

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Elektrohidraulikusan vezérelt szelep működtetés megvalósíthatóságának elemzése

Szerzők: Bokodi Ábel
Gépészmérnöki szak, 3. évfolyam

Konzulens: Dr. Szabó József Zoltán
Egyetemi docens

Tartalom

Bevezető	3
1.A mechanikus szelepvezérlési technológiák fejlődése.....	4
1.1. A négyütemű belsőégésű motorok töltetcsere fejlődésének története.	4
1.2 A töltetcsere paraméterek változtatásának gyakorlati megvalósítása	6
1.3. A mechanikus töltetcsere vezérlés határai	9
2. A töltetcsere folyamattal kapcsolatos alapfogalmak	12
2.1 Az optimális levegőbevitel jelentősége	12
2.2. A töltetcsere folyamata és szerkezeti elemeinek bemutatása.....	13
3. Az emissziós előírások szigorításának hatása a töltetcsere folyamat fejlődésére	15
4. Az adaptív szelepvezérlés alkalmazásának jelentősége a korszerű motorokban	19
5. Elektrohidraulikusan vezérelt szelep működtetés fejlesztése.....	22
5.1. A szelep működtetés elemei és működése	22
5.2. Működés alacsony terhelésen	23
5.4. Működés közepes terhelésen	25
5.5. Működés magas terhelésen	27
6. A vezérműben ébredő erőhatások és igénybevételek számítása	28
7. A vezérműbütők kialakításával szembeni követelmények.....	30
8. Elektrohidraulikus rendszer felépítése	33
9. Összefoglalás-konklúzió	34
10. Ábrajegyzék	35
11.Hivatkozás jegyzék	36

Bevezető

A dolgozat első szakaszában áttekintem a belsőégésű motorok vezérlési technológiáinak evolúcióját, kezdve a korai megoldásoktól a jelenleg is használt fejlett változó szelepvezérlési rendszerekig, mint például a BMW Valvetronic rendszere, a Honda VTEC technológiája és a Toyota VVT-i rendszere. Elemzem a szigorodó emissziós előírások hatását a motorfejlesztési stratégiákra, különös tekintettel a modern emissziós szabályozás követelményeire, amelyek mind a dízel, mind a benzinmotorok esetében érvényesülnek. Részletezem a szelepnyitás időtartamának és mértékének szabályozásának fontosságát, és bemutatom az általam tervezett elektrohidraulikusan vezérelt szeleprendszer részeit, valamint annak működési elvét alacsony, közepes és magas motor terhelések mellett.

A kutatás folytatásaként bemutatom a változó szelepvezérlési rendszerek alkalmazásának előnyeit, mint például a motorüzemanyag-fogyasztásának csökkentése, a kibocsátási értékek optimalizálása és a motor teljesítményének javítása. Elemzem a szelepvezérlési technológiák fejlesztési irányait és kihívásait, különös figyelmet fordítva az elektrohidraulikus rendszerekre, amelyek a legújabb innovációk közé tartoznak ezen a területen. Az elektrohidraulikus vezérlési megoldások jelentősége kiemelkedik azáltal, hogy ezek adaptívabbá és hatékonyabbá teszik a motor működését különböző működési állapotokban.

Végül, a dolgozat összefoglalja az elektrohidraulikus változó szelepvezérlés fejlesztésének potenciális előnyeit a jövőbeli motor technológiákban, különös tekintettel azokra a megoldásokra, amelyek elősegíthetik a belsőégésű motorok környezeti hatásainak csökkentését és a teljesítmény növelését. Az eredmények jelentősége a fenntarthatósági célok elérése és az innovatív motorvezérlési stratégiák előmozdítása terén értékelendő.

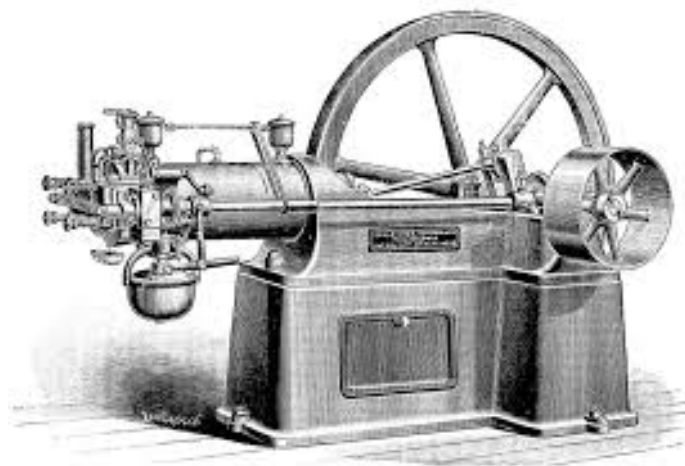
1.A mechanikus szelepvezérlési technológiák fejlődése

1.1. A négyütemű belsőégésű motorok töltetcsere fejlődésének története.

A négyütemű belsőégésű motorok töltetcsereje jelentős technológiai fejlődésen ment keresztül az elmúlt évszázadok során. A motorok fejlesztésében az egyik legfontosabb szempont mindig is az üzemanyag-hatékonyság, a teljesítmény növelése és a káros környezeti hatások minimalizálása volt. A töltetcsere, mint kulcsfontosságú műszaki megoldásnak, kiemelkedő szerepe van e célok elérésében.

A kezdetek és Nikolaus Otto innovációi

A négyütemű motorok története 1876-ra nyúlik vissza, amikor Nikolaus Otto bemutatta az első sikeres négyütemű belsőégésű motort. Ezt a motort gyakran az "Otto-motor" néven emlegetik, ami forradalmasította a korabeli gépészetet. Otto motorja a következő négy alapvető ütemen alapult: szívás, sűrítés, munkavégzés (expanszió) és kipufogás. Ezen ütemek során a motorvezérlés rendkívül egyszerű volt: a szelepek mechanikusan nyíltak és záródtak, amelyet a kerekek és tengelyek mechanikai összeköttetése biztosított. Ez a megoldás azonban korlátozott kontrollt biztosított a szelepek felett, ami befolyásolta a motor teljesítményét és hatékonyságát.



1. ábra Otto-motor [1]

A változó szelepvezérlés fejlődése

A 20. század elejére a motorok iránti igény növekedésével egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy az egyszerű mechanikus vezérlés korlátai jelentősen akadályozzák a motorok teljesítményének és hatékonyságának növelését. A változó szelepvezérlés (Variable Valve Timing, VVT) technológia fejlesztése válaszként született meg a motorok dinamikus igényeire. A VVT lehetővé tette, hogy a szelepnyitás és -zárás idejét finoman szabályozzák a motor fordulatszámához igazodva, optimalizálva ezzel a töltetcserét és növelve a motor teljesítményét különböző működési tartományokban.

Technológiai innovációk és modern megoldások

A technológiai fejlődés a 20. század második felében tovább gyorsult. A digitális vezérléstechnikák megjelenésével új dimenzió nyílt meg a motorvezérlés területén. A modern elektronikus vezérlőegységek (ECU) képesek voltak részletesen szabályozni a szelepnyitás és -zárás paramétereit, reagálva a motor aktuális működési állapotára. Az ilyen rendszerek, mint például a Honda VTEC rendszere, radikális változtatásokat tettek lehetővé a szelepemelésben és időzítésben, ami további javulást eredményezett a motorok adaptív teljesítményében és környezeti hatásában.

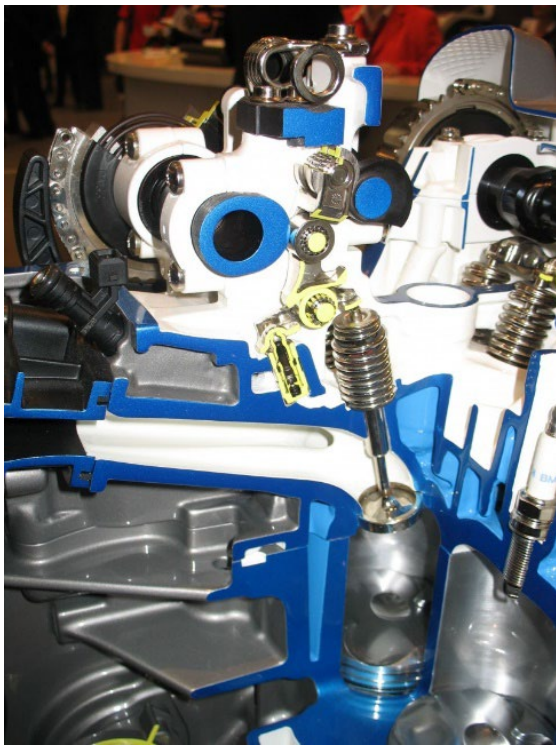
Környezeti szabályozások és a jövő kihívásai. A 21. században a környezetvédelmi előírások szigorodása és a fenntarthatóság iránti növekvő társadalmi elvárások újabb kihívások elé állították a motorfejlesztőket. A töltetcserét optimalizáló technológiák, mint az elektrohidraulikus és elektromechanikus szelepvezérlés, előtérbe kerültek, amelyek még finomabb kontrollt biztosítanak a motor működése felett. Ezek a rendszerek nem csak a teljesítményt képesek növelni, hanem jelentősen csökkentik a káros környezeti hatásokat is, megfelelően ezzel a modern kor szigorú emissziós előírásainak.

A négyütemű belsőégésű motorok töltetcsere-fókuszú története így nem csupán a gépjárműipar fejlődését tükrözi, hanem a mérnöki innovációk és környezettudatos technológiák összefonódását is, amelyek a jövőben is kulcsfontosságúak maradnak a fenntartható mobilitás és a környezetvédelem szempontjából.

1.2 A töltetcsere paraméterek változtatásának gyakorlati megvalósítása

A belsőégésű motorok fejlesztése során a töltetcsere paraméterek optimalizálása kritikus szerepet játszott a motorhatékonyság, a teljesítmény és a környezeti hatások szempontjából. A változó szelepvezérlés technológiáinak kifejlesztése lehetővé tette, hogy a motorok finomabban reagáljanak a különböző működési körülményekre. Ebben a részben néhány gyakorlati példán keresztül mutatjuk be, hogy ezek a technológiák miként javították a motorok teljesítményét és csökkentették azok környezeti terhelését.

