

SZEngine versenymotor kenési rendszerének tervezése

Konzulens: Dr. Gál Péter egyetemi docens

Készítette: Csiza Ferenc

Harmadéves gépészmérnök hallgató BSc

Járműgépész szakirány



Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Tartalomjegyzék:

1. A SZEngine csapat és a Formula Student versenysorozat kapcsolata.....	3
1.1 A Formula Student versenysorozat.....	3
1.2 A SZEngine csapat szerepvállalása a Formula Student versenysorozatban	6
2. A motorra vonatkozó szabályok és a kenési rendszerrel szemben támasztott követelmények ismertetése	7
2.1 A tervezendő motorra vonatkozó szabályok	7
2.2 A kenési rendszerrel szemben támasztott követelmények.....	8
3. A kenési rendszerek	10
3.1 A kenési rendszerek ismertetése	10
3.2 A kenési rendszer első koncepciója – nedves karteres rendszer	13
4. A nedves karteres kenési rendszer elvetése	14
4.1 A felmerülő problémák.....	14
4.2 A nedves karteres kenési rendszer elvetése	15
5. A SZEngine versenymotor száraz karteres kenési rendszere.....	16
5.1 A rendszer paramétereinek meghatározása	16
5.1.1 A szükséges térfogatáramok meghatározása	16
5.2.2 A hengerfejben felhasznált térfogatáramok meghatározása.....	22
5.2 Az olajkör elemeinek kiválasztása	24
5.2.1 Az olajszivattyú kiválasztása	24
5.2.2 Az olajhűtő kiválasztása	27
5.2.3 Az olajszűrő kiválasztása	29
5.2.4 Az egyedi tervezésű olajtank.....	32
5.2.5 A termosztát.....	35
5.2.6 Az olajcsatornák átmérőinek meghatározása	36
5.2.7 Szenzorok.....	39
6. Konklúzió.....	40
Felhasznált irodalom	41

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

1. A SZENGINE CSAPAT ÉS A FORMULA STUDENT VERSENYSOROZAT KAPCSOLATA

1.1 A Formula Student versenysorozat

A Formula Student egy az egész világot átfogó versenysorozat, melyben a műszaki egyetemek hallgatói vesznek részt és mérik össze tudásukat. A mérnökhallgatók feladata egy együléses versenyautó megtervezése, legyártása valamint ennek folyamatos továbbfejlesztése. Majd az így megépített versenyautókkal versenybe szállnak egymással a világ különböző pontjain. Olyan ez, mint a mérnöki tudományok és a fejlett technika fellelőjének számító Forma-1 –es versenysorozat, csak épp kisebb teljesítményű autókkal, kisebb költségvetéssel és kezdő mérnökhallgatókkal. Ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy egy FS autó megtervezése, legyártása és fejlesztése könnyen teljesíthető kihívás lenne.

A sorozatot jól jellemzik a Mercedes Forma 1-es csapat csapatfőnökének, Ross Brawn szavai:

„A Formula Student egybeolvasztja az első osztályú megoldások gyakorlati alkalmazását és a diákok elméleti képzését. Így jelent ez egy fantasztikus gyakorlati tapasztalatot a fiatal mérnököknek.”

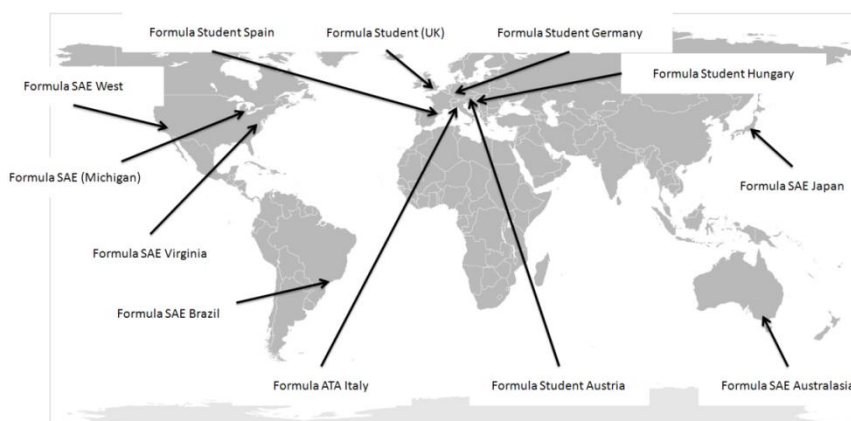
Mario Theissen, a BMW Motorsport volt igazgatója is hasonlóan fontos szerepet tulajdonít a versenysorozatnak: *„A versenysorozat legfontosabb eredménye az, hogy a mély elméleti képzés mellett a mérnökhallgatók a valóságban is láthatják az általuk készített alkatrészeket, így már az egyetemi tanulmányaik alatt is felelősségteljes feladattal kell megküzdeniük.”*

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

A Formula Student versenysorozat eredete és történelme:

- 1981: Formula SAE - USA: ebben az évben rendezte meg először a SAE (Society of Automotive Engineers – Autóipari Mérnökök Egyesülete) az első Formula SAE versenyt. Ezen a versenyen összesen 6 db csapat indult.
- 1998: Formula Student (UK – Silverstone): Az első európai verseny Silverstone-ban, az európai sorozat a Formula Student nevet viseli.
- 2010: Formula Student Hungary (Győr): Először került megrendezésre Formula Student verseny Magyarországon, melynek helyszíne a versenyeknek azóta is helyet adó Győr mellett található gönyűi kikötő volt.



1. ábra Formula Student versenyek

A versenyhétvége felépítése:

Egy Formula Student versenyhétvége két részből épül fel. Az első felében kerülnek megrendezésre az úgynevezett statikus versenyszámok. Az első állomás a járművek műszaki ellenőrzése. Ennek folyamán a bírák ellenőrzik az autó műszaki állapotát, többek közt 45° -ban megdöntik az autót a szivárgások kiderítése érdekében, ellenőrzik, hogy az adott hangnyomás tartományon belül van-e a motor hangereje, elég gyorsan tud-e szabadulni a pilóta a járműből vészhelyzet esetén, megfelel-e az autó a biztonsági előírásoknak.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

A statikus versenyszámok során a csapatok prezentálják az autó technikai paramétereit, a tervezett kivitelezési költségeket és az üzleti tervet. Ezen versenyszámok legjobbjai külön díjazásban részesülnek.

