros jeladó

A jeladó a Hall-effektus alapján működik. Egy keskeny, vékonyvezető, illetve félvezető lapban keresztirányú feszültség keletkezik, ha hosszirányban áram folyik a lapon és a lapot erre az áramfolyás irányára merőlegesen mágneses tér éri. A keletkező feszültség nagysága a mágneses tér erősségétől és a hosszirányban folyó áram nagyságától függ. A jeladók esetében a jel generálására a mágneses tér változását használjuk.

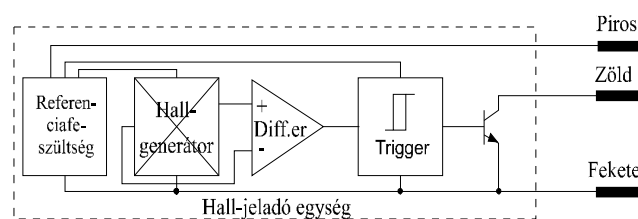
A keletkező feszültség kicsi, erősítéséről, jelformálásáról kell gondoskodni, valamint a szélsőséges üzemi körülményekre való tekintettel biztosítani kell a működést tág hőmérséklet határok és tápfeszültség értékek között.



119. ábra. Hall-effektus⁹¹

Az eszköz kimenetét nyitott kollektoros tranzisztor képezi. A nyitott kollektoros kimenet azt jelenti, hogy a jeladó jeleit fogadó elektronika biztosítja a működéshez szükséges kollektor ellenállást.

Tulajdonképpen a nyitott kollektoros kimenet, testre kapcsolta az elektronika ide csatlakozó pontját. Az alábbi ábrán a Hall-IC blokk-vázlat látható.



120. ábra. A Hall-IC blokkvázlata⁹²

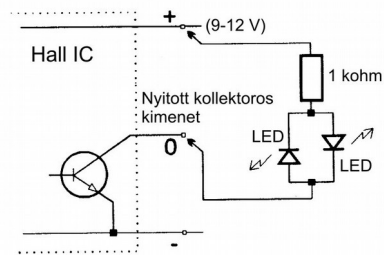
A Hall-generátoros jeladók műszaki adatai:

- Működtető tápfesz. $U_t = 5...20$ V
- Áramfelvétel < 13 mA
- Max. kimenő áram 20 mA
- Kimenő feszültség $< 0,4$ V vagy U_t
- Fel- és lefutási idő 1 μ s
- Megengedett környezeti hőmérséklet $-30... +130$ C°

⁹¹ Forrás: Bosch

⁹² Gál Zoltán: Mérési segédlet

A Hall-generátoros jeladók ellenőrzése

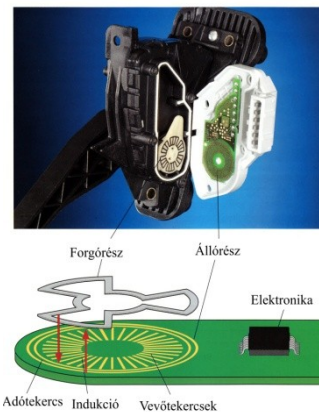


121. ábra. A Hall-generátoros jeladó ellenőrzése⁹³

Vizsgálatuk kellő körültekintést igényel! A műszaki adatokból látható, hogy az eszköz kimenete maximálisan 20 mA-al terhelhető, tehát óvakodjunk a próbálámpával történő ellenőrzéstől, mert az a Hall-IC tönkremeneteléhez vezet!

Gázpedál szenzor

A gépkocsikban egyre inkább az indukció elvén működő, érintésmentes szenzort alkalmaznak, amit a köznyelv elektronikus gázpedálként (E-gas). ismer. A szenzor egy gerjesztőtekercset, vevőtekercseket, valamint egy kiértékelő elektronikát magába foglaló állórészből áll, továbbá egy forgórészből, ami egy vagy több meghatározott geometriájú, zárt vezetőhurokból tevődik össze.



122. ábra. Gázpedálszenzor⁹⁴

A váltakozó feszültség adótekeresre kapcsolásával mágneses mező jön létre, ami feszültségeket indukál a vevőtekercesekben. A rotor vezetőhurkaiban úgyszintén feszültség indukálódik, ami befolyásolja a vevőtekercesek mágneses mezőjét.

A rotor állórészében lévő vevőtekercesekhez képesti állástól függően különböző feszültség-amplitúdók jönnek létre. A kiértékelő elektronika ezeket feldolgozza, majd egyenfeszültség formájában a vezérlőegységhez küldi. Ez kiértékeli a jeleket, majd a megfelelő impulzust továbbítja pl. a fojtószelep-állítóhoz.

A feszültségjel karakterisztikája függ a gázpedál működtetésének módjától.

A szenzor működéskiesése esetén a következő hibatünetek léphetnek fel:

- A motor nem reagál a gázpedál mozgására;
- A motor áttér szükség-üzemmódra;
- A vezetőfülkében világít a motorellenőrző-lámpa.

⁹³ Gál Zoltán: Mérési segédlet

⁹⁴ Forrás: Bosch

A működés kiesésének különböző okai lehetnek:

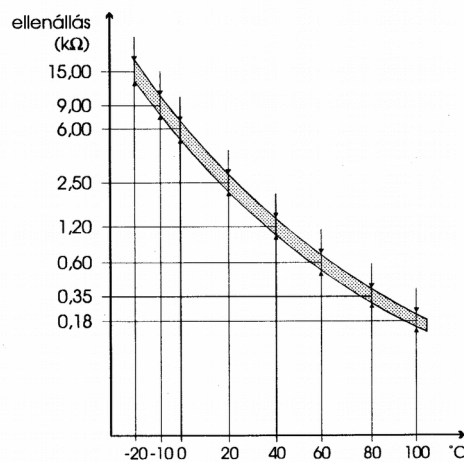
- Sérült vezetékek vagy csatlakozások a gázpedálszenzornál;
- Hiányzó feszültség- vagy testellátás;
- Meghibásodott kiértékelő elektronika a szenzorban.

A hibakeresés során a következő ellenőrző lépéseket kövessük:

- Kiolvassuk a hibatárolót;
- Mechanikus sérülések ellenőrzése szemrevételezéssel;
- Releváns villamos csatlakozások és vezetékeket megfelelő elhelyezkedésének és esetleges sérülések ellenőrzése;
- Oszilloszkóp és multiméter segítségével ellenőrizzük a szenzort.

Hűtőfolyadék hőmérséklet-érzékelő

A hűtőfolyadék hőmérsékletet érzékelő szenzor a keverékképző rendszernek segít a motor üzemi hőmérsékletének megállapításában. A vezérlőegység a befecskendezési időt és az előgyújtási szöveget a szenzorinformáció függvényében igazítja az üzemi feltételekhez. A szenzor negatív hőmérsékleti-együtthatójú (R_{NTC}), tehát növekvő hőmérséklet mellett csökken az ellenállás, ahogyan ez a logaritmikus léptékű skálán is leolvasható.



123. ábra. A hűtőfolyadék hőmérséklet⁹⁵

A hűtőközeg hőmérsékletétől függően változik a hőmérsékletérzékelő ellenállása. Növekvő hőmérséklet mellett csökken az ellenállás, ezzel pedig csökken a szenzoron eső feszültség. A vezérlőegység kiértékeli ezeket a feszültségértékeket, mivel közvetlen kapcsolatban állnak a hűtőközeg hőmérsékletével. Alacsony hőmérsékletek magas, a magas hőmérsékletek pedig alacsony feszültségértékeket produkálnak a szenzornál.

Ha meghibásodott a hűtőfolyadék hőmérsékletét mérő szenzor, azt a vezérlőegység hibafelismerő rendszere hibakód formájában tárolja.

Gyakori hibatünetek:

- magasabb fordulatszám alapljáraton,
- fokozott tüzelőanyag-fogyasztás,
- indítási nehézségek.

⁹⁵ Buzás Miklós – Dr. Nagyszokolay Iván, Gépjármű elektronika I. AJAKSZ Szakkönyvtár, 23. old. 9. ábra

Ehhez társulnak az esetleges problémák a környezetvédelmi vizsgaciklus során (zöldkártya) a CO érték emelkedése, illetve a lambda-szabályozás elmaradása miatt.

A vezérlőegység hibatárolójában a következő bejegyzések lehetnek:

- Testzárlat a huzalozásban vagy zárlat a szenzorban.
- Pozitívzárlat vagy vezetékszakadás.
- Elfogadhatatlan jelváltozások.
- A motor nem éri el a minimálisan megkívánt hűtőfolyadék-hőmérsékletet.

Hibakód abban az esetben is felléphet, ha meghibásodott a termosztát és emiatt a motor nem éri el az üzemi hőmérsékletet.

Hibakeresés:

Hibatároló kiolvasása. A szenzorvezetékek, a csatlakozó és a szenzor elektromos csatlakozásainak ellenőrzése. Megállapítjuk a szenzor belső ellenállását. Az ellenállás hőmérsékletfüggő, hideg motor mellett az ellenállás értéke $k\Omega$ nagyságrendű, míg a motor üzem meleg állapotban néhány száz ohm. Gyártótól függően: 25°C -on 4 - 6 $k\Omega$, 80°C -on kb. 200 - 300 Ω .

Majd ellenőrizzük a vezérlőegységhez huzalozását úgy, hogy a vezérlőegység csatlakozójához vezető minden egyes vezetéket ellenőrizzük szakadás és testzárlat szempontjából. Az ohmmérőt a hőmérsékletérzékelő csatlakozója és a vezérlőegység lehúzott csatlakozója között csatlakoztatjuk. Névleges érték: kb. 0 ohm (kapcsolási rajzra van szükség a vezérlőegység kapcsolási rajzához). A mindenkori kapcsot a szenzorcsatlakozónál ohmmérővel és lehúzott vezérlőegység-csatlakozóval testelés szempontjából ellenőrizzük. Névleges érték: $>20\text{ M}\Omega$. A voltmérővel a lehúzott szenzorcsatlakozónál ellenőrizzük a tápfeszültséget. Ezt a vizsgálatot csatlakoztatott vezérlőegység és bekapcsolt gyújtás mellett végezzük. A névleges érték kb. 5 V. Ha nem mérünk feszültségértéket, a kapcsolási rajz alapján ellenőrizni kell a vezérlőegység feszültségellátását és a testet.

A levegő hőmérséklet-érzékelőt is hasonlóképpen kell ellenőrizni.

Levegőhőmérséklet-érzékelő hiba esetén a motor az alábbi módon reagál:

- Hibakód eltárolása, a motorellenőrző lámpa felgyulladás.
- Motorindítási problémák.
- Fokozott tüzelőanyag-fogyasztás.
- Csökkent motorteljesítmény.

A meghibásodások okai az alábbiak lehetnek:

- Belső zárlatok
- Vezetékszakadás
- Vezetékszárlat
- Érintkezési hiba
- Mechanikus sérülések.

Légtömégmérő

Szerkezeti felépítése:

R_K – Hőfokkompenzáló ellenállás

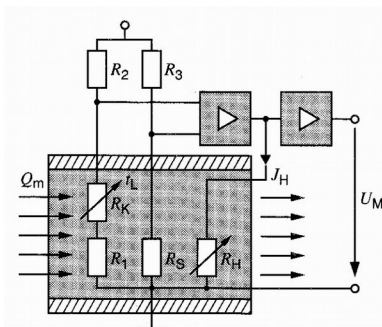
R_H – Fűtőellenállás

R_1, R_2, R_3 – hídellenállások

U_M – Mérőfeszültség

I_H – Fűtőáram

t_L – Levegő-hőmérséklet



124. ábra. Forrófilmes légtömegmérő kapcsolása⁹⁶

A légtömegmérő a beszívott levegőtömegről ad tájékoztatást a motorvezérlő számára, annak érdekében, hogy a megfelelő mennyiségű tüzelőanyagot tudja hozzárendelni a motor mindenkor üzemállapotában. Másrészt pedig a kipufogógáz visszavezetés mértékének megállapításához szolgáltat nélkülözhetetlen információt. Cső alakú házból áll áramlás egyenirányítóval, szenzorvédelemmel és kívülről rácsavarozott szenzormodullal. A légszűrőház és a szívócsonc közötti szívócsőbe kerül beszerelésre.

Működése:

A forrófilmes légtömegmérő esetében a fűtött elem egy platinafilm ellenállás, amelyet a hídkapcsolás többi elemeivel együtt kerámialapkára szereltek. A fűtőelem hőmérsékletét hőfokfüggő ellenállás (áramlásmennyiség-érzékelő) méri, amely a hídkapcsolás egyik alkotóeleme. A fűtőelem és az áramlásérzékelő szétválasztása a szabályozókapcsolás elrendezése szempontjából előnyös. A fűtőelemet és a beszívott levegő hőfokérzékelőjét borda ágy választja el termikusan egymástól. Az egész szabályozókapcsolás alaplemezen helyezkedik el. A fűtőelemen levő feszültség a légtömegáram mértéke. A forrófilmes légtömegmérő elektronikája ezt a vezérlőkészülékhez illesztett feszültséggé alakítja.

