

TDK DOLGOZAT



A kétütemű dízelmotor felépítése, működése, modern alkalmazásai

Szerző: Varga Róbert III. éves gépészmérnök hallgató

Konzulens: Dr. Szlivka Ferenc egyetemi tanár

Műszaki Intézet, Gépészeti Tanszék

ELECTRO MOTIVE



DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
2012.

Tartalom

Bevezetés.....	2
A kétütemű dízelmotorokról általánosságban	3
A General Motors gyártmányú kétütemű 567 típusú dízelmotor ismertetése	4
A GM 567 típusú kétütemű dízelmotorjának működése	6
A GM 567D1 típusú kétütemű dízelmotor jelleggörbéi	9
Forgattyúszekrény és olajteknő	10
A hengerfej és részei	11
Dugattyú	12
Hajtórudak	13
Hengerperselyek	13
Forgattyústengely	14
Vezérműtengely	14
Levegőszűrő	15
Root's-fűvő	15
Turbókompresszor	16
A motor kenőolaj rendszere	17
A motor hűtőrendszere	18
Tüzelőanyagellátás	19
Befecskendezők	20
A mozdony üzemének szabályozása	22
A dízel-villamos mozdonyok általános felépítése	25
Villamos erőátvitel általános ismertetése	25
A fődinamó	28
Az egyenáramú dízel-villamos mozdony veszteségei	29
A mérés leírása	30
A vízellenállásos mérés célja	30
A vízellenállásos terhelő berendezés	30
A mért értékek	32
A mérés kiértékelése	33
Modern alkalmazások	34
Vasút	34
Hajózás	35
Irodalomjegyzék:	37

Bevezetés

A dolgozatomban bemutatom a kétütemű dízelmotorokat, azok működését, felépítését tárgyalom, és kitérek a korszerű fejlesztésekre, a mai felhasználásokra. Bemutatom a hazai dízel-villamos mozdonyon végzett vízellenállásos méréseket és kiértékelésüket, amivel meghatározható a dízelmotor főtengeyen leadott teljesítménye.

A mai napig a legelterjedtebb kétütemű dízelmotor szériát a General Motors 1928-ban kezdte kifejleszteni haditengerészeti célokra, főleg tengeralattjárókhoz. A 201 sorozattal szerzett tapasztalatok alapján az első 567 típusú motor 1937-ben készült el. A háború okozta növekvő szállítási teljesítmények miatt, kézenfekvő volt a gőzmozdonyokat lecserélni ilyen motorral szerelt dízel-villamos mozdonyokra. A kezdeti nehézségeket legyőzve nagyon megbízható, takarékos, nagyteljesítményű dízelmotorokat gyártottak, több ezres darabszámban. A kapott rengeteg tapasztalat alapján fejlesztették tovább a motor újabb, modernebb változatait. A fejlesztés során ügyeltek a karbantartás megegyszerűsítésére, az alkatrészek széleskörű csereszabatoságára. Így következett a 645-ös széria 1965-ben, majd a 710-es motor 1980-ban. Ezek a motorok külső ránézésre megegyeznek, felépítésükben is alig térnek el. A General Motors a kétütemű dízelmotort még napjainkban is fejleszti. Ennek eredményeként ezek a motorok még ma is korszerűnek számítanak és megállják a helyüket, a modern elvárásoknak, mint a hatásfok, mint a károsanyagkibocsátás terén. A világ vasútjain ezt a motorszériát alkalmazzák legnagyobb darabszámban.

A vasút mellett főleg a hajózásban alkalmazzák előszeretettel a kétütemű dízelmotort, mivel a nyomtér görbéje jobban igazodik - a négyütemű motorokéhoz képest - a hajócsavar terheléséhez és sokkal gyorsabban képes annak változó terheléseire reagálni. Erre egy jó példa a dinamikus pozicionálás, ami napjainkban egyre nagyobb szerepet kap. Sőt az utóbbi időben a hibrid hajtású autók egyik fontos fejlesztési iránya is ez a fajta motor.

Magyarországon az M61 sorozatú dízel-villamos mozdonyokban találkozhatunk a General Motors kétütemű dízelmotorjával, annak a 16-567D1 változatával. Az M62 sorozatú dízel-villamos mozdonyokban az orosz КОЛМОМ 14Д40 típusú kétütemű dízelmotorral találkozhatunk. Igaz már csak kis darabszámban. A méréseimet ilyen motorokon végeztem.

Külföldön viszont többfajta dízel-villamos mozdony remotorizációjakor kétütemű dízelmotort építettek be a régi helyére. Erre egy nagyon jó példa a lengyel M62 – amely egyébként azonos



a magyar M62 sorozattal – mozdony remotorizációja, amelynél a régi kétütemű motort egy újabb típusra cserélték le. Ebből is látszik, hogy ennek a technikának még mindig van létjogosultsága.

Egy ilyen kétütemű dízelmotorral működő mozdonyt (M61,010), vásárolt meg a NOHAB-GM alapítvány a magyar vasúttól 2001-ben. Mivel nagyon érdekel a vasútgépészet és konkrétan ez a mozdonytípus, ezért beléptem az alapítványba, hogy segíthessek ezen nagyszerű vontatójármű helyreállításában. Már négy éve rendszeresen segítek a mozdony helyreállításában, karbantartásában, természetesen a szabadidőm rovására. Így saját tapasztalatokat is szereztem a motor és a mozdony átvizsgálásáról, üzemeltetéséről.

A kétütemű dízelmotorokról általánosságban

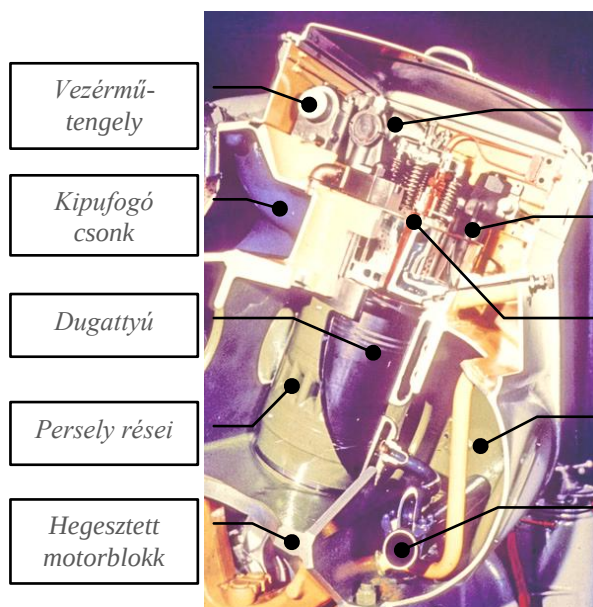
A kétütemű dízelmotorok közös jellemzője a szelep és résvezérlés. Ez azt jelenti, hogy a persely palástján körbe elhelyezkedő réseken keresztül áramlik be a hengerbe túlnyomású öblítőlevegő. Ez segít kijuttatni a hengerfejen elhelyezkedő kipufogószelepeken még ki nem áramlott égéstermékeket és friss levegővel feltölteni a hengert. A dugattyú minden lefelé történő mozgáskor munkáütem teljesül (természetesen, ha van töltés). A motort szemléltető kép az **1. ábrán** látható.

Az öblítőlevegő előállítása történhet nagy légszállítású Root's - fúvóval, amely a főtengelyről áttételeken keresztül kapja a meghajtását, vagy történhet turbókompresszorral is (ami jobb esetben szabadonfutós szerkezetű).

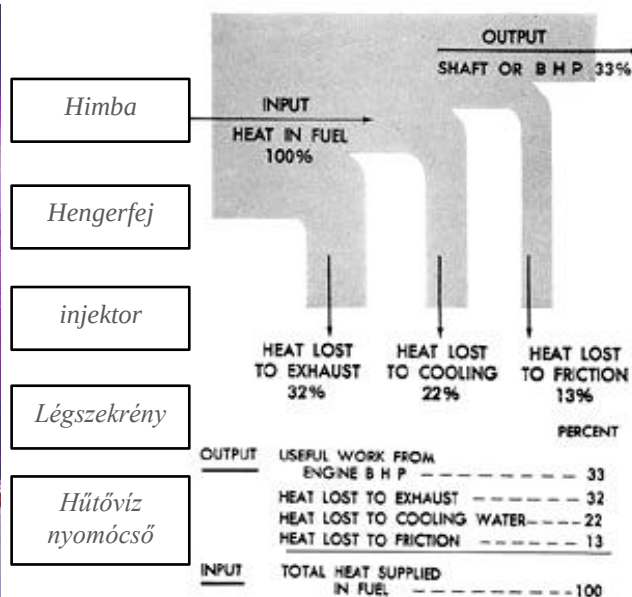
Ezek a motorok alacsony fordulatszámúak, a működésükből adódóan. Az alapjáratú fordulatszám 200 és 330 a névleges fordulatszám 750 és 950 fordulat/perc között mozog. Így az ilyen motoroknak van a legkisebb dugattyú átlagsebességük (7,5-8,4 m/s), e miatt az élettartalmuk hosszú és a lassabb égés miatt alacsonyabb a NO_x kibocsátásuk. Készülnek széles teljesítmény tartományban 810-3950 kW, különféle elrendezésben V8-V20, a hatásfokuk eléri a 34~46%-ot.

A hagyományos, öblítéses kétütemű dízelmotorban az üzemanyag elégetésekor keletkező hőenergia 33%-a az égéstermékekkel távozik a kipufogónyláson, 22%-a hűtővízzel a motor hűtőrendszerébe kerül, 13%-a pedig a súrlódási munka legyőzésére fordítódik. Csak a maradék 33% fordítódik a hasznos munkavégzésre, az arányokat a **2. ábra** szemlélteti.

Ez az arány turbófeltöltéses motor esetében nagymértékben javul, mivel a turbókompresszor az égéstermékek energiáját hasznosítja fel, ezért annak nem az egésze megy kárba. Így az égéstermékekkel távozó energia kb. 20%-ra csökken, 10%-ra csökken a súrlódási veszteség is, mivel nem kell a fogaskerék szivattyút hajtani. A hasznos energia szintje ezzel kb. 46%-ra nő. Ez a hatásfok a mai négyütemű dízelmotorok között is jónak számít.



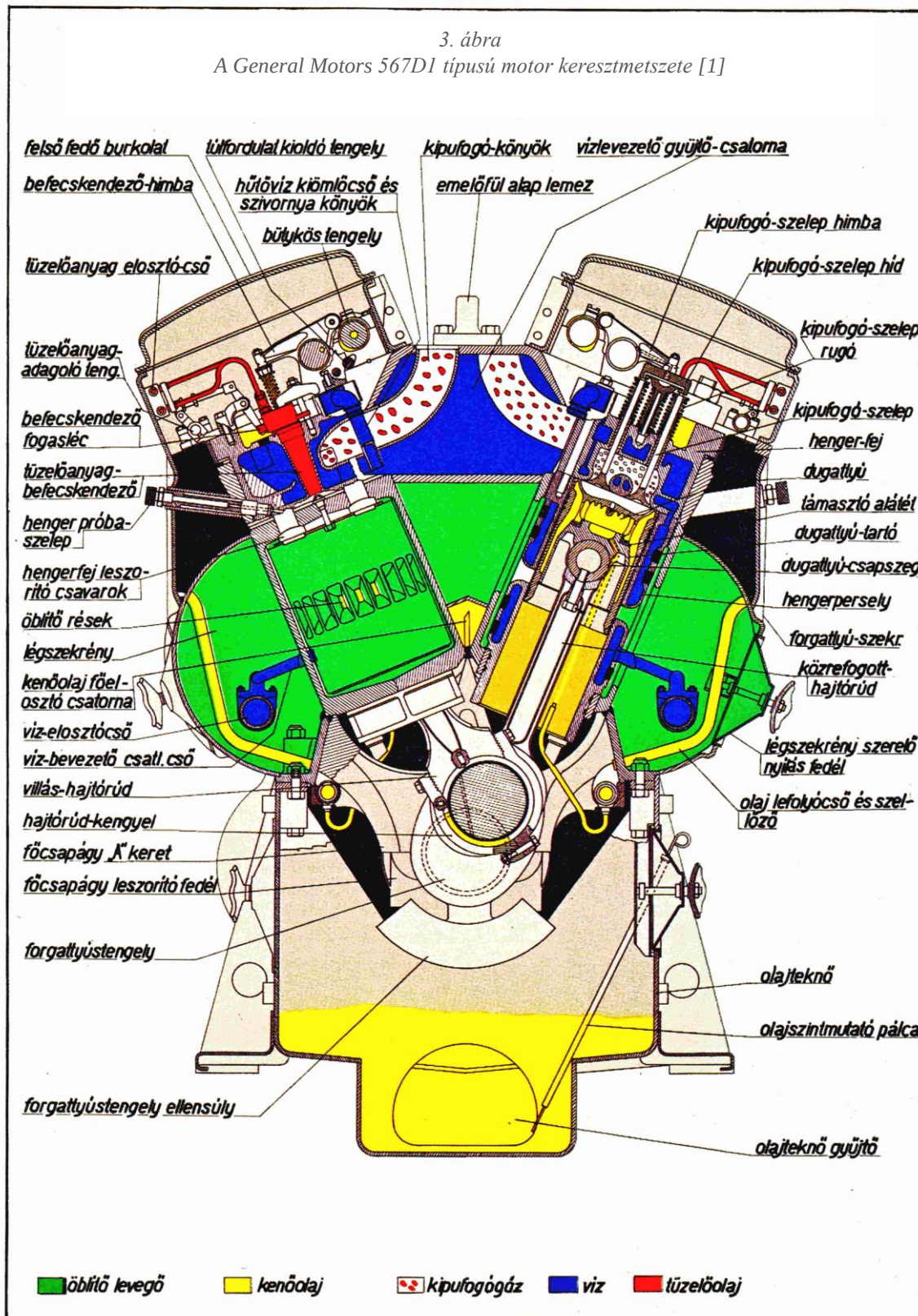
1. ábra
A General Motors 567D típusú motorjának felépítése [15]



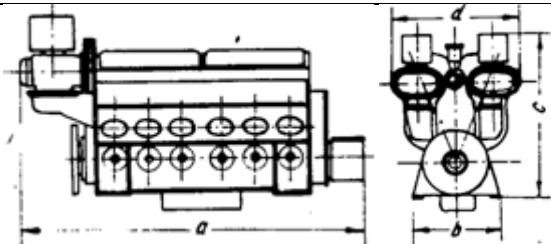
2. ábra
A General Motors 16-278A típusú motorjának hatásfoka [14]

A General Motors gyártmányú kétütemű 567 típusú dízelmotor ismertetése

Igen előnyös az, hogy a motor valamennyi szerkezeti részlete jól kiforrott és azokkal kapcsolatban gazdag üzemi, karbantartási és javítási tapasztalatok állnak rendelkezésre [9]. A motor főbb adatait az első három táblázat közli, jellegrajza a **3. ábrán** látható.



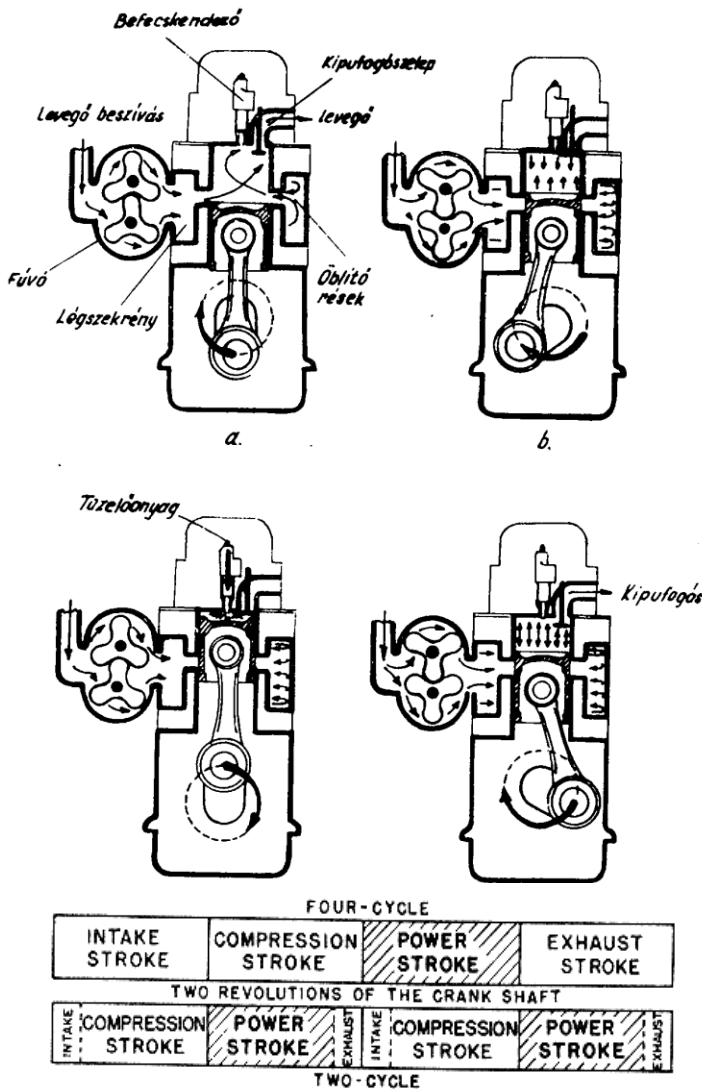
1. táblázat: A General Motors 567D motor fontosabb adatai a következők [10]:			
Furat	216 mm	8,5"	
Löket	254 mm	10"	
Kompresszió viszony	20 : 1		
Legnagyobb fordulatszám	835 ford./perc		
Üresjárási fordulatszám	275 ford./perc		
Indító fordulatszám	75~100 ford./perc		
A hengerek által bezárt szög	45°		
Hengerűrtartalom /hengerenként/	9,242 liter	567 köbhüvelyk	
Kipufogó szelepek száma	4		
Forgattyúcsap átmérője	165,1 mm	6,5"	
Forgattyústengely csapjainak átmérője	190,5 mm	7,5"	
Főcsapágyak száma	10		
Támasztócsapágyak	2		
Effektív középnyomás	7,07 Bar		
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás	238 g/kWh		

2. táblázat: A General Motors 567D1 típusú motorjainak főadatai [10]:										
Típus	Hengerek száma	Furat [mm]	Löket [mm]	Löket-térfogat [l]	Teljesítmény* [Le]	Súly** [kg]	Méretek*** [mm]			
							a	b	c	d
6-567 D1	6	216	254	55,8	650	7100	3160	1660	2540	1650
8-567 D1	8			74,4	875	8150	3600			
12-567 D1	12			111,6	1310	11200	4500			
16-567 D1	16			148,8	1800	14600	5500			
* Az erőátvitelbe jutó névleges teljesítmény a segédüzemi teljesítmény szükségletek levonása után.										
** A motorra ráépített segédberendezések súlyával, szárazon (hűtővíz és kenőolaj nélkül).										
*** A motorok külső méretei.										
 A GM 567 sorozatú dízelmotorok külső méretei										

3. táblázat: Az M61 sorozatú mozdony fordulatszám és teljesítmény értékei [1]:				
menetfokozat	fordulatszám [1/perc]	teljesítmény [kW]	hatásfok [%]	tüzelőanyag fogyasztás [g/kWh]
üresjárat	275	37		299
1.	275	99	33,8	254
2.	355	227	35,6	241
3.	435	395	37,2	231
4.	515	590	38	226
5.	595	804	38,1	225
6.	675	1025	37,8	228
7.	755	1248	36,8	233
8.	835	1475	35,2	244