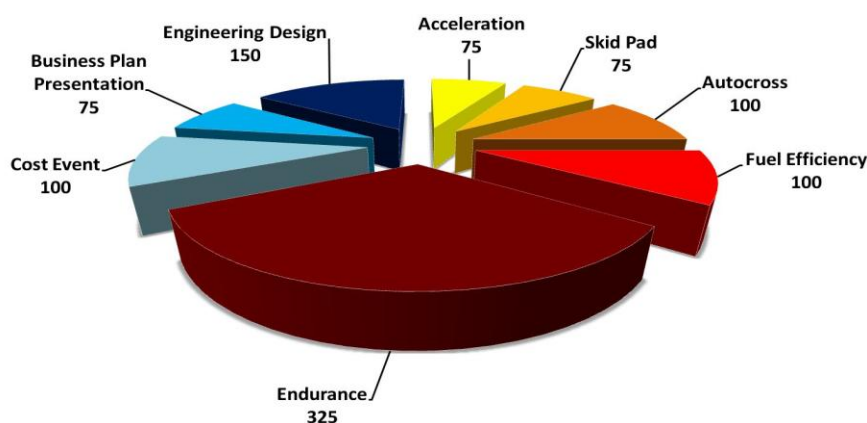
Ezeket követik a dinamikus versenyszámok. Először a csapatok a gyorsulási versenyszámban mérik össze képességeiket. Az erőssorrend 4-4 mért idő alapján alakul ki.

Ezután kezdődik az úgynevezett Skid Pad versenyszám, melyben egy 8-as alakú pályán az autók kormányozhatóságát, terhelhetőségét tesztelik. Minden autónak balra és jobbra is 2-2 kört kell megtennie. A helyezésekről a köridők döntenek.

Az Autocross és a Sprint versenyszámok egy előre kijelölt pályán zajlanak. Ezekben is a köridők döntenek és itt dől el az Endurance versenyszám rajtsorrendje.

Az Endurance versenyszámban 22 km-t kell teljesíteni, így megmérettetik az autó megbízhatósága, tüzelőanyag fogyasztása.

Az összesített eredmény a versenyszámok részeredményeiből áll össze.



2. ábra Formula Student versenyszámok

A fenti ábrán a kék szín árnyalataival jelölt részek a statikus versenyszámok, a piros szín árnyalatai pedig a dinamikus versenyszámok. Jól látható, hogy a hangsúly a dinamikus versenyszámokon van.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

1.2 A SZEngine csapat szerepvállalása a Formula Student versenysorozatban

A fentebb leírtakat számszerűsítve a dinamikus versenyszámokon a maximális 1 000 pontból 675 pont szerezhető. Ez jól érzékelteti, hogy mennyire fontos a jó versenyautó koncepció valamint mennyire fontos az autót hajtó erőforrás. A Formula Studentben részt vevő csapatok mindegyike a kereskedelmi formában kapható belsőégésű motorokat használják. Ezek főleg motorkerékpárok, quadok erőforrásai. A Formula Student szabályzata nagymértékben megköti az erőforrások kiaknázásának lehetőségeit, így ezek a motorok korántsem optimálisak ezekre a versenyekre. Túl nagy a tömegük, hengerszámuk miatt nagy helyet foglalnak, nem megfelelő fordulatszám tartományban adják le maximális nyomatékukat, stb. A Formula Studentben eddig még a hallgatók közül senki nem vállalkozott egyedi belsőégésű motor megtervezésére és legyártására. Ez okból alakult 2008-ban a győri Széchenyi István Egyetemen a SZEngine csapat. Tagjai az egyetemen tanuló hallgatók, akik különböző (gépészmérnök, mechatronikai-mérnök, közlekedésmérnök, villamosmérnök, műszaki menedzser, nemzetközi vállalatirányítás) szakokról érkeznek. A csapat célja egy egyedi, Formula Student versenyekre optimalizált versenymotor megtervezése, legyártatása és folyamatos fejlesztése a világon elsőként.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

2. A MOTORRA VONATKOZÓ SZABÁLYOK ÉS A KENÉSI RENDSZERREL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK ISMERTETÉSE

2.1 A tervezendő motorra vonatkozó szabályok

A versenyautóknak és az őket hajtó erőforrásoknak is szigorú szabályoknak kell megfelelniük. Ezek közül a motorra vonatkozó legfontosabbak, melyek kihatnak a kenési rendszer tervezésére is:

- A maximális lökettérfogat nem haladhatja meg a 610 cm^3 -t
- Négyütemű nem limitált számú hengeres belsőégésű motorok használhatók
- Hibrid hajtás nem engedélyezett
- A motornak önindítóval kell rendelkeznie
- Az olajkör és a vízkör munkaközegeit egymástól elkülönített helyen kell összegyűjteni
- Különböző felfogó tartályokat (kiegyenlítő tartályokat) kell alkalmazni, hogy a folyadékokat (hűtőfolyadék, olaj) felfogják. A tartályok térfogatának minimum a tartalmazott folyadék 10 %-ának vagy 0,9 liternek kell lenni.