A légtömegmérő meghibásodása a következő jelenségekben nyilvánulhat meg:

- Leáll a motor vagy a motorvezérlő-egység szükségüzemi programban működik tovább;
- A motorellenőrző-lámpa felgyulladás;

A légtömegmérő működéskiesésének több oka is lehet:

- Érintkezési hiba a villamos csatlakozásoknál;
- Sérült mérőelemek;
- Mechanikus sérülések, rezgések okozta sérülések.

A hibakeresés során a következő ellenőrző lépéseket kövessük:

- A dugaszolt csatlakozást korrekt elhelyezkedés és megfelelő érintkezés szempontjából ellenőrizzük;
- A légtömegmérőt ellenőrizzük sérülések tekintetében;
- A mérőelemeket ellenőrizzük sérülések tekintetében;
- Ellenőrizzük a feszültségellátást bekapcsolt gyújtás mellett (a kapocs-kiosztás megállapításához kapcsolási rajz szükséges). Névleges érték: 7,5 - 14 V;
- Járó motor mellett ellenőrizzük a kimenő feszültséget (a kapocs-kiosztás megállapításához kapcsolási rajz szükséges). Névleges érték: 0 - 5 V;

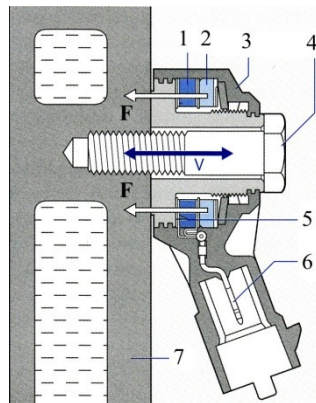
⁹⁶ Forrás: Bosch

- Vezetőképesség szempontjából ellenőrizzük a szenzor összekötő vezetékeit a vezérlőegység lehúzott csatlakozója és a szenzor csatlakozója között (a kapocs-kiosztás megállapításához kapcsolási rajz szükséges). Névleges érték: kb. 0 ohm;
- A légtömegmérő elektronikus ellenőrzése a motorvezérlő-egységgel. Hiba fellépése esetén a vezérlőegységben hibakód kerül eltárolásra, ami diagnosztikai műszerrel kiolvasható.

Kopogás szenzor

A kopogás szenzor a motorblokk oldalára rögzítve található. Feladata, hogy a motor valamilyen üzemállapota esetén megállapítsa a kopogásos égés zaját, ezzel elkerülve a motor károsodását. Mivel a motorok teljesítménye a kopogási határ közelében a legnagyobb, ezért gyakran előfordulhat, hogy hirtelen gázadáskor a motorban kopogásos égés jön létre, ami jelentős mértékben károsítaná azt. A további kopogásos égés megakadályozását az előgyújtás csökkentésével lehet elérni.

Szerkezeti felépítése:



- 1 – piezo kerámia
- 2 – szeizmikus tömeg
- 3 – ház
- 4 – csavar
- 5 – érintkező
- 6 – elektromos csatlakozás
- 7 – motorblokk
- V – rezgés

125. ábra. Kopogás szenzor⁹⁷

Működése:

A kopogás-szenzor „figyeli” a motorblokk rezgéseit és elektromos feszültségjelekké alakítja át őket. A jeleket a vezérlőegység kiszűri és kiértékeli. A kopogásjelet (hengerenkénti elhelyezés esetén) hozzárendeli a mindenkori hengerhez. Kopogásos égés esetén a motorvezérlő egység csökkenti az előgyújtási szöveget, mellyel csökken a motor hő terhelése, így csökken a kopogásos égés előfordulásának esélye. A kopogás megszűnte után a vezérlőegység kis lépésekben adja vissza a motor optimális működéséhez szükséges előgyújtást.

Ha meghibásodott egy szenzor, azt a vezérlőegység hibakód formájában jelzi.

A hibatünetek az alábbi módon jelentkezhetnek:

- A motorellenőrző-lámpa felgyulladás;
- Hibakód elmentése;
- Alacsony motorteljesítmény;
- Fokozott tüzelőanyag-fogyasztás.

A működéskiesés különböző okokra vezethető vissza:

- belső zárlatok;

⁹⁷ Forrás: Bosch

- vezetékszakadások;
- vezetékzárlat;
- mechanikus sérülések, hibás rögzítés;
- korrózió okozta rossz érintkezés.

A kopogásérzékelő ellenőrzése:

- Kiolvassuk a hibatárolót;
- Ellenőrizzük a szenzor rögzítését a felfekvő felületek tisztaságát és meghúzási nyomatékát;
- A szenzorvezetékek, a csatlakozó és a szenzor elektromos csatlakozásait ellenőrizzük törés és korrózió szempontjából;
- Ellenőrizzük az előgyújtást (régébbi járművek);
- Ellenőrizzük a vezérlőegységhez vezető huzalozást úgy, hogy a vezérlőegység csatlakozójához vezető minden egyes vezetéket ellenőrizzünk átmenet és testzárlat szempontjából.

Ellenőrzés multiméterrel:

- Az ohmmérőt a kopogásszenzor csatlakozója és a vezérlőegység lehúzott csatlakozója közé csatlakoztatjuk. Névleges érték: $<1 \Omega$,
- A mindenkori kapcsot a vezetékköteg csatlakozójánál ohmmérővel és lehúzott vezérlőegység-csatlakozóval testelés szempontjából ellenőrizzük. Névleges érték: legalább $20 M\Omega$;
- Az egyik csatlakozó-érintkező árnyékolásként szolgálhat, tehát mérési testpontnak tekinthető.

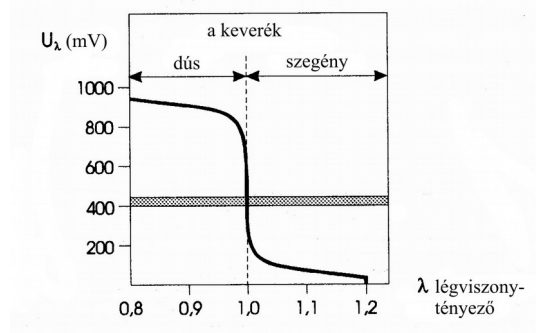
A kopogásszenzor ellenőrzése oszcilloszkóppal:

- Csatlakoztassuk az oszcilloszkópot a szenzor jelvezetékére és a testre;
- Járó, üzem meleg motornál, nyissuk ki hirtelen a fojtószelepet. Az oszcilloszkópon a rezgésjel amplitúdójának jelentős mértékben növekednie kell. Ha ez nem vezet eredményre, enyhén meg kell kopogtatni a motorblokkot;
- Ha nem történik változás a jel alakulásában, a jeladó hibája, vagy áramkörüri hiba valószínűsíthető.

Szereléskor nagyon fontos, hogy a csavart az előírt nyomatékkel húzzuk meg, és ne használjunk semmilyen alátétet.

Lambda-szonda

A járművek kipufogógáz károsanyag tartalmának csökkentésére vonatkozó szigorított törvények miatt a kipufogógáz utólagos kezelését szolgáló technikákat is javították.



A katalizátor optimális konvertálási arányának szavatolása érdekében optimális keverési arány alkalmazására van szükség. Ezt akkor érjük el, ha a keverék összetétel olyan; hogy 1 kg tüzelőanyag 14,7 kg levegő jut (ún. sztöchiometrikus keverési arány). A lambdával (λ) az elméleti levegőigény és a ténylegesen bevezetett levegőmennyiséggel létrejött állapot közötti keverési arányt fejezzük ki. Ha a λ értéke kisebb 1-nél dús, ha a λ értéke nagyobb 1-nél szegény keverékről beszélünk.

A lambda-szonda működési elve oxigén-koncentráció összehasonlító mérésen alapszik. Ez azt jelenti, hogy a kipufogógázban visszamaradó oxigén mennyiségét (kb. 0,3-3%) összehasonlítja a környezeti levegő oxigéntartalmával (kb. 20,8%). Ha a kipufogógáz fennmaradó oxigéntartalma 3% (szegény keverék), ekkor a környezeti levegő oxigéntartalmához fennálló különbség miatt a lambda-szondában 0,1 V feszültség keletkezik. Ha a fennmaradó oxigéntartalom 3%-nál kevesebb (dús keverék), a megnövekedett különbséggel arányosan 0,9 V értékre nő a szondafeszültség. A szonda ujiformájú, belül üreges cirkónium-dioxid kerámiából áll. A szilárdanyag elektrolitot az teszi olyan egyedülállóvá, hogy kb. 300 °C hőmérséklettől kezdődően átveszti az oxigénionokat. A kerámia mindkét oldalát vékony, porózus platinaréteggel vonják be, ami elektródaként szolgál. A kerámia külső része mellett eláramlik a kipufogógáz, a belső oldalba légköri levegő van vezetve. A két oldalon fennálló, eltérő oxigénkoncentráció miatt a kerámia tulajdonságai folytán oxigénion vándorlás következik be, ami feszültséget gerjeszt. Ezt a feszültséget a vezérlőegység jelként alkalmazza, amely a kipufogógázok fennmaradó oxigéntartalma függvényében változtatja a keverék összetételét dúsítva, vagy szegényítve azt.

Ellenállásugrás-szonda

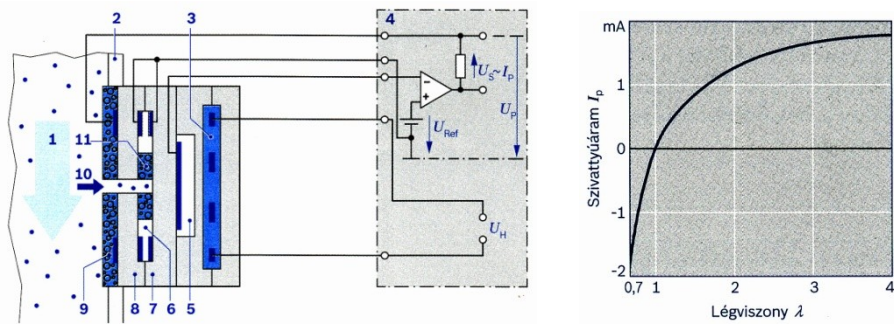
Az ilyen szondafajta esetében a kerámiaelem titándioxidból készül - többrétegű, vastagréteges technikával. A titándioxid olyan tulajdonsággal bír, hogy ellenállását a kipufogógázban lévő oxigénkoncentrációval arányosan változtatja. Magas oxigénhányad (szegény keverék > 1) esetén nagyobb az ellenállása, alacsony oxigéntartalom mellett (dús keverék < 1) kisebb az ellenállása. Ennek a szondának nincs szüksége referencialevegőre, de a szondát a vezérlőegységnek egy ellenállás kombináció segítségével 5 voltos feszültséggel kell ellátnia. Az ellenállásoknál végbemenő feszültségesés révén kialakul a vezérlőegység által igényelt jel.

Mindkét mérőcella hasonló házba van beszerelve. Egy védőcső megakadályozza a kipufogógáz áramba nyúló mérőcellák károsodását. Azért hogy a lambda-szonda minél előbb elérje az üzemi hőmérsékletét fűtéssel látják el. A fűtés lehetővé teszi, hogy a motortól távolabb szereljék be, lényegesen csökkentve a szonda hőterhelését.

Szélessávú lambda-szonda

Az ugrásjelű lambda-szondák dús vagy szegény keveréket mutatnak a $\lambda = 1$ közeli tartományban. A szélessávú lambda-szonda felkínálja azt a lehetőséget, hogy mind a szegény ($\lambda > 1$), mind a dús ($\lambda < 1$) tartományban pontos levegőviszonyt mérhessünk. Pontos elektromos jelet szolgáltat és ezért tetszés szerinti névleges értékek szabályozására képes - pl. dízelmotoroknál, szegénykeverék-konceptiójú Otto-motoroknál.

⁹⁸ Buzás Miklós – Dr. Nagyszokolay Iván, Gépjármű elektronika I. AJAKSZ Szakkönyvtár, 39. old. 2. ábra



127. ábra. A szélessávú lambda-szonda és jelleggörbéje⁹⁹

1 Kipufogógáz, 2 Kipufogócső, 3 Fűtés, 4 Szabályzó elektronika, 5 Referenciacella a referencia légcsatornával, 6 Diffúziós rés, 7 Nerst-koncentráció cella, 8 Oxigénszivattyú cella belső és külső szivattyúelektrodákkal, 9 Porózus védőréteg, 10 Gáz-bevezető nyílás, 11 Porózus diffúziós gát,
 I_p Szivattyúáram, U_p Szivattyú feszültség, U_H Fűtőfeszültség, U_{ref} Referencia feszültség (450 mV),
 U_s - szondafeszültség

A szélessávú lambda-szonda a hagyományos szondához hasonlóan referencialevegővel van felépítve. Pluszként második elektrokémiai cellával rendelkezik: egy szivattyúcellával. A szivattyúcellában lévő kis furaton keresztül kipufogógáz jut a méréstérbe, a diffúziós hézagba. A levegőviszony beállításához itt összehasonlításra kerül az oxigén koncentráció a referencialevegő oxigén koncentrációjával. Ahhoz, hogy mérhető jelet kapjon a vezérlőegység, a szivattyúcellára feszültséget kapcsolunk. Szegényebb kipufogógáznál a szivattyúcella az oxigént kifelé szívja (pozitív szivattyúáram). Dús kipufogógáznál az oxigén a környező kipufogógázból a diffúziós részbe szívja (negatív szivattyúáram).