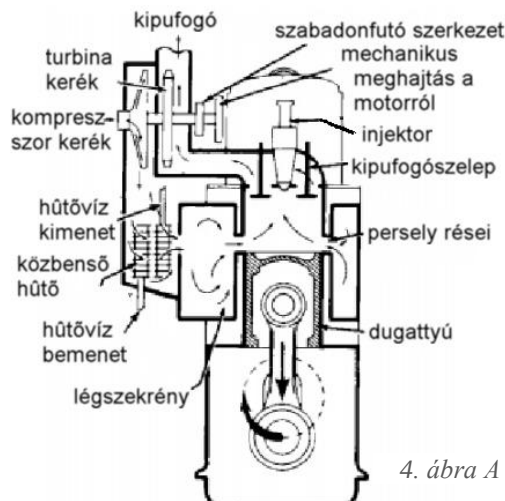
A GM 567 típusú kétütemű dízelmotorjának működése:

A főtengely egy fordulata alatt lezajló folyamatok, az alsó holtpontról indulva (3. ábra). A dugattyú az alsó holtponton, a persely nyílásai, a kipufogószelepek nyitva. Az



3. ábra

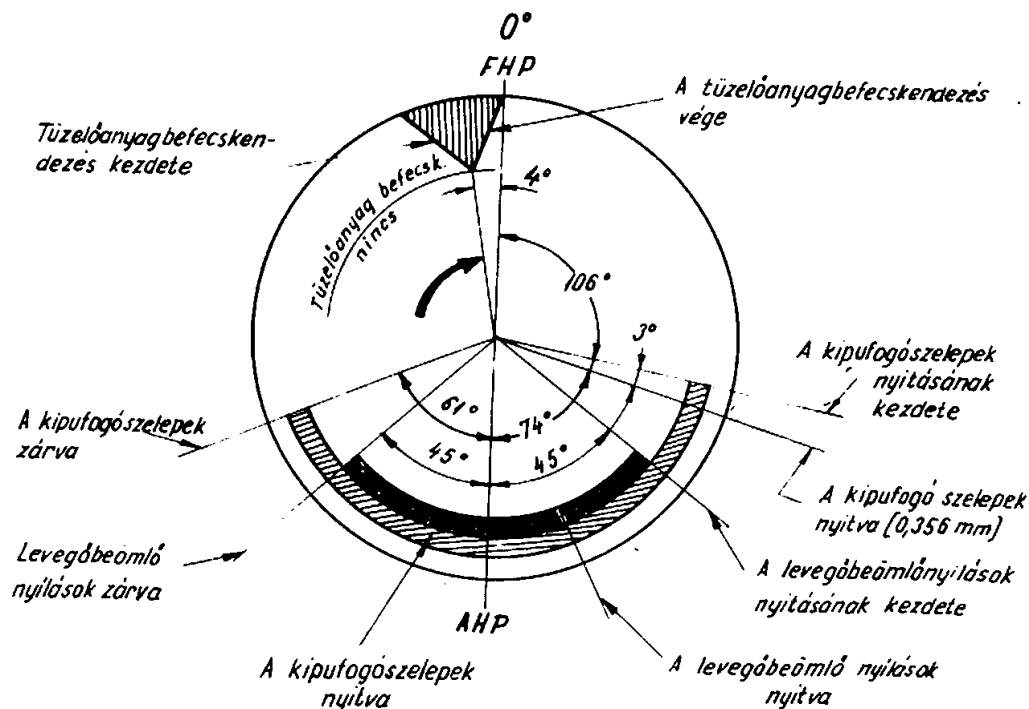
A Root's - fűvőkás kétütemű dízelmotor működése [9]



4. ábra A turbófeltöltéses kétütemű dízelmotor működése [7]

atmoszférikusnál valamivel nagyobb nyomású (0,5 Bar) öblítő levegő behatol a hengerbe a légszekerényből, és az előző munkáütemből visszamaradt égéstermékeket a kipufogó szelepeken át kitolja, ugyanakkor a henger is megtelik tiszta levegővel. Ezután a dugattyú felfelé haladva 45°-kal később elzárja a persely nyílásait. Amint a dugattyú tovább halad felfelé (további 16°), a kipufogó szelepek zárnak és a levegő sűrítése megkezdődik. A dugattyú felső holtpontja előtt 4°-kal a befecskendező bejuttatja a tüzelőanyagot a hengerbe. A tüzelőanyag a nagy levegőhőmérséklet miatt (540 °C) azonnal meggyullad. Megkezdődik a munkáütem. A dugattyú lefelé mozgása során még az öblítőrések nyitása előtt, a felső holtpont után 103°-kal a kipufogószelepek nyitnak. Az égéstermékek a szabadba távoznak. A továbbiakban a dugattyú az alsó holtponthelyzete előtt 45°-kal szabaddá teszi az öblítő nyílásokat és tovább halad lefelé. A nyomás alatt lévő levegő a légszekerényből a hengerbe hatol, ahonnan kiszorítja a még ottmaradt égéstermékeket és tiszta levegőt biztosít a következő munkáütemhez. A légszekerénybe nem hatol be kipufogógáz, mivel addigra a kipufogószelepeken keresztül kiáramló égéstermékek nyomása lecsökkent, a légszekerény nyomásánál alacsonyabbra. Majd elérjük ismét az alsó holtpontot és a folyamat kezdődik előlről [9]. A vezérlési kördiagram ugyancsak jól szemlélteti a motor működését.

A turbófeltöltéses motor működése csak a feltöltés módjában tér el, amit a 4. ábrán láthatunk. Fontos jellemzője, hogy a feltöltőt nem tisztán csak az égéstermékek működtetik, hanem kis terhelésen mechanikusan, a motor főtengelyéről van meghajtva. A kördiagramja azonos a Root's - fűvőkásával.



5. ábra
Az 567-es motor kördiagramja [9]

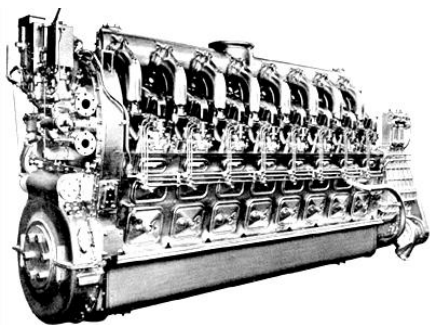
A General Motors 567 D1 típusú motorja az 567 jelű motorsorozat utolsó Root's - fűvókás változata. Az 567 sorozat a 201 sorozatra vezethető vissza (**6. ábra**), melynek kifejlesztését még 1928-ban kezdték meg hadi célokra, főleg tengeralattjárókhöz. Az első 567 típusú motor 1937-ben készült el (**7. ábra**). Ezt követte az 567 A,B,C majd a D változat (**8. ábra**).

Kettering, a General Motors főmérnöke még 1951-ben tartott előadásában a következőket mondotta az 567 motorsorozat fejlődéséről: "Az első 567 sorozatú motortól az 1951-ben gyártott 567 B motorig nemcsak a tartósságot és megbízhatóságot növeltük, hanem messzemenően megtartottuk a csereszabotosságot is. Az 567 B sorozat adott modelljéből a vezérműtengely fűvóhajtás kivételével - mivel ezt 1941-ben módosítottuk - minden darab használható bármelyik 567 sorozatú motorban, melyet bármikor is gyártottunk." - Ez annyit jelent, hogy olyan folyamatosan gyártott alkatrészek, mint a forgattyústengelyek, vezértengelyek, főcsapágyak, hajtórúdcsapágyak, dugattyúcsapszegek, dugattyúk, hengerfejek, hengerperselyek, hajtórudak, víz- és olajszivattyúk bármelyik sorozatnál felhasználhatók [9]. Ez a karbantartás szempontjából nagyon előnyös.

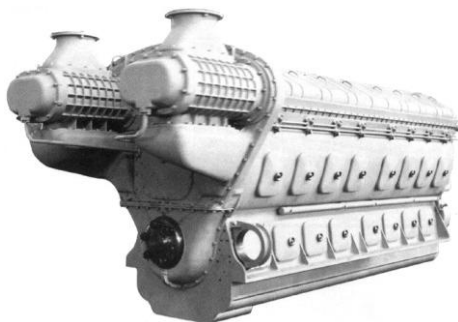
Az 567 D1 motorsorozatnál a csereszabotosság már kicsit szűkebb, de továbbra is fennáll. Az 567 D sorozat három változatban épül. Az 567 D2 típus feltöltött. A feltöltő berendezése centrifugális fűvó. Az erőátvitelbe jutó teljesítménye a segédüzemi teljesítményszükségletek levonása után 2000 Le. A fűvót indításkor és kis motorfordulatnál maga a motor hajtja, nagy fordulatonál a hajtás önműködően átkapcsol kipufogó gázturbinára.

Az 567 D 3 típus az előzőével azonos turbófeltöltő berendezéssel rendelkezik. A teljesítménye 2400 Le. A nagyobb teljesítményt a töltőlevegő visszahűtésével éri el, mivel az alacsonyabb hőmérsékletű levegőnek nagyobb a sűrűsége [9] és több levegővel több üzemanyag égethető el.

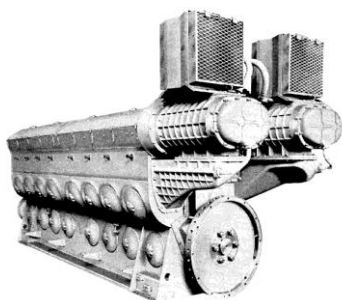
A további teljesítménynövelést az adott technikai színvonalon már csak a hengerűrtartalom növelésével lehetséges elérni, ezért fejlesztettek ki további sorozatokat, amelyek felépítésben alig térnek el az 567-es sorozattól. Elsőként a 645E sorozatot, amelynek nagyobb a furata 230.19 mm (9-1/16") 1965-ben (**9. ábra**). Majd 1984-ben következett a 710G széria. Ennek már több része is eltért, habár megjelenésre nagyon hasonló (**10. ábra**). Furat 230.19 mm (9-1/16"), löket 279.4 mm (11"). A legfontosabb fejlesztés az elektromos befecskendezés vezérlés lett, amivel már tudja tartani a mai károsanyag kibocsátási normákat is.



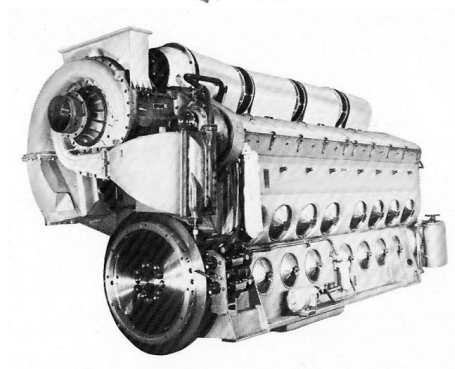
6. ábra
GM 16-278A típusú motor
teljesítménye: 1175kW 750 f/p
furat: 222,25 mm
lökét 266,7 mm
 [14]



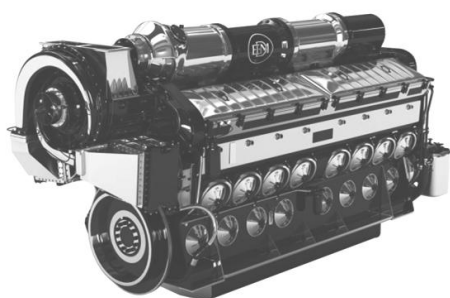
7. ábra
GM 16-567A típusú motor
teljesítménye: 1007kW 800 f/p
furat: 216 mm
lökét 254 mm
 [4]



8. ábra
GM 16-567D1 típusú motor
teljesítménye: 1435kW 835 f/p
furat: 216 mm
lökét 254 mm
 [1]

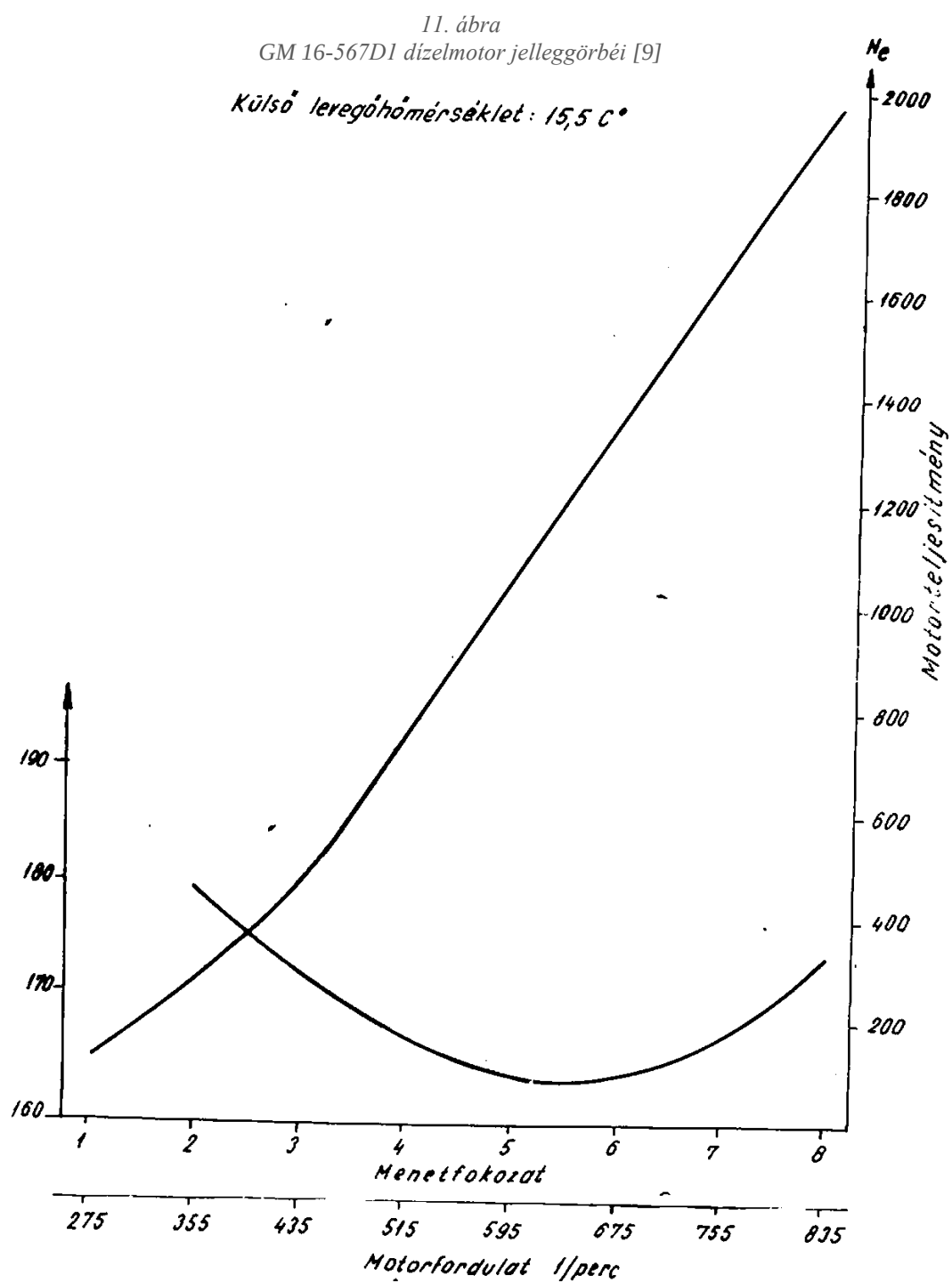


9. ábra
GM 16-645E3A típusú motor
teljesítménye: 2500kW 950 f/p
furat: 230,19 mm
lökét 254 mm
 [6]



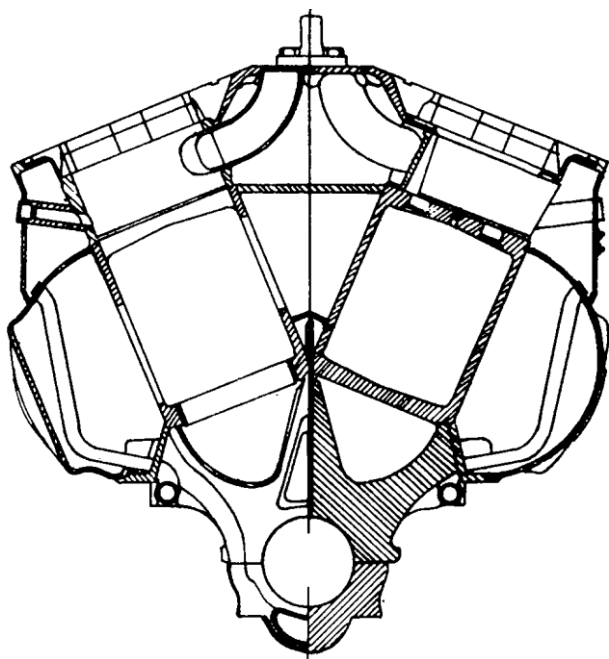
10. ábra
GM 16-710 típusú motor
teljesítménye: 3500kW 1000 f/p
furat: 230,19 mm
lökét 279,4 mm
 [7]

A General Motors 16 hengeres 567D1 típusú kétütemű dízelmotor jelleggörbéi a **11. ábrán** láthatóak:



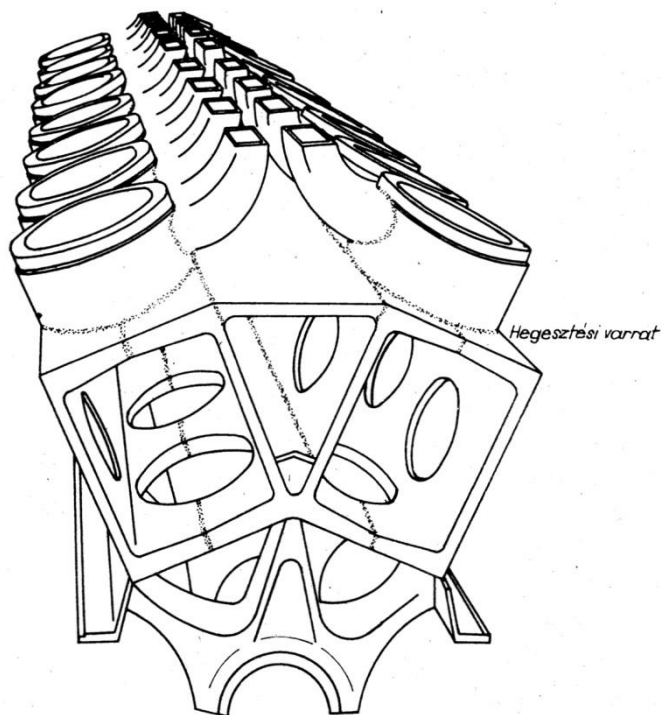
Forgattyúszekrény és olajteknő

A forgattyúszekrény, amit a **12. ábrán** láthatunk, a motor fő szerkezeti részét képezi. Merev és önhordó egység, amely a hengeregységeket (powerblock), a forgattyústengelyt és a motorra szerelt segédberendezéseket hordja. A forgattyúszekrény hengerelt U profilokból, lemezekből és kovácsolt részekből készül, teljesen hegesztett kivitelben készül (**13. ábra**). A hengersorok két egymással szembefordított U-tartóból szekrényszerűen vannak kialakítva. Alsó és felső



12. ábra

A forgattyúszekrény keresztmetszete [9]



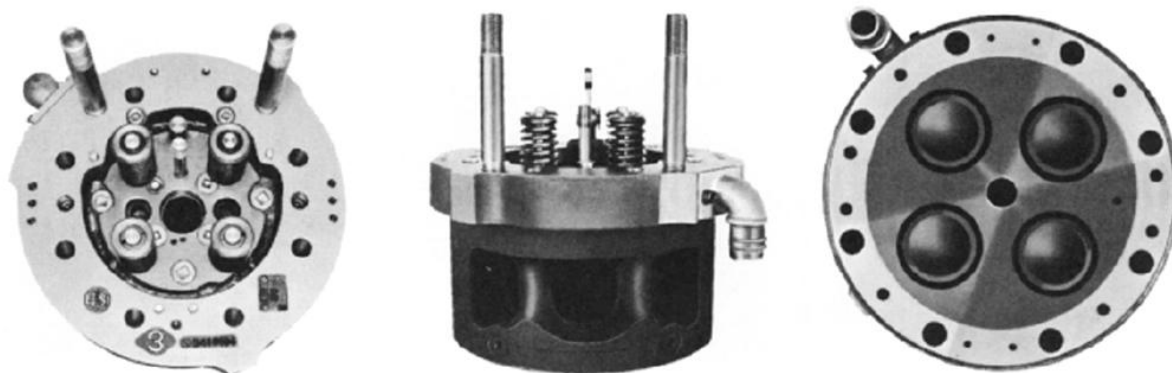
13. ábra

A forgattyúszekrény hegesztései [2]

furat szolgál a hengerpersely befogadására. A fellépő erőhatásokat az előbbi hengersorok közvetítik a főcsapágy jármok (fordított A alak) és a főcsapágyak felé. A forgattyúszekrény oldalain fedéllel ellátott nyílásokat találunk. A motor úgynevezett légszekrénye a hengerperselyeket körülvevő, a hengersorok által alkotott és a forgattyúszekrény záró lemezei, valamint oldallemezei által bezárt tér. A légszekrényt a forgattyúszekrény felső, szabadon álló részétől a hengersorok felső fedele választja el. Az olajteknő acéllemezekből készül hegesztett kivitelben. Az egész motor alapkeretét képezi és a forgattyúszekrénnel együtt merev, önhordó szerkezetet alkot. Az olajteknő közepén lefolyóval rendelkező olajgyűjtőt helyeztek el. Mindkét oldalon hosszirányban nyílásokat találunk, amelyeken keresztül a forgattyústengely és a csapágyak kényelmesen hozzáférhetők [9].