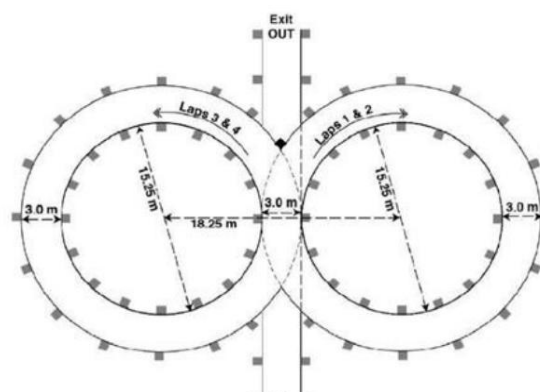
A szabályzat kiemelt figyelmet fordít a folyadékok szivárgásának megelőzésére, továbbá ha valamilyen probléma folytán olaj kerül a pályára a motorból, az adott csapatot automatikusan kizárják a versenyből. A kenési rendszer tervezésénél ezért különös figyelmet kellett fordítanunk a rendszer tömítettségére.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

2.2 A kenési rendszerrel szemben támasztott követelmények

A fent említett szabályok a motor kenési rendszerének tervezését gyakorlatilag csak a tömítettség szempontjából befolyásolják, ami egyébként is alapkövetelmény kell legyen. A kenési rendszer feladata, hogy biztosítsa a szükséges olajréteget a súrlódó elemek között valamint elvezesse a keletkező hőt. Minél kisebbek az ezekből a súrlódásokból adódó mechanikus veszteségek, annál nagyobb a motor hatásfoka. A súrlódások nagy részét a dugattyú és a dugattyúgyűrűk súrlódása teszi ki. Továbbá a súrlódások csökkentésével csökkenthetjük a felhasznált tüzelőanyag mennyiségét is, hiszen így csökkennek a dugattyú mozgását akadályozó ellenállások. Tehát a legfontosabb követelmény, hogy mindig legyen kenőolaj a súrlódó elemek közt. Ezt pedig csak akkor tudjuk elérni, ha biztosítjuk a szükséges rendszernyomást és a megfelelő kenéshez szükséges térfogatáramot az olajcsatornáknak. Versenymotoroknál nem ritka, hogy olyan terhelések érik, amelyek következtében az olaj szállítását végző szivattyú levegőt szív a karterből, így károsodhat a szivattyú, de a legnagyobb probléma, hogy úgynevezett „olajéhség” alakulhat ki a motorban. Ez azt jelenti, hogy a motor súrlódó alkatrészei közt rövidebb-hosszabb időre megszűnik a kenőolaj réteg és mivel nagy sebességgel mozognak egymáshoz képest ezek az alkatrészek, hamar bekövetkezhethetnek végzetes események, melyek nem csak a versenyből való kiesést, de a motor tönkremenetelét is jelenthetik. A Formula Studentben ilyen szempontból a legveszélyesebb versenyszám a Skid Pad. Mint ismert, ebben a versenyszámban 2 kört balra és 2 kört jobbra kell megtenniük a versenyzőknek.



3. ábra A Skid Pad pályarajza

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Itt akár több G-s erőhatások is hathatnak a pilótára, az autóra és a motorra. Ennek következtében a nedves karteres kenési rendszerrel rendelkező motoroknál a karterben, a száraz karteres rendszernél a tartályban az olaj a kanyarodással ellentétes oldalnak préselődik. Így a szivattyú felszívó ága könnyen levegőt szívhat olajéhséget okozva. A kenési rendszerünk tervezésénél erre fokozott figyelmet kellett fordítanunk.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

3. A KENÉSI RENDSZEREK

3.1 A kenési rendszerek ismertetése

A belsőégésű motoroknál alkalmazott kenési rendszereket többféleképp csoportosíthatjuk. Az egyik ilyen mód, a súrlódó felületek kenése szerinti csoportosítás. Így lehet:

- szórt olajozás (olajköddel)
- nyomóolajozásos
- a kettő keveréke, azaz kombinált olajozásos

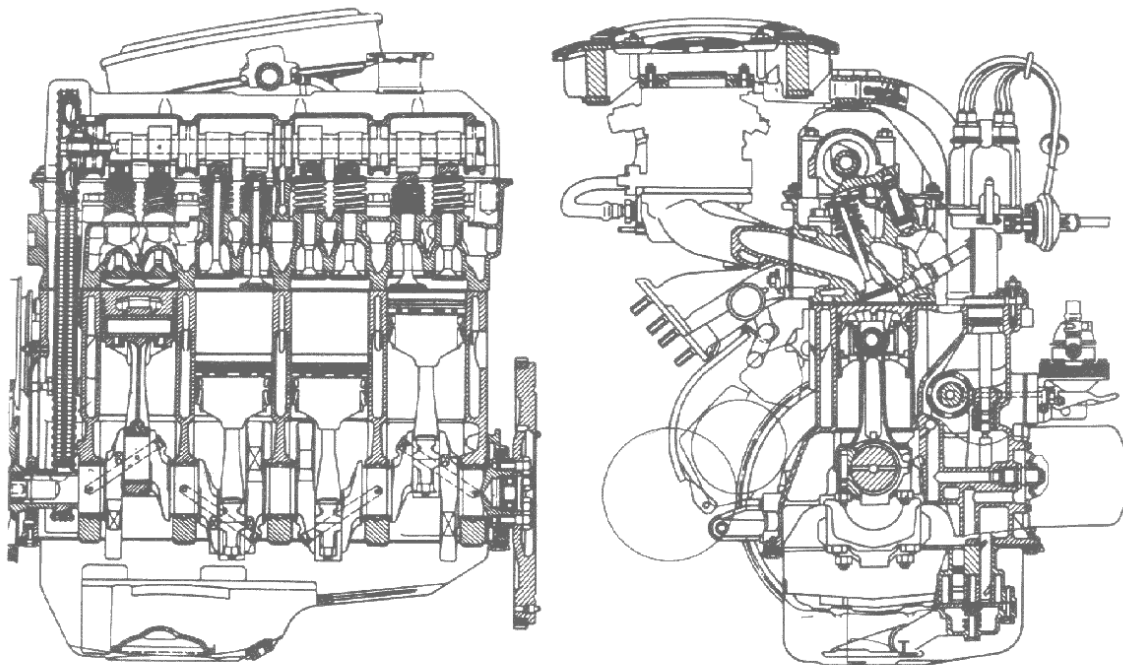
A számunkra fontosabb másik csoportosítás az olaj tárolási helye szerinti csoportosítás. Így létezik:

- Nedves karteres kenési rendszer
- Száraz karteres kenési rendszer
- Félszáraz karteres kenési rendszer

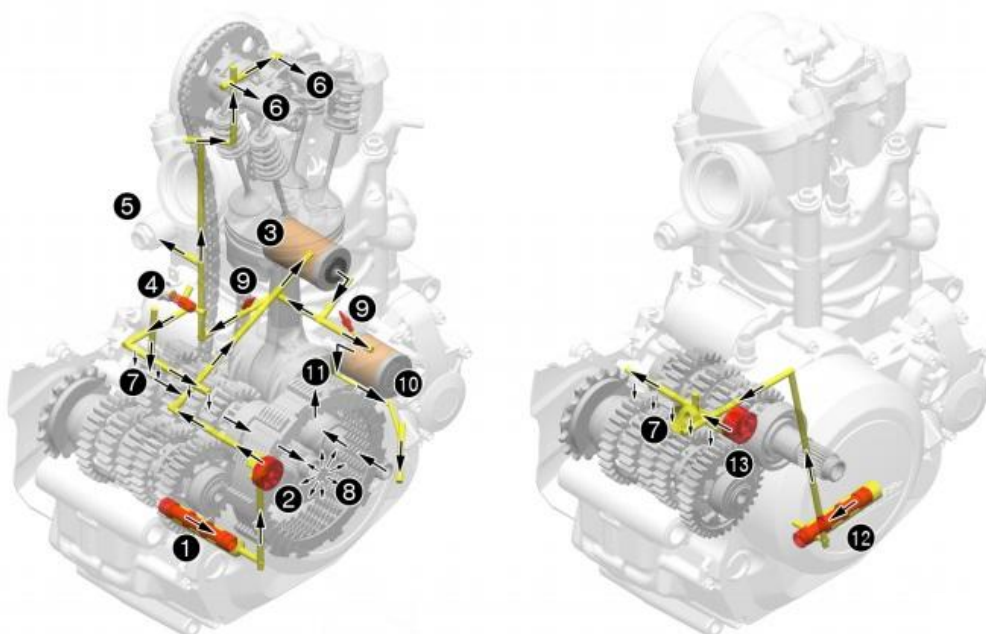
A gépjárművekben legelterjedtebb a nedves karteres kenési rendszer alkalmazása. A kenőolaj a forgattyús ház aljára szerelt karterben helyezkedik el, innen egy olajpumpa továbbítja az olajat az olajszűrőn át a kenési pontokra. Innen az olaj a kialakított visszafolyó ágakban visszakerül a karterbe. A rendszer előnye, hogy kialakítása könnyű, a karter akkorára van méretezve, hogy a 4-5 liter olajat tárolni tudja. Hátránya viszont, hogy az oldalgyorsulások nagyon agresszíven hatnak a rendszerre. Mivel a karter mélysége csak véges mértékig növelhető, így kereszt- és hosszirányban az olaj nagy területen mozoghat. Továbbá a motor súlypontját nagymértékben befolyásolja a forgattyús ház alatt elhelyezkedő kenőolaj súlya. Személygépjárműveknél ez nem probléma, a versenysportban annál inkább.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.



4. ábra A nedves karteres kenési rendszer (LADA)



5. ábra KTM LC4 félszáraz karteres kenési rendszerének felépítése

A félszáraz karteres kenési rendszert a motorunk tervezésének alapjául szolgáló KTM LC4-es használja. A rendszer lényege, hogy a motornak a váltóval közös olajozása van, így viszonylag nagy tér szolgál a kenőolaj tárolására. A

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

forgattyús ház úgy van kialakítva, hogy egy csappantyú választja el a forgattyús teret és az olajtároló teret. A csappantyú csak egy irányba nyílik, az olajtér felé, így az olaj visszaáramlása a forgattyús térbe nem lehetséges. Ez egy kompakt megoldás, viszont számunkra használhatatlan, mivel nálunk a váltónak különálló olajozása lesz, így nincs elegendő olajterünk.

A száraz karteres kenési rendszer mind közül a legbonyolultabb, ám a legmegbízhatóbb is. Ez esetben az olajkarter a forgattyús ház alatt gyakorlatilag nem tartalmaz olajat, csupán csak a szivattyú szívócsonkjának elhelyezésére szolgál. Innen a karterből a szivattyú a külső olajtartályba szivattyúzza a kenőolajat. Ennél a rendszernél itt tárolódik az olaj. Innen kerül tovább a szűrőn át a motorba. Onnan pedig a már ismert visszafolyó ágakon keresztül a forgattyús térbe, ahonnan kezdődik a ciklus előlről. A száraz karteres rendszer két olajkörből áll, az egyik a karter – tartály közti, a másik a tartály – motor közti olajkör. Ebből adódóan a rendszer működtetéséhez két darab olajpumpa szükséges minimum. Kompakt megoldásként ezt a két pumpát egy alkatrészbe integrálják, ezeket hívják kompakt többlépcsős olajszivattyúknak. Egy ilyen szivattyú egyik oldalán helyezkednek el a felszívó csomók, a másik felén pedig a nyomócsomók. Nagyobb versenymotoroknál gyakori, hogy a karter – tartály olajkörének szivattyúja több felszívó ággal van ellátva. Ezek csatlakozhatnak a karter több pontjára, így elkerülvén a rendszerre ható oldalgyorsulások következményeit, valamint csatlakozhatnak a hengerfejbe megkönnyítvén és meggyorsítván az olaj visszakerülését a tartályba és az újbóli munkába állását. Ezen az elven működik az AUDI R8-as száraz karteres kenési rendszere is. A rendszer előnye, hogy teljesen kivédhetőek az oldalgyorsulások okozta hatások, továbbá mivel a kenőolaj egy külső tartályban tárolódik, a motor súlypontja jelentős mértékben javul. Ezzel a versenyautó nagyobb kanyarstabilitást élvez. A száraz karteres rendszer további előnye, hogy kis mértékben, de növeli a motor teljesítményét azáltal, hogy mivel a szivattyúk kialakításukból adódóan nem károsodnak levegő szívásakor, folyamatosan vákuumot hoznak létre a forgattyús térben azzal, hogy elszívják a képződő kartergázt, így a dugattyú könnyebben