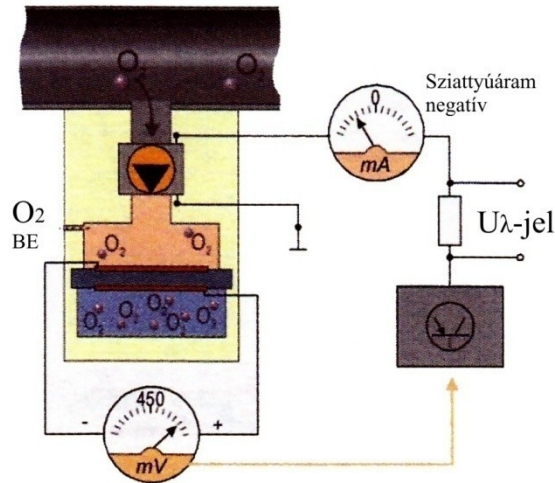
$\lambda = 1$ esetén a diffúziós hézagban nem kerül szállításra oxigén, a szivattyúáram nulla. A szivattyúáramot kiértékeli a vezérlőegység és megadja a levegőviszonyt, ezzel pedig a szükséges információkat a keverék összetételét érintően.

A két önálló kipufogórendszerrel rendelkező V- és boxer-motorok esetében túlnyomórészt két lambda-szonda kerül alkalmazásra. Így mindegyik hengersornak saját szabályozóköre van, mellyel vezérelhető a keverék összetétele.

A szélessávú lambda-szonda működése leginkább az alábbi ábrákon érthető meg legkönnyebben.

A feszültség és az áramérték változása dús keveréknél

⁹⁹ Forrás: Bosch



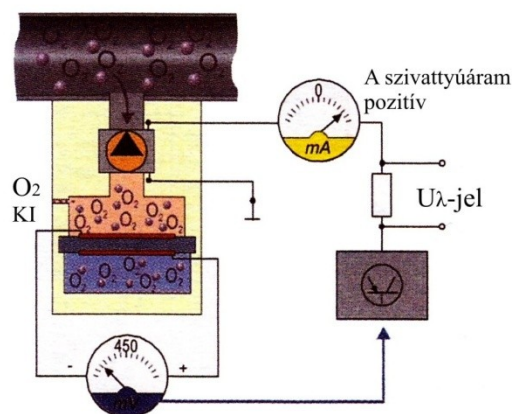
128. ábra. A szélessávú lambda-szonda működése dús keverék esetén¹⁰⁰

Dús keveréknél a kipufogógáz oxigéntartalma alacsony, ennek megfelelően a mérőkamrában (szivattyúcella) is csökken az oxigénmennyiség.

A szondaelemen mérhető feszültség növekedni kezd akár 1 V-ig. A kiértékelő áramkör érzékeli, hogy ahhoz, hogy ismét 450 mV-ot lehessen mérni, oxigént kell beszivattyúzni a mérőkamrába.

Tehát a megfelelő irányú feszültséget kapcsolja az „emeleti” szondaelemre, egészen addig, míg a „földszinti” szondaelem potenciálja ismét el nem éri a 450 mV értéket.

A feszültség és az áramérték változása szegény keveréknél



129. ábra. A szélessávú lambda-szonda működése szegény keverék esetén¹⁰¹

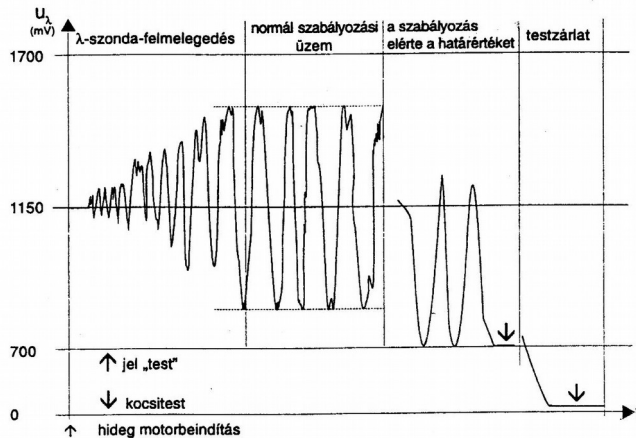
Szegény keverék esetén az előbbi állapottal szemben túl sok oxigént tartalmaz, ami arányosan a mérőkamrában (szivattyúcella) is ennek megfelelő. A „földszinti” szondaelemen mérhető feszültség kb. 100 mV, ami feszültséget a kiértékelő kör érzékelve ismét megpróbálja a 450 mV-ot előállítani. Az elvárt feszültség létrehozásához most az előbbivel ellentétes irányú fe-

¹⁰⁰ Forrás: Bosch

¹⁰¹ Forrás: Bosch

szültséget kapcsolva az „emeleti” szondára a mérőkamrából (szivattyúcella) oxigént szivattyúzik ki. A folyamat közbeni magas szivattyúáram beállítás az alapja a magas oxigéntartalom felismerésének.

Kocsitest független lambda-szonda

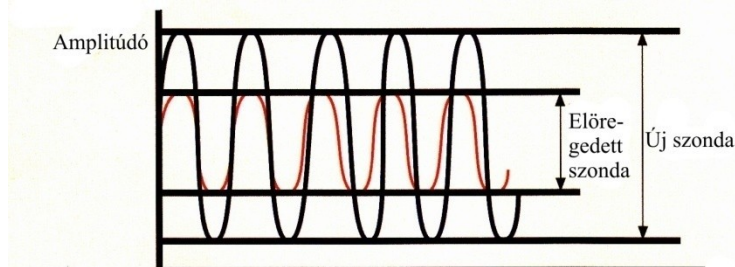


130. ábra. A kocsitest független lambda-szonda működésési jelleggörbéje¹⁰²

Az autó elektromos rendszerétől független negatív feszültségű, tehát rendszer- vagy kocsitest független szondafeszültséget kell beállítani. A vezérlőegység egy gyakorlati kivitelnél, a szondatestet pl. + 700 mV-ra állítja be stabilan. Ha a lambda-szondához a vezérlőegységtől érkező testvezeték és az akkumulátor test között mérünk, akkor a gyújtás ráadása után itt 700 mV-nak kell lennie. A lambda-szonda saját feszültsége erre „ül rá”, így maximálisan 1700 mV alakulhat ki. Ezt az 1700 mV-ot a fekete jelvezeték és pl. a motortest vagy az akkumulátor negatív között mérhetjük.

A lambda-szonda működésének ellenőrzése

Az öndiagnosztikával rendelkező járművek fel tudják ismerni a szabályozókörben fellépő hibákat és elmenthetik őket a hibatárolóban. Ezt rendszerint a motorellenőrző lámpa jelzi ki. Ezt követően a diagnosztikai műszerrel kiolvasható a hibatároló. A régebbi rendszerek azonban nem képesek megállapítani, hogy a hiba meghibásodott szerkezeti elemre, vagy például egy vezetékhibára vezethető vissza. Ebben az esetben a szerelőnek további ellenőrzéseket kell elvégeznie. Az EOBD nyomán a lambda-szondák felügyeletét a következő pontokra terjesztették ki: vezetékzárlat, üzemmész állapot, zárlat a vezérlőegység-test után, zárlat a plusz után, vezetéktrés és a lambda-szonda előregedése.

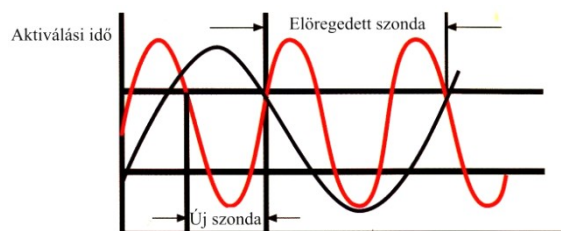


131. ábra. A szondafeszültség alakulása előregedett és új szonda esetén¹⁰³

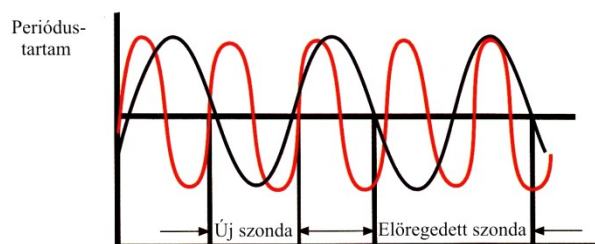
¹⁰² Forrás: Bosch

¹⁰³ Forrás: Bosch

A lambda-szonda jeleinek diagnosztizálásához a vezérlőegység a jel frekvenciájának formáját használja. Ehhez a vezérlőegység a következő adatokat számítja ki: A legnagyobb és legkisebb felismert szondafeszültség-értéket, a pozitív és a negatív oldal közötti időt, a lambda-szabályozó állítóméretet dús és szegény keverék szerint, a lambda-szabályozás szabályozási küszöbét, a szondafeszültséget és a periódusidőt.



132. ábra. Az aktiválási idő változása előregedett és új szonda esetén¹⁰⁴



133. ábra. A működési frekvencia változása előregedett és új szonda esetén¹⁰⁵

A motor indítása során a vezérlőegységben törlésre kerül minden régi érték. Menet közben a diagnosztika szempontjából megadott terhelési- / fordulatszám-tartományban képződnek a legkisebb és legnagyobb értékek.

Csatlakozási lehetőségek és vezetékszínek

Fűtetlen szondák

A vezetékek száma	A vezeték színe	Csatlakozás
1	Fekete	Jel, testelés a házon keresztül
2	Fekete Fehér	Jel Test

Fűtött szondák

A vezetékek száma	A vezeték színe	Csatlakozás
3	Fekete 2 db fehér	Jel, testelés a házon keresztül Fűtés
4	Fekete 2 db fehér Szürke	Jel Fűtés Test

Titánoxid-szondák

A vezetékek száma	A vezeték színe	Csatlakozás
4	Piros Fehér	Fűtés (+) Fűtés (-)

¹⁰⁴ Forrás: Bosch

¹⁰⁵ Forrás: Bosch

	Fekete	Jel (-)
	Sárga	Jel (+)
4	Szürke	Fűtés (+)
	Fehér	Fűtés (-)
	Fekete	Jel (-)
	Sárga	Jel (+)

A gyártók specifikus adatait figyelembe kell venni!

Gyakrabban előforduló hibák:

Diagnosztizált hiba	A hiba oka
Olajmaradványok a szondatesten	Kenőolaj jut a kipufogórendszerbe (hibás, kopott dugattyúgyűrű, vagy szelepszár tömítés)
Fals levegő beszívás, hiányzó referencia-levegő	Hibás szerelés, a referencialevegő nyílása eltört
Szonda túlhevülés	Hibás gyújtási időpont, rossz szelepműködés
Hibás csatlakozás	Oxidáció
Vezetékszakadás	Rosszul elhelyezett vezetékek, kidörzsölt vezetékek
Hiányzó testkapcsolat	Oxidáció, a kipufogórendszer korróziója
Mechanikus sérülések	Túl nagy meghúzási nyomaték
Öregedés	Gyakori, rövid idejű használat

9 Gépjárművek gyártás utáni ellenőrzése

A járművek gyártósori munkálatainak befejezése után a minőség- és végellenőrzést általában egy külön szervezeti egység, ellenőrzési osztály, vagy részleg végzi, amelynek két fő feladata a végellenőrzés és a mintavételes ellenőrzés.

A mintavételes ellenőrzés számszerűsége a végellenőrzés során megállapított hibagyakoriság függvénye.

A gyártósori ellenőrzéseken túljutott járműveket a végellenőrző soron teljes ellenőrzésnek vetik alá funkció, esztétika és a gyártás minősége szempontjából. Az ellenőrzési folyamat lényege, hogy minden autó maradéktalanul megfeleljen az adott gyártó nemzetközi minőségügyi rendszerrel összhangban lévő, szigorú minőségi követelményeinek.

A végellenőrző soron általában a következő ellenőrző állomások találhatóak:

- motor és hajtáslánc fékpadi ellenőrzés,
- futómű ellenőrzés, beállítás futómű ellenőrző padon,
- menetstabilizáló-rendszer kalibrálás futómű ellenőrző padon,
- oldalcsúszás ellenőrzés (úttartás),
- fékek tesztelése,
- kormányzás (kerékelfordulás) ellenőrzés,
- külső (karosszéria) és belsőtér ellenőrzés a fényfolyosó rendszeren,
- villamos, elektronikus rendszer ellenőrzés,
- fényszóró ellenőrzés és beállítás,
- futáspróba, közben funkció ellenőrzés.

A végellenőrző sort elhagyva, az autón elvégzik a beázás elleni védelem ellenőrzését, majd helyükre kerülnek a különböző külső, karosszériadíszítő elemek.

A következő álláson szállítási védelemmel látják el az autót, ami javarészt fólia, majd az alváz viaszolása következik. Egyúttal az autót „végellenőrzés OK” státuszba helyezik, és átadják a logisztikai részlegnek. Az autók a késztermék-parkolóba kerülnek, ahonnan a logisztikai szervezet biztosítja a járművek eljuttatását a kijelölt célállomásra.

A járműgyártók többsége a kész járművek gyártás utáni ellenőrzésére a végellenőrzést követően az úgynevezett „Mintavételes ellenőrzés” módszerét alkalmazzák.