BMW Valvetronic rendszer

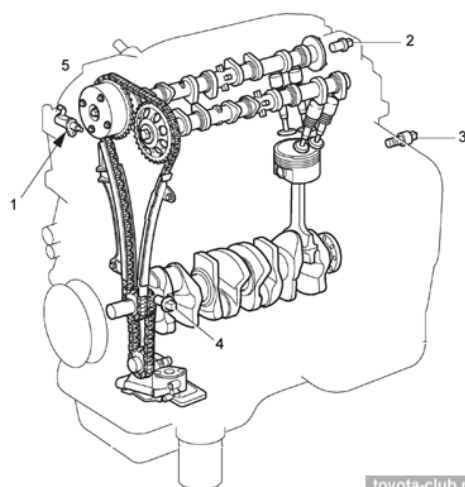


2. ábra BMW Valvetronic rendszer [2]

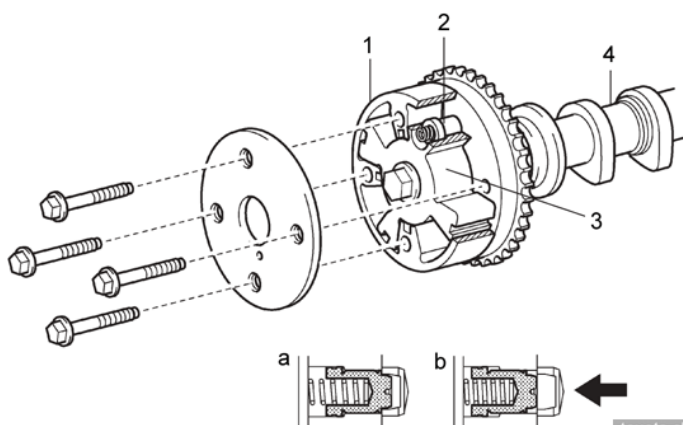
A BMW által kifejlesztett Valvetronic rendszer egy digitálisan vezérelt mechanizmust alkalmaz, amely lehetővé teszi, hogy a szelepek nyitási mélységét üzem közben fokozatmentesen állítsuk 0,3 mm és 9,5 mm között. Ez a technológia lehetővé teszi a belsőégésű motor teljesítményének finomhangolását. A vezérműtengely végére szerelt csúszó ferdefogazatú kerek segítségével a vezérmű tengelyhajtáshoz képesti szögelfordulással (elékeléssel) módosítható a szelepek nyitvatartási fázisának időzítése, amit több gyártó is alkalmaz. A Valvetronic rendszer két mechanizmusának kombinált alkalmazása teszi lehetővé

a motor teljesítményének precíz szabályozását. A szelepmozgató mechanizmus kulcs eleme a vezérműtengelyen elhelyezkedő vezérlőbűtyök, amit a főtengely hajt. A szelepnyitás mélységének változtatása egy villamos motorral elfordítható állítóprofil segítségével történik, ami a közlőhimba támasztási pontját fokozatmentesen változtatja. Ezáltal a közlőhimba pozíciójának szöge úgy módosul, hogy amikor az állító profil növeli a himba szöget a szelepszárhoz viszonyítva, a vezérműtengely bűtyökprofiljának emelő-mozgása kevésbé érvényesül, így a szelepnyitás minimális lesz. A szelepidőzítés módosítása a vezérműtengely hajtott végére szerelt hidraulikus működtetésű, ferdefogazású, egymásba csúszó fogaskerekek segítségével történik, amit az első generációs VANOS technológia alkalmaz. A VAriable NOckenwellenSteuerung, vagyis VANOS rendszer lehetővé teszi a szelepnyitás fázisának állítását a szívó oldali vezérműtengelyen, az FHP (felsőholtpont) előtt két fokozatban, 80 és 105 főtengelyfok között. Ezzel a technológiával a BMW jelentősen javítja a motor hatékonyságát, csökkenti az üzemanyag-fogyasztást, és növeli a motor teljesítményét.

Toyota VVT-i technológia



4. ábra Toyota VVT-i [4]



3. ábra Toyota VVT-i [3]

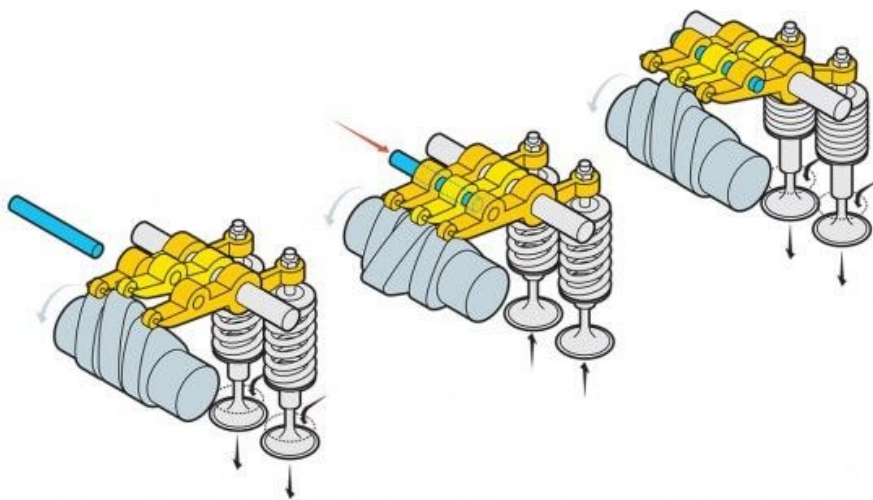
A VVT rendszer a motor főtengelyéhez képest állíthatja a szívó- és kipufogó vezérműtengelyek pozícióját. Ezáltal képes a szelepnyitási és szelepszárodási időpontokat az aktuális motorfordulatszám és terhelés függvényében optimálisan beállítani. A változtatás hidraulikus aktuátorok segítségével történik, melyek az olajnyomást használják fel a vezérműtengelyek pozíciójának módosítására.

A vezérműtengely pozíciójának változtatása a következőképpen történik Hidraulikus Aktuátorok: Az aktuátorok a motorolaj nyomását használják fel a vezérműtengelyek finom mozgatására. A motor ECU-ja (Engine Control Unit, azaz motorvezérlő egység) az aktuális motorállapotokat (például fordulatszám, motorhőmérséklet) érzékeli és szabályozza az olajnyomást az aktuátorokban, optimálisan beállítva a vezérműtengelyeket. A fázisállító mechanizmus lehetővé teszi, hogy a vezérműtengelyeket előre vagy hátra lehessen állítani a főtengelyhez képest, így megváltoztatva a szelepnyitás és -zárás időzítését. Ez a folyamat folyamatosan történik a motor működése során, lehetővé téve a teljesítmény és a kibocsátás optimalizálását különböző üzemi körülmények között. Modern VVT rendszerek, mint a VVT-i E, elektromos aktuátorokat is használnak a fázisállításra, amelyek gyorsabb és pontosabb vezérlést tesznek lehetővé, különösen alacsony fordulatszámokon és hidegindításkor.

Előnyök

Hatékonyság: A szelepnyitás és zárás időzítésének optimalizálásával a motor hatékonyabban tudja felhasználni a belépő levegőt és a tüzelőanyagot, csökkentve az üzemanyag-fogyasztást és a károsanyag-kibocsátást. **Teljesítmény:** A motor teljesítménye javul, mivel a szelepnyitási idők finomhangolása lehetővé teszi a töltet jobb kihasználását, különösen magas fordulatszám tartományokban. **Környezeti hatás:** A pontos szelepvezérlés révén csökken a káros anyagok kibocsátása, így a motorok környezetbarátabbak lesznek.

Honda VTEC rendszere



5. ábra Honda VTEC [5]

A Honda mérnökei előtt álló feladat az volt, hogy növeljék a motorok nyomatékát és teljesítményét az alacsony és magas fordulatszámtartományokban, miközben csökkentik az üzemanyag-fogyasztást és alkalmazkodóképességet biztosítanak a különböző Honda motorok számára. Megoldásként csökkentették a motor mozgó alkatrészeinek súlyát, így a magasabb fordulatszámokon keletkező nagyobb tehetetlenségi erők sem jelentenek veszélyt az alkatrészekre. A szelepek mozgásának szabályozására minden hengerhez további bütyökprofilokat alakítottak ki mind a kipufogó, mind a szívó oldali vezérműtengelyeken. Az alacsony fordulatszámhoz optimalizált eredeti két bütyök két-két szívó- és kipufogószelepet működtet egy-egy szelephimbán keresztül, a profiljaiknak megfelelő nyitási mélységgel és időzítéssel. A magas fordulatszámhoz optimalizált további egy bütyök egy külön vezérlőhimbát működtet, amelyet hidraulikus szelepemelő támaszt. A három szelephimba egymás mellett működik, és egy közös furattal rendelkezik, amely lehetővé teszi a himbák összekapcsolását. A VTEC rendszer egyik kulcseleme a hidraulikus munkahengerként funkcionáló szélső himba, amelyben egy dugattyú található. Az üzem közben a motorolaj nyomáson átjut a dugattyúhoz, amely elmozdulva összekapcsolja a himbákat, így a magas fordulatszámra optimalizált bütyökprofil veszi át a vezérlést. A motorolaj nyomását a motor vezérlőegységével szabályozott mágnesszelep biztosítja. Ezzel a konstrukcióval a Honda elérte a 100 lóerő/liter teljesítmény-hengertérfogat arányt, és a technológiát máig minden motorjában alkalmazza.

1.3. A mechanikus töltetcsere vezérlés határai

Az emissziós előírások szigorítása jelentős hatást gyakorolt a motorfejlesztési stratégiákra világszerte, kihívások elé állítva a járműgyártókat az üzemanyag-hatékonyság, a motor teljesítményének növelése és a káros környezeti hatások csökkentése terén. Az elmúlt évtizedekben a globális szabályozó hatóságok egyre szigorúbb kibocsátási normákat vezettek be, amelyek célja, hogy csökkentsék a járművek által kibocsátott szén-dioxidot és egyéb káros anyagokat, mint például az ózonréteg-romboló nitrogén-oxidokat és a részecskeszennyeződések.

Az emissziós előírások globális szigorodása

A környezeti előírások szigorodása az 1970-es években kezdődött az Egyesült Államokban a Tiszta Levegő Törvény (Clean Air Act) bevezetésével, amely előírta a járművek kipufogógázaiban található káros anyagok szintjének jelentős csökkentését. Ezt követően Európában és más régiókban is hasonló szabályozásokat vezettek be, mint például az Euro

emissziós normák, amelyek szintén szigorú határértékeket állapítottak meg a különböző károsanyag-kibocsátásokra.

Hatások a motorfejlesztésre

A szigorodó emissziós előírások jelentős változásokat igényeltek a motorfejlesztés terén. A gyártóknak új technológiák fejlesztésébe kellett folyamodniuk a károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében, miközben nem veszélyeztethették a motor teljesítményét és gazdaságosságát. E válaszként születtek meg a különböző innovatív technológiák, mint például a szelepidőzítési technológiák, a közvetlen üzemanyag-befecskendezés, a turbófeltöltés, és a hibrid hajtásláncok, amelyek képesek optimalizálni a motor működését és csökkenteni a károsanyag-kibocsátást.

Környezetbarát technológiák és jövőbeli irányok

Az autópárhban a szigorú emissziós előírások hatására fokozódott az alternatív hajtásláncok, mint például az elektromos és hibrid motorok fejlesztésére irányuló kutatások. Ezek a technológiák nem csak hogy segítenek megfelelni a kibocsátási előírásoknak, de hosszú távon képesek radikálisan csökkenteni a járművek ökológiai lábnyomát. Az új fejlesztések közé tartoznak az úgynevezett "zöld motorok", amelyek alternatív üzemanyagokat használnak, például bioetanolt vagy hidrogént, és így tovább mérséklék a környezeti terhelést.

A mechanikus vezérlésű töltetcsere hosszú ideig volt az autópárh standardja, ám az évek során egyre nyilvánvalóbbá váltak ennek a technológiának a korlátai. Bár ezek a rendszerek megbízhatóak és viszonylag egyszerűek voltak, számos területen akadályozták a motorok teljesítményének és hatékonyságának javítását. A következő szakaszokban részletezzük ezeket a korlátozó tényezőket, amelyek a modern motorfejlesztési irányokat jelentősen befolyásolták.