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

mozoghat. A kartergáz a dugattyúgyűrűk mellett az égéstérből a forgattyús térbe lejutó gázok keveréke, melyek károsan hatnak a forgattyús hajtóműre, ha nincsenek elvezetve a forgattyús térből. Ezért leggyakrabban egy hengerfejbe fúrt furattal egy szűrőn keresztül vezetik ki a szabadba. Mivel a Formula Student szabályzata tiltja, hogy olaj hagyja el a motort, ezért a legbiztonságosabb megoldás, ha a hengerfejen lévő furatot egy tartállyal kötjük össze, ezt nevezik kartergáz lecsapató tartálynak. Száraz karteres rendszernél gyakorlatilag a szivattyú kiszívja ezt a gázt a forgattyús térből, így nem feltétlen szükséges a kartergáz lecsapató, viszont ez esetben az olajtartályt kell úgy kialakítani, hogy elkülönüljön az olaj a levegőtől.

3.2 A kenési rendszer első koncepciója – nedves karteres rendszer

A KTM LC4-es blokkjának hosszas vizsgálata során arra jutottunk, hogy a benne használt félszáraz karteres kenési rendszer számunkra kivitelezhetetlen. Mivel a motorunk teljesen egyedi tervezésű és gyártású, rengeteg probléma léphet fel, így irányelvként a legegyszerűbb megoldás elvét választottuk. A fennmaradó lehetőségek közül a nedves karteres kenési rendszer maradt a legkézenfekvőbb az egyszerűsége miatt. Ennek megfelelően döntöttünk úgy, hogy a motorunkban ezt a rendszert alkalmazzuk. A Formula Studentben használt szériamotorok jelentős része is nedves karteres olajozást használ, így megvalósíthatónak láttuk a már fent részletezett problémák megoldását. A kenési rendszer tervezését a rendszer paramétereiről folytatott információkereséssel kezdtük. A számunkra legfontosabb információ a motor átolajozási ideje, a szükséges rendszernyomás és térfogatáram volt. Mivel a szakirodalmak nem nyújtottak kellő információt, gyakorlati eszközökkel igyekeztünk választ találni a kérdéseinkre. Ezen paraméterek nagymértékben függenek a lökettérfogattól, hengerszámtól, fordulatszám maximumtól és a motor építésének jellegétől, ezért mindenképp olyan motorokat kellett vizsgálnunk, melyek hasonlítanak az általunk tervezettre. Így már kaptunk viszonyítási alapot, melynek ismeretében

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

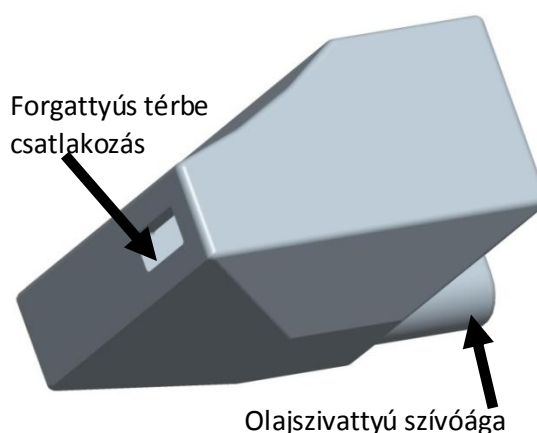
2012.04.18.

megkezdhattuk a rendszer paramétereinek meghatározását a tervezőasztalon képletek és átfolyási egyenletek segítségével. Ám eközben az előjött problémák radikális döntésre kényszerítettek minket.

4. A NEDVES KARTERES KENÉSI RENDSZER ELVETÉSE

4.1 A felmerülő problémák

A nedves karteres rendszert felépítő elemek kiválasztásánál és megtervezésénél jelentős problémákba ütköztünk. Ahogy már fentebb ismertettem, a nedves karteres kenési rendszernél a kenőolajat a motorblokk alatt elhelyezkedő olajkarter tárolja. E karterben lévő hasznos térfogatnak legalább annyinak kell lenni, hogy elférjen benne a motorban lévő összes kenőolaj. Így először azt kellett kiderítenünk, hogy jó közelítéssel mennyi olaj kell a motorunkba. A kenőolaj tárolódik az olajhűtőben, a motor olajcsatornáiban, olajcsövekben, olajszivattyúban, karterben. Ezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy mivel valószínűleg a dugattyúhűtéshez nagy térfogatáram lesz szükséges, ezért a karterben minimum 1,5 - 2 liter kenőolaj elhelyezését kell biztosítani. Az általános többhengeres motoroknál a sok kenőolaj elhelyezése nem okoz problémát, mivel a hengerszám miatt az olajkarter optimális méreteken helyezkedik el a motorblokk alatt. A mi egyhengeres motorunknál azonban a szükséges méretű olajkarter elhelyezése nem volt megoldható. Ezt a problémát igyekeztünk kiküszöbölni azzal, hogy nem a motor alá, hanem a KTM LC4-hez hasonlóan a motorblokk mellé próbáltuk elhelyezni a nagyméretű olajkartert. A



4. ábra Az olajkarter első koncepciója

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

KTM-nél ez szintén nem probléma, mivel a váltóval közös olajozása van, így az olajtér meglehetősen nagy lehet. Minket viszont korlátoz a forgattyús ház melletti hely szűkösége, mivel egy versenymotornál nem elfogadható, hogy a súlypont ennyire szélül legyen, keresztirányban ennyire túlméretes legyen.