A mintavételes ellenőrzés három részterületre tagozódik:

1. Vevőszemléletű audit, melynek során a készterméket vevői szemmel átvizsgálva problémákat keresnek, majd a talált hibákat visszajelzik az üzemeknek.
2. Mintavételes vizsgálatok, ahol különféle műszeres és nem műszeres vizsgálatokkal igazolják a késztermékek nemzetközi előírásoknak való megfelelésségét. A gépjármű károsanyag-kibocsátásának mérése valós menetellenállást szimuláló görgős fékpadon történik. Itt kerül sor a gépjármű méreteinek, illetve tömegének mérésére, elhaladási valamint belső zajszint mérésre, specifikáció ellenőrzésre, a homologizációs tételek ellenőrzésére, a tüzelőanyag-ellátó rendszer tömítettségének vizsgálatára, tartós záportesztre.
3. Futáspróba során a gépkocsik futását és funkcióit speciálisan kialakított tesztpályán ellenőrzik, miközben kiemelt figyelmet fordítanak a zajok, vibrációk felfedezésére.

A gépjárművek gyártás utáni ellenőrzése tulajdonképpen az autógyártás folyamatának utolsó fázisa, amely az adott jármű működőképességének komplex ellenőrzését jelenti és egyben az

adott autógyár minőségbiztosítási rendszerének is fontos eleme. A gyártás utáni ellenőrzés gyors végrehajthatóságának alapja, a gyártásközi folyamatos minőség-ellenőrzés, amelyet minden gyártási fázisban elvégeznek. A gyártásközi ellenőrzés minimalizálja a gyártás utáni végellenőrzésre kerülő jármű hibagyakoriságát. Ebben a folyamatban a gyártók, saját technológiájuknak (diagnosztikai rendszerüknek) megfelelően, az adott jármű rendszerlemeinek, rendszereinek és az egyes rendszerek közötti kapcsolatainak ellenőrzésével végzik el az elkészült jármű komplex ellenőrzését. A teljes folyamat magába foglalja a jármű- diagnosztika valamennyi elemét, amely szükséges a teljes körű üzemképesség ellenőrzéséhez, az előírt paraméterek megfelelőségének biztosításához. A különböző gyártók gyártás utáni ellenőrzési technológiái, részben a járművek sajátosságai, részben pedig a gyártók gyártási filozófiája miatt eltérnek egymástól, de funkcionálisan ugyan azt a célt szolgálják. A diagnosztikai folyamatokban saját, gyártó-specifikus diagnosztikai eszközöket, egyedi célberendezéseket is használnak, így biztosítják a gyors és megbízható, a gyártási folyamathoz illeszkedő komplex ellenőrzést.

A gyártás utáni ellenőrzés, a komplex diagnosztika része, az ellenőrzés folyamatában feltárt hibák javítása, egyes részegység, vagy komplett szerkezeti egység cseréje és az ezt követő, az érintett rendszerre (rendszerekre) kiterjedő utóellenőrzés is. Az ellenőrzési folyamat elengedhetetlen része, az adott járműgyártó minőségbiztosítási rendszerének megfelelő, a folyamatot teljes egészében lefedő dokumentáció készítése is, amely természetesen elektronikus formában valósul meg.

9.1 Mechanikai rendszerek gyártás utáni ellenőrzése

A gyártás utáni ellenőrzéseket célszerűen két fő csoportra bonthatjuk. Az első csoportban a gépjármű mechanikai rendszereinek ellenőrzését hajtjuk végre, amely a motor és erőátviteli rendszer, a felfüggesztés és a futómű, a kormány szerkezet és fékrendszer, valamint a karosszéria ellenőrzését jelenti. Az ellenőrzés második csoportját az elektronikus rendszerek, úgy, mint a villamos hálózat és kommunikációs hálózatok, a motorirányító és hajtáslánc vezérlő rendszerek, a járműstabilitás, a biztonsági és komfort-elektronikai rendszerek ellenőrzései képezik. A gyártás utáni ellenőrzés fontos eleme a vevő szemléletű (szubjektív) vizsgálat is, amely a mintavételes ellenőrzési szakaszban kerül végrehajtásra.

9.2 Motor és erőátviteli rendszer ellenőrzése

A gyártás utáni ellenőrzési folyamatban a motor és a hajtáslánc ellenőrzése nem az egyes alrendszerek (tüzelőanyag-ellátó, levegő, gyújtás, stb.) önálló diagnosztikájával, hanem speciális körülmények között, fékpadi mérésekkel történik.

A mérések során a motor és a teljes hajtáslánc vizsgálata együtt kerül végrehajtásra a gyártó által meghatározott protokoll szerint. Ebben a mérési folyamatban, különböző környezeti feltételek között a motor üzemmódjainak vizsgálata mellett ellenőrzésre kerül a teljesítmény, a fogyasztás, a károsanyag kibocsátás paramétereinek diagnosztizálása, szükség szerint beállítása is.

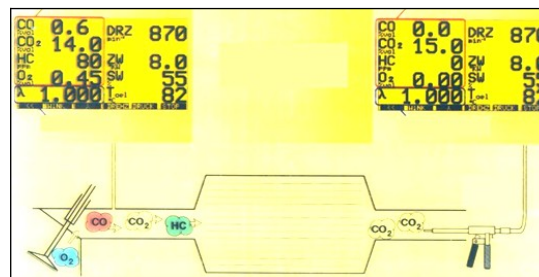
A motor és az erőátviteli rendszer ellenőrzésnek célja:

- az állapot ellenőrzés,
- a hibák gyors feltárása.

A motor és az erőátviteli rendszer diagnosztizálása során ellenőrizzük az egyes rendszerelemek beállításait, működésének jellemzőit, speciális (gyártótól függő) protokoll alapján, az adott jellemzők mérésére alkalmas diagnosztikai módszerekkel és műszerekkel. A mérés során keletkező paramétereket elektronikus formában validálják és rögzítik.



134. ábra. Fékpadi ellenőrzés¹⁰⁶



135. ábra. Környezetvédelmi vizsgálat paramétereit¹⁰⁷

9.3 Felfüggesztés és futómű ellenőrzése

A felfüggesztés és a futómű gyártás utáni diagnosztikája és beállítási műveletei a legtöbb gyártó esetében a motor és az erőátviteli rendszer ellenőrzésével párhuzamosan kerül végrehajtásra. A lengéscsillapítók ellenőrzése lengéscsillapító vizsgáló berendezés segítségével történik, az ellenőrzés végrehajtásához három féle módszer alkalmazható:

- lengéscsillapító vizsgálat a gépjármű ejtésével (KONI)
- lengéscsillapító vizsgálat a kerék lengetésével (BOGE)
- dinamikus talperő ingadozás mérése (EUSAMA).

Magyarországon az EUSAMA lengéscsillapító vizsgálati módszer az elfogadott. A mérés során nem egyszerűen a lengéscsillapítót, hanem a felfüggesztést, mint a lengőrendszer eredendő jellemzőjét mérik.

A mérőlapra állított kerék alatti erőmérő cella a jármű súlyereje okozta statikus erőt méri, és ehhez adódik a gerjesztésből származó szinuszosan változó erő.

Az erőmérő cella a talperővel arányos elektromos jelet képez. A villanymotor kikapcsolása után kezdődik a mérési fázis. A lendkerékben tárolt energia a futóművet állandó amplitúdóval tovább gerjeszti, de fokozatosan csökkenő frekvenciával. A gerjesztés felülről közelítve eléri,

¹⁰⁶ Forrás: Dr. Nagyszokolyai Iván - Görgős jármű fékpadok

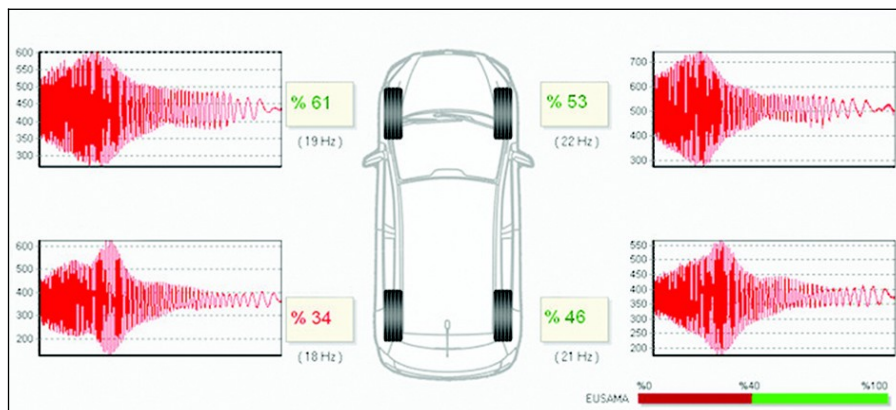
¹⁰⁷ Forrás: Dr. Lakatos István: Járműdiagnosztika

majd áthalad a felfüggesztés önfrekvencia pontján és ekkor a talperő ingadozása eléri szélső értékét.

A felfüggesztési rendszer minősítése érdekében az ingadozó keréktalperő negatív csúcsértékének mérése és regisztrálása a cél. A vizsgáló berendezés monitorján látható a méréskor felvett talperő ingadozás. A kinyomtatott járművizsgálati jegyzőkönyvben megtalálható az ábra szerinti módon számított és az értékelés alapjául szolgáló: a lengéscsillapítás mértéke %-ban.

$$A(\%) = \frac{F_{\min}}{G_{\text{stat}}} \cdot 100\%$$

A lengéscsillapító működése még elfogadható, ha elől 40%, hátul 20%-nál nagyobb a lengéscsillapítás mértéke.



136. ábra. EUSAMA (European Shock Absorber Manufacturer Association) lengéscsillapító ellenőrzés¹⁰⁸

A futómű vizsgálata teljeskörű paraméteres ellenőrzést és beállítást jelent, a futómű előírt paramétereinek ellenőrzését és a beállítását is lehetővé tevő futómű ellenőrző padon.



13718. ábra. Futómű diagnosztika és beállítás (3D elven működő)¹⁰⁹

¹⁰⁸ Forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_06-Jarmudiagnosztika/1_lecke_fnyvetk_diagnosztika.html

¹⁰⁹ Forrás: Bosch

9.4 A fékrendszer ellenőrzése

A gépkocsi előkészítése a fékvizsgálathoz:

- a gumibroncs nyomásellenőrzése és szükség szerint a névleges érték beállítása,
- hidraulikus fékek levegősödésének ellenőrzése, a szükség esetén légtelenítés,
- amennyiben rendelkezésre áll műszer, a fékfolyadék forráspontjának megállapítása.
- A gépkocsi első kerekeivel, a görgőtengelyekre merőleges irányban a görgőágyra járunk.
- A sebességváltót üres állásba tesszük, a kéziféket kiengedjük. A motort, ha szervofékes a gépjármű, alapjáraton üzemeltetjük (a vizsgálatokat szervohatás mellett kell végezni!).
- A pedálerő adót a fékpedálra helyezzük, ill. légfékes járműveknél a kivezérelt nyomás pneumatikus vezetékét bekötjük a mérendő tengely vizsgálócsatlakozójához.
- Teljes kifekezés álló próbapad mellett (mérés, számítás: P_{max} meghatározása, kijelzése).
- Próbapad indul (a számítógép vezérelheti). A névleges görgő kerületi sebesség (v_g) és a kerékforgatási ellenállás meghatározása (a 11. ábra szerint az 1 és az 1' pontok). A művelet időtartama: 1 kerékfordulat.
- A működtető erő vezérelt, fokozatos növelése. Művelet vége: csúszás (2-es pont), ill. a művelet befejezése. Mérés után számítás: FP_n érték számítással történő meghatározása.
- Működtető erő megszüntetése, visszatérés a kiinduló pontba (1', illetve vele azonos 3-as pont)
- Vezérelt mérés a kijelölt névleges működtető erő túrésmezőben való tartása mellett (4-es pont). A művelet időtartama: 1" kerékfordulat. A mérés után $F\%$ és értékelésének kijelzése.
- Próbapadról leáll, próbapadot leállít. A próbapad leállítását számítógép is vezérelheti.
- A gépjármű további tengelyeinél a méréssorozatot (4-8) értelemszerűen megismétel.
- Amelyik tengelyre hat a rögzítőfék, ott a rögzítőfék mérése és minősítése.
- hazai minősítő fékvizsgálat technológiája.

g – a nehézségi gyorsulás értéke

A minősítéshez szükséges összes fékerő (ΣF) kiszámítása akkor lehetséges, ha a kívánt (rendeletben rögzített) l_{sze} értékét (előírt minimális lefékezettégi százalék) megadjuk:

$$\Sigma F = \frac{l_{sze} \cdot m_{\dot{o}} \cdot g}{100}$$

A szükséges fékerő felosztása a gépjármű tengelyek között (kéttengelyű jármű esetén):

$$F_1 = \frac{a_1 \cdot \Sigma F}{100} \quad \text{és} \quad F_2 = \frac{a_2 \cdot \Sigma F}{100}$$

ahol: a_1 és a_2 a %-os fékerő megosztás tényezői, ezek értékeit járműkategóriánként az előírás tartalmazza.