Rugalmatlanság a szelepvezérlésben

A mechanikus szelepvezérlés legnagyobb korlátja a rugalmatlanság. A hagyományos rendszerekben a szelepek nyitása és zárása egy fix mechanikus kapcsolatot követett, amely nem engedett teret az adaptációra különböző motorüzemi állapotokhoz. Ez azt jelentette, hogy a motor teljesítménye és hatékonysága csak egy meghatározott fordulatszám-sávban volt optimális, míg más tartományokban jelentősen csökkenhetett.

Korlátozott teljesítmény és üzemanyag-hatékonyság

A mechanikus vezérlés korlátozott dinamikai beállíthatósága miatt a motorok nem tudtak ideális töltetet biztosítani minden üzemállapotban, ami kihatással volt a teljesítményre és az üzemanyag-hatékonyságra. Alacsony fordulatszámon a motorok gyakran több levegőt szívtak be, mint amennyire szükségük volt, ami felesleges üzemanyag-fogyasztáshoz vezetett. Magas fordulatszámon pedig nem volt elegendő a levegőbevitel, ami korlátozta a motor teljesítményét.

Emissziós problémák

A fix szelepvezérlési idők a károsanyag-kibocsátás szempontjából is problémásak voltak. Mivel a motorok nem képesek finoman szabályozni a levegő/üzemanyag keverék arányát és a töltetcsere időzítését, ez gyakran vezetett túlzott károsanyag-kibocsátáshoz, különösen alacsony terhelés és alacsony fordulatszám esetén. A modern emissziós előírások mellett ezek a korlátok tarthatatlanná váltak.

Fejlesztési és karbantartási költségek

Bár a mechanikus szelepvezérlésű rendszerek egyszerűbbek és olcsóbbak lehetnek a gyártás során, a karbantartásuk bonyolultabb és költségesebb, különösen az összetettebb motorok esetében. A szelepvezérlési idők mechanikus beállítása időigényes folyamat, ami precíz műszaki ismereteket igényel, és a kopás miatti rendszeres karbantartást és beállítást nem lehet elhanyagolni.

A modern alternatívák felé való elmozdulás

Mindezek a korlátok ösztönözték a járműgyártókat, hogy új megoldásokat keressenek, amelyek lehetővé teszik a motor működésének finomabb szabályozását és alkalmazkodását a különböző üzemi körülményekhez. A változó szelepvezérlésű technológiák, mint a VVT és VTEC, valamint az elektrohidraulikus és elektromechanikus vezérlésű rendszerek, a modern motorfejlesztési trendek élére törtek, mivel képesek leküzdeni a hagyományos mechanikus rendszerek korlátait, így hatékonyabbá, teljesítményesebbé és környezetbarátabbá téve a motorokat.

2. A töltetcsere folyamattal kapcsolatos alapfogalmak

2.1 Az optimális levegőbevitel jelentősége

A belsőégésű motorok működésének alapja a töltetcsere folyamata, amely során a friss levegő bevezetése és az égéstermékek eltávolítása történik. A levegő bevezetésének módja közvetlen hatással van a motor teljesítményére, hatékonyságára és környezeti hatásaira. Ez a szakasz bemutatja, hogy miért fontos a levegőt optimálisan bevezetni, és hogyan befolyásolja ez a motor működését.

Az optimális levegőbevitel jelentősége

A levegő bevezetésének módja kritikus tényezője a belsőégésű motorok hatékonyságának. A motor teljesítménye és üzemanyag-hatékonysága közvetlenül függ a megfelelő mennyiségű és minőségű levegő bevitelétől, amely biztosítja a megfelelő égést. A levegő bevitelének optimalizálása lehetővé teszi a motor számára, hogy maximális erőt nyújtson a lehető legkevesebb üzemanyag-fogyasztással, miközben minimalizálja a káros kipufogógázok kibocsátását.

A töltetcsere szerepe a motor teljesítményében

A motor töltetcsere folyamata magában foglalja a levegő beszívását a szívószelepeken keresztül, az üzemanyag bekeverését, az égési folyamatot, majd az égéstermékek eltávolítását a kipufogószelepeken keresztül. A hatékony töltetcsere javítja a motor volumetrikus hatásfokát, ami azt jelenti, hogy a motor képes több levegőt és üzemanyagot befogadni, ezáltal növelve a belső égés hatékonyságát és a kibocsátott erőt.

Miért kritikus a levegő vezérlése?

A levegő vezérlése kulcsfontosságú a változó működési körülményekhez való alkalmazkodásban. A modern motorokban a változó szelepvezérlési rendszerek, mint például a VVT és a VTEC, lehetővé teszik a szelepnyitás időzítésének és hosszának dinamikus szabályozását, reagálva a motor aktuális igényeire. Ezek a rendszerek képesek optimalizálni a levegőbevitelt különböző fordulatszámok és terhelések mellett, így biztosítva, hogy a motor minden körülmények között a legjobb teljesítményt nyújtsa.

Szakirodalom szerepe a levegőbeviteli technológiák fejlődésében

A szakirodalom áttekintése kulcsfontosságú a levegőbeviteli technológiák fejlődésében, mivel lehetővé teszi a mérnökök és kutatók számára, hogy megértsék a legújabb innovációkat, fejlesztéseket és a legjobb gyakorlatokat. A kutatási eredmények és tanulmányok segítenek a gyártóknak abban, hogy tovább finomítsák és optimalizálják a motorok levegőbeviteli rendszereit, javítva ezzel az üzemanyag-hatékonyságot, csökkentve a károsanyag-kibocsátást és növelve a motorok teljesítményét. Ez a szakasz bemutatta, hogy a levegő bevezetése milyen módon és miért fontos a belsőégésű motorokban, kiemelve annak jelentőségét a motor teljesítményének és hatékonyságának szempontjából. Az innovatív szelepvezérlési technológiák és a folyamatos kutatások a motorok továbbfejlesztésének alapkövei, amelyek lehetővé teszik a járműipar számára, hogy megfeleljen a modern kor kihívásainak.

2.2. A töltetcsere folyamata és szerkezeti elemeinek bemutatása

A belsőégésű motorok energia-átalakítási ciklusa periodikus jellegű. A tüzelőanyagban rejlő energia mozgási energiává történő átalakításához szükséges, hogy a tüzelőanyag-keveréket a munkatérbe bevezessük, majd a munkavégzést követően az égéstermékeket onnan eltávolítsuk. Ez a ciklikus folyamat, amelyet töltetcsere néven ismerünk, alapvető a motor működéséhez. Általánosságban elmondható, hogy az égéstermékeknek maradéktalanul el kell hagyniuk a munkatérrel a következő energia-átalakító ütem, az expanzió hatékony lebonyolítása érdekében. Emellett bizonyos üzemi feltételek és környezetvédelmi előírások megkövetelhetik az égéstermékek egy részének visszavezetését vagy megtartását a hengertérben.

A belsőégésű motorok töltetcsere folyamatának hatékony működését számos szerkezeti elem és komponens biztosítja. Ezek az elemek nem csak a friss levegő és tüzelőanyag keverékének bevezetéséért és az égéstermékek eltávolításáért felelősek, hanem a motor teljesítményének, hatékonyságának és megbízhatóságának optimalizálásáért is. Az alábbiakban bemutatjuk a töltetcsere legfontosabb szerkezeti elemeit és azok igénybevételét.

Szelepek és szelepvezérlő mechanizmusok

A legkritikusabb szerkezeti elemek közé tartoznak a szívó- és kipufogószelepek, amelyek a levegő és tüzelőanyag keverékének bevezetését, illetve az égéstermékek eltávolítását irányítják. A szelepek precíz időzítése kulcsfontosságú a hatékony töltetcsere érdekében. A szelepvezérlő mechanizmusok, mint a vezérműtengelyek és a vezérműláncok vagy szíjak, a motor főtengelyének forgásától vezérelve biztosítják a szelepek nyitását és zárását a megfelelő időpontokban.

Szívócsatorna és kipufogórendszer

A szívócsatorna a levegő motorba történő bevezetésének útvonalát biztosítja, míg a kipufogórendszer az égéstermékek elvezetéséért felel. A csatornák és rendszerek kialakítása és méretezése döntően befolyásolja a levegőáramlás hatékonyságát és a motor teljesítményét. A turbófeltöltők és szuperfeltöltők, amelyek a levegő sűrítésére szolgálnak, tovább növelhetik a motorok hatékonyságát és teljesítményét.

Töltetcsere dinamikája

A töltetcsere dinamikája magában foglalja a levegő és tüzelőanyag keverékének bevezetését, az égést, és az égéstermékek eltávolítását. Ez a folyamat szorosan összefügg a motor termodinamikai ciklusával, és befolyásolja a motor teljesítményét, hatékonyságát és emisszióit. A dinamikus viszonyok, mint például a hengerben lévő nyomás és hőmérséklet változásai, döntően befolyásolják a töltetcsere hatékonyságát.

Kopás és élettartam

A töltetcsere szerkezeti elemei folyamatosan nagy mechanikai és hőmérsékleti igénybevételeknek vannak kitéve, ami idővel kopáshoz és fáradásukhoz vezethet. A szelepek és vezérlő mechanizmusok, valamint a szívó- és kipufogórendszerek anyagminősége és karbantartása alapvetően befolyásolja a motor hosszú távú megbízhatóságát és teljesítményét.

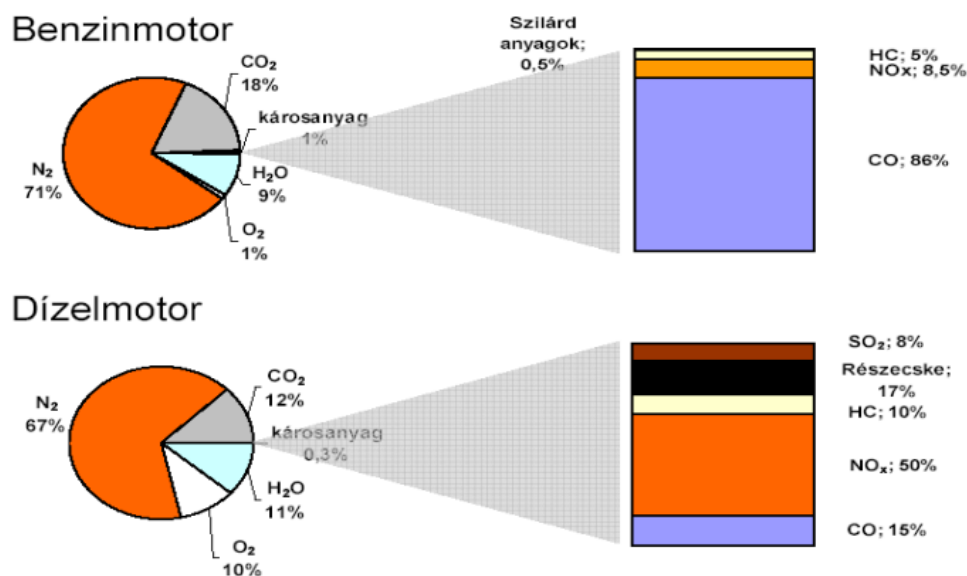
Összefoglalva, a töltetcsere szerkezeti elemei létfontosságúak a belsőégésű motorok optimális működéséhez. Ezeknek az elemeknek a kialakítása, minősége és karbantartása közvetlenül befolyásolja a motor teljesítményét, hatékonyságát és környezeti hatásait. A modern motorfejlesztés során ezért kiemelt figyelmet fordítanak ezekre a szerkezeti elemekre, hogy a lehető legjobb működési karakterisztikákat és hosszú élettartamot biztosítsák.