Fontos jellemzője ennek a konstrukciónak, hogy a forgattyúszekrény és az olajteknő vizsgálónyílásai lehetőséget adnak a motor fő alkatrészeinek egy körülfordulás alatti teljes vizsgálatának. Ami a következőket takarja: a dugattyúfenekeket, a dugattyúgyűrűket, a hengerperselyeket, a dugattyúhűtőolaj csővezetékeket és a hajtórudak alsó részének összefogó csavarjait, valamint ezeknek biztosítását. Ez jelentősen lerövidíti a motor időszakos vizsgálatának az idejét.

A hengerfej és részei

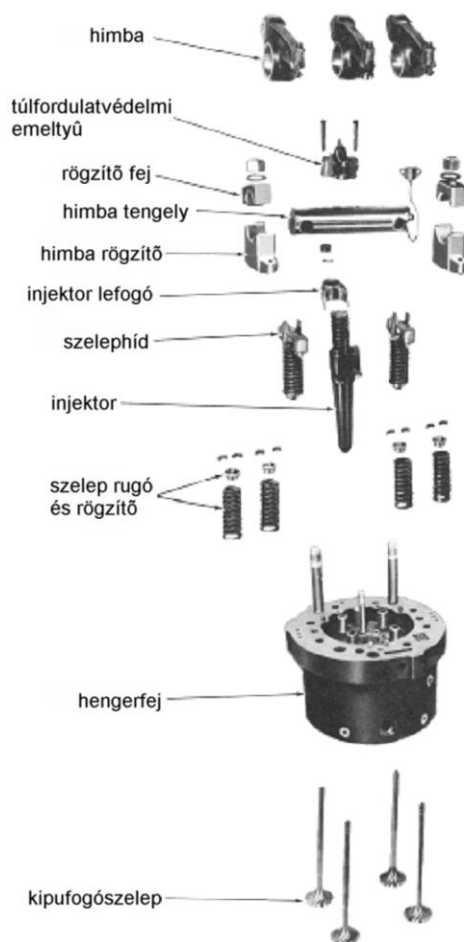


14. ábra
Összeszerelt hengerfej egység [6]

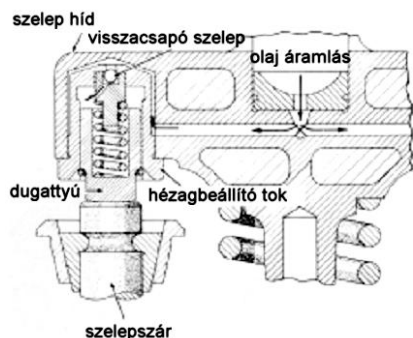
A hengerfejek nagyszilárdságú öntöttvas ötvözetből készülnek (14. ábra), különlegesen kialakított öntött járatokkal a hűtővíz és a kipufogó gázok számára. A hengerperselyt nyolc egyenlően elosztott csavar és csavaranya rögzíti a hengerfejhez. A hengerfej közepén a tüzelőanyag befecskendező számára egy üreget találunk. Mindegyik hengerfejben négy hőálló, ausztenites acélból készült kipufogószelepet találunk, melyek mozgatása a felül elhelyezkedő vezértengelyről, kovácsolt kivitelű himbákkal történik. A hengerfej robbantott képe a 15. ábrán látható.

A hidraulikus szelephézagbeállító (16. ábra) a szelepszár vége és a szelephíd között nulla hézagot tart fenn. A himbából a szelephídba fűrt furaton keresztül kenőolaj áramlik a szelephézag beállító fölé, majd a szelepgolyó mellett a tokba. Ha a himba lenyomja a hidat, a dugattyú kis elmozdulása a tokban zárja a golyós szelepet és beszorítja az olajat. Mivel az olaj gyakorlatilag össze-nyomhatatlan, a himba további elmozdulása a hézagbeállító dugattyút a kipufogó szelep nyitására kényszeríti [9].

A hidraulikus szelephézagbeállítás és a szelepes vezérlés kialakítása valamennyi alkatrészének fenntartási igényességét csökkenti, ezzel is megkönnyítve a karbantartását.



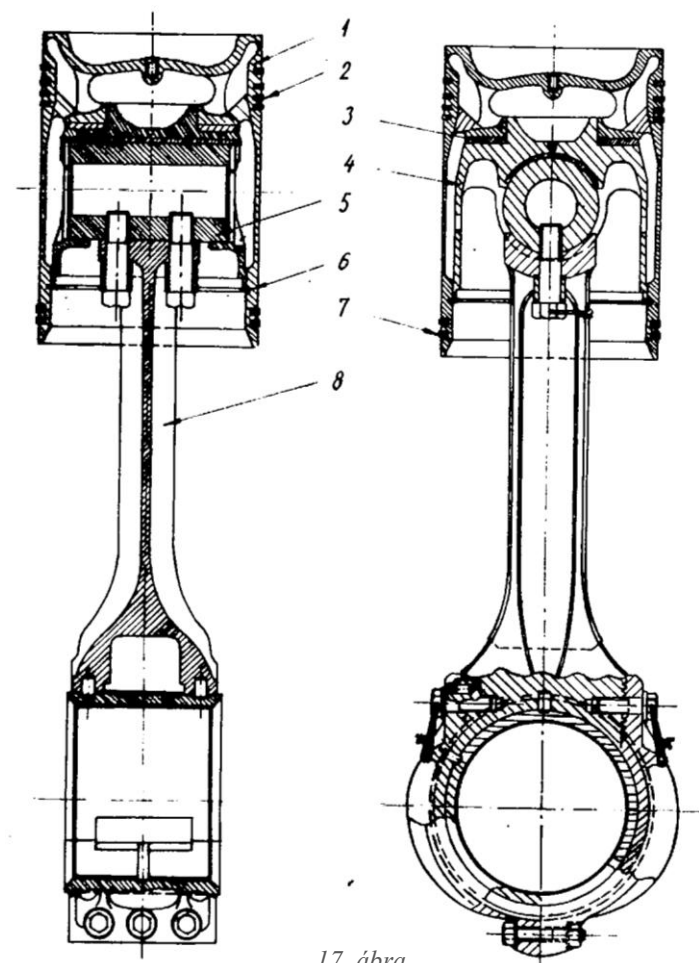
15. ábra
A hengerfej egység részei [5]



16. ábra
Hidraulikus szelephézag beállító
metszete [5]

Dugattyú

A dugattyú öntöttvas ötvözetből készült, kétrészes, hűtött fenekű. A kétrészes elrendezés olyan, hogy a dugattyúpalást a motor működése során elfordulhat. Ezáltal a palást kopása egyenletes, a hengerfalak kopása csökken és a dugattyúgyűrű élettartama megnövekszik. A dugattyú, a dugattyú csapszeg és a hajtókar metszetét a **17. ábrán** láthatjuk. A hagyományos dugattyúnak megfelelő palástrész vékonyfalú, emiatt sűrű bordázással merevített. A bordázás a hűtést is elősegíti. A dugattyúpalást a ráható erőket egy körgyűrű felületen adja át a tartórésznek (dugattyú agy), amely kovácsolt kivitelű. A két rész között egy alátétgyűrűt találunk, amely talpcsapágyként szolgál. A dugattyú négy kompresszió és két olajlevezető gyűrűvel rendelkezik, ez a különböző altípusokban eltérő számú lehet (pl.: az 567C 3 darab kompresszió-gyűrűvel rendelkezik). A dugattyú belső részeit olaj keni és hűti. A hűtőolaj a tartórészbe fűrt nyíláson át jut a dugattyúfenék alatti térbe. Az olaj a dugattyú mozgásának hatására heves mozgásba jön és a nagy bordázott felületen erőteljes hűtést biztosít. A felmelegedett olaj a forgattyúszekrény olajterébe jut vissza. A dugattyú palást kenésének elősegítésére a dugattyúk foszfátos kezelést kapnak. Ez az eljárás megmarja a felületet és egy nem fémes, olajat beszívó, súrlódást csökkentő bevonatot hoz létre, amely előmozdítja a gyors bejárást és a későbbiekben a kopást csökkenti. A dugattyúcsapszeg acélötvözetből készül. A csapszeg a hajtórúd felső végén lévő homorú nyeregben ül és a dugattyútartóban lévő csapágybetétben lengő mozgást végez. A hajtórúd felső végén keresztül menő két csavarral rögzítik a csapszeget a hajtórúddal [9].



17. ábra

A GM 567 D1 motor dugattyúja és hajtórúdja [1]

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. dugattyú | 5. dugattyúcsapszeg |
| 2. kompressziógyűrűk | 6. zárógyűrű |
| 3. támasztó alátét | 7. olajlevezetőgyűrű |
| 4. dugattyúcsapszeg tartó | 8. villáshajtórúd |



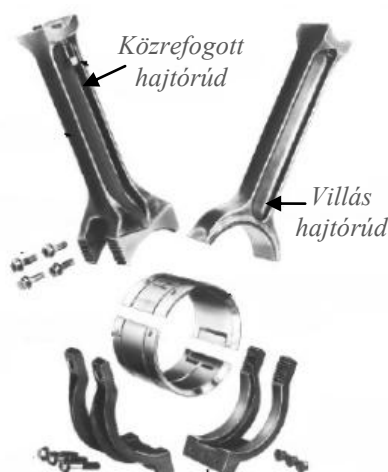
18. ábra

A 710G motor dugattyúja és annak metszete [7]

A dugattyúpalást a ráható erőket egy körgyűrű felületen adja át a tartórésznek (dugattyú agy), amely kovácsolt kivitelű. A két rész között egy alátétgyűrűt találunk, amely talpcsapágyként szolgál. A dugattyú négy kompresszió és két olajlevezető gyűrűvel rendelkezik, ez a különböző altípusokban eltérő számú lehet (pl.: az 567C 3 darab kompresszió-gyűrűvel rendelkezik). A dugattyú belső részeit olaj keni és hűti. A hűtőolaj a tartórészbe fűrt nyíláson át jut a dugattyúfenék alatti térbe. Az olaj a dugattyú mozgásának hatására heves mozgásba jön és a nagy bordázott felületen erőteljes hűtést biztosít. A felmelegedett olaj a forgattyúszekrény olajterébe jut vissza. A dugattyú palást kenésének elősegítésére a dugattyúk foszfátos kezelést kapnak. Ez az eljárás megmarja a felületet és egy nem fémes, olajat beszívó, súrlódást csökkentő bevonatot hoz létre, amely előmozdítja a gyors bejárást és a későbbiekben a kopást csökkenti. A dugattyúcsapszeg acélötvözetből készül. A csapszeg a hajtórúd felső végén lévő homorú nyeregben ül és a dugattyútartóban lévő csapágybetétben lengő mozgást végez. A hajtórúd felső végén keresztül menő két csavarral rögzítik a csapszeget a hajtórúddal [9].

Ez a konstrukciós megoldás még a General Motors újabb típusú motorjaiban is megtalálható, a **18. ábrán** a 710G széria dugattyú palástja látható.

Hajtórudak

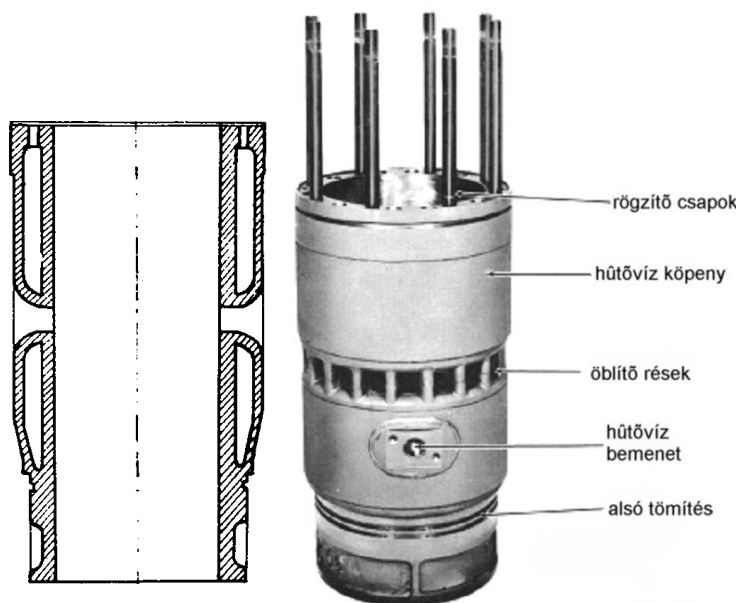


19. ábra
Az 567 motor villásrendszerű
hajtórúdja [5]

A hajtórudak villásrendszerűek, süllyesztésen kovácsolt kivitelben készültek és kialakításuknál kerültek minden éles átmenet (19. ábra). Mivel a kétütemű motorban a hajtórúd csak nyomásnak van kitéve, a közrefogott hajtórúd a forgattyúcsapágy felső csapágycsészéjének hátlapjára illeszkedik és a villás hajtórúdban levő válszerű kiképzés tartja a helyén. A villás hajtórudak alsó fejének oldalain lévő fogak a kengyelek azonos fogazásához illeszkednek, összeerősítésükre csavarok szolgálnak. A hajtórúd csapágyak felső és alsó csészéből állnak. Alapjuk acél, ólombronz béléssel, amely még vékony ón bevonattal rendelkezik. A hajtórúd csapágyakhoz az olaj az egyik szomszédos főcsapágyból a forgattyús tengelybe fűrt járatokon keresztül jut el [9]. Ezzel a kialakítással a hengersorokat nem kell eltolni, a motor teljesen szimmetrikus maradhat és a löket is egyforma a két szemközti hengerben a (kapcsolt) fő- és mellékhajtórudas megoldásokkal szemben.

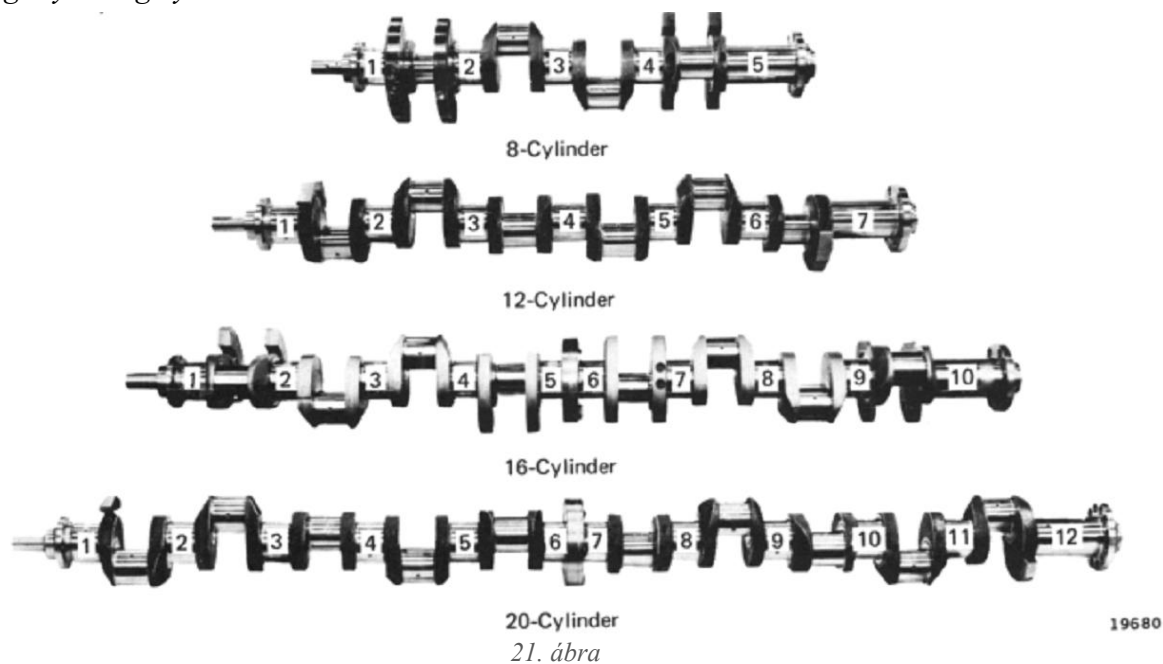
Hengerperselyek

A motor hengerperselyei hegesztett kivitelben készülnek, amit a 20. ábrán láthatunk. A vízköpeny a persellyel egybe öntött és mindkét paláston áthatolnak az öblítő nyílások. A víztér tömítése igen egyszerű, azonban az így kialakított hengerpersely meglehetősen bonyolult öntvényt képez. Az öblítő nyílások teljesen körülveszik a hengerperselyt. Ha a dugattyú az alsó holtponthoz eljut, akkor az öblítőnyílások alsó éle a dugattyútető felső felületével egy síkba esik. A hengerpersely külső oldalán az öblítőnyílások alatt jut be a hűtővíz. A beáramló víz a hengerpersely alsó részében kört ír le, fokozatosan felemelkedik és átáramlik a hengerfejbe [9]. Ez a kialakítás jellemző az összes General Motors által gyártott kétütemű dízelmotor hengerperselyére.



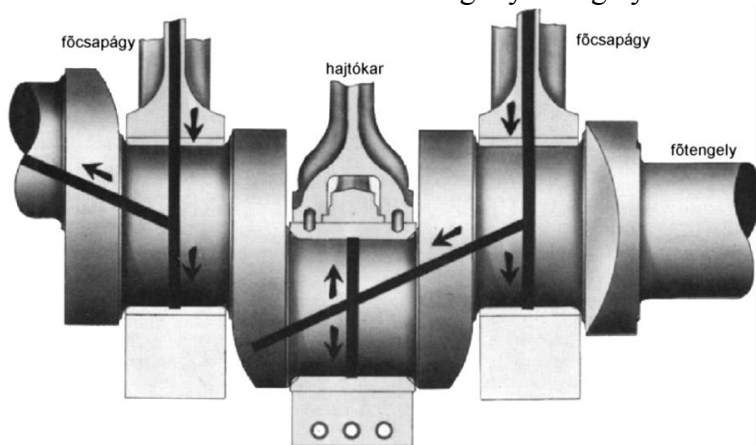
20. ábra
Hengerpersely képe [9] és metszete [6]

Forgattyústengely



Főtengelyek kialakítása a motor hengerszámaának függvényében [6]

A különleges szénacélból készült forgattyústengely süllyesztőkben kovácsolt és a hengerek számától függően egy- vagy kétrészes. A **21. ábrán** láthatóan 12 hengerig egy, a fölött pedig két részből áll. A két fél összefogása karimás kötéssel történik. A megfelelő biztonsággal méretezett, indukciós eljárással edzett fő és forgattyúcsapok kis felületi nyomást és nagy élettartamot biztosítanak. A forgattyústengely dinamikusan kiegyensúlyozott. Minden



22. ábra

A forgattyústengely kenési furatai [5]

főcsapágy nyomás alatt álló tiszta kenőolajat kap a motor teljes hosszán végigmenő kenőolaj főelosztó csövön keresztül. Az olaj a csapágy terheletlen felső felébe jut. Megfelelő hornyok, furatok vezetnek a kenési helyekre, aminek kiképzését a **22. ábra** szemlélteti. A főcsapágycsészék anyaga ólombronzsal kiöntött acél. A bejáratás megkönnyítésére vékony ólom-ón réteggel látták el azokat [9].