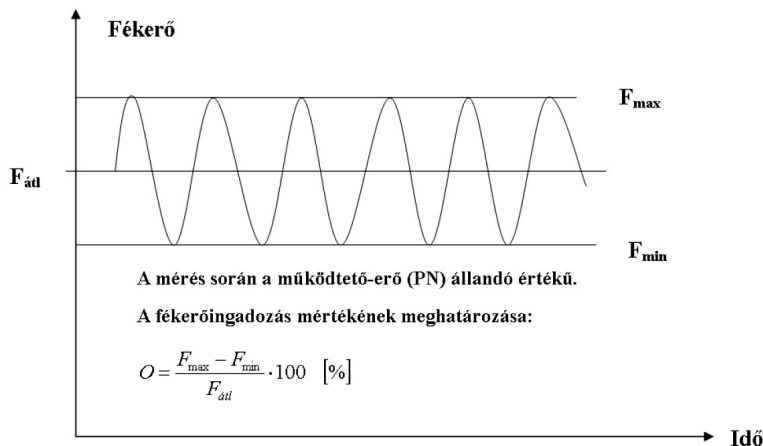
A kerékfékerő eltérés

A jobb- és baloldali átlagos fékerők százalékos eltérését a névleges pontban, a következők szerint kell kiszámítani:

$$E = \frac{F_{j\acute{a}tl} - F_{b\acute{a}tl}}{F_{j\acute{a}tl}} \cdot 100\% \quad \text{amennyiben} \quad F_{j\acute{a}tl} > F_{b\acute{a}tl}$$

$$E = \frac{F_{b\acute{a}tl} - F_{j\acute{a}tl}}{F_{b\acute{a}tl}} \cdot 100\% \quad \text{amennyiben} \quad F_{b\acute{a}tl} > F_{j\acute{a}tl}$$

A kerékfékrendszer erőingadozása



13920. ábra. A fékerő ingadozás¹¹¹

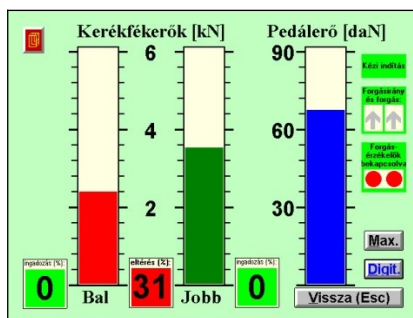
A fékerő ingadozást állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés során, egy kerékfordulat alatt mért és számított korrigált fékerők segítségével kell kiszámítani.

A fékerő ingadozás kiszámításának képlete:

$$O_j = \frac{F_{j\max} - F_{j\min}}{F_{\acute{a}tl}} \cdot 100\%$$

$$O_b = \frac{F_{b\max} - F_{b\min}}{F_{\acute{a}tl}} \cdot 100\%$$

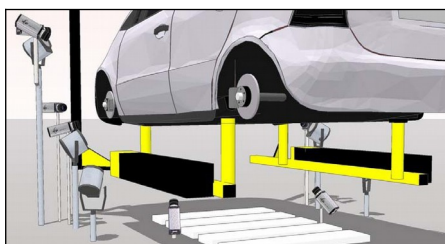
¹¹¹ Forrás: Bosch



140. ábra. Fékerő-mérés (összehasonlító) diagnosztikai képe¹¹²

9.5 Karosszéria elemek ellenőrzése

A karosszéria ellenőrzése több szempont alapján kerül végrehajtásra. A vizsgálat során a karosszéria méretpontossága mellett ellenőrzik az elemek illesztésének, rögzítettségének megfelelőségét, a felületkezelés minőségi jellemzőit a karosszéria külső és belső felületein, valamint a belső felületek (utastér) borításainak, kárpitozásának minőségét is.



141. ábra. CCD kamerás alváz ellenőrzés¹¹³

9.6 Elektronikus rendszerek gyártás utáni ellenőrzése

9.6.1 A villamos és kommunikációs hálózatok ellenőrzése

Egyenáramú, kisfeszültségű rendszer ellenőrzése:

A villamos hálózat gyártás utáni ellenőrzése gépjármű típustól függően a hagyományos kisfeszültségű, egyvezetékes egyenáramú rendszer ellenőrzése mellett tartalmazza a nagyfeszültségű hálózat (hibrid és villamos hajtású járművek) diagnosztikai vizsgálatát is. Az ellenőrzés, diagnosztika tartalmazza a villamos energia előállító és energiatároló elemek (indító és üzemi akkumulátorok) teljeskörű üzemi körülmények közötti, vizsgálatát.

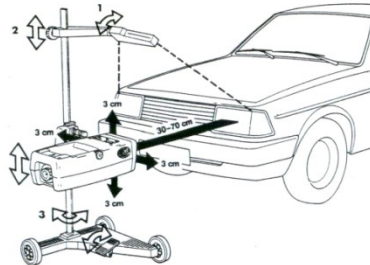


142. ábra. Villamos hálózat ellenőrzése (akkumulátor ellenőrzés)

¹¹² Forrás: <http://www.technic-soft.hu>

¹¹³ Forrás: © 2010 IDS Imaging Development Systems GmbH

A villamos hálózat gyártás utáni ellenőrzése gépjármű típustól függően a hagyományos kisfeszültségű, egyvezetékes egyenáramú rendszer ellenőrzése mellett tartalmazza a nagyfeszültségű hálózat (hibrid és villamos hajtású járművek) diagnosztikai vizsgálatát is. Az ellenőrzés, diagnosztika tartalmazza a villamos energia előállító és energiátároló elemek (indító és üzemi akkumulátorok) teljeskörű üzemi körülmények közötti, vizsgálatát.

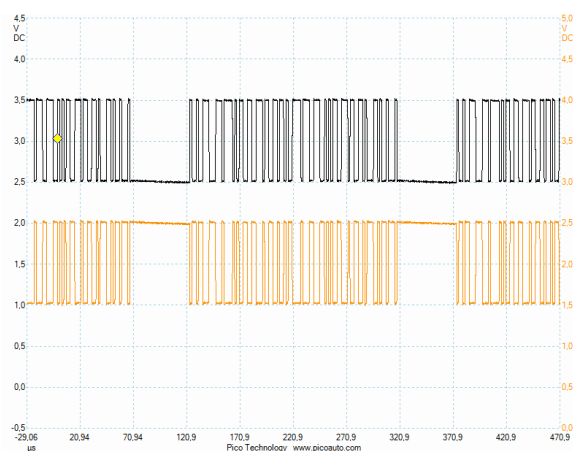


143. ábra. Világítástechnikai diagnosztika, beállítás¹¹⁴

A világítás rendszer diagnosztikája szintén a járműbe beépített szerkezetek fajtájának megfelelő ellenőrzőműszerek alkalmazásával történik, magába foglalva pl. az AFL, (Adaptive Forward Lighting) világítástechnikai rendszereket is. Magyarországon a beszereléssel és használatával kapcsolatos nemzeti szabályozást egyrészt az 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelete a közúti közlekedés szabályairól (KRESZ) tartalmazza, amely a genfi ECE-R48-01 és a brüsszeli EEC 76/756 Európai Unió normatívákon alapul.

A másik hatályos szabályozás a 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről, a Magyarországon területén közlekedő járművekre terjed ki.

A mai korszerű járműveken az elektronikus irányítórendszerek érzékelő (szenzorok) és beavatkozó (aktuátorok) elemek, valamint az irányító egységek (ECU-k) egymás közötti kapcsolat, kommunikáció biztosítása digitális, kommunikációs hálózatokon keresztül történik. A különböző hálózatok jellemzőikben igazodnak a járművekre felépített mechatronikai rendszerek műszaki követelményeihez. A hálózatok egyik legfontosabb jellemzője az adatátviteli sebesség. A gyártás utáni ellenőrzés a kommunikációs hálózatok jellemzőinek üzemi körülmények közötti, teljeskörű diagnosztikáját jelenti, erre a célra alkalmas műszerek alkalmazásával.

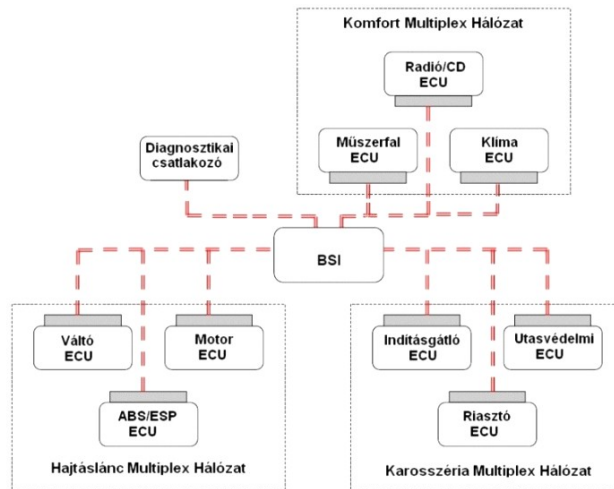


144. ábra. Digitális-kommunikációs rendszer diagnosztikai képe¹¹⁵

¹¹⁴ http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_06-Jarmudiagnosztika/1_lecke_fnyvetk_diagnosztikja.html

¹¹⁵

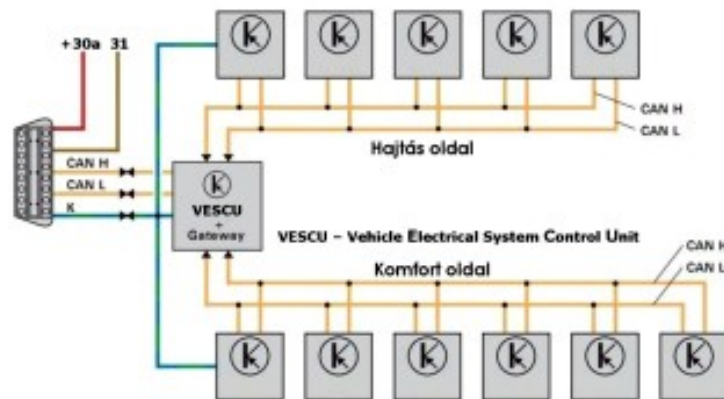
Forrás:<http://www.garasanin-auto.hu/oszcilloszkoposmeresek>



145. ábra. Digitális-kommunikációs rendszer egy lehetséges felépítése¹¹⁶

9.6.2 Motorirányító és hajtáslánc vezérlés ellenőrzése

Ebben az ellenőrzési folyamatban kerül vizsgálatra az elektronikus irányító funkciókat ellátó irányító egységek (ECU-k) egyedi funkcióinak, kapcsolat rendszerüknek és perifériáinak komplex diagnosztizálása. Ellenőrzik az adott jármű felszereltségéhez tartozó szoftverelemek verziójának megfelelőségét. Az elektromágneses összeférhetőség (EMC) ellenőrzését is általában ebben az ellenőrzési fázisban hajtják végre, amennyiben ez a mérés technológiai okokból szükségessé válik.



146. ábra. Irányított rendszerek kapcsolatai¹¹⁷

9.6.3 Biztonsági és komfortelektronikai rendszerek ellenőrzése

A biztonsági és komfort elektronikai rendszerek vizsgálata során ellenőrzésre és kalibrálásra kerülnek a jármű felszereltségébe tartozó vezetőasszisztens rendszerek (pl. ütközést megelőző rendszer, parkolássegítő rendszer, a jármű védelmi rendszere, stb.) az utasok biztonságát és kényelmét szolgáló (pl. SRS rendszer, klíma rendszer, navigációs rendszer, stb.).

Az elvégzett diagnosztikai vizsgálatok eredményei alapján, ha szükséges, elvégzik a javításokat és utóellenőrzéseket. Valamennyi elvégzett tevékenység, hasonlóan az előzőekhez, elektronikus formában dokumentálásra kerül.

¹¹⁶

Forrás:<http://autotechnika.hu/cikkek/8595,mi-is-az-a-bsi-.html>

¹¹⁷

Forrás:[file:///C:/Users/Dudas/Desktop/0018_Gepjarmudiagnosztika%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Dudas/Desktop/0018_Gepjarmudiagnosztika%20(3).pdf)



147. ábra. Klímarendszer diagnosztikai vizsgálata

9.6.4 Hibajavítás, utóellenőrzés, futáspróba, dokumentáció

A gyártás utáni ellenőrzési folyamatok során feltárt hibákat a gyártó által meghatározott protokoll és minőségbiztosítási rendszer által meghatározottak szerint dokumentálják és az alkalmazott minőségbiztosítási, gyártási és ellenőrzési technológia szerint végrehajtásra kerül a hibák kijavítása, valamint utóellenőrzése. A hiba (hibák) javítását az utóellenőrzési tevékenység követi, amely a hiba és a javítás által érintett rendszerelemekre, rendszerekre és azok közötti kapcsolatrendszer vizsgálatára terjed ki. A végellenőrzések során megállapított hibagyakoriság figyelembevételével határozzák meg a mintavételes ellenőrzések számszerűségét, technológiai folyamatát.

A hibajavítás és utóellenőrzés végrehajtása után a futáspróba következik, amely vizsgálat keretében a gépkocsik futását és funkcióit speciálisan kialakított teszt pályán ellenőrzik, miközben kiemelt figyelmet fordítanak a zajok, vibrációk felfedezésére.