3. Az emissziós előírások szigorításának hatása a töltetcsere folyamat fejlődésére

	Hatályba lépés dátuma	NOx g/kWh	CO g/kWh	HC g/kWh	PT g/kWh		Füstölés m ⁻¹
EURO 0 előtt	-	18	14	3,5	0,72	-	-
EURO 0	1990.10.01	14,4	11,2	2,45	0,72	-	-
EURO 1	1993.10.01	8	4,5	1,1	0,36	0,63	-
EURO 2	1996.10.01	7	4	1,1	0,15	0,25	-
EURO 3	2001.10.01	5	2,1	0,66	0,1	0,13	0,8
EURO 4	2006.10.01	3,5	1,5	0,46	0,02	-	0,5
EURO 5	2009.10.01	2	1,5	0,46	0,02	-	0,5
EEV	nem kötelező	2	1,5	0,25	0,02	-	0,15
EURO 6	2014-től	0,4	1,5	0,13	0,01	-	-

5. ábra Gépjárművek európai emissziós határértékei [5]

Az emissziós előírások szigorú korlátokat szabnak a kipufogógázok károsanyag-tartalmára. A motorfejlesztés egyik fő célja, hogy a kevesebb üzemanyag-fogyasztás, a magasabb teljesítmény és forgatónyomaték, valamint az üzemanyagban tárolt energia jobb kihasználása mellett a motorból közvetlenül kiáramló, még nem utókezelt kipufogógázok károsanyag-tartalma is csökkenjen. Az elektronikus motorvezérlő rendszerek lehetővé teszik a pontos gyújtás-időzítést és a precíz üzemanyag-adagolást. Ebben a szakaszban részletesen áttekintem a kipufogógázok károsanyag-tartalmának jelentősebb okait és feltételeit. Elemzem, hogy a töltetcsere optimalizációja miként segíthet tovább javítani az emissziós értékeket.



6. ábra Belsőégésű motorok átlagos kipufogó [6]

Benzinmotor jellegzetes kipufogó gáz összetevői

A szén-monoxid (CO) kibocsátás szorosan összefügg a levegő-tüzelőanyag keverék arányával. Dús keveréknél a szén-monoxid koncentrációja jelentősen megemelkedik a kipufogógázban. A Dús keverék kialakulásának okai többnyire a tökéletlen égéshez köthetők. Ezt okozhatja alkatrész meghibásodása vagy normál elhasználódása, mint például egy hibás gyújtógyertya vagy a koszos levegőszűrő, de a hideg hengerfalak által okozott lángkioltás, illetve az inhomogén keverék is hozzájárulhatnak ehhez. Ezen problémák minimalizálása érdekében a szén-monoxid kibocsátás csökkentésére átfogó motorirányítási stratégiákat alkalmazhatunk, mint például az adaptív rétegezett közvetlen befecskendezés és a szélessávú lambda szabályozás. A motorüzemi állapotok, például a hengerlekapcsolás, start-stop funkció és adaptív hengertérfogat optimalizálása is jelentős mértékben hozzájárul a CO kibocsátás csökkentéséhez.

Szénhidrogének kibocsátásának csökkentése

A legalacsonyabb szénhidrogén (HC) kibocsátás a 1-1,2 lambda érték tartományában érhető el. Az emelkedő HC szintek többnyire az égéskimaradás, a lángkialvás és a befejezetlen égés következményei, különösen magasabb motorfordulatszámok esetén, ahol a keverék inhomogenitása fokozódik. Ezt a jelenséget a motorhibák figyelembe vétele nélkül vizsgálva, az előgyújtás mértéke a légszelelő teljes tartományában meghatározó tényező a nyers HC-kibocsátás szempontjából. Majdnem az egész tartományban ($\lambda = 1,25$ -ig) az előgyújtás

növelésével arányosan nő a HC-kibocsátás. A változó hengertérfogat alkalmazásával ki lehet nyújtani a terjeszkedési ciklust, ami hozzájárul a HC-kibocsátás csökkentéséhez.

Nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentése

A nitrogén-oxidok (NO_x) képződéséhez magas nyomás és hőmérséklet szükséges, amelyek általában teljes terheléses üzemben jelennek meg leginkább, különösen a 1-1,1 légviszony tartományban. A növekvő előgyújtási értékek az egész légviszony-tartományban fokozzák az NO_x kibocsátást. A főtengelytől független szelepidőzítés lehetőséget biztosít a kipufogógáz egy részének a hengerben történő visszatartására, amivel precízen szabályozható a visszatartott gáz mennyisége. Ezáltal az égés során keletkező hőmérséklet csökkenthető, ami szerkezetileg egyszerű és hatékony módszer az NO_x kibocsátás mérséklésére. Továbbá, a független szelepműködés a vízbefecskendezés technikájának alkalmazását is lehetővé teszi, amivel tovább csökkenthető az égés során keletkező hőmérséklet, így mérsékelve az NO_x kibocsátást.

Dízel motor jellegzetes kipufogó gáz összetevői

Csökkentett szén-monoxid és szénhidrogén kibocsátás

Dízelmotorok esetében az állandó légfesleg mellett a szén-monoxid (CO) és szénhidrogén (HC) kibocsátás jelentősen alacsonyabb, mint a külsőgyújtású motoroknál. A CO kibocsátás főként a nagyobb légfesleg tartományban nő, amit a közvetlen befecskendezés által előidézett kevésbé homogén keverék okoz.

Nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentése

A tüzelőanyag befecskendezésének növelésével az égéstér hőmérséklete és nyomása, valamint az égés sebessége emelkedik, ami elősegíti a nitrogén-oxidok (NO_x) képződését. A kipufogógáz-visszavezetés (EGR) célzott alkalmazásával, az égéshő és a csúcsnyomás csökkentésével, valamint a lángsebesség mérséklésével közvetetten csökkenthető a NO_x kibocsátás.

Részecskeszám csökkentése

A részecskeszám, különösen a korom, amely egymáshoz láncolódott szénrészecskékből áll és amelyre szénhidrogének is lerakódnak, a tökéletlen égés következménye. Ez a jelenség fokozódik kisebb légfesleg mellett, illetve nagyobb visszavezetett vagy visszamaradó kipufogógáz hányaddal.

Motorirányítás és töltet előkészítés

A megfelelően előkészített, homogén töltet, a gyors égés, a minimális hővesztés és a maximális termodinamikai hatásfok a motorirányítás fő céljai mind a külső-, mind a kompressziógyújtású motorok esetében. A gyakorlatban a töltet előkészítését rontja a hosszú és eleinte hideg szívócsatorna és az égéstér-felület, amelyek lángkioltó hatásúak. A közvetlen befecskendezés következtében a keveredésre kevesebb idő és tér áll rendelkezésre, ezért megnő az égéstér kialakításának jelentősége – ideértve a szelepek és gyújtógyertya elhelyezését, valamint a dugattyútető és kompressziós tér formáját. Mindezek mellett minden olyan beavatkozás, amellyel a keverék homogenitása növelhető, hozzájárul ahhoz, hogy a befecskendezett tüzelőanyag a lehető legjobban kihasználható legyen, ezáltal csökken a károsanyag-kibocsátás, az üzemanyag-fogyasztás, miközben nő a teljesítmény.

Kipufogógáz-visszavezetés és utókezelés

Szükséges továbbá a kipufogógáz-visszavezetés alkalmazása a magas égési csúcsnyomás és hőmérséklet korlátozására. Késleltetett- és utóbefecskendezéssel, valamint elnyújtott égéssel a kipufogógáz utókezelő rendszerek gyors üzemi hőméretekre melegíthetők és regenerálhatók.

4. Az adaptív szelepvezérlés alkalmazásának jelentősége a korszerű motorokban

A szelepidőzítés üzemállapot-függő, helyes megválasztásával a jobb hatásfokú energiaátalakítás feltételeinek előkészítése mellett a motor veszteségei csökkenthetők.

- a töltet előkészítésének javításával
- a motor-töltöttség javításával, töltetcsere veszteség csökkentéssel
- vezérműtengely csavarodás kompenzáció
- zajcsökkenés, a szelepek finomabb vezérlése miatt

A töltet tömegtehetetlenségéből adódó nyomáshullámok könnyen figyelembevehetők és hasznosíthatók a szelepnitvatartási fázis időzítésével.

Motor teljesítményének szabályozása fojtószelep nélkül

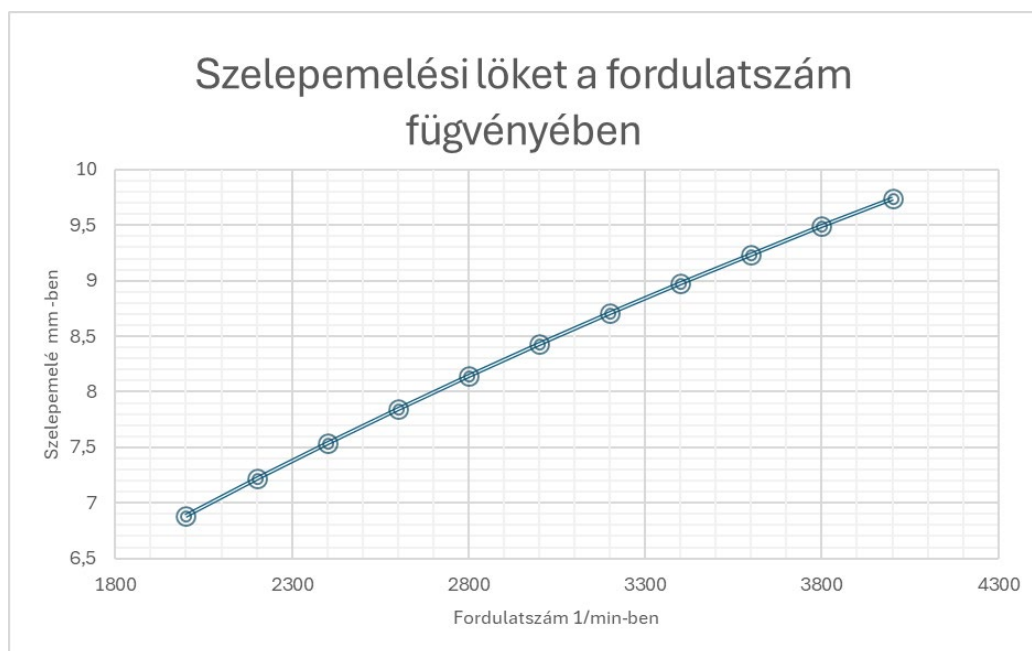
A motor teljesítményét fojtószelep nélkül is szabályozhatjuk a bevezetett töltet mennyiségével. A fojtószelep nélküli motorok minden szívóütemben a teljes lökettérfogatuknak megfelelő levegőt vesznek fel. Szívócső befecskendezésű benzinmotorok esetében, ha a levegőhöz kevesebb üzemanyagot adagolnánk a teljesítmény szabályozása céljából, rendkívül szegény, gyulladásképtelen keveréket kapnánk. Amennyiben viszont a gyulladásképes keverékhez szükséges sztöchiometrikus arányban adagolnánk az üzemanyagot, a motor maximális terheléssel működne, így a teljesítménye nem lenne szabályozható.