Vezérműtengely

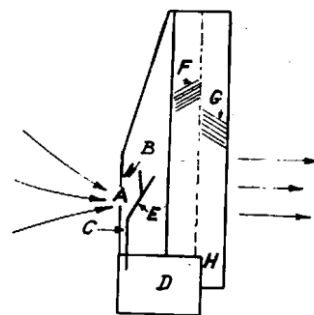
A vezérműtengely hajtása fogaskerek közbeiktatásával a motor hátuljáról történik. A vezérműtengely több részből áll, amelyeket karimák kötnek össze. Üreges kivitelű és ezen keresztül jut a kenőolaj a vezérműtengely csapágaihoz [9]. Több szegmensből tevődik össze, ami a **23. ábrán** látható. Így egy vezérműtengely szegmens többféle motorban is használható.



23. ábra: Több szegmensből összeállított vezérműtengely [5]

Levegőszűrő

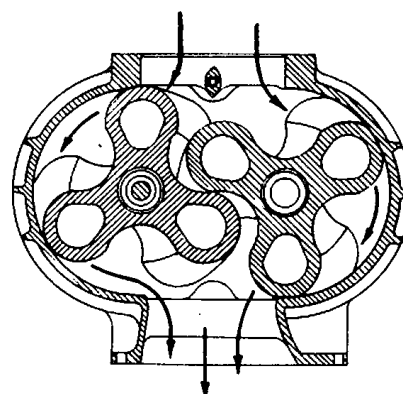
A motorra szerelt levegőszűrő olajfürdős rendszerű. A **24. ábrán** látható jelöléseknek megfelelően; a szűretlen levegő a védőráccsal felszerelt A nyíláson lép be és nagy része átmegy a Venturi csőhöz hasonló B nyíláson. A kisebb része pedig a C nyíláson keresztül a D olajgyűjtőbe kerül és az olajat apró cseppecske formában felhordja és az kapcsolatba kerül az F szitaszövettel. Az E terelőlemez biztosítja azt, hogy az F legfelső részébe is eljusson az olaj. A G ugyancsak szitaszövet, gondoskodik arról, hogy a levegő szennyeződéseit tartalmazó olaj a H térbe jusson. Itt a szennyeződések leülepednek, és az olaj visszafolyik a D olajgyűjtőbe [9]. A motor mindkét hengere két levegőszűrővel rendelkezik, a kétütemű motor nagy lég igénye miatt.



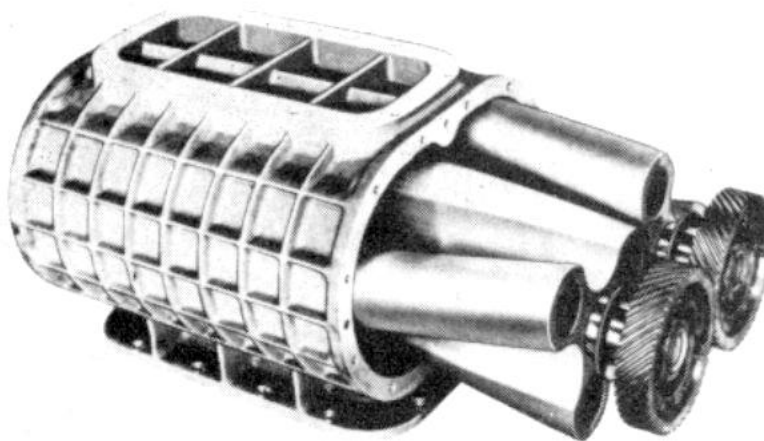
24. ábra
olajfürdős rendszerű
levegőszűrő [9]

Root's-fűvő

Ismeretes az, hogy a kétütemű motorok - elméletileg - a négyüteműekhez képest kétszeres levegőmennyiséget dolgoznak fel. A kétféle motor középnyomását és fordulatszámát azonosnak véve, a kétütemű motor literteljesítménye a négyüteműnek kétszerese. Tekintettel arra, hogy a kétütemű motor a levegőt löketének csak egy töredéke során szívja be, ezért természetes szívás esetén sohasem lehet akkora középnyomást elérni, mint a négyütemű motornál. A henger levegő töltése a nagyobb fojtások és a rövidebb, idő miatt lényegesen kisebb. Az előbbi hátrányok megszüntetésére a nagyobb teljesítményű kétütemű motoroknál a motor levegőellátására külön fűvót alkalmaznak. A fűvónak feladata még az égéstermékek hengertérből való kiszorítása is. Az égéshez szükséges levegőt a motorról mechanikusan hajtott Root's-fűvő szállítja, amit a **25. és 26. ábra** szemléltet. Amely a motor számára a fordulatszámával arányos mennyiségű, az atmoszférikusnál nagyobb (0,5 Bar) nyomású levegőt szállít. A fűvő két darab csavarvonalszerű háromszárnyú forgórészből áll, ennek a kialakításnak az oka a szállított levegő lüktetésének csökkentése. A forgórészek a szorosan illesztett alumíniumöntvény házban forognak. A forgórészeket acél-csőtengelyekre sajtolták fel. A fűvő levegőszállítása névleges motorfordulatnál $8,12 \text{ m}^3/\text{perc}$ [9].



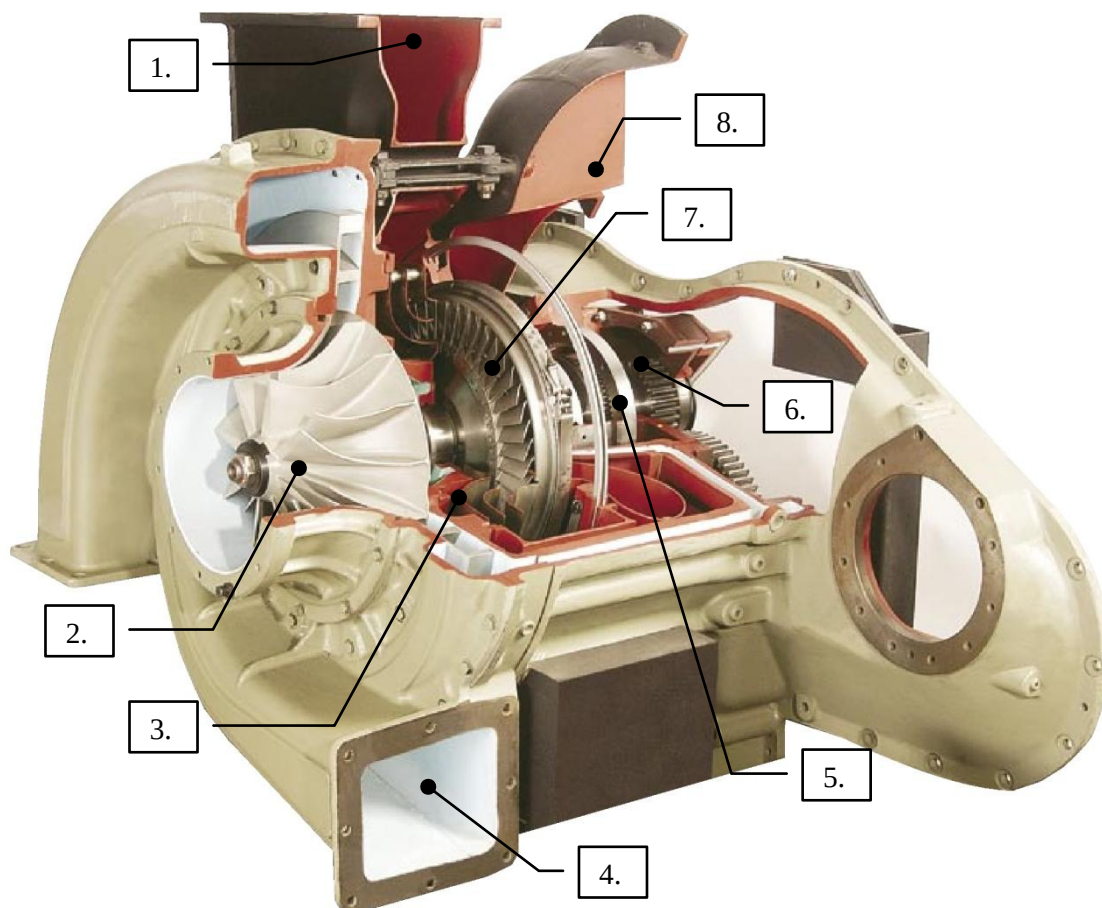
25. ábra
Root's – fűvő keresztmetszete [1]



26. ábra
Root's – fűvő szemléltető képe [4]

Turbókompresszor

Az újabb motorokba már centrifugál fűvót építenek be (27. ábra), amely alacsony fordulatszámon mechanikusan a motor főtengelyéről van fogaskerekekkel meghajtva. Ez a gyorsítások alkalmával hasznos, mivel így nem kell megvárni az égéstermékek nyomásnövekedését a nagyobb légszállításhoz. A fűvó csak akkor kapcsol le automatikusan a mechanikus behajtásról, ha az égéstermékek által meghajtott turbinakerék fordulatszáma meghaladja azt. Az előállított túlnyomás kb. 1,6 Bar névleges motorfordulatszám mellett, ilyenkor a turbinakerék fordulatszáma 17000 ford./perc [6]. A sűrítés következtében felmelegedett levegőt két közbenső hűtővel hűtik vissza kb. 85°C-ról 45°C-ra. Erre azért van szükség, mivel az alacsonyabb hőmérsékletű levegőnek nagyobb a sűrűsége, így több levegő jut az égéstérbe, amivel több üzemanyag égethető el. A különböző lökettérfogatú motorokhoz készült feltöltők azonosak csak a turbina- illetve kompresszorkerék kialakítása eltérő (kivéve a 8 hengeres motorokat). A speciális igénybevételek miatt külön, magasnyomású kenőolajszivattyú szolgáltatja a turbókompresszor kenéséhez és hűtéséhez szükséges olajat, egy finom olajszűrőn keresztül. Továbbá a rendszer része egy külön villamos meghajtású szivattyú is, amely az előkenést és az utóhűtést végzi. Ezzel a rendszerrel jelentősen növelhető a feltöltő élettartalma, ami a kétütemű dízelmotorok alacsonyabb kipufogógáz hőmérsékletét is figyelembe véve hosszabb a négyütemű motorokéhoz képest.



27. ábra

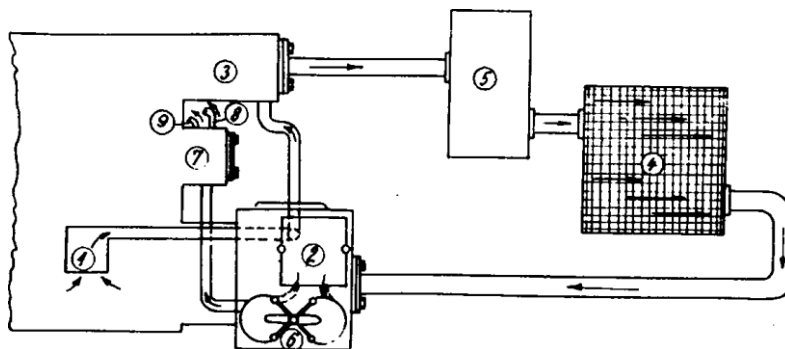
A turbókompresszor részei:

1. kipufogónyílás, 2. kompresszor kerék, 3. terelő lemezek, 4. sűrített levegő bevezetése a motorba, 5. szabadonfutó szerkezet, 6. kompresszort meghajtó fogaskerék rendszer, 7. turbinakerék, 8. égéstermékek a motorból

A motor kenőolaj rendszere

A motor kenőolaj rendszere a fő kenőrendszerből, a dugattyúhűtő rendszerből és az öblítő olaj rendszerből áll. Mindegyik rendszer külön olajszivattyúval rendelkezik. A fő kenőolajszivattyút és a dugattyúhűtőolaj szivattyút - bár külön szivattyúk - közös házban helyezték el, a hajtótengelyük is közös. A szivattyúk hajtása fogaskerekek közvetítésével a motor főtengelyéről történik. A motor kenőolajrendszerének vázlatát a **28. ábrán** láthatjuk. A fő kenőrendszer látja el a motor mozgó alkatrészeinek kenését, kivéve a dugattyú csapszeg csapágýakat, amelyeket a

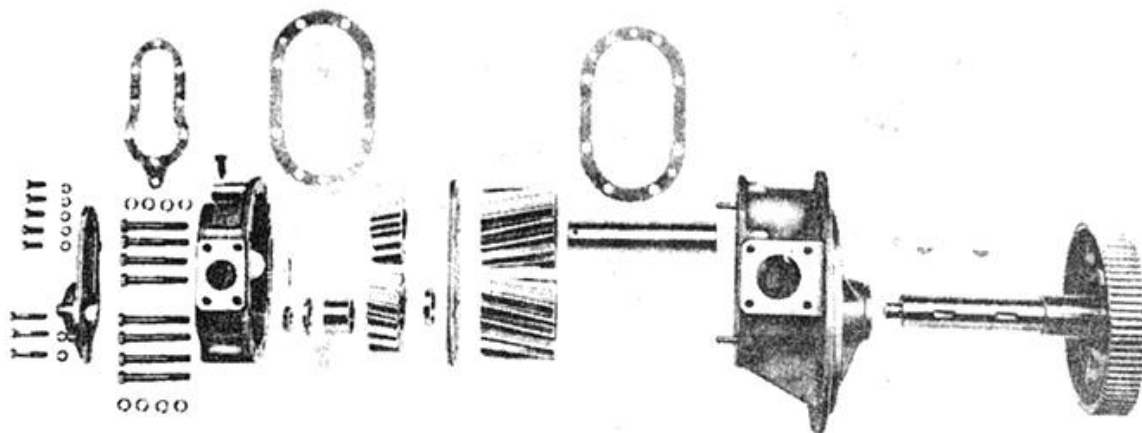
dugattyút hűtő olaj ken. A fő kenőolajszivattyú az olajat a motor előli jobb oldalán lévő szűrőből szívja és a fő olajelosztó csőbe, innen pedig a különböző kenési helyekre nyomja. A legnagyobb olajnyomást biztonsági szelep korlátozza. A hazai gyakorlatól eltérően a dugattyút is hűtik. Ez a nagyteljesítményű kétütemű motoroknál a nagyobb hőterhelés miatt szükséges. A dugattyúhűtőolajat a szivattyú, amely egybeépített a kenőolaj-szivattyúval (**29. ábra**) egy elosztó csőbe nyomja, ahonnan az a hengerperselyek aljánál rögzített helyzetű csövekhez jut. A hengereknél a csövek beállítása olyan, hogy a dugattyútartón keresztül a dugattyú felső részére irányítsák az olajsugarat. Ez a hűtőolaj nagyon fontos a dugattyú üzeme szempontjából, mert kellő mennyiségű hűtőolaj hiányában a dugattyú rövid idő alatt túlmelegszik és meghibásodik. Az öblítőszivattyú az olajteknőből az olajat a szűrőkön keresztül a kenőolajhűtőhöz szállítja. Innen pedig a hűtött és szűrt olajat a főkenőrendszer és a dugattyúhűtő kenőrendszer szivattyúja juttatja el az előbb már ismertetett helyekre. A kenőolajrendszerben külön szűrővel rendelkezik az öblítő és külön szűrőkkel a főkenő és dugattyúhűtő rendszer. Az előbbi rendszerhez egy durva szitaszűrő, az utóbbiakhoz pedig egy finom szitaszűrő és szövetszűrők tartoznak. A kenési rendszerben az olaj nyomását nem lehet szabályozni. Az üzemi nyomás nagyságát a gyártási tűrések, olajhőmérséklet, olaj sűrűsége és a motorfordulatszáma alapján állapítják meg [9].



28. ábra

Kenőolajrendszer vázlat [9]

1. Olajteknő, 2. Öblítőolaj szűrő, 3. Öblítőolajszivattyú, 4. Olajútó,
5. Főkenőolajrendszer szűrője, 6. Dugattyúhűtő-olajrendszer szűrője,
7. Kenőolaj és dugattyúhűtőolaj-szivattyú,
8. Motorhoz, 9. Dugattyúhoz

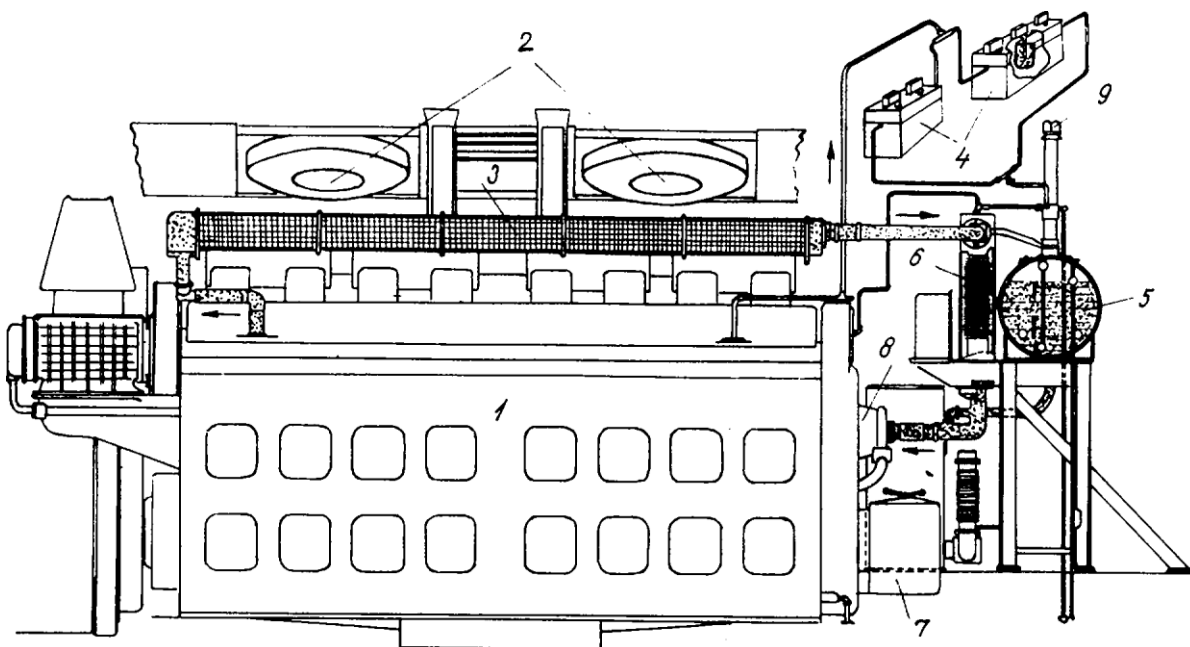


29. ábra

Kenőolaj és dugattyúhűtőolaj-szivattyú robbantott képe [5]

A motor hűtőrendszere

A motor vízűtésű. A hűtővíz keringetését a főtengelyről fogaskerekektől meghajtott két centrifugálszivattyú végzi. Az elosztó csővezetékéből minden egyes hengerperselyhez külön csövön jut a hűtővíz, majd a hengerfej vízkivezető könyökön és az elvezető csövön át kerül a hűtőhöz. A motor hűtőrendszerének vázlatát a **30. ábrán** láthatjuk. A motorból távozó hűtővíz hűtőkből, hőfokszabályozókból, víztartályból, valamint összekötő csövekből álló külső rendszeren halad keresztül. A hűtőn áthaladó levegő szabályozása zsaluk és négy villamos hajtású hűtőventillátor által történik. A zsaluk nyitása és zárása, valamint a ventillátorokat hajtó motorok be és kikapcsolása teljesen önműködően a hűtővíz hőfoktól függ. A motorból kijövő hűtővíz hőmérséklete 71 és 82 C° között változhat. A legkisebb hőmérséklet, amely mellett a motort terhelni lehet 49 C°. A tetőn elhelyezett hűtőventillátorokat különleges szerkezetű váltakozóáramú aszinkron motorok hajtják. A villamosmotor és ennek megfelelően a hűtőventillátor fordulata arányos a váltóáram frekvenciájával, mely a dieselmotor fordulatól függően változik. A motor üresjárási fordulatszámánál a hűtőventillátor fordulatszáma 540 ford./perc, a legnagyobb motorfordulatonál 1600 ford./perc. Megemlítjük, hogy egy hűtőventillátor teljesítményszükséglete kb. 15 Le. Az így kialakított hűtőventillátor hajtás egyszerű és üzembiztos, ezen kívül a hűtőberendezés üzemének gazdaságos szabályozását is lehetővé teszi [9]. További fontos tulajdonsága a hűtőrendszer kialakításának, hogy a motor álló helyzetében a hűtővíz nagy része a motor felső részén kiképzett térbe folyik vissza, így télen kicsi az elfagyás veszélye. Ez magyar viszonylatban nagy előnynek számít, mivel sima olajemulziós hűtővizet használnak ezekben a motorokban a magyar vasútnál.