A futáspróba végrehajtása során tapasztalt jellemzőket dokumentálják, szükség szerint a tapasztalt jelenségeket megvizsgálják, elemzik. A gyártás utáni végellenőrzés eredményeinek teljes megfelelése esetén a jármű a logisztikai szervezet közreműködésével eljut a megrendelőhöz.

10 A gépjárművek vezető támogató rendszerei, ADAS

(Advanced driver-assistance systems)

A gépkocsivezetés tulajdonképpen nem más, mint a jármű mozgása közben a környezetünkben történő mozgások észlelése, a változtatások figyelése, értékelése. Beilleszkedés egy sok szabadságfokú rendszerbe, mozgó objektumok sorába. A forgalomba történő konfliktusmentes beilleszkedéshez a vezető érzékszerveinek hibátlan működése szükséges. Az érzékszervek néha tompulnak, jeleinek a központi idegrendszerben való feldolgozása is lehet pontatlan, néha egyszerűen kihagyhat. Érzékelésünknek vannak fizikai korlátai és holtterei. A baleseti okok között vezető helyek egyikét a vezetői figyelmetlenség foglalja el.

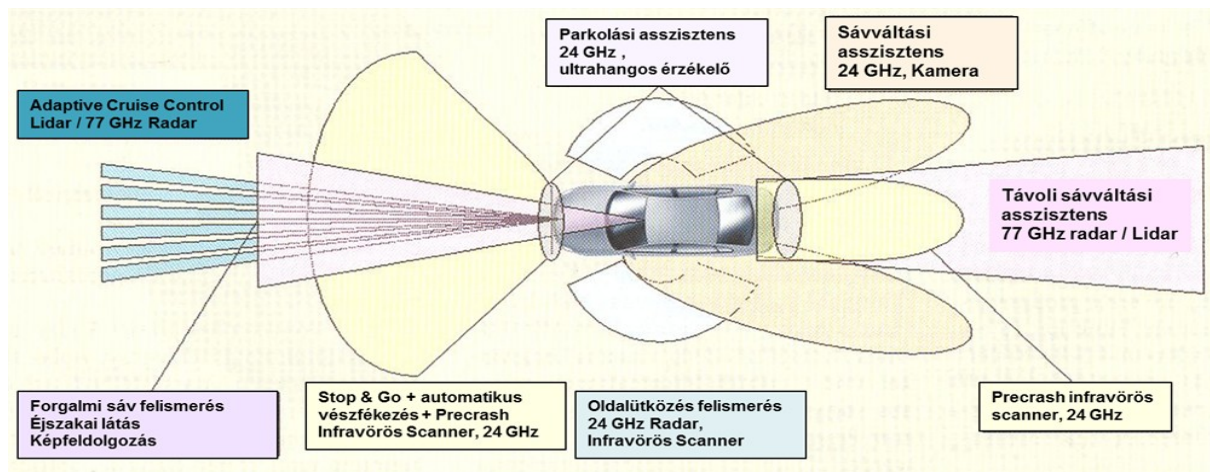
A gépkocsivezetés információi

A gépkocsivezetés döntő részben látás útján szerzett információkból, részleges automatizálása pedig a vezetői asszisztens rendszerek mérésén alapuló információkból áll. A gépkocsik forgalmi információgyűjtése közvetlenül, kommunikáció útján, előrejelzés alapján megszerezhető információszerzést jelent. A vezetői asszisztens rendszerek ultrahangos, radaros, lidaros és

3 dimenziós videokamerákkal, közvetlenül megszerezhető, villamos (digitális) jelekké alakítható információk hasznosítására épülnek. A környezeti információk villamos jelekké alakításának előnye, azok szinte tetszőleges kombinálhatósága.

A járműről és annak forgalmi környezetéből, folyamatosan 1011 bit/s-nyi információáram éri a vezetőt. Amikorra ebből tudatos válasz születik, a válaszadás 1-2 információra csökken, másodpercenként. Az érzékszervi észlelet, 0,3-0,4 század másodpercenként érkező csomagok formájában tudatosul. A vezetői asszisztens rendszerek az emberénél legalább két nagyságrenddel kisebb válaszadási késedelemmel tájékoztatják a vezetőt a jármű mozgásállapotáról, és avatkoznak be annak módosításába.

A járművekben alkalmazott prediktív (előrejelző) védelmi technológiák időben felismerik a veszélyhelyzeteket és már az előtt reagálnak, vagy figyelmeztetnek, hogy egyáltalán kialakulna egy balesetveszélyes forgalmi helyzet. Ezeket, a prediktív biztonsági rendszereket nevezük fejlett vezetőtámogató rendszereknek (ADAS). A megfelelő menetbiztonság érdekében szükséges információkat különböző típusú, működési elvű érzékelő elemek biztosítják a vezetőtámogató rendszerek részére. Az információk rendkívül gyors feldolgozása biztosít lehetőséget a vészhelyzetek elkerülésére, illetve a balesetek következményeinek mérséklésére.



148. ábra. Az asszisztens rendszerek érzékelési tartományainak áttekintése¹¹⁸

10.1 Az információszerzés technikai rendszerelemei

10.1.1 Az ultrahangos érzékelők

Gépjárművekben 40–50 kHz-es frekvenciájú rezgésmérést jelent, amely utastéri védelem biztosításában és parkolás segítő asszisztens rendszerben (akadálytávolság-mérés) kerül felhasználásra.

Az emberi füllel hallható hangoknál „magasabb” frekvenciájú ultrahangok precíziós térbeli helymeghatározásra való alkalmasságát a rovaroktól a denevérekig számos élőlénynél tapasztaljuk. Az élettani folyamataikat felhasználó mérés-technikai alkalmazásoknak – az autók tolaradarjától a diagnosztikai készülékekig – ma már sok változatát használjuk a hétköznapokban, amelyek számát tovább gyarapíthatja, hogy például az ultrahang visszaverődésén alapuló távolságmérés működési elve ma már „filléres” mikro-vezérlőkkel is megvalósítható.

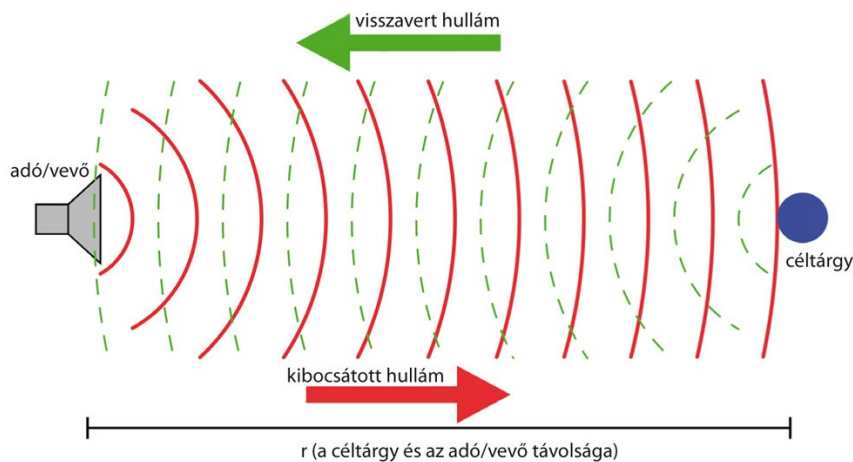
A technológia fő előnye, hogy érintésmentes, és a mérés-technika számos területén csaknem mindenféle anyagú „cél tárgy” detektálására alkalmas. A járműtechnológiában az ultrahangos

¹¹⁸

Forrás: https://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmufedelzeti_elektronika/ch03.htm

távolságmérés például a parkolás megkönnyítésére használható: a távolságérzékelő méri a jármű távolságát valamilyen akadálytól (egy másik járműtől, faltól).

A mérés egyik célja lehet az ultrahangos szenzor és egy másik tárgy (a céltárgy) közötti távolság meghatározása. Ezt az ultrahangos méréstechnikában annak az időnek a meghatározásával valósítjuk meg, amíg a szenzorból kibocsátott ultrahang-hullám eléri az r távolságban levő céltárgyat, és onnan visszaverődve eljut ismét az érzékelőig. Ennek az időnek, valamint az ultrahangjelnek a levegőben (vagy az érzékelő és a céltárgy közti teret kitöltő más, akusztikai szempontból homogénnek feltételezett közegben) mérhető terjedési sebességének ismeretében a távolság kiszámítható. Bár ez a számítás egyszerűnek tűnik, az ultrahang terjedési sebessége számos más tényezőtől is függ, mint a levegő nedvességtartalma, nyomása, áramlása összetétele. A legtöbb ultrahangos szenzort az ember által is belelegezhető levegőben való használatra tervezték. Azok a szenzorok, amelyeket ilyen összetételű levegőben való használatra szántak, nem biztos, hogy helyesen működnek más gázokban, amelyekben más a hangterjedés sebessége. Az ultrahangjel frekvenciája 40 kHz körüli, azaz magasabb a hallható hangok 20 Hz...20 kHz-es tartományánál.



149. ábra. Az ultrahangos mérés elve¹¹⁹



150. ábra. Negyedik generációs ultrahangos érzékelők¹²⁰

10.1.2 A radarérzékelők

¹¹⁹ Forrás: <https://www.magyar-elektronika.hu/10005-tartalom/2377-ultrahangos-merestechnika>

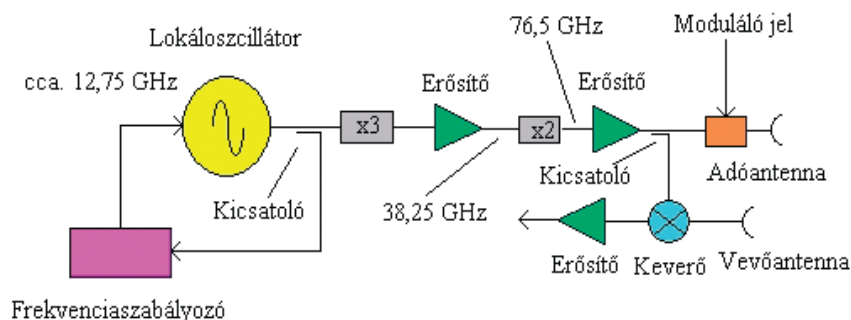
¹²⁰ Forrás: https://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmufedelzeti_elektronika/ch03.html

Szilícium-germánium (Si, Ge), gallium-arzén (Ga, As) félvezető elemek által előállított, 24, illetve 77 GHz-es mérőfrekvenciájú rezgésmérésen alapul. A járművekben általában rövid, közép és nagy távolságú mérésekre alkalmas berendezéseket alkalmaznak. Napjainkban a gépjárművekbe épített radar-elvű rendszerek a 77GHz-es frekvenciatartományban működnek. A RADAR (Radio Detection and Ranging) angol eredetű szó, amely nálunk a II. világháborúban vált ismertté. Jelentése: rádiófelderítés és helymeghatározás. Ez azt jelenti, hogy a készülék a rádióhullámok segítségével fedezi fel a célpontot, és térképszerűen ábrázolja a tárgyak térbeli helyzetét. Mivel a rádióhullámok sokféle közegen (ködön, füstön, felhőkön, falakon) áthatolnak, ezért a radarok az éjjeli sötétségben, a fény számára áthatolhatatlan tárgyakon át is kitűnően látnak. A különböző közegeken való áthatolás nem egységes, ezért a különböző közegek eltérő terjedési jellemzőkkel rendelkeznek, veszteségeket okoznak.

A távolság radarelvű mérése az elektromágneses hullámok tulajdonságain alapul.

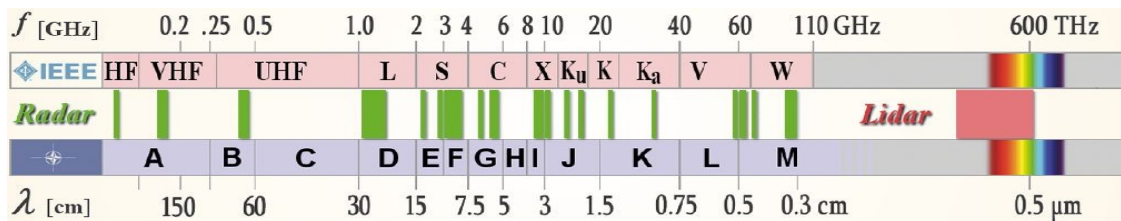
Ezek a következők:

- Az elektromágneses hullámok akkor verődnek vissza, ha elektromosan vezetőképes felülettel találkoznak. Ha ezeket a visszavert hullámokat a kibocsátás helyén detektáljuk, az azt jelenti, hogy a kisugárzás irányában elektromágneses hullámokat visszaverő tárgy található.
- Az elektromágneses energia a levegőben állandó sebességgel terjed, amely jó közelítéssel azonos a fény vákuumbeli terjedési sebességével (kb. 0,3%-kal kisebb annál). Egyszerű számításoknál megszokott a 300 000 km/s értékkel való közelítés. A fénysebesség állandósága lehetővé teszi a radarberendezés és egy reflektáló tárgy távolságának meghatározását. A távolságmérést a kibocsátott és visszavert hullám terjedési idejének mérésére vezetjük vissza. A mérés bizonytalanságát csak az atmoszférikus és időjárás feltételek bizonytalansága okozza (természetesen a technikai megvalósításból adódó bizonytalansággal együtt).
- Az elektromágneses energia elvileg egyenes vonalban terjed, amelyet csak kismértékben befolyásolnak az atmoszférikus és időjárás tényezők. Speciális radarantennák segítségével a kibocsátott elektromágneses hullámot a kívánt irányba fókuszálják. A radarantenna maximális visszavert jelet adó pozíciójának megkeresésével az adott visszaverő objektum azimutja (oldalszöge), és elevációja (emelkedési szöge), meghatározható.