Ezért van szükség a fojtószelepre, amely korlátozza a beáramló levegőtömeget, és ehhez mindig azonos arányban adagolja az üzemanyagot (minőségi keverékképzés). A konstans arányú töltet mennyiségének szabályozásával változtatható a motor teljesítménye. A fojtószelep megléte szivattyúzási ellenállást okoz, amivel a motor küzd. Fojtószelep nélkül a szelepekkel is szabályozható a motor teljesítménye, mint például a közvetlen befecskendezésű benzinmotoroknál a réteges keverékképzés esetén. Alacsony terhelés és lassú főtengelyfordulat esetén a motor a teljes lökettérfogatnak megfelelő levegőt szívja be, a hozzáfecskendezett üzemanyag mennyiségével szabályozva a teljesítményt, ezáltal kevesebb energia kerül bevezetésre. Az ultra-szegény keverék csak a gyújtógyertya környezetében lévő gyulladásképes keverék miatt éghető el, a keverék differenciálása teszi lehetővé az expanziót.

A szükséges energiamennyiségnek megfelelően a hasznos löket adaptív jelleggel változtatható. A hidegindítási üzemanyag-befecskendezés kisebb térfogatba történik, csökkentve a lángkioltó felületeket, amelyeken az üzemanyag lecsapódhat. Ezzel a hidegindítási CO és HC kibocsátás csökkenthető. A nagy légfelesleg lassabb lángsebességet eredményez, amely a dízelmotorok esetében előnyös lehet a koromképződés korlátozásában. Terheléses állapotokban a töltet tömegtehetetlensége miatt szükséges lehet a szelepek nyitvatartási idejének és a nyitott fázis időzítésének módosítása, valamint a szelepnnyitási mélység növelése a töltetcsere javítása érdekében. A kipufogógáz belső visszavezetése megvalósítható a kipufogószelep korai zárásával, amivel visszatartható a töltet egy része a hengerben, vagy a kipufogószelep további, a szívó ütemben történő nyitva tartásával, amivel bizonyos kipufogógáz hányad visszaszívható a hengertérbe. Utóbbi esetben a visszavezetett kipufogógáz hőmérséklete alacsonyabb lehet, ami előnyös az NO csökkentésében, bár a kipufogóban leadott hő ekkor veszteségként realizálódik

A szelepnnyitás mértékének változtatása

Az alábbi diagramon jól látható, hogy a motor fordulatszámának növekedésével arányosan növelni kell a szelep nyitási mértékét.



7. ábra szelepemelési löket fordulatszám függvényében [7]

A motor működésének hatékonyságát nagyban befolyásolja a levegő beáramlásának sebessége és mennyisége, különösen magas fordulatszámon. A magas fordulatszámokon a

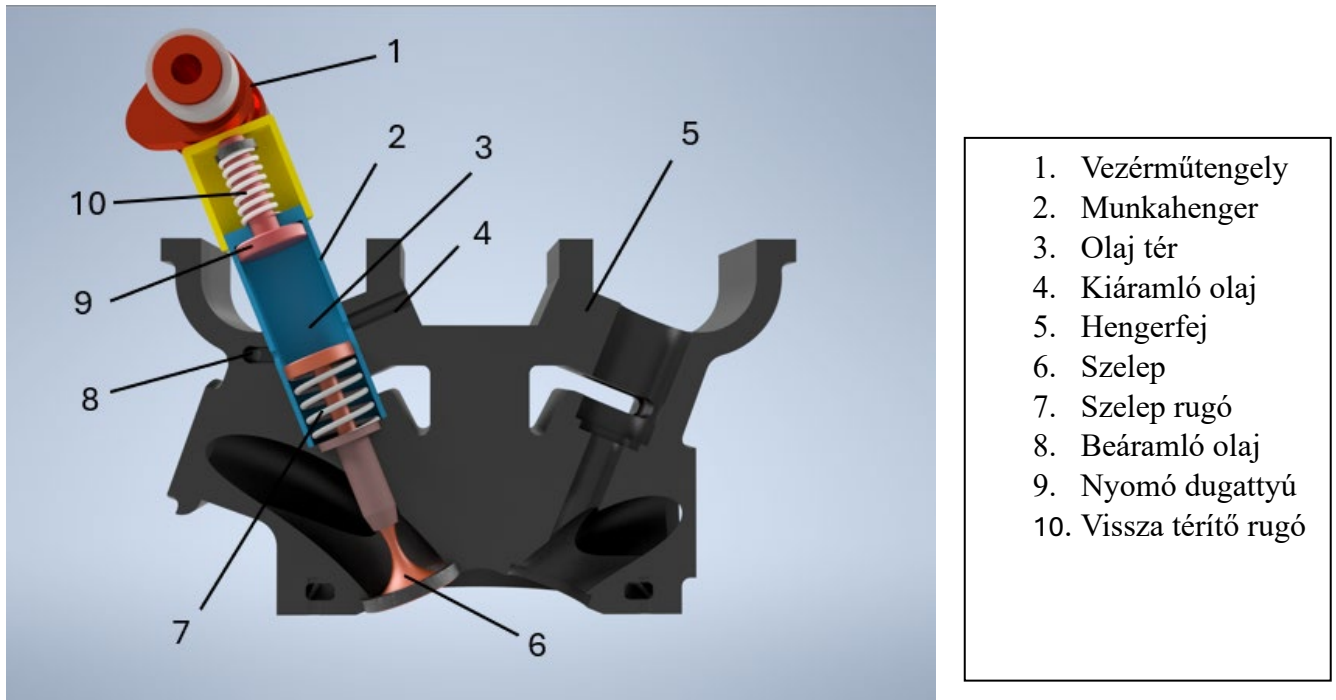
motoroknak kevesebb idejük van a levegő beszívására, ami korlátozhatja a teljesítményt. Ezt a problémát azzal lehet kompenzálni, hogy a szelepeket nagyobb mértékben nyitjuk ki, így növelve a levegő beáramlásának sebességét és mennyiségét.

A szelepnyitási idő változtatása

Másik jelentős kihívás, amikor a motor nagyobb teljesítményre vált, például gyorsításkor vagy nagyobb terhelés alatt. Ilyenkor a motor több üzemanyagot éget el, amihez szükséges a megfelelő mennyiségű levegő biztosítása is. Ezt a problémát a szelep nyitásának idejének növelésével lehet kezelni, ami több időt biztosít a szükséges levegő beáramlására, így optimalizálva a motor égési folyamatát és teljesítményét.

5. Elektrohidraulikusan vezérelt szelep működtetés fejlesztése

5.1. A szelep működtetés elemei és működése

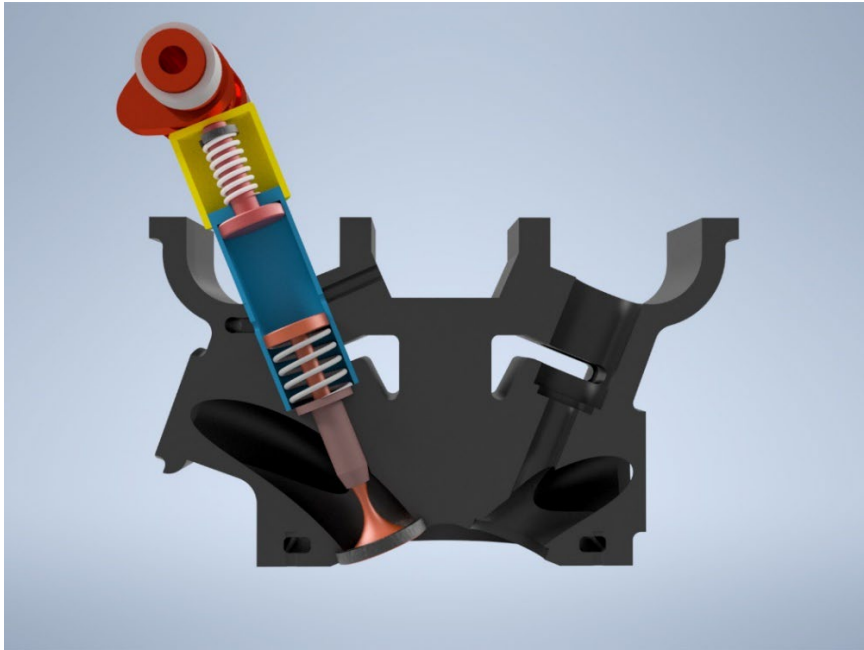


8. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje az alkatrészeinek megjelölésével [8]

Mint a hagyományos bütykös vezérlés esetében, itt is a vezérműtengely generálja a szelep nyitásához szükséges erőt. Azonban a vezérműtengely nem közvetlenül a szelepet hajtja, hanem egy dugattyút mozgat, amely nyomást generál a munkahengerben. Ezt a nyomást használják fel arra, hogy lenyomják a munkahenger szelepoldali dugattyúját.

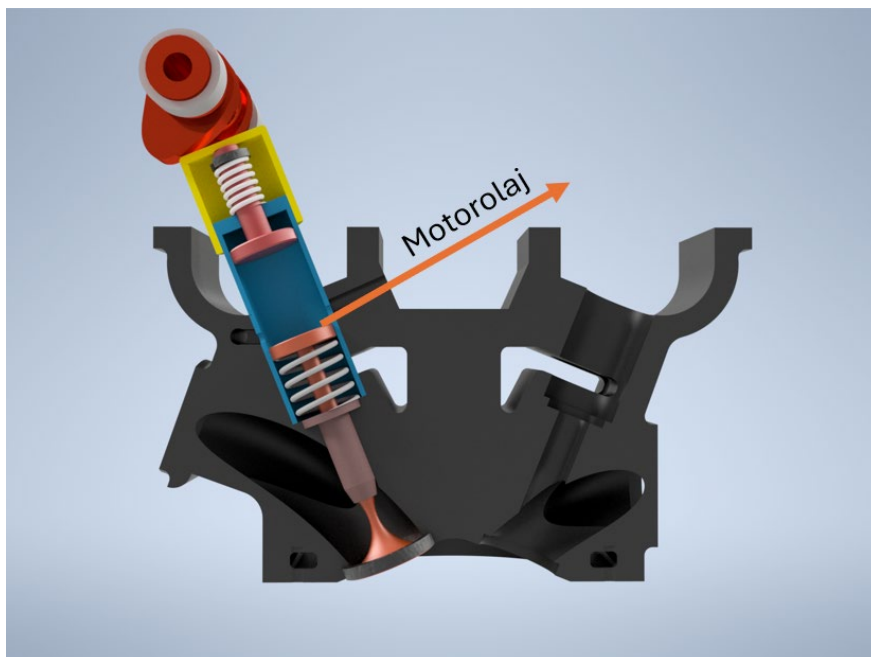
A változtathatóság azon alapul, hogy a hidraulikus szelep segítségével kiengedhető az olaj a munkahengerből. Így alacsony fordulatszámon a bütyök nem használja ki teljes geometriai kiterjedését.