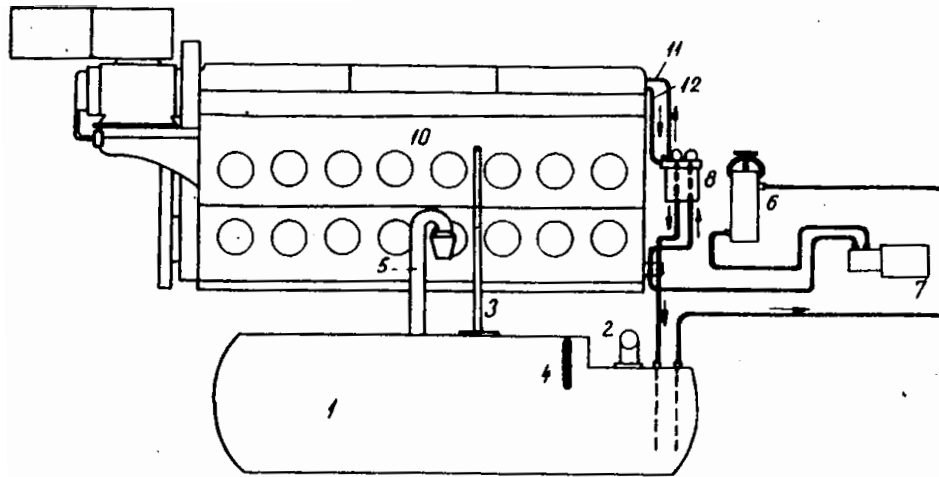
30. ábra

A motor hűtőrendszerének vázlatja [9]

1. Motor. 2. Hűtőventillátor. 3. Hűtő. 4. Termosztát. 5. Hűtőviztartály 6. Kenőolajhűtő. 7. Kenőolajszűrő. 8. Vízszivattyú. 9. Vízöltőnyílás

Tüzelőanyagellátás

A motor tüzelőanyagellátási rendszere lényegesen eltér a hazai dízelmotoros vontatójárműveken használatos tüzelőanyagellátási rendszertől. A tüzelőanyag-ellátórendszert a **31. ábra** szemlélteti, aminek jelölései szerint; a mozdony alváza alatt elhelyezett 1



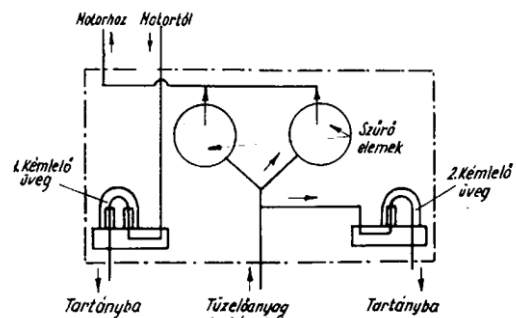
31. ábra

A motor tüzelőanyagellátása [9]

1. gázolajtartály, 2. Töltőfej, 3. Olajsint mutató, 5. Lángfogó, 6. Gázolaj előszűrő (durva), 7. Villamosmotorral hajtott fogaskerékszivattyú, 8. Szűrő és kémlelő üvegek, 9. Gázolaj tápcső, 10. Motor, 11. Gázolaj a motorhoz, 12. Gázolaj a motortól

tüzelőanyagtartályba a 2 töltőfejen keresztül jut a gázolaj. Az 1 tartályból a 2 egyenáramú villamos motorral hajtott szivattyú a 6 és 8 szűrőkön keresztül a 11 csövön nyomja az olajat a motorhoz. Tekintve, hogy a szivattyúnak a legnagyobb motorterhelésnél is elegendő tüzelőanyagot kell szállítani, részterheléskor a felesleges tüzelőanyag a 12 csövön át visszajut a tüzelőanyagtartályba. A motorba be nem táplált felesleges tüzelőanyag átfolyik a befecskendező elemeken, keni és hűti azokat. A 6 durvaszűrő a motoron kívül helyezkedik el, míg a 8 finomszűrő a motor szerves részét képezi. A 8 szűrő felett vele közös házban két kémlelő üveget találunk. A kémlelő üvegek célja a tüzelőanyagellátás ellenőrzése. Az első kémlelő üveg a motorból a tüzelőanyagtartályba visszajutó olaj ellenőrzésére szolgál. Rendes üzem esetén ebben a kémlelő üvegben tiszta és buborékmentes áramlást figyelhetünk meg. A második kémlelő üveg rendszerben üres. Ha ebben az üvegben több mint gázolajszivárgás figyelhető meg, abból arra lehet következtetni, hogy a 8 jelű szűrő eltömődött. Ekkor ugyanis a szűrők előtt a nyomás megnövekedik és az előttük elhelyezett biztonsági szelep nyit, és a második kémlelő üvegen keresztül a tüzelőanyag a tartályba jut vissza (**32. ábra**). A tüzelőanyag rendszerben elhelyeztek gázolaj vészkapcsolókat, amelyekkel veszély esetén a tüzelőanyagszállító szivattyút hajtó villamos motor üzemén kívül helyezésével a motort le lehet állítani [9].

A motor tüzelőanyagbefecskendezési rendszere elvileg a hazai viszonylatban is jól ismert Bosch-rendszerrel egyezik meg. Minden egyes henger külön befecskendező szivattyúval rendelkezik. A befecskendezett tüzelőanyag mennyisége a befecskendező szivattyú dugattyújának elfordulásától függ. Ezt a fordulatszám szabályzó (regulátor) szabályozza. A dugattyú állandó lökethosszú mozgást végez. Mozgatása himba

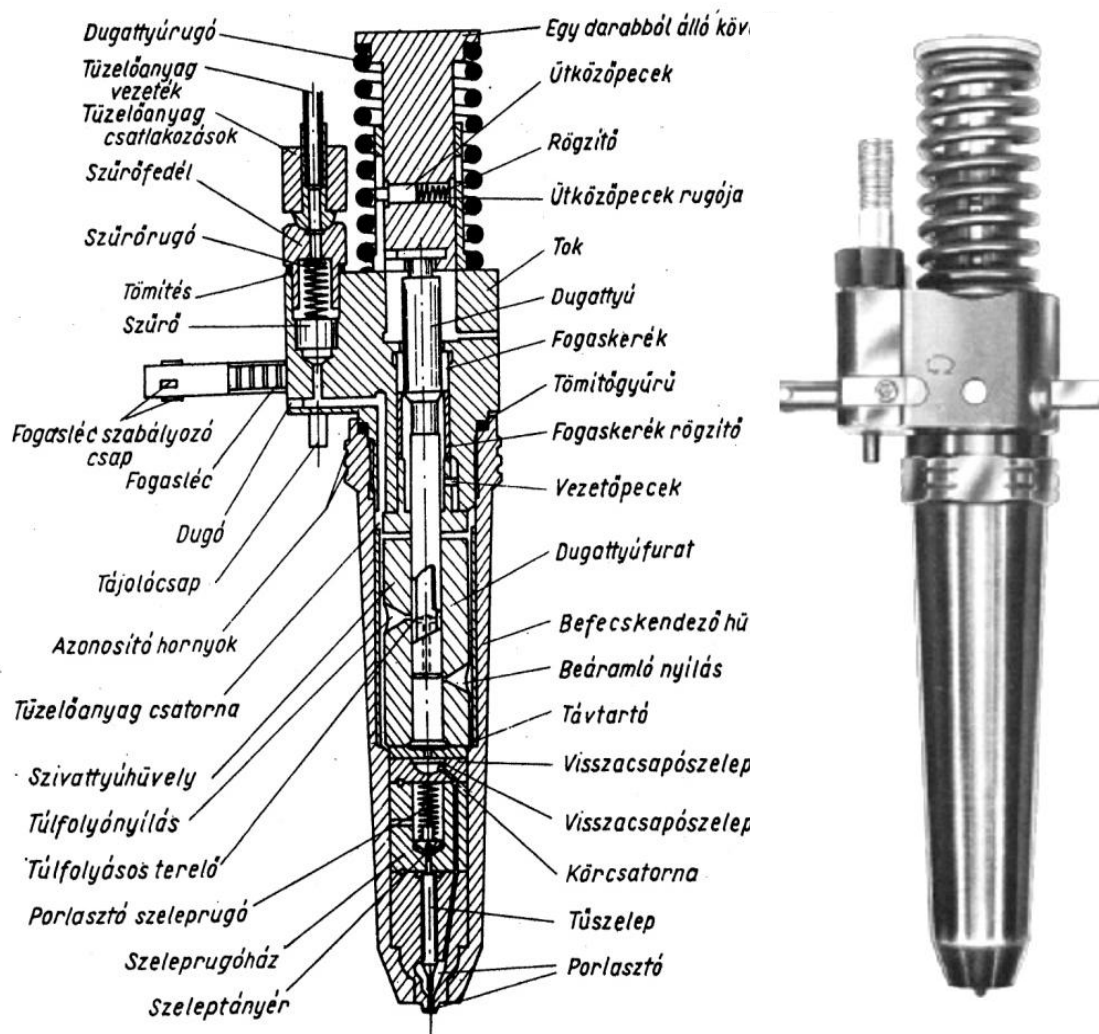


32. ábra

A gázolaj-finomszűrő és a kémlelőüvegek felépítése [6]

segítségével a vezértengelyről történik. A dugattyú elfordítását egy fogasléccel kapcsolódó fogaskerék végzi. A fogaskerék csúszó illesztéssel van a dugattyúra ékelve. A tüzelőanyag tökéletes porlasztását az a nagy nyomás (13 MPa) végzi el, amely a dugattyú lefelé irányuló lökete közben jön létre, ez kényszeríti a tüzelőanyagot a túszelepen és a fúvóka hat porlasztó furatán keresztül [9].

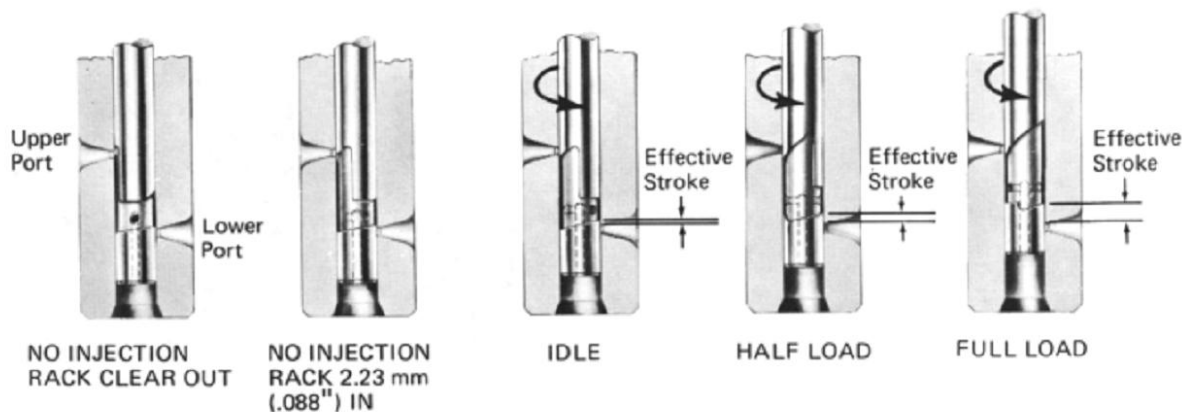
Befecskendezők



33. ábra

A mechanikus befecskendező egység (injektor) keresztmetszete [9] és képe [6]

Az 567 típusú motorok befecskendezője egy közös egységbe foglalt tüzelőanyag adagoló szivattyúból és egy porlasztóból áll. A befecskendező keresztmetszetét a legfontosabb alkatrészek megnevezésével a 33. ábra mutatja. A befecskendező a hengerfej közepén levő kúpos furatban vagy a befecskendező feszekben helyezkedik el és egy kissé a hengerfej síkja alá nyúlik. A befecskendezett tüzelőanyag mennyiségét, illetve a dugattyú hatásos lökétét a dugattyú elfordulása határozza meg a dugattyún levő csavarvonal és a perselynek a nyílása révén, a 34. ábrán látható módon. A dugattyút a hossz tengely körül fogaskerék és fogasléc mozgatja. A fogaslécet a motor fordulatszám szabályozója vezérli a befecskendező csatlakozáson és a befecskendezőket vezérlő tengelyen keresztül (35. ábra). A "0" tüzelőanyag állásban a felső nyílás nem zárul be mindaddig, amíg az alsó ki nem nyílik, vagyis ilyenkor a tüzelőanyag visszaáramlik az adagoló kamrába. "Teljes tüzelőanyag" (teljes

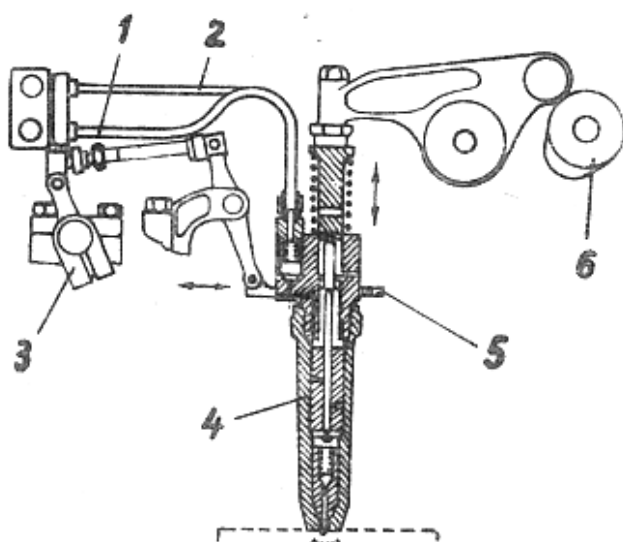


34. ábra

A Bosch-rendszerű injektor működése [5]

töltés) állásban a felső nyílás az alsó nyílás bezáródása után közvetlenül záródik, ezzel a hatásos löket és így a befecskendezett tüzelőanyag mennyisége a legnagyobb. A tüzelőanyag és a gázok nem kivonatos áramlásának megakadályozására a befecskendezőben visszacsapó szelep van. A gömbfelületű visszacsapó szelep a tüzelőanyag utáncsepegését akadályozza meg a hengerben, amikor nincs befecskendezés. A fúvócsúcs felett levő túszelep az égéstermékek beáramlását akadályozza meg a befecskendezőbe. A befecskendezők nem azonosak, az elmúlt évek folyamán sok volt a szerkezeti módosítás. Külsőleg azonosnak látszanak, nagyon sok alkatreszt azonban nem lehet egymással felcserélni [10].

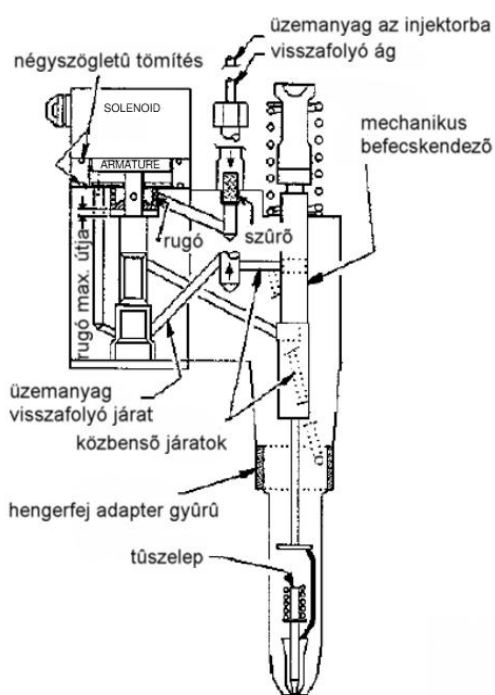
Az elmúlt 20 évben ezekben a szerkezetekben jelentősebb módosítások nem történtek, kivéve az elektromos motorvezérlés megjelenésével létrejött elektromos vezérlésű injektorokat, aminek a működését a **36. ábrán**, magát az egységet pedig a **37. ábrán** láthatjuk. Az üzemanyag befecskendezése továbbra is mechanikus úton történik, de a mennyiség szabályozást már elektronika végzi.



35. ábra

A General Motors dízelmotor tüzelőanyag befecskendezőjének működtetése [10]:

1. gázolaj bevezetés, 2. gázolaj visszavezetés, 3. a töltés változtatására szolgáló himba, 4. befecskendező, 5. fogazott lécz, 6. a befecskendező dugattyúját mozgató bütykos tengely



36. ábra

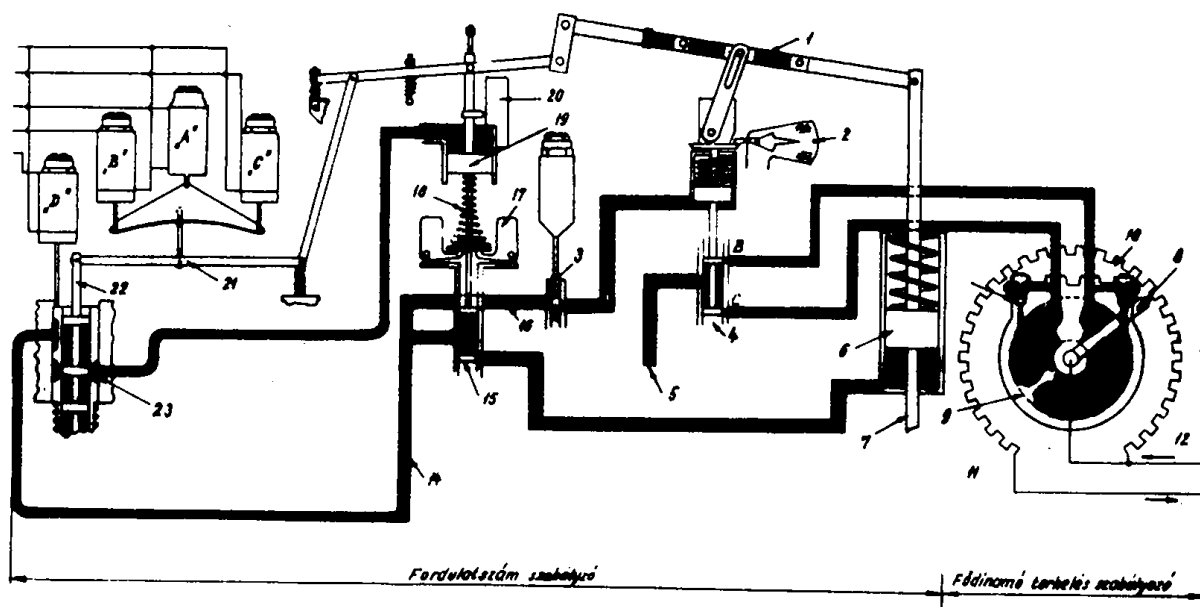
Elektromos befecskendező egység vázlata [7]



37. ábra
Elektromos befecskendező
egység [12]

A mozdony üzemének szabályozása

A mozdony üzemét a vonóerő kifejtés alatt a mozdonyvezető egy emeltyűvel a menetszabályzó karral szabályozza, amelynek nyolc menet fokozata van. A mozdony szabályozó berendezése olyan, hogy az egyes menetfokozatokban a motorfordulatszámot a külső terheléstől függetlenül mindig állandó értéken tartja.