151. ábra. Radarberendezés elvi felépítés¹²¹

¹²¹ Forrás: Autótechnika 2008



152. ábra. Hullámhossz és frekvencia tartományok ¹²²



153. ábra. Az ACC rendszer radar érzékelője ¹²³

1. A lidaros távérzékelés:

Optikai távolságmérő eljárás. Jelforrása lézerszkenner, amely a kibocsátott lézerimpulzusoknak a céltárgyról való visszaverődéséből, az ahhoz szükséges futási idő méréséből állapítja meg annak távolságát. A lézernyalábbal a tárgyat „letapogatva” annak térbeli szerkezetére is lehet következtetni.

A lézeres rendszerek típusai:

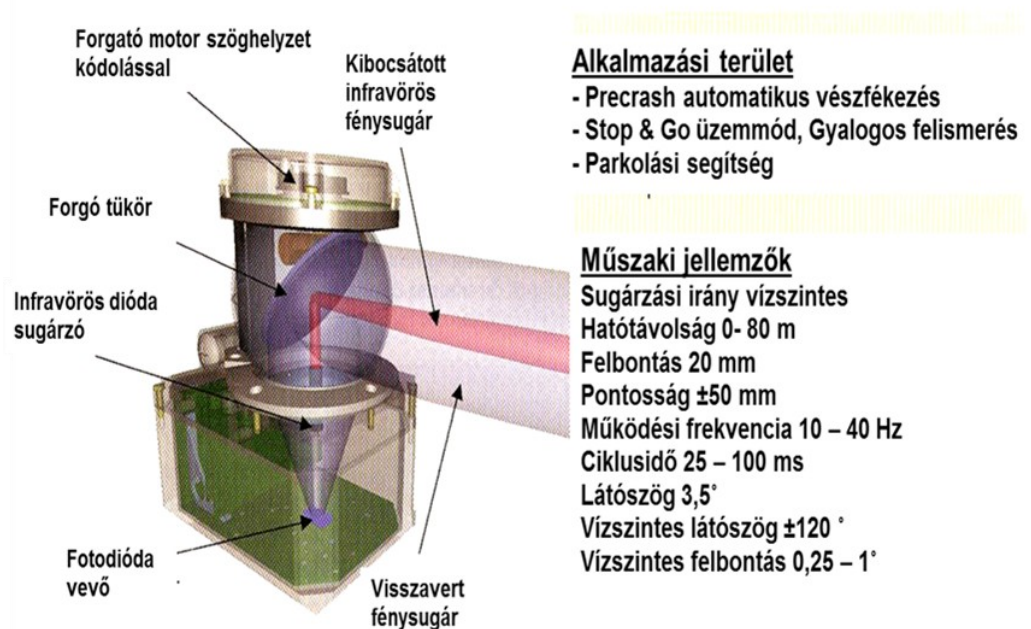
- Topográfiai LIDAR
- Mélységmérő LIDAR
- Több visszaverődést regisztráló LIDAR
- Teljes jelalakos lézer szkennelés

A LIDAR az ultraviola, a látható és az infravörös tartományban működik. A LIDAR működésének alapelve megegyezik az elektromágneses energia alapú távolságmérés elvével. A lézer által kibocsátott energia-impulzus (vagy folytonos hullám) kölcsönhatásba kerül a terjedés

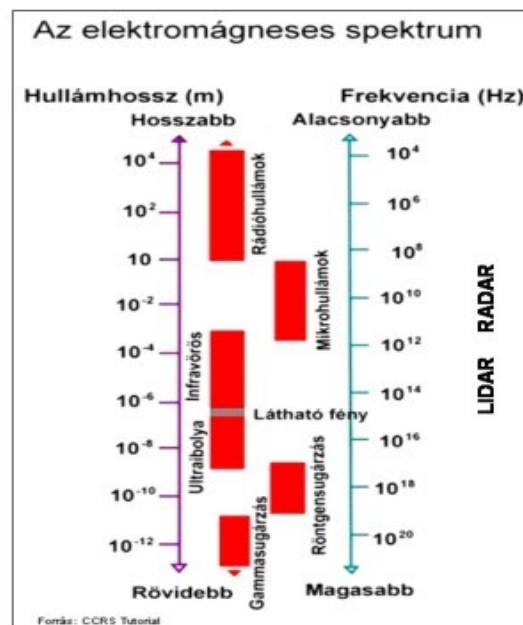
¹²² Forrás: <https://www.magyar-elektronika.hu/34-tartalom/tartalom/1569-a-radartechnika-alapjai-4-resz-a-radartelepites-nehany-gyakorlati-kerdes>

¹²³ Forrás: https://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmufedelzeti_elektronika/ch03.html

irányában lévő objektumokkal, melynek következményeként visszaverődik. Az egyes impulzusok kibocsátása és visszaverődése között eltelt idő, rögzítésre kerül. Mivel az elektromágneses energiaterjedési sebessége ismert, a tereptárgynak a lézertől való távolsága meghatározható a tárgy által visszavert sugár kibocsátásának és visszaérkezés idejének különbségéből. A terepi tárgyak (mérési pontok) pontos térbeli elhelyezkedésének (koordinátáinak) meghatározásához azonban szükséges a szenzor helyzetének és helyzetének pontos ismerete.



154. ábra. Automotive Laser-scanner szerkezete¹²⁴



155. ábra. Az elektromágneses spektrum tartománya¹²⁵

¹²⁴ Forrás: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/ch01s03.html

¹²⁵ Forrás: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/ch01s03.html

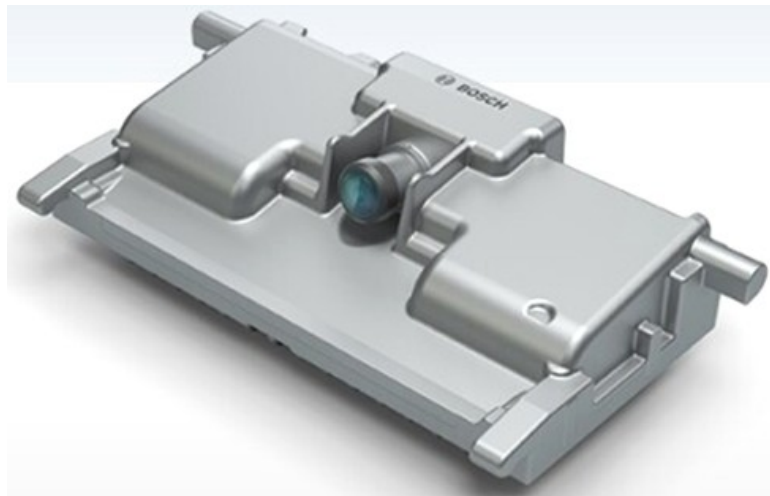
10.2 Kamerás érzékelés

A gépjárművekbe épített korszerű (3D) kamerák a megszerzhető képi információk, elsődleges elemei és a vezetői látást kiegészítő információs eszközei. Több vezető támogató rendszer egyik fő érzékelő eleme. Egyes ADAS rendszerekben más érzékelő elemekkel kombináltan is alkalmazzák.

A térbeli képalkotás alapvető eszközei a különböző eljárásokkal dolgozó, úgynevezett háromdimenziós szkennerek és mérőgépek. A szkennerek és a mérőgépek közötti alapvető különbség, hogy a szkennerek nem létesítenek fizikai kapcsolatot a vizsgált tárggyal. Az optikai szkennerek, melyek lézer, vagy fehér fényel dolgoznak, a fény visszaverődését felhasználva alkotnak képeket, vagyis egy tetszőleges koordináta-rendszerben elhelyezhető térbeli pontfelhőt hoznak létre. Az optikai szkennerek a látható fény tartományában dolgoznak. Mérésre a visszavert fény erősségét és a kontrasztok eltérését használják fel oly módon, mely módszer alapja a klasszikus háromszögelési elv. A szkennerek két fő egysége a videokamera és a projektor. A digitális kamera képalkotó lapkájától, vagyis a CCD-től függően változik a kapott kép felbontása, a tárgy digitális másolata. A kamera látószöge csak egy adott méretű részlet befogadására képes, mely területet a lencsék cseréjével növelhetünk. A munkaterület változásával fordítottan arányosan a pontosság is változik.

A tárgyról készült szkennelések egy szoftver segítségével kerülnek összeillesztésre.

A 3 dimenzióba helyezett X, Y, Z koordinátájú pontokat a program összeköti, egy felülethálót illeszt a kapott pontokra. A keletkező, kis háromszögekből álló 3 dimenziós modell már jól jellemzi a beszkenntelt eredeti tárgy alakját.



156. ábra. Fedélzeti kamera¹²⁶

10.3 Járművek aktív és prediktív biztonsági rendszerei

ACC (Adaptive Cruise Control)

Távolságtartó tempomat a jármű első lökhárítójába épített radar vagy a szélvédő mögé épített kamera (vagy ezek kombinációjának) segítségével, a gépjármű figyelemmel követi az előtte haladókat és reagál a sebességváltoztatásaikra.

AEBS (Advanced Emergency Braking System)

¹²⁶ Forrás: Forrás: Bosch

Vészfékező rendszer feladata, a ráfutásos balesetek megelőzése. Ehhez egy, a lökhárítóba épített radart vagy a szélvédő mögé épített kamerát használnak, (és ahogy az ACC esetén, ezek kombinációja is előfordulhat). A rendszer érzékeli, ha a gépjármű túl közel kerül az előtte haladó járműhöz és előbb figyelmezteti a vezetőt, majd szükség esetén akár vészfékez is, hogy elkerülje a balesetet.

ACB (Active City Brake)

Városi vészfékező rendszer, amely kifejezetten a szűk utcákban való lassú haladáshoz kifejlesztett technológia (30 km/h sebességig aktív). Lényege, hogy a rendszer figyeli az előtte lévő útszakaszt, és ha lelép valaki, először hangjelzéssel figyelmeztet, majd szükség esetén állóra fékezi a járművet.

EBA (Emergency Braking Assist)

Amennyiben a rendszer azt érzékeli, hogy a vezető vészfékezést hajt végre (mert el akar kerülni egy balesetet), a vészfék-asszisztens azonnal maximálisra növeli a fékerőt. Erre azért van szükség, mert veszélyhelyzetben a vezető nem fejt ki megfelelő erőt a fékpedálra, így sokszor azért történik baleset, mert a gépjármű nem lassul az elérhető maximális mértékben. A vészfékasszisztens kamerával és lézerezékelővel együttesen határozza meg, hogy fennáll-e az ütközés veszélye. Ütközésveszély esetén helyzettől függően reagál: ha csekély a veszély, hang és fényjelzéssel figyelmeztet, ha nagyobb, működésbe hozza a fékasszisztens rendszert a fékerő növeléséhez. Vészhelyzetben automatikusan lép működésbe a fékrendszer.

LKAS (Lane Keep Assist System)

A sávtartó rendszer abban segít, hogy gépjárművünk az adott forgalmi sávban maradjon. A rendszer szeme, a kamera. A kamera figyeli éjjel-nappal, hogy a gépjármű a felfestések között halad-e. Az LKAS-sel szerelt járművek képesek arra, hogy amennyiben a vezető figyelme lankad, finom kormánymozdulatokkal megfelelő irányba vezetik a járművet. A fejlettebb rendszerek akár fél-1 percig önállóan is képesek irányítani a gépjárművet. A sávtartó 60-160 km/h sebességtartományban működve az elektromos szervokormányal együttműködve segít a visszatérésben.

LDWS (Lane Departure Warning System)

Sávelhagyásra figyelmeztető rendszer hasonlít az előbb említett sávtartó rendszerhez, annyi különbséggel, hogy az ilyen rendszerrel gyártott autótípusok nem képesek beleavatkozni a vezetésbe, pusztán figyelmeztetnek a sávelhagyás veszélyére.

BLIS (Blind Spot Information System)

Holttér figyelő rendszerek a külső tükrökbe, vagy a hátsó lökhárítóba épített szenzorai figyelik, hogy a vezető holtterébe került-e valaki vagy valami és ezt a tükörbe épített visszajelző segítségével jelzik. Ezen felül hangjelzéssel is figyelmeztet (15 km/h sebességnél automatikusan).

NVA Night (View) Vision

Az „éjjellátó képesség” hő kamerával, vagy infravörös megvilágítással rögzít képeket, és a műszerfal kijelzőjén megjeleníti azokat. Ez növeli a járművezető észlelési tartományát és látótávolságát éjszaka. Működésével nem zavarja a közlekedés többi résztvevőit.

Traffic sign detection, road sign recognition

A gyalogos és táblafelismerő rendszer szélvédő mögé épített kamera segítségével, a gépjármű észleli az utak mellett elhelyezett közúti jelzőtáblákat, a rajtuk szereplő információkat pedig megjeleníti a vezető előtt lévő kijelzőn. Kiemelkedően hasznosak a gyalogos balesetek és a sebesség túllépés megelőzésére.