Ugyanakkor törekednünk kellett arra, hogy a hirtelen fellépő nagy oldalgyorsulások esetén is megfelelően működjön a rendszer, az olajszivattyú minden körülmények közt szállítsa a kívánt mennyiségű kenőolajat. Tehát a karter konstrukciójának megtervezése egy igen bonyolult feladattá lépett elő. Az oldalgyorsulások okozta káros hatásokat a karterben kialakított lamella hálózat segítségével próbáltuk megakadályozni. A képeken látszik, hogy a konstrukciónk egy külön alkatrész, tehát a forgattyús házzal együtt nem lett volna megmunkálható. Ez a tömítettség miatt vetett fel aggályokat. A lamella hálózat kialakítása után szembesültünk a rendszer sorsát meghatározó problémával.

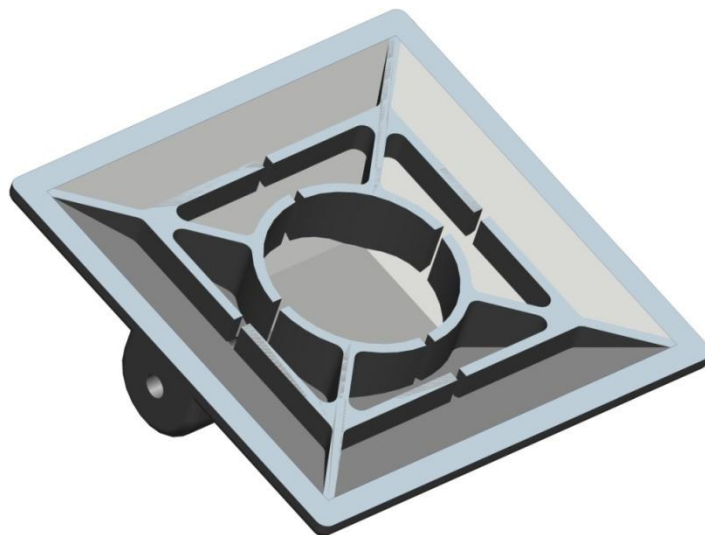
4.2 A nedves karteres kenési rendszer elvetése

Az alábbi képen látható, az erőhatásokat kiküszöbölni tudó lamella hálózat annyira összetett alkatrész lett, hogy kimunkálása lehetetlenné vált, ugyanis a marófejek nem fértek volna el. Ha a kartert több alkatrészből állítanánk össze, akkor is nagyon bonyolult lett volna megmunkálni, de ami fontosabb, újabb olyan hely jött volna létre, ahol felmerül a tömítés igénye és ez újabb veszélyforrás.

Mivel így biztosra vált, hogy nem tudjuk garantálni a motor folyamatos kenőolaj ellátását, drasztikus lépésre kényszerültünk feláldozván több hónap munkáját. A nedves karteres kenési rendszert el kellett vetnünk. Mivel a félszáraz kenési rendszerrel szintén problémákba ütköztünk volna a már ismert dolgok miatt, ezért csak egyetlen lehetséges alternatíva maradt: a száraz karteres kenési rendszer.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.



5. ábra A bonyolult lamella rendszer miatt gyárthatatlan olajkarter

5. A SZENGINE VERSENYMOTOR SZÁRAZ KARTERES KENÉSI RENDSZERE

5.1 A RENDSZER PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

5.1.1 A szükséges térfogatáramok meghatározása

Az olajszivattyút a kenőolaj szállítandó térfogatának ismeretében tudjuk csak kiválasztani, ezért a „fogyasztók” kenőolaj felhasználását kell meghatároznunk. Ezek a fogyasztók a becsült kenőolaj felhasználás szerinti növekvő sorrendben:

- Dugattyúhűtés
- Vezérműtengely csapágynak és bűtykeinek kenése
- Forgattyús hajtómű csapágynak és csapszegének kenése

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

A dugattyúhűtés olajszükséglete

Becsléseink szerint a legnagyobb kenőolaj felhasználás a dugattyú hűtésénél fog történni. Ezért ezt a térfogatáramot próbáltuk minél jobb közelítéssel meghatározni egyenletek és képletek felhasználásával. Mivel az egyenletekben szereplő paramétereken kívül egyéb más jellemzők is befolyásolhatják a szükséges térfogatáramot, ezért csak egy jó közelítésű megoldást kaptunk.

A dugattyú hűtését két darab olajhűtő fúvóka fogja ellátni. Ezek a forgattyús ház két oldalán helyezkednek el, pont úgy, hogy a főtengely kiegyenlítő tömegei (sonkái) ne érhék el őket alsó holtpontban. A fúvókák a dugattyút olajsugárral célozzák meg. A megcélózandó felületek gyakorlatilag sík felületek a dugattyún, így optimális lesz a hőelvezetés. Ezt az alábbi ábra szemlélteti.



6. ábra A fúvókákkal megcélzott területek a dugattyún

A dugattyú a legnagyobb hő terhelést felső holtpontban kapja. Ilyenkor a dugattyútetőn a hőmérséklet meghaladhatja a 400°C –ot. Emiatt fontos, hogy a fúvókákból kiáramló olajsugár felső holtpontban is elérje a dugattyú alját és

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

biztosítsa a hőelvezetést. A fúvókák és a dugattyú felső holtpontja közti távolság 9,5 cm. További befolyásoló tényező, hogy a motorunk 70°-ban döntve kerül beépítésre konstrukciós okokból. Tehát ha fúvókákon kiáramló olaj egy adott pontját végigkövetnénk a fúvókától a dugattyú aljáig, akkor azt láthatnánk, hogy mivel hat rá a nehézségi erő, a pályája ferde hajításra emlékeztet. Ennek megfelelően a jó közelítés miatt a ferde hajítás képletével kellett számolnunk. Szükségünk volt a fúvókákból kilépő olaj sebességére is. Ezt a sebességet az olaj mozgási és helyzeti energiájának összevetéséből kaphatjuk meg az alábbi egyenlet szerint:

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 \cdot \sin^2 \alpha = m \cdot g \cdot h$$

$$v = \sqrt{\frac{h \cdot 2g}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{0,095 \cdot 2 \cdot 9,81}{\sin^2 70^\circ}} = 1,45 \frac{m}{s}$$

A már említett egyéb tényezők miatt ezt az értéket 2 m/s –nak vettük a továbbiakban. Ezt követően egy hasonlósági egyenletet írhatunk fel, melyből megkapjuk a hőátadási tényezőt, amit ha beírjuk a hőátadás egyenletébe, megkapjuk a tömegáramot és abból a térfogatáramot.

$$\frac{\alpha \cdot l}{\lambda} = 0,662 \cdot \sqrt[3]{Pr} \cdot \sqrt{Re}$$

Ahol: α : hőátadási tényező, l : lemezhossz, Pr : Prandtl –féle szám, Re : Reynolds-szám

A lemezhossz értékét a dugattyú aljának geometriájából határozhatjuk meg. Ez az érték a fúvókák által megcélzott felületen a merevítő elem és a palást közti kb. 3 cm-es szélesség.