38. ábra

A fordulatszám és terhelés szabályzó (regulátor) vázlata [9]:

1. Állíthatóforgáspontú emeltyű. 2. Tolattyú helyzet-mutató. 3. Bolygató „O” solenoid 4. Terhelésállító-tolattyú /kiegyensúlyozott helyzet/. 5. Motor nyomás alatt lévő olaja 6. Működtető dugattyú. 7. Működtető dugattyúrúd 8. Kefetartó és kar. 9. Szárny. 10. Ellenállás. 11. Legnagyobb gerjesztés 12. Legkisebb gerjesztés 13. Működtető dugattyúhosszabbító rúdja. 14. Fordulatszám szabályzó nyomás alatt lévő olaja. 15. Működtető dugattyú tolattyúja. 17. Röpsúlyok. 18. Gyorsítórugó. 19. Fordulatszám beállító dugattyú. 20. Fordulatszám skála. 21. Forgáspont. 22. Fordulatszám szabályzó tolattyú. 23. Szabályozó nyílás.

A motor szabályozó berendezésének feladatai a következők:

- motor fordulatszám szabályozása,
- motor terhelés szabályozása,
- fődinamó gerjesztés szabályozása.

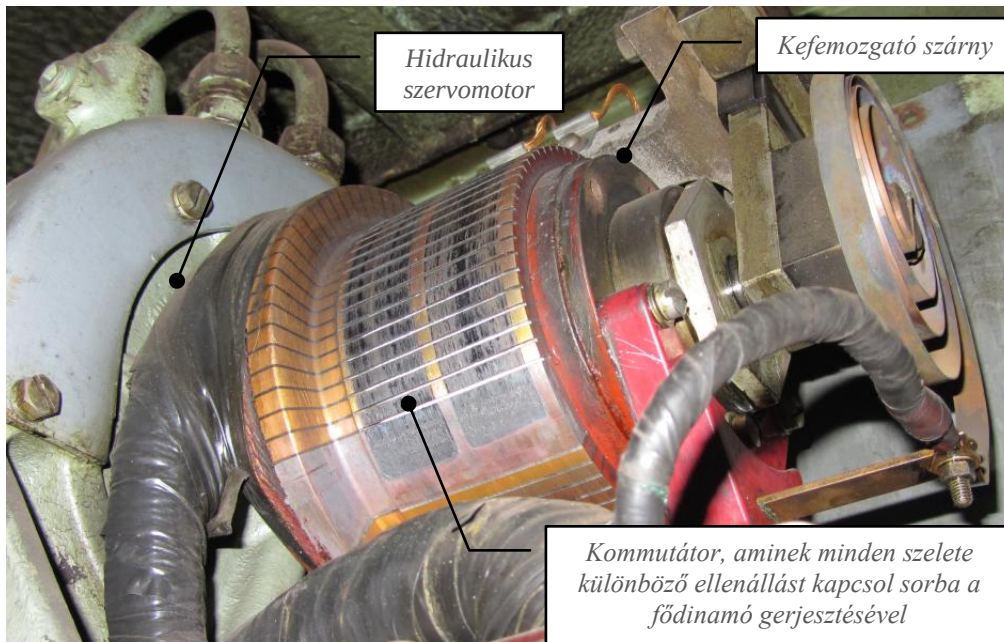
Az M61 sorozatú mozdony Woodward PG rendszerű elektro-hidraulikus regulátorral van felszerelve (**40. ábra**). Ebben foglalnak helyet az alábbi párhuzamosan működő részegységek:

- Fordulatszám szabályozó:
A terhelés változásától függetlenül a hengerekbe befecskendezett tüzelőanyag mennyiség változtatásával a beállításnak megfelelő fordulatszámokat biztosítja. A fordulatszám szabályozó főbb részei: a fordulatszámot érzékelő berendezés (gyorsító rugó és röpsúlyok), a tüzelőanyag mennyiségének beállítását végző berendezés (működtető dugattyú), kiegyenlítő szerkezet (kiegyenlítő gyűrű a működtető dugattyút vezérlő tolattyún, kiegyenlítő dugattyú és rugók) és a független olajrendszer (olajgyűjtő teknő, olajszivattyú, olajakkumulátorok) és az összekötő járatok.
- Kenőolajnyomás ellenőrző berendezés:
Alacsony kenőolajnyomás vagy nagy szívóellenállás esetén leállítja a motort.
- A fordulatszám szabályozó:
Amely a fordulatszámot az A, B, C és. D elektromágneses tekercsek különféle kombinációjával állítja be.

A regulátor működése a **38. ábrának** megfelelően: A hengerekbe befecskendezett tüzelőanyag mennyiségét a 6 működtető dugattyú helyzete szabja meg. A működtető dugattyú elmozdításához a 18 gyorsító rugó feszítését kell megváltoztatni. Akár a menetfokozatkapcsoló kar helyzete, akár a motorfordulatszáma változik (a terhelés változása következtében) a 12 röpsúlyok elmozdulnak. Ez megváltoztatja a 15 működtető dugattyú tolattyújának helyzetét és módosítja a 6 működtető dugattyúra ható olaj nyomását. Ha a terhelés csökken, a motorfordulatszám emelkedik, a 17 röpsúlyok kifelé mozdulnak el, megemelik a működtető dugattyú tolattyúját és a működtető dugattyú lefelé mozdul, el mivel alóla az olaj a tárolótartályba kerül. A működtető dugattyú addig fog lefelé mozogni, míg a működést megindító terhelésváltozást kiegyenlítette. Ha a terhelés növekedik vagy a menetfokozatot a mozdonyvezető növeli, akkor a fordulatszám szabályzóban az előbbivel ellentétes folyamat játszódik le: a röpsúlyok befelé mozdulnak, a működtető dugattyú tolattyúja lefelé, a működtető dugattyú felfelé mozog. A működtető dugattyú ismét akkor áll meg, amikor a folyamatot megindító terhelésváltozást kiegyenlítette.

A terhelésszabályozó a fődinamó gerjesztését úgy változtatja, hogy a dízelmotor töltése és fődinamó gerjesztése által meghatározott teljesítmény egyezzen meg. Tehát a két főgépcsoport teljesítményét hangolja össze, erre azért van szükség, mert az egyenáramú dinamó karakterisztikája jelentősen eltér a dízelmotorétól. A gerjesztésszabályozó egy hidraulikus szervomotorral mozgatott változtatható 10 ellenállás (reosztát), amely a fődinamó külső gerjesztésével soros kapcsolású (**39. ábra**).

A terhelésszabályozó 4 tolattyúja a terhelésszabályozó szabályozási lehetőségén belül - a fődinamó külső gerjesztésének változtatásával - biztosítja a menetfokozatkapcsoló helyzetéhez rendelt terhelést. Ha a motor és a fődinamó összhangban van, akkor egy egyensúlyi állapot alakult ki, a terhelésszabályzó tolattyútestek a tolattyúpersely B és C nyílásait zárva tartják. A tolattyúnak ebben a helyzetében a nyílásokon a terhelésszabályzó szervomotorjához, illetve a szervomotortól nem áramlik olaj. Ha a motortól megkívánt teljesítmény nagyobb vagy kisebb, mint ami a menetszabályzókar beállított helyzetének megfelel, a működtető dugattyú helyzete megváltozik, hogy alkalmazkodjék a megváltozott teljesítmény igényhez. A 4 terhelésszabályozó tolattyú egyensúlyi állapota megszűnik és a



39. ábra

A gerjesztésszabályzó szervomotorja által működtetett reosztát ellenállás kommutátora

terhelésszabályozó szervomotorjához jutó olaj arra kényszeríti a terhelésszabályzót, hogy a fődinamó terhelését a megkívánt motor teljesítményhez állítsa hozzá. Ha például a motor túlterhelése következik be, akkor a 6 működtető dugattyú felfelé mozdul el, hogy növelje a befecskendezett tüzelőanyag mennyiségét. Ekkor a kapcsolt mechanizmusok segítségével a 4 terhelésszabályozó tolattyú felfelé elmozdul, és a B nyíláson keresztül a nyomás alatt lévő olaj befolyik a terhelésszabályozó szervomotorjába.

A fődinamó teljesítményét ez azzal csökkenti, hogy a külső gerjesztés áramkörébe kapcsolt ellenállást növeli. Az elforduló servo motor olajat nyom a C nyíláson át az olajgyűjtő teknőbe. Amint a motor terhelése csökken, a működtető dugattyú és a terhelésszabályozó tolattyú lefelé elmozdulva visszatér a rendes helyzetébe. A tolattyú lezárja a B és C nyílást. A terhelés csökkenése alkalmával a tolattyú működése éppen ellenkezője az előbbinek [9].

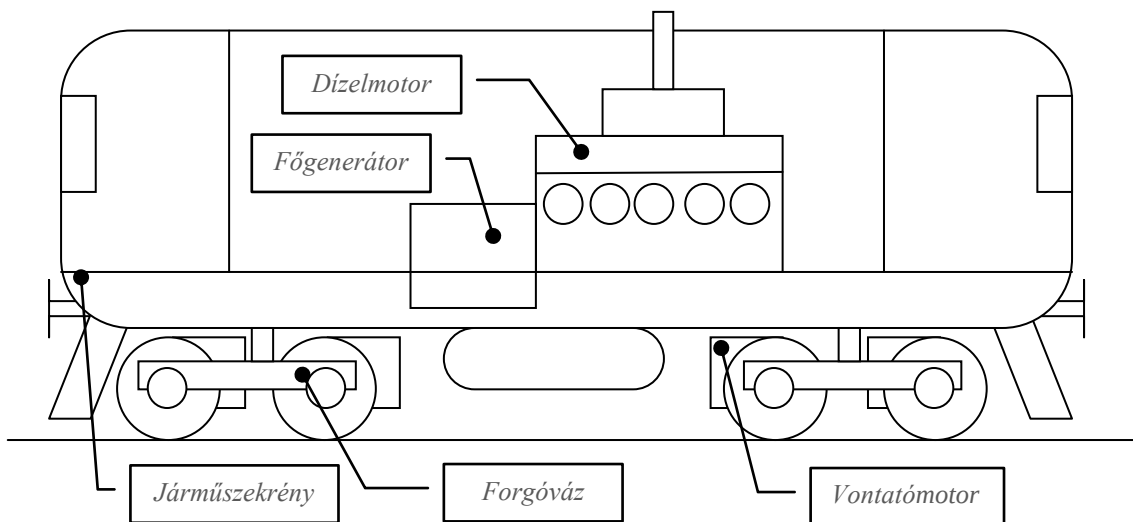


40. ábra

A regulátor belseje, a védőburkolat eltávolítása után

A dízel-villamos mozdonyok általános felépítése

A dízel-villamos vontatójárműveknek a főbb gépészeti részei a dízelmotor, a fődinamó vagy főgenerátor, a vontatómotorok, a forgóvázak és a járműszekrény. Ezek elrendezése, kialakítása eltérő lehet, de bizonyos fokig hasonlítanak egymásra. Egy nagyon gyakori kialakítás látható a **40. ábrán**. A főgenerátor és a dízelmotor alkotta főgépcsoportot helyezik a járműszekrény vízszintes súlypontjába, az egyenletes erőhatások miatt. Ha ezt nem lehet gépészetileg megoldani, akkor plusz súlyokkal egyensúlyozzák ki a járművet. A



40. ábra

Egy példa a dízel-villamos mozdony általános felépítésére

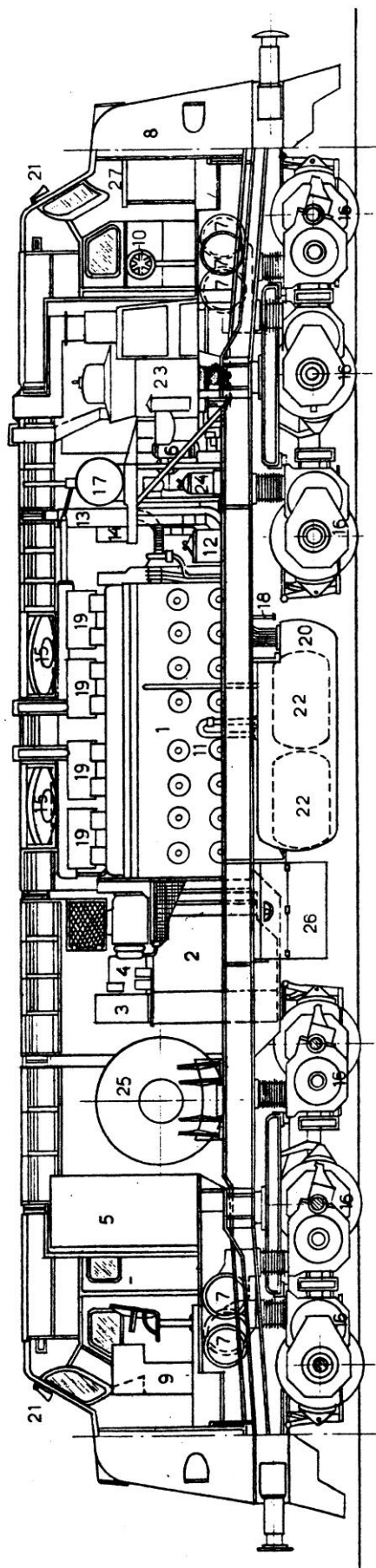
járműszekrény alját képezi a főkeret, amely az egész mozdony súlyát átadja a forgóvázakra. Azokban helyezkednek el a vontatómotorok, amelyek áttételeken keresztül hajtják a kerékpárokat. Ez a kialakítás a magyar M61 és M62 sorozatú mozdonyokra is érvényes, pontos gépészeti elrendezésüket a **41.** és **42. ábra** szemlélteti.

Villamos erőátvitel általános ismertetése

A dízelmotorral közvetlenül rugalmas tengelykapcsolóval meghajtott egyenáramú dinamó alakítja át a motor főtengelyéről kapott mechanikai energiát villamos energiává. Ezzel hajtják meg a forgóvázakban található villamos vontatómotorokat, amelyek pedig fogaskerék áttételen keresztül a kerekeket. Ezt hívjuk klasszikus egyenáramú villamos erőátvitelnek, ilyenrel rendelkeznek az M61 és M62 sorozatú mozdonyok. A villamos hatásfoka eléri a 80%-ot.

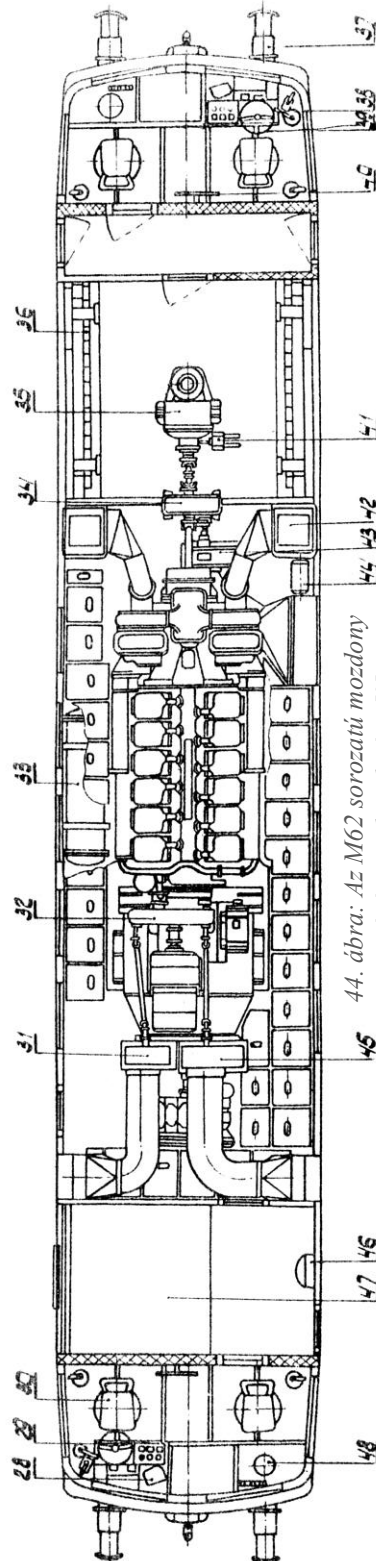
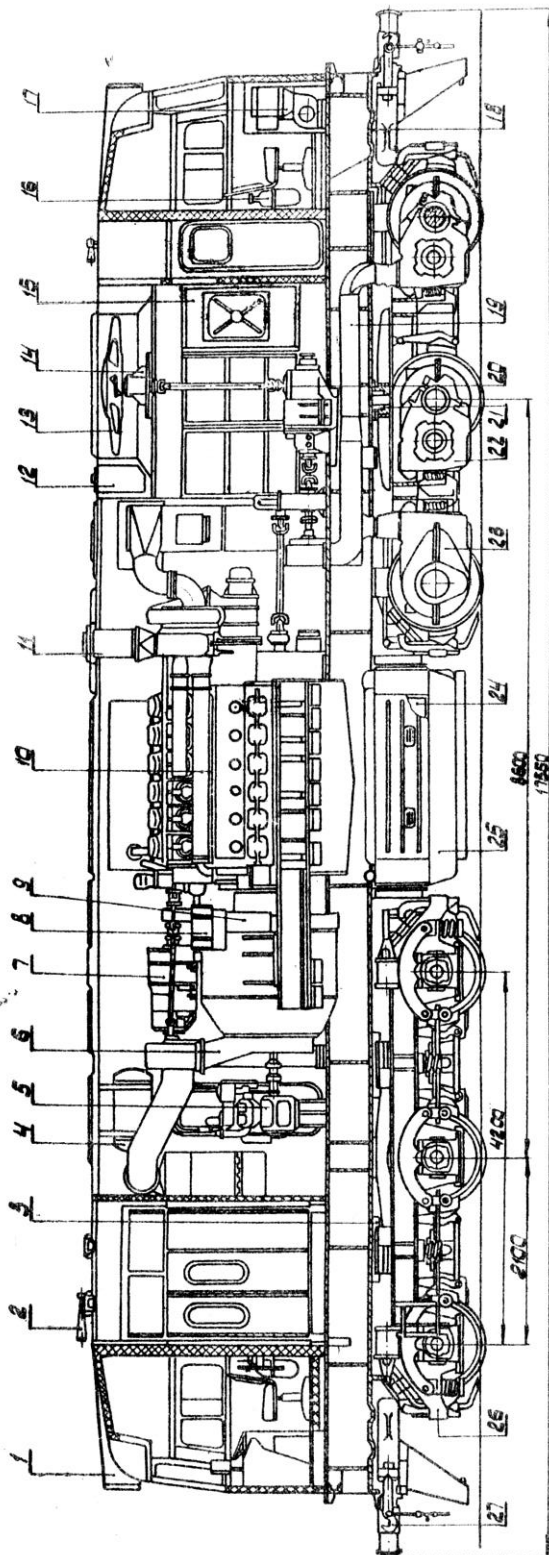
A nagyobb teljesítményű motorokhoz már háromfázisú generátort alkalmaznak, mivel az egyenáramú már túl nagy lenne, és nem férne el a vontatójárműben. A kapott váltóáramot egyenirányítják és innen a rendszer többi része megegyezik az egyenáramúval. A villamos hatásfoka általában 85%-os.