5.2. Működés alacsony terhelésen



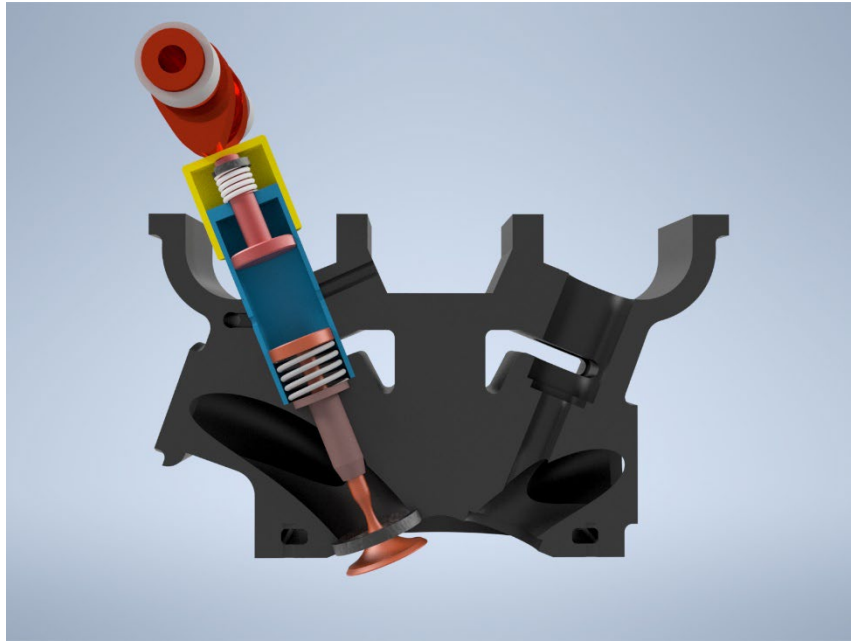
9. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje zárt motorszelep állásnál [9]

- A bűtyök eléri a nyomó dugattyú rudját [9.ábra]
- Létrehozza a nyomását a munkahengerben
- A hidraulikus szelep a kiáramló olaj járaton keresztül elengedi az olaj egy részét [10.ábra]



10. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje lefelé tartó munkahengerrel, zárt motor szeleppel [10]

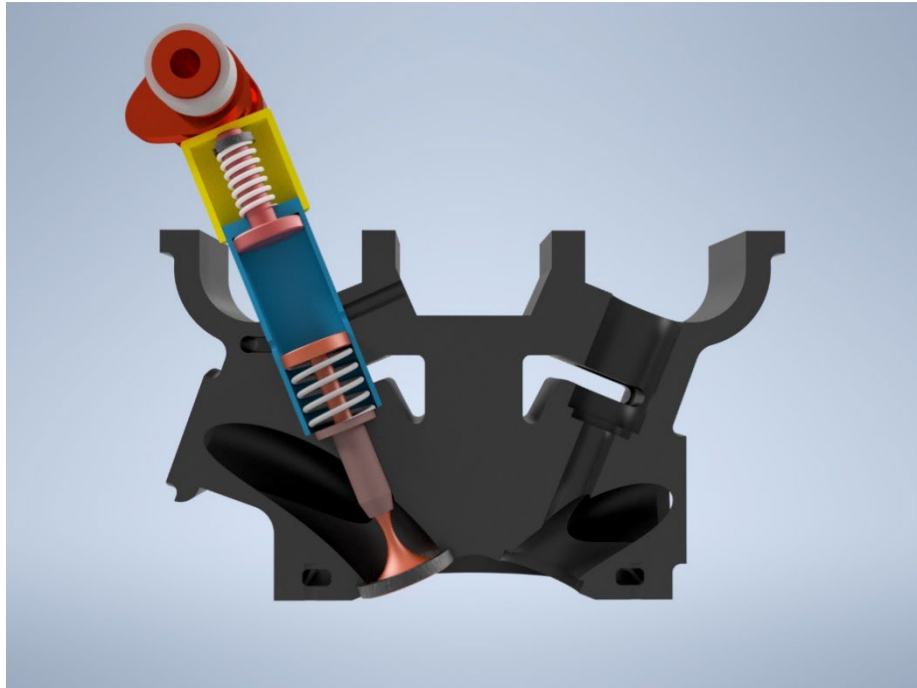
- Lezár a hidraulikus szelep
- A munkahengerben addig nő a nyomás ameddig a szeleprugó erejét le nem győzi
- Nyit a motor szelepe [11. ábra]



11. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje korlátozott motor szelep nyitással [11]

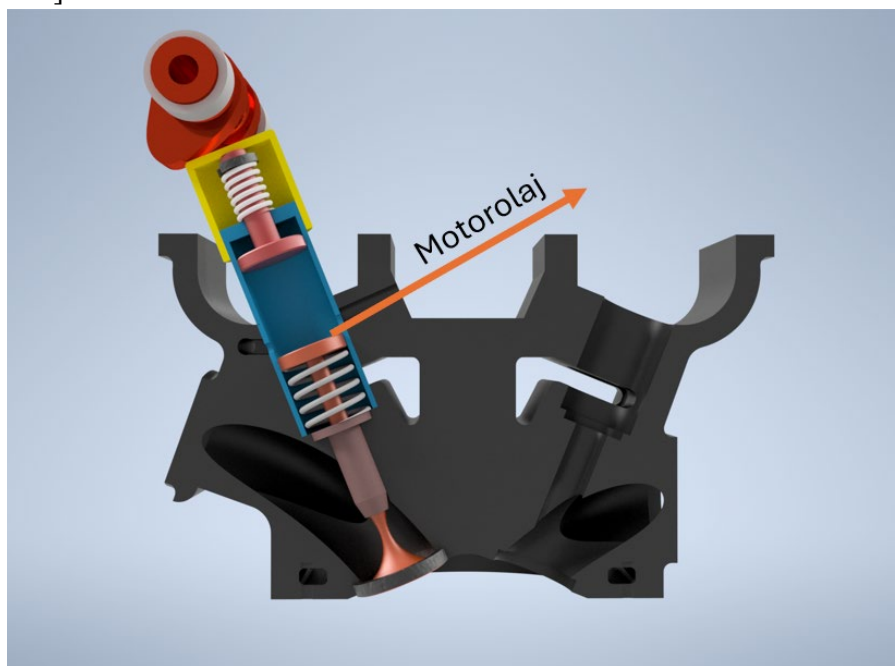
- A hidraulikus szelep a kiáramló olaj járaton keresztül elengedi az olajat
- Zár a motor szelepe
- A bűtyök elhagya a nyomó dugattyú rúdját
- A visszatérítő rugó vissza húzza a dugattyút
- A munkahenger megtelik motorolajjal

5.4. Működés közepes terhelésen



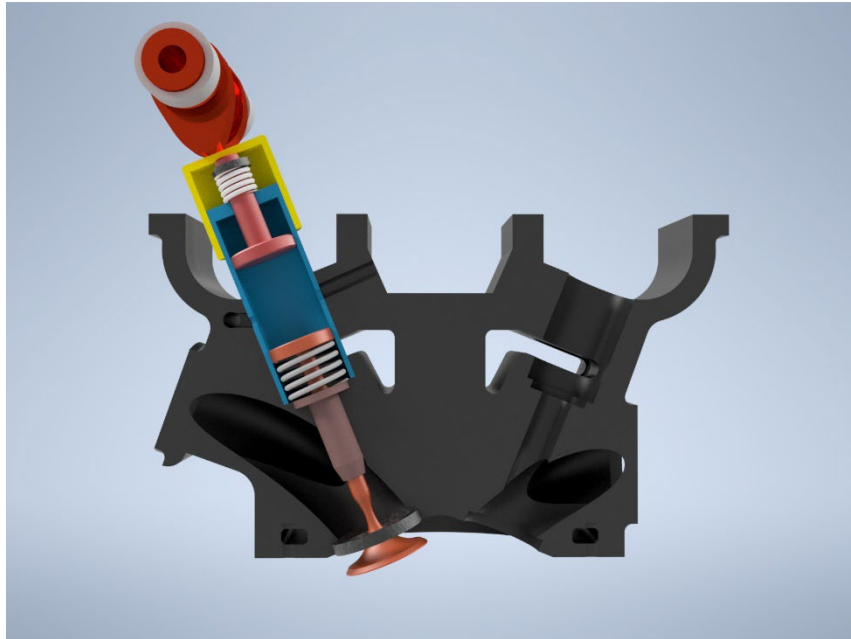
12. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje zárt motorszelep állásnál [12]

- A bűtyök eléri a nyomó dugattyú rudját [12.ábra]
- Létrehozza a nyomását a munkahengerben
- A hidraulikus szelep a kiáramló olaj járaton keresztül elengedi az olaj egy részét [13.ábra]



13. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje lefelé tartó munkahengerrel, zárt motor szeleppel [13]

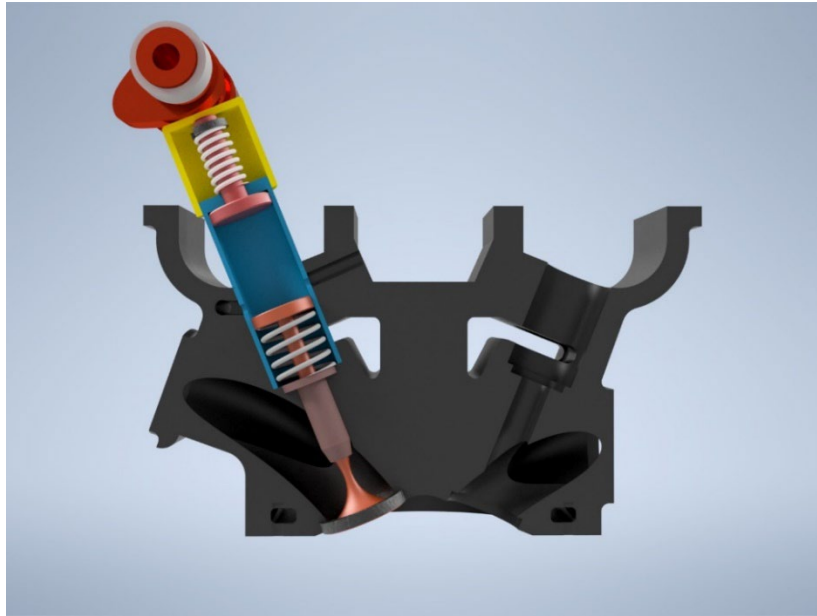
- Lezár a hidraulikus szelep
- A munkahengerben addig nő a nyomás ameddig a szeleprugó erejét le nem győzi
- Nyit a motor szelepe [14.ábra]



14. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje korlátozott motor szelep nyitással [14]