APS (Automatic Parking System)

Az első és hátsó lökhárítóba épített ultrahangos érzékelők segítségével a gépjármű képes felmérni, hogy a rendelkezésre álló parkolóhelyek közül hová fér be. Amint talál egy megfelelő parkolóhelyet, úgy a vezérlőegység átveszi az irányítást és teljesen önműködően parkol. A hátsó kamera és a lökhárítóba épített ultrahangalapú szenzorok érzékelik az akadályokat, és vizuálisan, valamint hangalapú jelzéssel figyelmeztetik a vezetőt. Tolatáskor a hátsó keresztirányú forgalomra mindkét oldalon 20-20 méterig figyelnek az oldalsó szenzorok. 8 km/h sebesség alatt az érzékelők jelei alapján a rendszer figyelmeztet az oldalról közeledő járművekre.

HDC (Hill Descent Control)

A lejtmenetvezérlő olyan automatikus rendszer, amely a vezető közbeavatkozása nélkül, a kerekek szelektív fékezésével állandó sebességet (8-10 km/h) tartva mozog a lejtőn. A vezetőnek eközben sem a féket, sem a gázt nem kell kezelni, csak a kormányzás művelete terheli. A HDC rendszer a jármű műszerfalán vagy a kormánykeréken lévő speciális gomb segítségével aktiválható. Gyártótól függően a HDC rendszer használata aktiválja a hátsó féklámpákat.

Attention Assist, DDW – Drowsy Driverwarning (Álmos vezető figyelmeztetés)

DMS – Driver Monitoring System (Vezető megfigyelő rendszer)

Folyamatosan figyeli a vezető aktivitását, (kormányozgatás, fék- és gázpedál-használat) és amennyiben úgy érzékeli, hogy a vezető reakcióideje nő, figyelmeztet, hogy ideje pihenni. Használatával megelőzhető például az autópályán történő elalvás. A vezető álmoságérzékelő rendszerei kamerákat, vagy más érzékelőket (biometrikus) használnak annak meghatározására, hogy a vezető figyelme továbbra is az úton van-e, és a jármű vezetése biztonságos-e. A legtöbb rendszer nyomon követi a szemmozgást, annak gyakoriságát és a tekintet irányát. Ezek közül a rendszerek közül néhány a vezető fejmozgásai alapján észleli a vezető fáradtságát.

ISA (Intelligent Speed Assistance)

Az intelligens sebességszabályozó asszisztens segítségével az előre beállított sebességértéket tartja az autó, lassabb jármű mögé érve lassít, majd amikor kiürül a sáv, illetve gyorsít az előtte haladó, ismét felveszi az eredeti tempót. A felsorolt paramétereken felül képes a sebességkorlátozásokat is figyelembe venni, amikor szabályozza a jármű sebességét.

AHBC (AdaptiveHighBeam Control)

Adaptív távolsági fényszóró szabályozó rendszer felismeri az úton lévő más járműveket, automatikusan kikapcsolja a fényszórókat, és újra aktiválja őket, amikor már nem áll fenn más járművezető elvakításának a veszélye. Optikai érzékelők szolgáltatják a működéshez szükséges információkat.

ALC (Adaptive Light Control)

Az adaptív fény szabályozó érzékeli a szembejövő forgalmat és az előttük haladó járműveket, automatikusan beállítja a távolsági és a tompított fény magasságát.

GFHB - Glare-Free High Beam

Amennyiben a kamera egyéb forgalmat észlel az úton, akkora vakításmentes távolsági fény-szóró vezérlő a távolsági fények fényeloszlását úgy állítja be, hogy elkerüljék a szemből vagy előttünk közlekedő vezető elvakítását.

CMS (Camera Monitor System)

A kamerás figyelő rendszer olyan rendszer, amely monitort és kijelzőt épít a járműre, megjelenítve a külsőleg felszerelt kamerák képét. Például olyan visszapillantó kamerát, amely kiküszöböli valamelyik visszapillantó tükör szükségességét, és jobb képet nyújtanak a jármű környékéről.

HUD (Head-Up-Display)

Egy átlátszó kijelző információt mutat az első szélvédőn, lehetővé téve a járművezetőknek, hogy a szemét az úton tartsa ahelyett, hogy le kellene néznie a műszerfalra információkért.

CTA (Cross Traffic Alert)

Keresztirányú forgalomfigyelmeztető rendszer tolatáskor segíti a járművezetőt a jármű mögötti keresztirányú forgalom észlelésében multi szenzoros, vagy nagy látószögű kamerák segítségével.

EVWS (Electric Vehicle Warning Sound)

Az elektromos járművekre figyelmeztető hang gyalogosok figyelmeztetésére szolgáló rendszer, amely jelzi a gyalogosoknak, ha nagyon kevés zajt kibocsátó elektromos járművek vannak jelen. A gyalogos balesetek elkerülésének fontos eszköze.

EDA (Emergency Driver Assistant)

A vészhelyzeti vezető asszisztensrendszer, amely figyelemmel kíséri a járművezető viselkedését. Ha a rendszer „arra a következtetésre jut”, hogy a vezető már nem képes biztonságosan vezetni a járművet, akkor átveszi a fékek és a kormánykerék irányítását, és megállítja a járművet.

LD (Lane Direction)

Az útvonal érzékelő rendszer az első kamera használatával biztosítja az útvonal-jelölések észlelését.

FCW (Forward Collision Warning)

A ráfutásos ütközésre figyelmeztető rendszerek különféle érzékelőkkel határozzák meg, hogy fennáll-e a jármű ütközési veszélye más járművekkel, gyalogosokkal vagy az úton lévő más tárgyakkal. Ha a járművet közvetlen ütközés veszélye fenyegeti, a rendszer figyelmezteti a vezetőt és megelőző intézkedéseket hoz, például fék előterhelését, a biztonsági övek megfeszítését vagy kormányzást.

MOD (Moving Object Detection)

A jármű körül mozgó tárgyakat észlel, általában parkolás vagy lassú manőverek közben. Általában több, a jármű körül elhelyezett kamerát használ.

10.4 Korszerű járműszensorok

A korszerű járművek gazdaságos és biztonságos működtetéséhez rendkívül sok és sokféle információt kell összegyűjteni, helyesen értékelni és ennek alapján helyes döntéseket kell hozni. Az információs lánc legelején azok az érzékelők vannak, amelyek a jármű számtalan fizikai paraméterét alakítják át digitálisan feldolgozható adatokká. A szenzorok között ma már egyre nagyobb arányt képviselnek a mikro-elektromechanikai (MEMS) eszközök.

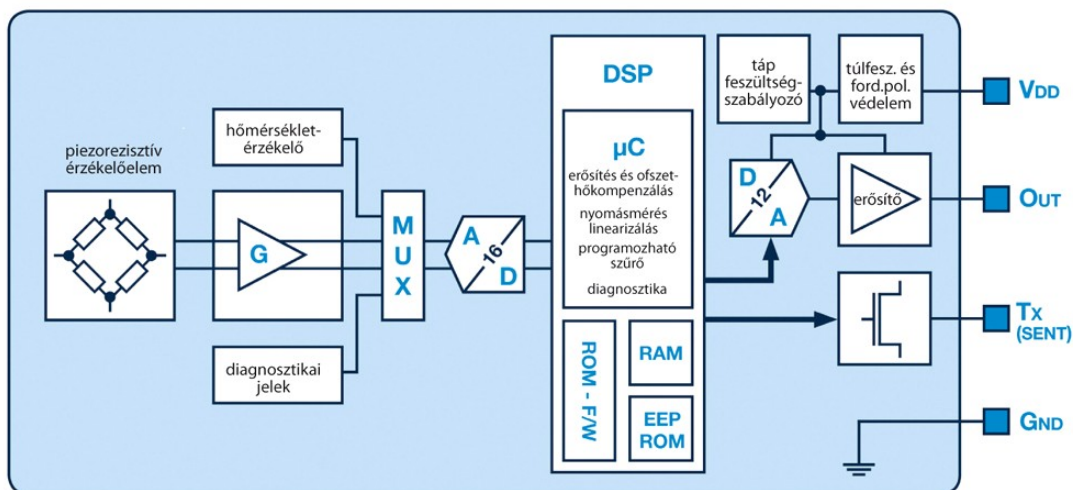
Ezek a mikro-elektromechanikai rendszereknek, (Micro-Electro-Mechanical Systems- MEMS-nek) nevezett érzékelő eszközök nem csak számos új, a nagymértékben automatizált járművekben alkalmazható érzékelési módszer megvalósítására kínálnak lehetőséget, hanem egyben nagy megbízhatóságot, hely- és költségmegtakarítást is jelentenek a gyártóknak.

Minél több környezeti és működési paramétert érzékelhetünk, annál többfelét felügyelhetünk és szabályozhatunk. A MEMS - érzékelők a mérhető paraméterek körének jelentős bővítését teszik lehetővé, és a vezető támogatás automatikus rendszerének (ADAS) is fontos elemei.

A MEMS - érzékelők nem csak a járműbiztonság fokozásában játszanak szerepet, hanem a tüzelőanyag fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás csökkentésében, valamint a vezető és az utasok kényelmének fokozásában is.

A jelenleg elérhető MEMS érzékelő típusok négy főcsoportba sorolhatók be:

- mozgásérzékelők, gyorsulásmérők és helyzetérzékelő giroszkópok,
- RF (rádiófrekvenciás) - érzékelők a tárgyak radaros elven történő detektálására,
- általános „fedélzeti” érzékelők – mint például az utastér hőmérsékletének és levegőminőségének mérése, az út infravörös tartományú leképezése és a szélvédőre vetített megjelenítés (Head Up Display – HUD) megvalósításának eszközei,
- áramlás- és nyomásérzékelés.



157. ábra. Az MLX90819 folyadékszintmérő (MEMS) áramkör tömbvázlata¹²⁷

¹²⁷ Forrás: www.magyar-elektronika.hu/10005-tartalom/2324-a-miniatur-szenzorok-felokositjak-a-jarmuveket

Felhasznált irodalom

- [1.] Dr. Antal György - Cseh Sándor, Gépjármű-szerkezettan I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [2.] Dr. Dezsényi György - Dr. Emőd István – Dr. Finichiu Líviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [3.] Autodata 2000, Tesztértékek
- [4.] Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2009.
- [5.] Robert Bosch GmbH, Dízelmotorok kipufogógáz technikája, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2008.
- [6.] Robert Bosch GmbH, Benzinmotorok irányító rendszerei, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2009.
- [7.] Robert Bosch GmbH, Hibridhajtások, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2009.
- [8.] Dr. Kovács Miklós: Turbófeltöltés alkalmazása járműmotoroknál, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2006.
- [9.] VW DSG OAM oktatási segédlet
- [10.] Robert Bosch GmbH, Gépjárművek menetstabilizáló rendszerei Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2008.
- [11.] Dr. Lakatos István – Dr. Nagyszokolyai Iván: Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika I., Minerva-Sop – NOVADAT, Győr, 1997.
- [12.] Dr. Lakatos István Ph.D.: Futómű diagnosztika, Minerva-Sop, Győr, 2002.
- [13.] Robert Bosch GmbH, Common Rail befecskendező rendszerek, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2008.
- [14.] Robert Bosch GmbH, Szenzorok a gépjárművekben, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2008.
- [15.] Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván, Gépjármű-diagnosztika, Képzőművészeti Kiadó Kft. 2003.

Ajánlott irodalom

- [1.] Dr. Lakatos István: Gépjárműmotorok szelepvezérlése, JAURINUM Bt., Győr, 1994/132 p. L, H6
- [2.] Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván, Gépjármű-diagnosztika, Képzőművészeti Kiadó Kft. 2003.
- [3.] Dr. Lakatos István Ph.D. OBD, EOBD (fedélzeti diagnosztika) Minerva-Sop Bt. Győr 2005.

- [4.] Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván, Elektronikus dízelszabályozás. Novadat Bt. Győr, 1996.
- [5.] Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván, Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika I, Minerva-Sop Bt. - Novadat Bt. Győr, 1997.
- [6.] Dr. Kovács Miklós: Common Rail a gyakorlatban, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2009.
- [7.] Hella Hungária Kft. Gépjármű elektronika egyszerűen, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2009.
- [8.] Dr. Lakatos István: Autószerelők mestervizsga kézikönyve, MKIK, Budapest, 2003.
- [9.] Dr. Lakatos István - Veres László: Autóvillamossági szerelők mestervizsga kézikönyve, MKIK, Budapest, 2003.
- [10.] Dr. Lakatos István – Dr. Döme Béla (szerk.: Dr. Lakatos István) Járműdiagnosztikai mérések, Skandi-Wald Könyvkiadó, Budapest, 2005.
- [11.] Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván: Motorüzemeltetői enciklopédia, Minerva - Sop Bt. NOVADAT, Győr, 2000.
- [12.] Dr. Kovács Miklós - Dr. Szalay Zsolt, Mechatronika, Gépjárművek buszhálózatai, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2013.
- [13.] Robert Bosch Gmbh, Biztonsági és komfortelektronika gépjárművekben OMIKK, Budapest, 1994.