A Prandtl- és a Reynolds-szám kiszámításához szükségünk volt az alkalmazandó kenőolaj tulajdonságaira. Mivel versenymotorról van szó, ezért mindenképp olyan olajat kellett választanunk, ami jól bírja a meleget, elvégre a versenyek főleg nyáron kerülnek megrendezésre. Az olaj hidegtűrése számunkra nem túl fontos a fent említettek miatt. Ennek megfelelően egy kiváló minőségű versenyolajat, a MOL 10W-60-as termékét választottuk. Az kenőolaj tulajdonságainak ismeretében már számítható a Prandtl- és a Reynolds-szám.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{2 \cdot 0,03}{0,000018} = 3333,3$$

$$Pr = \frac{c \cdot \eta}{\lambda} \cdot 3600 = \frac{0,525 \cdot 0,000018 \cdot 856}{0,128} \cdot 3600 = 225,9$$

Visszahelyettesítve az eredeti képletbe és α -ra kifejezve:

$$\alpha = \frac{0,662 \cdot \sqrt[3]{Pr} \cdot \sqrt{Re} \cdot \lambda}{l} = \frac{0,662 \cdot \sqrt[3]{225,9} \cdot \sqrt{3333,3} \cdot 0,12}{0,03} = 931,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Ennek a közelítő értéknek az ismeretében számolható már a szükséges tömegáram és térfogatáram. A dugattyúhűtésben részt vevő felülete a forgattyús térben lévő olajköd miatt gyakorlatilag nem meghatározható, ezért a teljes dugattyúalj felületével számoltunk, ezt pedig a kapott térfogatáramnál korrigáltuk. Ez a felület: $0,0075 \text{ m}^2$.

Szükségünk volt még a dugattyú és a hűtőközeg hőmérsékletkülönbségére. A dugattyú aljának hőmérsékletét szintén nem tudjuk pontosan meghatározni, így csak következtetni tudtunk erre, ami a dugattyú anyagát figyelembe véve kb. 350°C . (Minden ilyen pontatlan adatnál igyekeztünk pozitív irányba tévedni, ezáltal nem kerül veszélybe a rendszer egy eleme sem.) Az olaj üzemi hőmérséklete 100°C körül mozog, maximálisan $115 - 120^\circ\text{C}$ -ot engedünk meg. Az így adódó hőmérsékletkülönbség a dugattyú és a kenőolaj hőmérséklete közt:

$$\Delta T = 350 - 100 = 250^\circ\text{C}$$

Tehát az elvezetendő hőmennyiség:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta T = 931,1 \cdot 0,0075 \cdot 250 = 1745,8 \text{ W}$$

A termodinamika ide tartozó egyenletét felírva a szükséges tömegáram:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} = \frac{1745,8}{2200 \cdot 20} = 0,0397 \frac{kg}{s}$$

Ebből a térfogatáram:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{0,0397}{0,856} \cdot 3600 = 166,96 \frac{l}{h}$$

A dugattyú hűtéséhez tehát kb. 170 l/h térfogatáram szükséges. A hengerfal kenését is az olajfúvókákon kiáramló kenőolaj látja el, azonban mivel ez az olaj a

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

dugattyúról „visszahulló” kenőolaj, ezért ez csak a végső összesítésben lényeges, a dugattyú hűtését nem befolyásolja. Emiatt a „visszahulló” olaj miatt alakul ki úgynevezett olajköd a forgattyús házban, ahogy a főtengely kiegyenlítő tömegei szétszórják ezeket az olajcseppeket.

A csapágyak és a hajtórúd kis- és nagyszem kenésének olajszükséglete

A csapágyak kenésigényét meghatározza, hogy a motorunkban a szokásos siklócsapágyak helyett gördülőcsapágyakat alkalmazunk. A siklócsapágyak optimális működéséhez viszonylag sok olaj szükséges, míg az általunk használt gördülőcsapágyak kevesebb kenéssel is ideálisan működnek. A gördülőcsapágyak használatát a magas fordulatszám, nagy terhelés valamint a karbantartás-mentesség indokolja. A főtengely két helyen van csapágyazva, a csapágyazási pontok a forgattyús ház öntvényében vannak kialakítva. Mint ahogy már említettem, a golyóscsapágyak kenésigénye nem jelentős, így ezek olajozását a már részletezett, forgattyús térben kialakuló olajköd fogja biztosítani. A főtengely csapágyazásának olajszükségletét a dugattyúhűtésből lecsorgó olajmennyiség egy része fogja adni, tehát külön térfogatárammal nem kellett számolnunk.