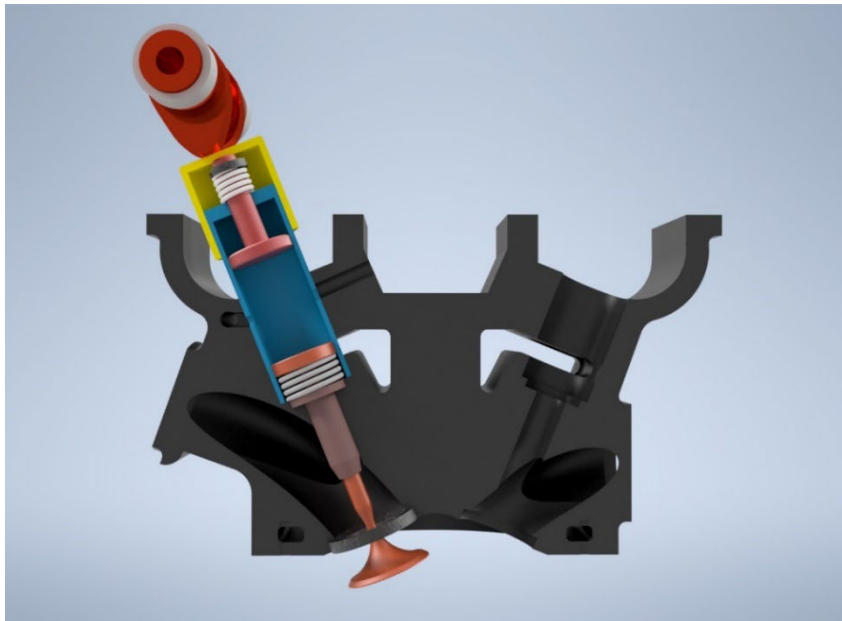
- A bűtyök elhagya a nyomó dugattyú rúdját
- Zár a motor szelepe
- A visszatérítő rugó vissza húzza a dugattyút
- A munkahenger megtelik motorolajjal

5.5. Működés magas terhelésen



15. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje zárt motorszelep állásnál [15]

- A bűtyök eléri a nyomó dugattyú rudját
- Létrehozza a nyomását a munkahengerben [15. ábra]
- A munkahengerben addig nő a nyomás ameddig a szeleprugó erejét le nem győzi
- Nyit a motor szelepe



16. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés modellje teljesen nyitott motor szelep állásban [16]

- A bűtyök elhagya a nyomó dugattyú rudját
- Zár a motor szelepe

6. A vezérműben ébredő erőhatások és igénybevételek számítása

Ahhoz hogy meghatározzuk mekkora munkahenger szükséges az erő átviteléhez tudnunk kell hogy mekkora erővel kell a szelep lenyomásához.

Ezt a következő képletből számíthatjuk ki:

$$F_{max} = F_{sz} * F_G$$

F_{max} : szelep lenyomási erő

F_{sz} : inercia erő

$$F_{sz} = m_{red} * a_{sz}$$

m_{red} : szelep tömege

F_G : gázerő

$$F_G = \frac{d^2 * \pi}{4} * p_0$$

d : szelep tányér átmérő

$$p_0 \approx 0,1 \text{ Mpa}$$

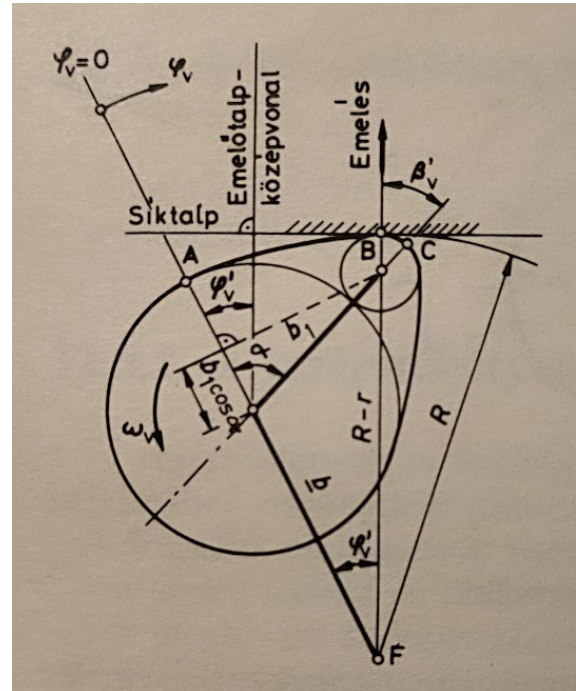
a_{sz} : szelep gyorsulása

$$a_{sz} = b * \omega_v^2 * \cos \varphi_v$$

ω_v : vezérműtengely forgásának szögsebessége

Mivel a munkahenger mindkét dugattyúja egyforma ugyan azt az erőt fogja továbbítani. Az erő meghatározására csak azért van szükség hogy a munkahengerben akkora nyomás uralkodjon amit könnyedén letud zárni az elektromágneses szelep.

Dugattyú átmérője.



17. ábra bűtyök geometriája az emelés, a sebesség és a gyorsulás meghatározásához [17]

$$F_{max} = P_{max} * A$$

P_{max} : munkahengerben uralkodó maximális nyomás

A : dugattyú felülete

$$A = \frac{d^2 * \pi}{4}$$

d : hidraulikus dugattyú átmérője mm – ben

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

7. A vezérműbűtyök kialakításával szembeni követelmények

A vezérműtengelyen elhelyezkedő bűtyökök biztosítják a dugattyú pozíciójához képest a szelepek precíz működtetését. A bűtyökkialakítások, vagyis a bűtyökprofilok alapvetően három tényező által meghatározottak:

- A szelep nyitásának és zárásának időpontja,
- A kívánt szelepmagasság,
- A szelep nyitásakor és zárásakor jelentkező gyorsulások.

A szelepek nyitása és zárása nem a motor ütemeinek kezdetén és végén, hanem a holtpontok előtt és után történik, amit a gázdinamikai hatások befolyásolnak. A vezérlési szögek a különböző motoroknál változóak.

Az adott vezérlési szögeknél főként a legnagyobb szelepemelkedési magasság határozza meg a bűtyök alapsugarát és a vezérműtengely átmérőjét. Túlságosan hegyes vagy lapos bűtyökformák nem alkalmazhatók. Himbás vagy emelőkaros rendszerek esetén van lehetőség a módosító áttétel alkalmazására, így a bűtyök emelési magassága kisebb lehet a szelep emelési magasságánál.

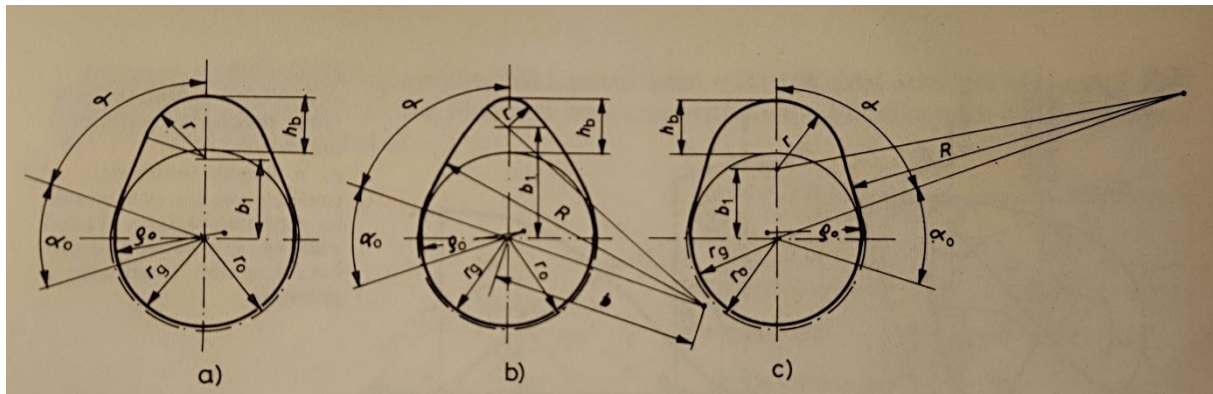
A bűtyök egyik legfontosabb feladata, hogy a működtető mechanizmus segítségével a nyitvatartási idő alatt megfelelő sebességgel nyissa és zárja a szelepet. Fontos, hogy a henger töltése érdekében minél nagyobb átömlési keresztmetszeteket szabadítsunk fel. Ennek érdekében cél, hogy a szelep gyorsan nyíljon meg, hogy a rendelkezésre álló idő alatt minél magasabbra emelkedjen.

Ugyanakkor a nyitási és zárási sebesség nem lehet túl nagy, mert ez nagy gyorsulásokat és így nagy tömegeerőket eredményezhet, ami megterheli a vezérlést végző alkatrészeket, károsíthatja azokat és a vezérlőmechanizmus belengését is előidézhetheti.

A két, egymásnak ellentmondó szempont között kompromisszumot kell találni, tehát olyan bűtyökprofil kell alkalmazni, amely nagy átáramlási „időkeresztmetszetet” hoz létre, elviselhető gyorsulások mellett.

Mivel a szelepemelkedés ütemét a vezérmű-bűtyökprofil és a vele kapcsolódó emelőtalp, -himba, -kar (sima, domború, görgős) együtt határozzák meg, ezért vizsgálatuk is csak együtt

lehetséges. A bütyökkialakításnak emellett olyannak is kell lennie, hogy a szükséges szelephézagot is biztosítsa.



18. ábra Vezérbűtyök alaptípusai a) tangenciális; b) doború oldalú; c) homorú oldalú [18]

ar_0 : alapkör sugár, α : fél vezérlés szög, ρ_0 : az átmeneti ív sugara,

α_0 : előnyitási szög (szelep hézag miatt), R : bűtyökoldal sugara,

r_g : szelephézaggal csökkentett alapkörátmérő, h_b : max bűtyökemelés,

r : bűtyökcsúcs lekereítési sugara

Az említett jellemzők általában összefüggő paraméterek, melyek módosításával a szelepemelkedés jellege is változik. A tangenciális bűtyköt, különösen nagy vezérlési szögek esetén, mint például turbófeltöltéses dízelmotoroknál, széles körben alkalmazzák. A bűtyökcsúcsot és az alapkört egy egyenes oldal köti össze. Körív alakú érintkezőfelületű lengőkarral is használható, ami lehetővé teszi a szelepnyitás és öblítés során nagyobb vezérlési szögek alkalmazását. Egy speciális változata, a meredek szögű tangenciális bűtyök, különösen intenzív vezérlési szituációkban jöhet szóba.

A körívekből álló, úgynevezett harmonikus bűtyökprofilok azért kapnak ilyen nevet, mert sík emelőtalppal alkalmazva a kinematikai görbék harmonikus (szinuszos és koszinuszos) jellegűek. Ez a forma általánosan elterjedt, és annak továbbfejlesztett változataiban a bűtyök oldala nem egyetlen, hanem több különböző sugarú, közös érintőjű körívekből áll össze. A homorú oldalú körívű bűtyök, amely lassabb fordulatszámú, nagy vezérlési szögű és jelentős vezérlési időkeresztmetszetet biztosító motorokhoz ideális, ma is gyakran alkalmazzák.

Az említett három bűtyöktípus alapvetően hasonló tervezési elveken alapul, amit az oldalsugarak kifejezése is alátámaszt.