A félvezető technika fejlődésével, a mai korszerű dízel-villamos mozdonyok teljesen váltóáramú erőátvitellel rendelkeznek. Ennek több oka is van, részben az egyenáramú rendszer vezérelhetősége, de inkább a teljesítmény határa. Mivel a különböző gépegyeségek mérete meghatározott, így nem lehetett tovább növelni a teljesítményüket. Ismeretes, hogy a háromfázisú aszinkron motorokból ugyanakkora méret mellett többszörös teljesítmény vehető fel, az egyenáramúhoz képest. Ilyen dízel-villamos mozdonyok számítanak ma a dízel vontatási technika csúcsának, de meg kell említeni, hogy ezt a bonyolult félvezetős teljesítményelektronika a villamos mozdonyokból származik. Ezen rendszerek hatásfoka 90% körüli.



41. ábra: Az M61 sorozatú egyenáramú dízel-villamos mozdony felépítése [1]

1 Dízelmotor; 2 Fődinamó; 3 Fődinamó szellőzőventilátor; 4 Segédinamó; 5 Villamos készülékszekrény; 6 Légsűrítő; 7 Vontatómotor szellőzőventilátor; 8 Légfékberendezés; 9 Vezetőállás; 10 Kézfék; 11 Lángfogó; 12 Kenőolajszűrő; 13 Kenőolajhűtő; 14 Terhelésszabályozó; 15 Hűtőventilátorok; 16 Vontatómotor; 17 Hűtővíztartály; 18 Vízfeltöltő; 19 Kipufogó dobok; 20 Gázolajtartály; 21 Kürt; 22 Főlégtartály; 23 Fűtőkazán; 24 Gázolajszűrő; 25 Vízirtató; 26 Akkumulátorszekrény; 27 Főzdíap.

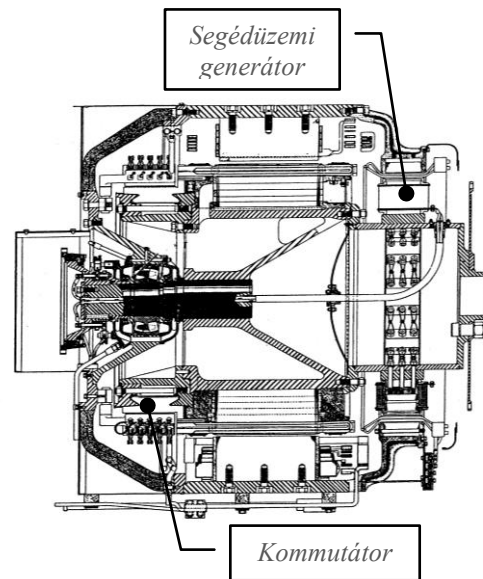


44. ábra: Az M62 sorozatú mozdony
gépészeti elrendezése [8]

1. Fényszóró. 2. Kürt. 3. Főkeret oldalsó függőleges oszlop. 4. Tűzoltótartály. 5. Légsűrítő. 6. Főgenerátor hűtőlevegő bevezető csatornája. 7. Gerjesztő, segédgenerátor géposzlop. 8. Fordulatszám mérő, szinkrongerjesztő géposzlop. 9. Főgenerátor. 10. Dieselmotor. 11. Kipufogósod. 12. Vízirtató. 13. Hűtőventilátor. 14. Talp-csapág. 15. Hűtőkamra. 16. Tűzoltó készülő. 17. Lég előmelegítő géposzlop. 18. Mellvéd öntvény. 19. Vontatómotorok hűtőlevegő bevezető csatornája. 20. Kardántengely. 21. Alváz. 22. A vontatómotor. 23. Tengelyhajtás. 24. Akkumulátor telep. 25. Üzemanyag tartály. 26. Forgóváz. 27. Vondóhorog. 28. Sebességmérő. 29. Vezérlőasztal. 30. Mozdonyvezető ülés. 31. Az első forgóváz traktiós motorainak hűtő szellőzője. 32. Az első elosztóhajtás. 33. Hőcserélő. 34. Hátsó elosztó hajtás. 35. A hűtőkamra hűtőlevegő bevezető csatornája. 36. Hűtőkamra hűtőlevegő bevezető csatornája. 37. Utolsó. 38. Mozdonyvezető fékező csap. 39. Kontrollér. 40. Kézifék. 41. Hidraulikus tengelykapcsoló automata kapcsolója. 42. Légsűrítő. 43. Hátsó forgóváz traktiós motorainak szellőzője. 44. Üzemanyag előmelegítő. 45. Főgenerátor szellőző. 46. Lehajtható mosdó. 47. Nagyfeszültségű tér. 48. Ételmelegítő.

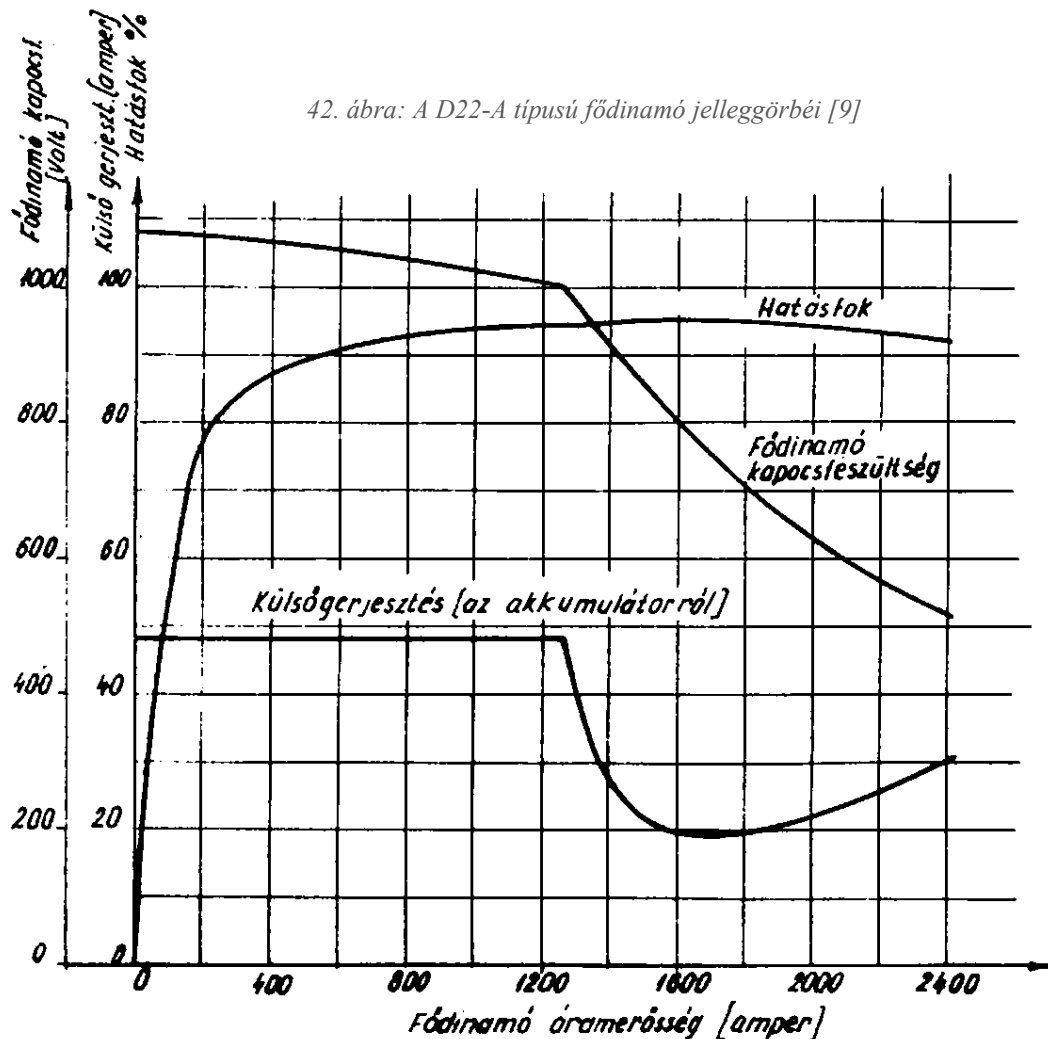
A fődinamó

Az M61 sorozatú mozdony D22-A típusú fődinamójának (41. ábra) névleges feszültsége 600 V, névleges teljesítménye 1280 kW. A dízelmotor forgattyútengelyéhez a vele egybeépített váltakozóáramú segédüzemi generátor forgórészén és egy rugalmas tengelykapcsolón keresztül közvetlenül csatlakozik. A forgórész kommutátor felőli végének súlyát egy önbeálló kétsoros hordógörgős csapággy tartja. A másik végét a motor hátsó főcsapággya támasztja alá. A fődinamó szellőztetéséhez szükséges levegőt a segédüzemi generátor tengelyének végére szerelt szellőző szállítja. A fődinamó összsúlya a lemezburkolat nélkül 8050 kg. A fődinamó karakterisztikáját a 42. ábra szemlélteti, ez a mérések alkalmával használható fel, mivel így tudjuk a villamos teljesítményből vissza-számolni a dízelmotor teljesítményét.



41. ábra

Electro Motive Division D22-A típusú fődinamó és a vele egybeépített D14 típusú segédüzemi generátor [1]



42. ábra: A D22-A típusú fődinamó jelleggörbéi [9]

Az egyenáramú dízel-villamos mozdony veszteségei

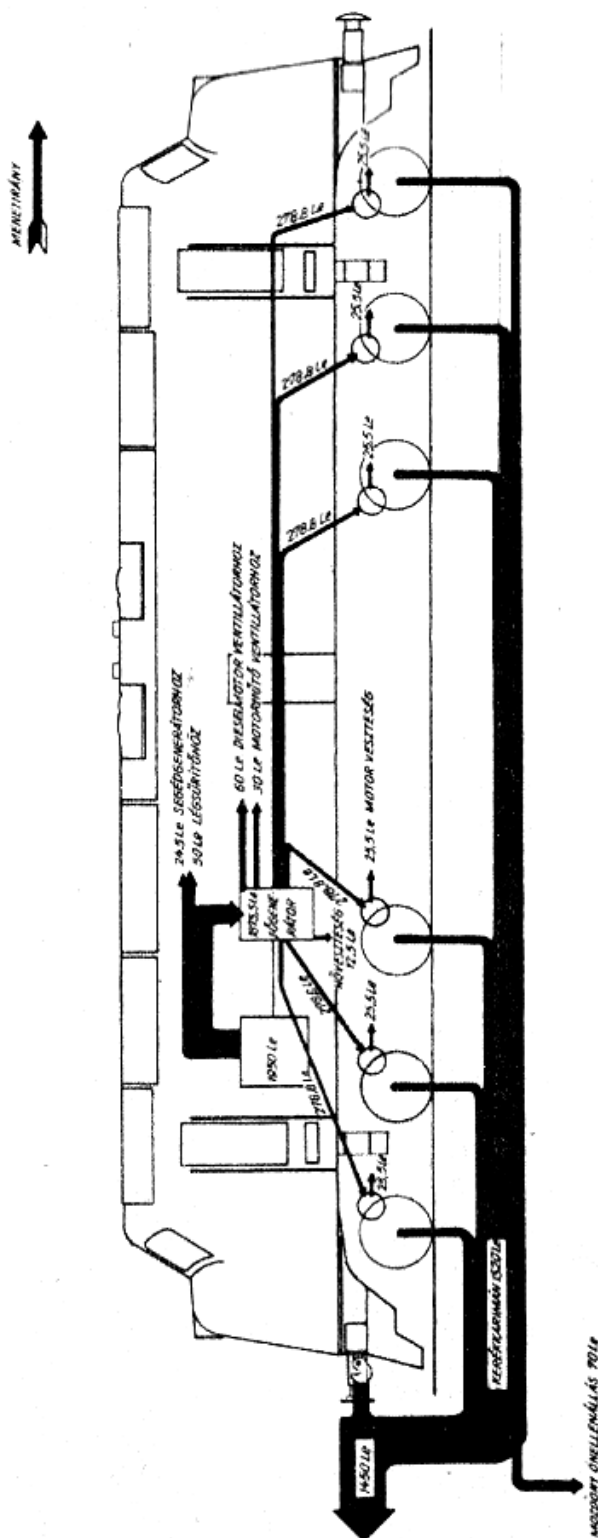
Az eddig leírtak alapján a veszteségek az alábbi három tényezőtől függenek:

$$\mu = \mu_{mot} * \mu_{din} * \mu_{tc} \quad (1)$$

Ezek alapján a teljes erőátvitel hatásfoka:

$$\mu = 0,38 * 0,94 * 0,80 = 0,28 \rightarrow 28\% \quad (2)$$

A **43. ábrán** az M61 sorozatú egyenáramú dízel-villamos mozdony erőátviteli veszteségeit láthatjuk.



43. ábra: Az M61 sorozatú mozdony erőátviteli veszteségei

A mérés leírása

A vízellenállásos mérés célja

A vontatójármű fődinamó és dízelmotor teljesítményének összehangolása. Ami azért fontos, mivel a fődinamó és a motor karakterisztikája eltérő és ezt a fődinamó külső gerjesztése és a motor töltésszabályozása révén tudjuk azonosra tenni. Így a dízelmotor nem megy indokolatlanul nagy töltéssel, amit a fődinamó nem tud felvenni és a fődinamó sincs túl gerjesztve, amivel túlterhelné a motort. Ezzel a főgépcsoport hatásfokát maximalizálhatjuk. Ugyanakkor, mivel ismerjük a fődinamó hatásfokát a teljesítmény függvényében (**42. ábra**), így meg tudjuk a dízelmotor teljesítményét is közvetetten mérni, visszaszámolva a villamos teljesítményből.

Ezt a mérést főjavítások után a fődinamó gerjesztés szabályzásának beállítása céljából, illetve főgépegységek cseréjekor szokták elvégezni, az említett okokból. A vontatójárműveken a gerjesztés szabályzó berendezés a beállítást követően a motor elhasználódása folytán a csökkenő teljesítményt már tudja kezelni.

A vízellenállásos terhelő berendezés

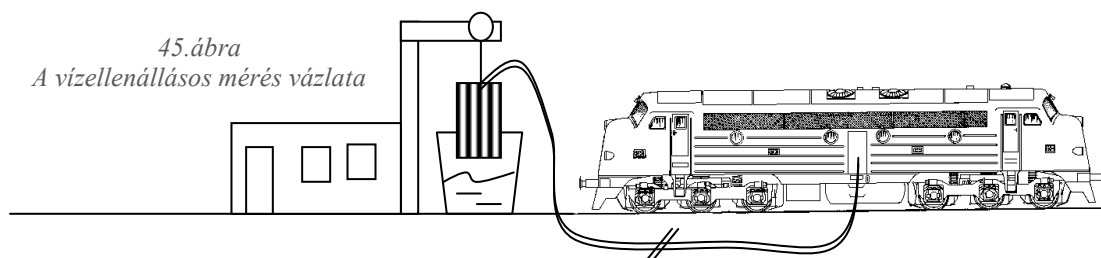
A vízellenállásos terhelő berendezés szabadtéren helyezkedik el, a vágány egyik felén a vízellenállás, másik felén a mérőszoba. A berendezés villamos jellemzői:

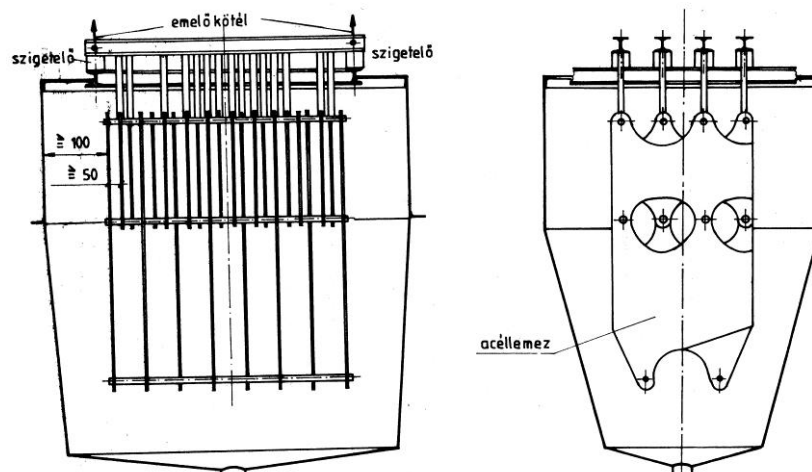
- legnagyobb megengedhető üzemi feszültség: 1000 V
- megengedett maximális áramterhelés: 3000 A
- megengedett tartós áramterhelés: 1680 A
- legnagyobb tartós teljesítmény: 2,5 MW
- szigetelési próbafeszültség: 2000 V

Szerkezeti jellemzői:

- víztérfogat: 5 m³
- Az elektródacsoport anyaga acéllemez, az acéllemezek közötti távolság 50 mm-nél kisebb nem lehet, a tartály falától mért távolság pedig legalább a lemezek távolságának kétszerese, a lemezek merevítve vannak. A vízellenállásos terhelő berendezés elvi vázlatát a **44. ábrán** láthatjuk.
- Az elektródacsoport csigán átvett emelőkötelek segítségével süllyeszthető vagy emelhető. Az áramcsatlakozás hajlékony vörösréz vezetékkel történik.
- Elektrolitként felhasználható bármilyen minőségű üzemi víz. Nagyobb áramerősség beállításához ajánlatos 0,5~2,5 %-os szóda (nátriumkarbonát Na₂CO₃) oldat képzése. A szóda adagolása egyúttal csökkenti az elektrolit vezetőképességének hőfokfüggőségét.
- A főgépcsoport terhelésének beállítása az elektródacsoport emelésével vagy süllyesztésével lehetséges, melynek távvezérlése a mérőszobából történik. Az elektródamozgás tényét visszajelző lámpa mutatja. A mozgást mindkét irányban végálláskapcsolók határolják. [3] A mérés elrendezését a **45. ábra** mutatja.

45. ábra
A vízellenállásos mérés vázlata





44. ábra

A vízellenállásos terhelő berendezés elvi vázlata [3]

A vízellenállásos mérés menete

A mozdony fődinamóját átkötik a külső vízellenállásra, ilyenkor a vontatójármű elektromos főáramkörét megbontják és sorba kötik a fődinamót a vízellenállásos terhelő berendezéssel. A dízelmotor névleges fordulatszámon üzemel terheletlenül, majd elkezdik csökkenteni az ellenállás mértékét, amivel leterhelik a dízelmotort. Ezt a lemezek vízbeérő keresztmetszetének változtatásával érik el, vagyis mélyebbre lógatják bele a vízbe azokat. Közben mérik a fődinamó áramát és feszültségét. A mérést végezhetik a fődinamó külső, manuális gerjesztésével is, de általában a beépített terhelésszabályzóval szokták végezni, mivel így azt - a kapott eredmények alapján - a mérés alatt be tudják állítani. Egy vízellenállásos mérést mutat be a **46. ábra**.



46. ábra

Vízellenállásos terhelőberendezés üzem közben

A mért értékek

4. táblázat: M62-054 mérési adatai				
Primer értékek:		számolt értékek*:		
áram [A]	feszültség [V]	fődinamó teljesítmény [kW]	$\eta_{\text{fődinamó}}$	motor teljesítmény [kW]
3600	340	1224	0,91	1345
3200	380	1216	0,91	1336
2800	440	1232	0,92	1339
2400	500	1200	0,92	1304
2000	570	1140	0,93	1226
1600	580	928	0,93	998

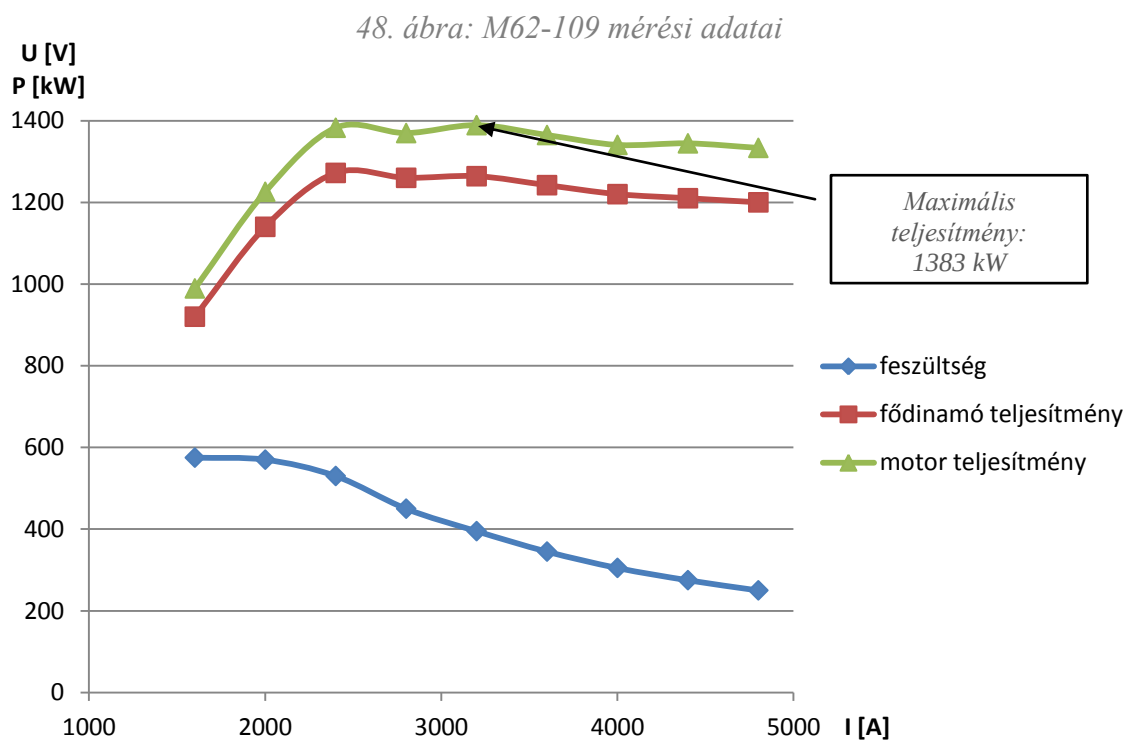
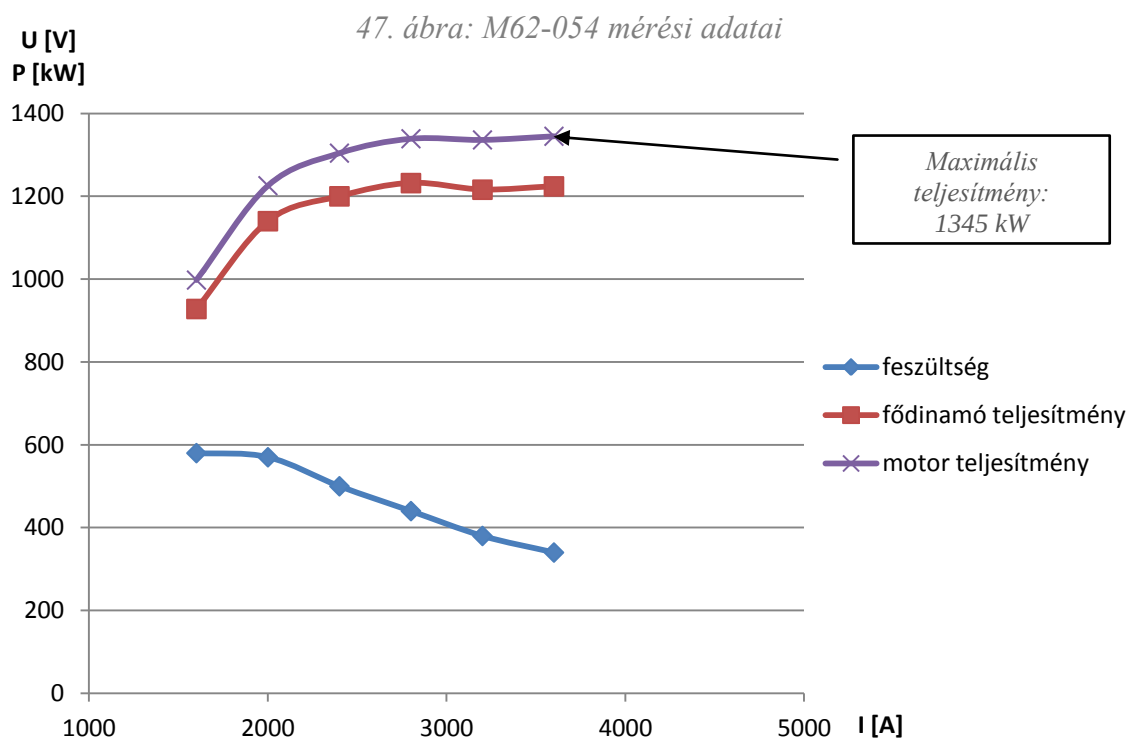
5. táblázat: M62-109 mérési adatai				
Primer értékek:		számolt értékek*:		
áram [A]	feszültség [V]	fődinamó teljesítmény [kW]	$\eta_{\text{fődinamó}}$	motor teljesítmény [kW]
0	580	0	-	-
1600	575	920	0,93	989
2000	570	1140	0,93	1226
2400	530	1272	0,92	1383
2800	450	1260	0,92	1370
3200	395	1264	0,91	1389
3600	345	1242	0,91	1365
4000	305	1220	0,91	1341
4400	275	1210	0,90	1344
4800	250	1200	0,90	1333

6. táblázat: M61 menet közbeni mérési adatai						
Primer értékek:				számolt értékek*:		
menet-fokozat	sebesség [km/h]	áram [A]	feszültség [V]	fődinamó teljesítmény [kW]	$\eta_{\text{fődinamó}}$	motor teljesítmény [kW]
8	62	1705	764	1303	0,95	1371
7	60	1600	744	1190	0,95	1253
6	55	1495	675	1009	0,95	1062
6	51	1280	605	774	0,94	824
5	48	1110	465	516	0,94	549
6	44	1060	880	933	0,94	992
3	37	750	476	357	0,94	380
2	34	395	320	126	0,87	145

* A mért értékekből (áram, feszültség) kiszámoltam a fődinamó teljesítményét, majd a fődinamó hatásfokát ábrázoló diagramról leolvastam a pontos áramértékekhez tartozó hatásfokot. Ennek segítségével meghatároztam a dízelmotor által leadott teljesítményt.

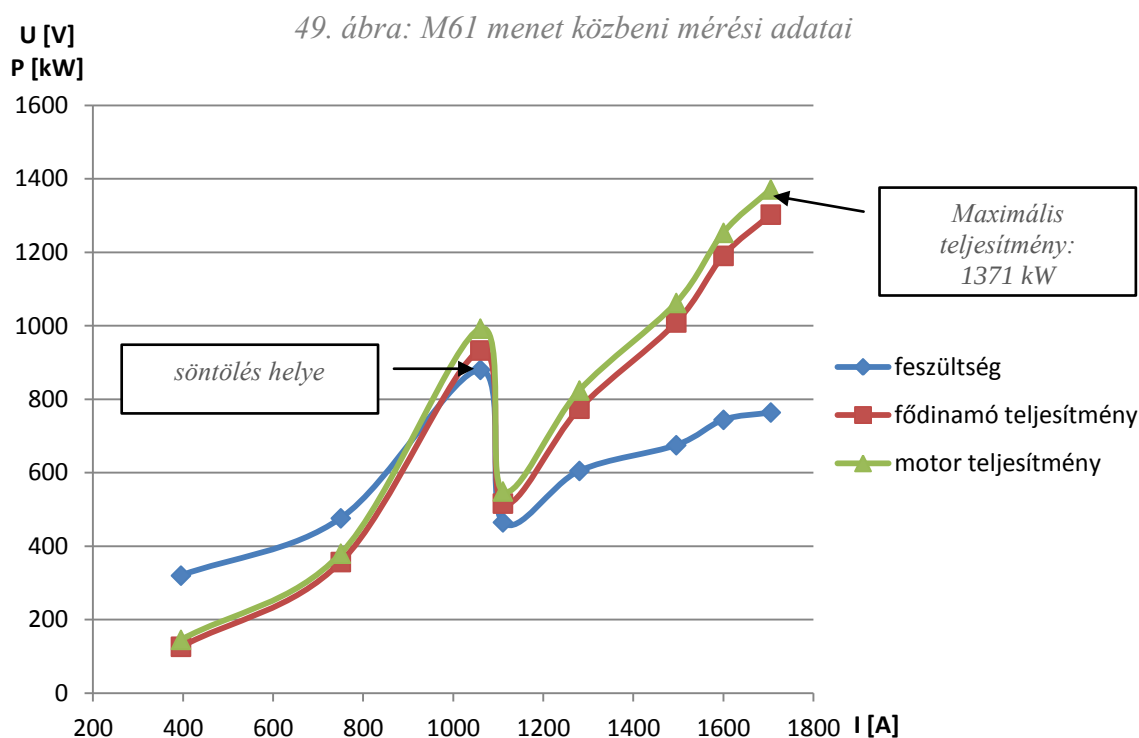
A mérés kiértékelése

A kapott értékeket grafikonon ábrázoltam (47, 48. ábra), így jól látható a fődinamó feszültségesése a terhelés hatására. Nem lesznek az adatok ilyen egyértelműek egy haladó járműven mérve, mivel a motor terhelése állandóan változik a pályaviszonyok függvényében.



A kapott teljesítményértékek alapján a motorok nem tudják leadni az elméletileg leadható 1470 kW-ot.

Másik mérési lehetőség menetközben mérni a fődinamó kapocsfeszültségét és a rajta átfolyó áramot (**49. ábra**). Ennél a mérésnél viszont sokkal nehezebben kiértékelhető adatokat kapunk és sokkal többet is kell egyszerre figyelni, mert az adatok állandóan változnak a mozdony üzeméből fakadóan. Bármikor bekapcsolhat a kompresszor, vagy változhat a hűtőventillátorok teljesítményfelvétele. A különböző söntölési fokozatok is befolyásolhatják a mérést. Ezt jól szemlélteti a következő mérés, ahol a 47 km/h-nál kapcsolódó söntölés hatását látjuk a fődinamó feszültségére. A motor teljesítmény azért változott meg ilyen nagy mértékben, mert közben változtatták a menetállását, vagyis a teljesítményét. Ebből is látszik miért inkább a vízellenállásos mérést részesítik előnyben, mivel sokkal egyszerűbb a kiértékelése. Az itt kapott maximális teljesítmény sem mérhető mivel, az elméleti adatok alapján a motorból kivehető legnagyobb teljesítmény 80 km/h-nál van, így az még nőhet.



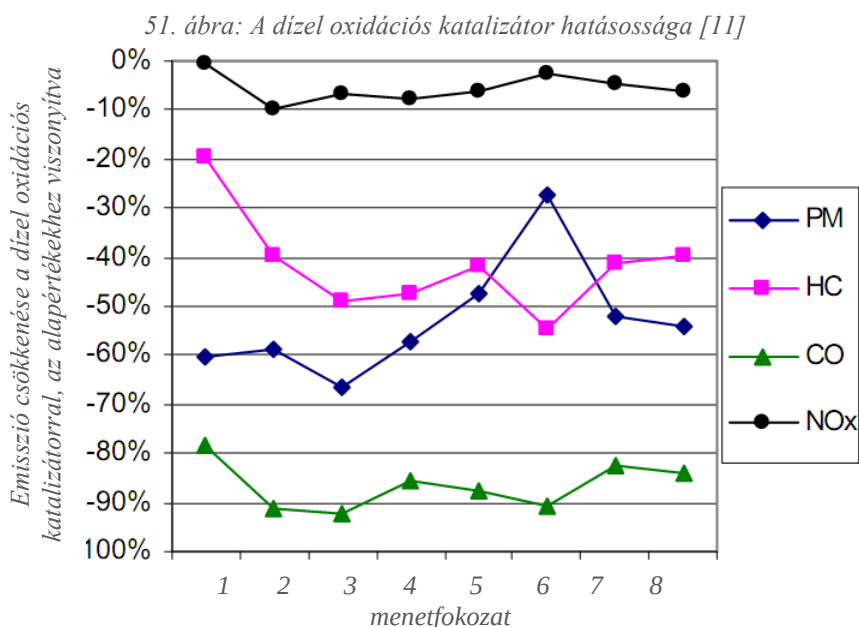
Modern alkalmazások

Vasút

Hazánkban nem valószínű, hogy nagyobb teret nyerne ez a motor típus, de külföldön (pl.: anglia, amerika, india, kína) még az új vontatójárművek jelentős részébe is kétütemű dízelmotort építenek. A fejlesztések nem álltak le, a legfontosabb irány a kisebb károsanyag kibocsátás elérése. Többféle terv is van már erre például a dízel oxidációs katalizátor, aminek kivitelezését a **50. ábrán** láthatjuk, melynek kivitelezése lehetővé teszi a beépítését egy sima kipufogódob helyére. Ezzel egyenlőre még csak kísérleteznek, de a kapott adatok biztatóak (**51. ábra**). A Az elektromos befecskendezés vezérlés az egyetlen, ami nagy darabszámban alkalmazott, ennek a programozásán változtatva is lehet még javítani a károsanyag kibocsátáson.



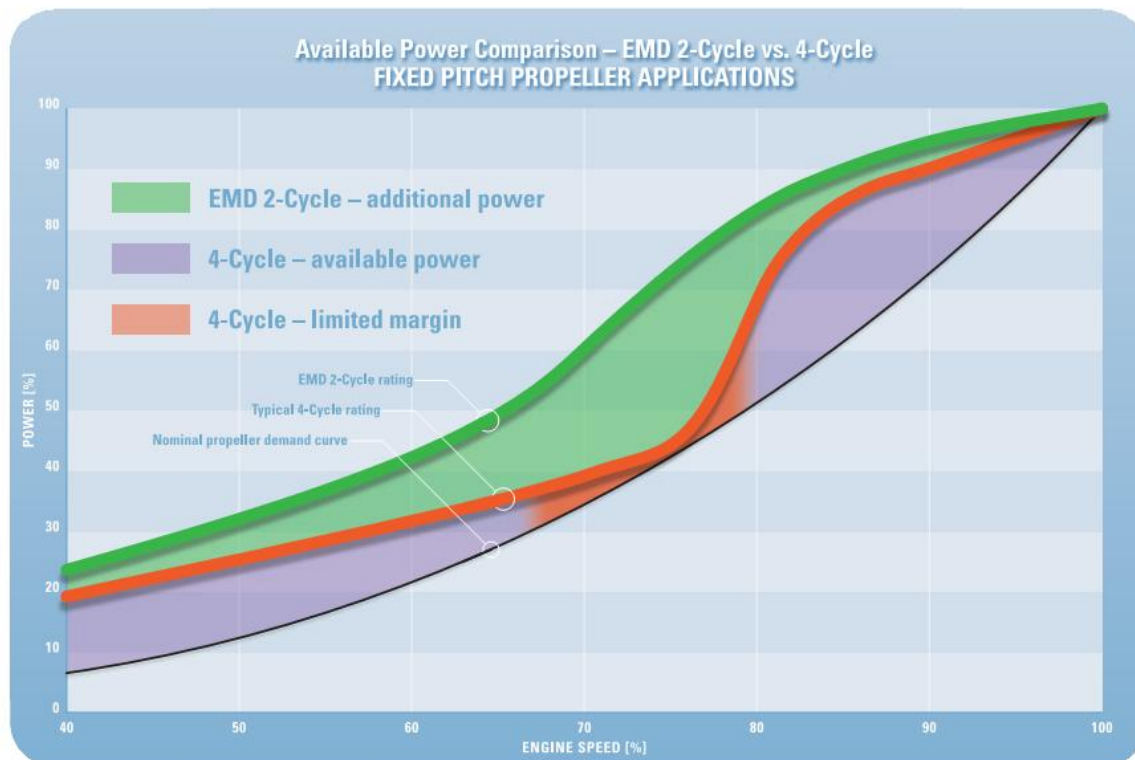
50. ábra
A dízel oxidációs katalizátor kialakítása a General Motors 16-710G3A típusú motorhoz [11]



Hajózás

Mivel a kétütemű dízelmotor nyomaték görbéje jobban igazodik - a négyütemű motorokéhoz képest - a hajócsavar terheléséhez, így még ma is előszeretettel alkalmazzák. Erre egy jó példa a dinamikus pozicionálás, ami napjainkban egyre nagyobb szerepet kap.

A kétütemű dízelmotorok nagy biztonsági tartalékkal rendelkeznek a hajócsavar terheléséhez képest, így kiváló gyorsítási- és reakcióképességgel rendelkeznek. Összehasonlításképpen a hajócsavar okozta terhelést a négyütemű dízelmotorok csak kis biztonsági tartalékkal képesek közepes és magas fordulatszám tartományban legyőzni. A terhelés hirtelen változása miatt üzemi körülmények között is túlterhelődhetnek a négyütemű dízelmotorok. Az **52. ábrán** látható, hogy közepes fordulatszám tartományban könnyen instabillá válhat a négyütemű motor munkapontja [13].



52. ábra

A kétütemű és a négyütemű dízelmotor karakterisztikájának összehasonlítása [13]

Irodalomjegyzék:

- [1]: Boros Péter, Kovács József, Novák András
NOHAB : A MÁV M61-es mozdonyainak története
Budapest, 2002
- [2]: Bozi Lajos - Papp Gyula - Horváth Viktor
Járműjavítási technológia II.
Budapest, 1977
- [3]: Dr. Bozóky László
Dízel vontatójárművek mérési útmutató III.
Budapest, 1995
- [4]: Electro Motive Division General Motors Corporation:
567B engine maintenance manual
3rd edition jan 1953 USA
- [5]: Electro Motive Division General Motors Corporation:
567C engine maintenance manual
3rd edition jan 1957 USA
- [6]: Electro Motive Division General Motors Corporation:
645E3 turbo engine maintenance manual
7th edition march 1979 USA
- [7]: Electro Motive Division General Motors Corporation:
710G3B/G3C series turbocharged engine maintenance manual
3rd edition 1999 USA
- [8]: Lovas József, Mezei István
Vasúti dízeljármű-vezetők zsebkönyve
Budapest, 1981
- [9]: Mezei István
Nagyteljesítményű dieselmozdonyok
Budapest, 1964
- [10]: Szakács Gábor
A korszerű diesel-mozdonyok üzemeltetése, karbantartása, különös tekintettel a
MÁV M61 sorozatú mozdonyainak diesel-motoraira
Budapest, 1964
- [11]: <http://www.arb.ca.gov/railyard/ryagreement/112807fritz.pdf>
- [12]: http://www.emdiesels.com/emdweb/products/pdf/EMD_OEM_T1_Injectors_for_T0_0811.pdf
- [13]: http://www.emdiesels.com/emdweb/products/powerproducts/pp_index.html
- [14]: <http://www.maritime.org/fleetsub/diesel/index.htm>
- [15]: <http://www.tugboatenthusiastsociety.org/Pages/cutaways-engines.htm>