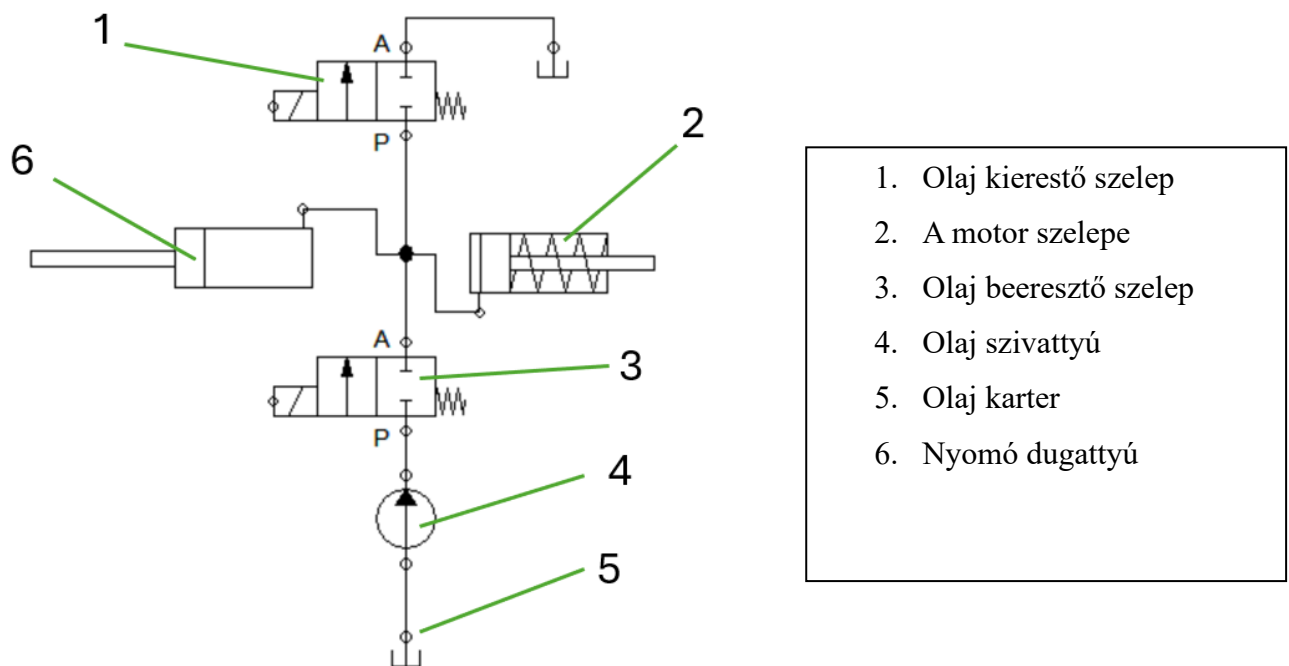
Ugyanakkor fontos, hogy a nyitási és zárási sebesség ne legyen túl nagy, mert ez nagy gyorsulásokat eredményezhet, amelyek túlterhelhetik és károsíthatják a vezérlő alkatrészeket, valamint belengést is előidézhetnek a vezérlőmechanizmusban.

A bűtyökprofilok közötti kompromisszumot kell megtalálni, olyan profilt kell alkalmazni, amely nagy átáramlási időkeresztmetszetet hoz létre, elviselhető gyorsulások mellett.

A vátozó vezérlésnek ezen formájában nagy meredekségű és magas bűtyköt érdemes használni hiszen a hidraulikus szelep vezérli a nyitás mértékét. Minnél nagyobb bűtyköt tudunk használni anél pontosabban lehet szabájoznia nyitás mértékét.

8. Elektrohidraulikus rendszer felépítése

Az elektrohidraulikus rendszer biztosítja a vezérlés változtathatóságát. Szabályozza az olaj mennyiségét a munkahengerben, ezzel határozza meg a szelep nyitási idejét és a szelepemelés mértékét.



19. ábra Elektrohidraulikusan változtatható vezérlés hidraulikus kapcsolási rajza [19]

Az általános hidraulikai rendszerekkel szemben itt nem a szivattyú, hanem egy nyomódugattyú hozza létre a szükséges nyomást. A hidraulikai rendszer ebben az esetben csak a szabályozást látja el. Az olaj kieresztő szelep garantálja, hogy mindig megfelelő mennyiségű olaj legyen a munkahengerben, ezáltal szabályozva a szelep nyitásának mértékét és idejét. Minden motor szelep zárás után újra fel kell tölteni a munkahengert. Ezt a feladatot a belsőégésű motor olajszivattyúja végzi, amely az olajat a motor olajteknőjéből szívja fel. Emiatt ez a vezérlőrendszer csak olyan motorokban használható, amelyek elektromos olajszivattyúval rendelkeznek. Ez különösen hidegindításkor fontos, hogy az olaj már az első szelepnyitáskor rendelkezésre álljon a szelepeknél. Az olaj beeresztő és kieresztő szelepek működtetését a motorvezérlő szabályozza, hasonlóan az üzemanyag-injektorokhoz.

9. Összefoglalás-konklúzió

A TDK dolgozat részletesen bemutatja a belsőégésű motorok töltetcsere folyamatának optimalizálását, különös tekintettel az új technológiai megoldásokra és azok hatására a motorhatékonyság növelésében. A szigorodó környezetvédelmi előírások és a gazdasági hatékonyság egyre magasabb igényei miatt alapvető a motorok gyors és precíz működésének biztosítása. Az elektrohidraulikus változó szelepvezérlés kifejlesztése jelentős lépés a motorirányítási technológiák fejlődésében. Ez a megközelítés a hidraulikus nyomás segítségével külön-külön szabályozza a szívó- és kipufogószelepek nyitását és zárását, így pontosabb kontrollt biztosítva a töltetcsere folyamatán.

A dolgozat kiemeli, hogy bár a piaci trendek az elektromos járművek felé mutatnak, a nagy térfogatú belsőégésű motorok, különösen a tehergépjárművek terén, továbbra is jelentős szerepet töltenek be. Az elektrohidraulikus vezérlési technológia nem csak hogy javítja a motor teljesítményét, hanem hozzájárul a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez is, ami közvetlen előnyöket nyújt a környezetvédelmi szempontból.

Az elektrohidraulikusan vezérelt változó szelepvezérlés alkalmazása a belsőégésű motorokban jelentős innovációt jelent, amely képes megfelelni a modern kor kihívásainak. Ezáltal nem csupán a motor teljesítményét és gazdaságosságát javítja, hanem az ökológiai lábnyomot is csökkenti. Az ilyen típusú fejlesztések kulcsfontosságúak lehetnek a jövő közlekedési megoldásai szempontjából, különösen a teherfuvarozás területén.

További fejlesztési lehetőségek

Ez a tanulmány természetesen csak a koncepciót ismerteti, a témát további kutatásoknak kellene alávetni. További vizsgálatot igényelnek:

- Élettartam vizsgálat
- Szelep rugók méretezése
- Hidraulikus rendszer pontos méretezése
- A rendszer integrálása és hozzá illesztése a motor vezérlőhöz
- Olaj melegedésének vizsgálata

Ezeket a vizsgálatokat és fejlesztéseket egy szagdolgozat formájában szeretném kidolgozni.

10. Ábrajegyzék

- [1.] <http://petroleum.hu/a-motorok-kialakulasa/> (2024. 04. 18.)
- [2.] https://autotechnika.hu/cikkek/szervizpraktikak/2239/a-bmw-valvetronic-szerese-2-resz?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR2sBQ-12RcqpUV3znOcanYynvQQHTUMv47sreeqR2NMqp7VtkwAm9BwDkc_aem_AdWSEDbkg9f8Z-gWyF9HQq3TksZ_dy4z3gKkMbD7nGVoy6k2Ndwmj7oBs12cytASbVHxn9wVY6MS-pCgd-akfCD0 (2024. 04. 18.)
- [3.] https://toyota-club.net/files/faq/16-01-01_faq_vvt_4_eng.htm (2024. 04. 18.)
- [4.] <https://www.caranddriver.com/news/a15353612/timing-changes-how-hondas-vtec-variable-timing-system-works/> (2024. 04. 18.)
- [5.] Dr Szabó József Zoltán Egyetemi Jegyzetei
- [6.] Dr Szabó József Zoltán Egyetemi Jegyzetei
- [7.] saját ábra
- [8.] saját ábra
- [9.] saját ábra
- [10.] saját ábra
- [11.] saját ábra
- [12.] saját ábra
- [13.] saját ábra
- [14.] saját ábra
- [15.] saját ábra
- [16.] saját ábra
- [17.] forrás: H. Grohe – Ottó- és Diesel - motorok (ISBN 963 10 30051 1) (1980), Dr Dezsényi György, Dr Emődi István, Dr Finichiu Liviu – Belsőégésű Motorok Tervezése és Vizsgálata (ISBN 978 963 19 0069 9) (1999), 47. o, Gál Péter okleveles gépészmérnök: Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése Ph.D. értekezés
- [18.] forrás: H. Grohe – Ottó- és Diesel - motorok (ISBN 963 10 30051 1) (1980), Dr Dezsényi György, Dr Emődi István, Dr Finichiu Liviu – Belsőégésű Motorok Tervezése és Vizsgálata (ISBN 978 963 19 0069 9) (1999), 47. o, Gál Péter okleveles gépészmérnök:

Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése Ph.D. értekezés

[19.] saját ábra

11. Hivatkozás jegyzék

[1.] Modelling of an electro-hydraulic variable valve actuator for camless engines aimed at controlling valve lift parameters,

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207179.2020.1737333>, (2024.04.)

[2.] Dr. Zöldy Máté Energiahatékonyságnövelő- és emissziócsökkentő megoldások fejlesztése közötti járművek számára MTA Doktori Értekezés (2021) p. 6, http://real-d.mtak.hu/1360/1/Zöldy%20Máté_tezisek.pdf, (2024.04.)

[3.] A BMW Valvetronic szerelése

https://autotechnika.hu/cikkek/szervizpraktikak/2239/a-bmw-valvetronic-szerelese-2-resz?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAR2sBQ-12RcqpUV3znOcanYynvQQHTUMv47sreeqR2NMqp7VtkwAm9BwDkc_aem_AdWSEDbkg9f8Z-gWyF9HQq3TksZ_dy4z3gKkMbD7nGVoy6k2Ndwmj7oBs12cytASbVHxn9wVY6MS-pCgd-akfCD0 (2024.04.)

[4.] H. Grohe – Ottó- és Diesel - motorok (ISBN 963 10 30051 1) (1980), 61. o. [5.] Dr Kováts Miklós – Turbófeltöltés alkalmazása járműmotoroknál (ISBN 963 9005 72x) (2006), 72. o.

[6.] Dr Dezsényi György, Dr Emődi István, Dr Finichiu Liviu – Belsőégésű Motorok Tervezése és Vizsgálata (ISBN 978 963 19 0069 9) (1999), 113. o.

[7.] Gál Péter – Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése (2005), 28. o.

[8.] <https://autotechnika.hu/data/file/1561/10086,26-27>, (2024.04.) [9.] Gál Péter –

Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben

lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése (2005), 36. o.