7. ábra A forgattyús mechanizmus a golyóscsapágyakkal

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

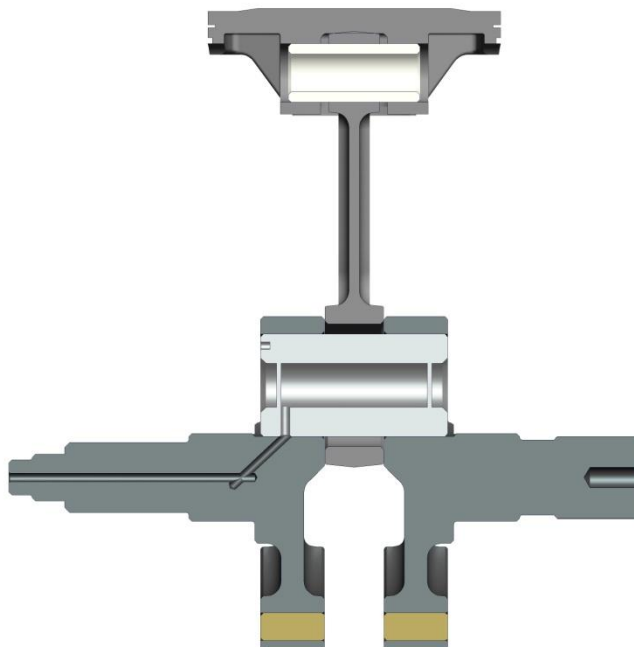
A hajtórúd kis- és nagyszemének kenése

A hajtórúd kisszemének kenését a dugattyúgyűrűk hornyaiban elhelyezkedő olajozófuratok biztosítják. Ezek a furatok a dugattyú kialakításából adódóan a kisszem felé irányítódnak, így biztosítván, hogy eljusson oda a hengerfalról lehúzott kenőolaj. Az olajhűtő fúvókákon kiáramló kenőolaj mennyiség egy része szintén keni a kisszemet, mivel a dugattyú aljáról visszavágódva a kisszemre is jut kenőolaj.

A hajtórúd nagyszemének kenése már egy kicsit bonyolultabb. A forgattyús térben kialakuló olajköd nem elég, mivel a szórt olaj nem képes a nagyszemben mélyre hatolni. Ezért ennek kenésére egy olajozó furatot kellett kialakítanunk. Mivel ebben az olajozó furatban megfelelő nyomásnak kell kialakulni, hogy eljusson a kenőolaj a nagyszemig, ezt a furatot közvetlenül az olaj főcsatornára kellett kötnünk. Így a legkézenfekvőbb megoldás az lett, hogy a főtengely vezérlés oldali részébe egy hosszirányú furatot hozunk létre, majd ezt meghosszabbítván egy adott szögben felülről ráfúrunk. Ezáltal a kenőolaj az olaj főcsatornából nagy nyomáson a főtengelyen keresztül eljut a felhasználási pontra, azaz a hajtórúd nagyszeméhez. Ennek a megoldásnak a használatához a főtengely tervezésekor a konstruktőröknek figyelembe kellett venniük a furatok szilárdságtani anyaggyengítő hatását.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.



8. ábra A főtengelybe fűrt olajcsatorna

Ennek megfelelően a főtengelyben kialakításra került olajfuratok konstrukciós szempontból 3 mm átmérőjűek lettek. A rajtuk áthaladó térfogatáram nem haladja meg a 6-7 liter/órát, ennyi kenőolaj megfelelően biztosítani tudja a nagyszem kenését.

5.2.2 A hengerfejben felhasznált térfogatáramok meghatározása

A hengerfejbe a kenőolaj a hengertömb vezérlés oldali részében kialakított olajcsatornán jut. A hengerfejben a kenési pontok a vezérműtengelyek csapágypontjai valamint a vezérműtengelyek bütykei és a szelepcsészék érintkezési pontjai. A



**9. ábra A hengerfejbe vezető
olajcsatornát lezáró speciális csavar**

vezérműtengelyek csapágypontjait tűgörgős csapágypontokkal oldottuk meg, hasonló okokból, mint a főtengelynél. A vezérműtengely csapágypontjai ugyanúgy, mint a főtengely csapágypontjai, olajködben működnek. Ennek oka, hogy a szelepcsészéket

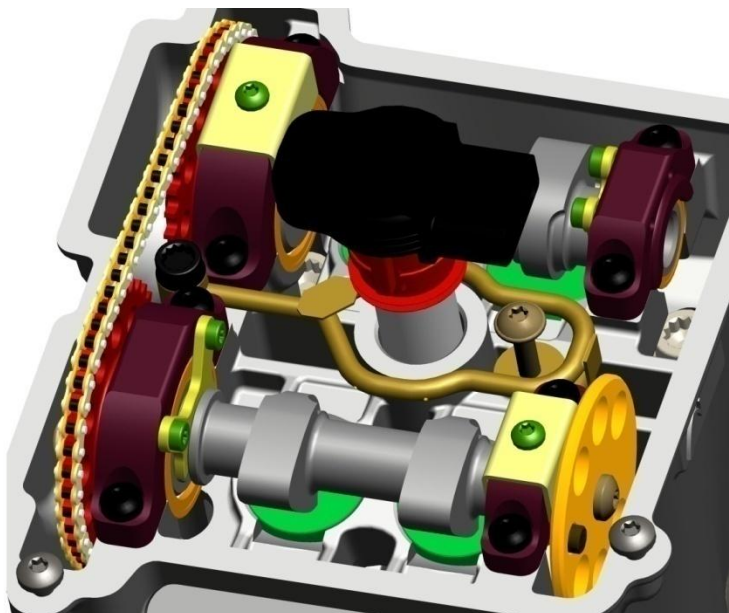
Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

nyomóolajozással kell kennünk, így a vezérműtengely által felvert olaj olajködöt képez a hengerfejben, kenve a csapágyakat. Ezért egy olyan megoldást kellett kitalálni, amely lehetővé teszi a szelepcsészék nyomóolajozásos kenését. A megoldás egy kis átmérőjű, több helyen meghajlított cső lett. A hengerfejbe érkező olajcsatorna a végén kicsit kiszélesedik, pont annyira, hogy egy M8-as csavar beleférjen. Ez a csavar zárja le az olajcsatornát, valamint irányítja az kenőolajat a hajlított csőbe. Ezt a csavaron elhelyezett furatok teszik lehetővé.

A hengerfej úgy lett kialakítva, hogy a visszafolyó olaj a vezérlés oldalon a vezérműláncot kenve folyik vissza a forgattyús térbe, onnan pedig a karterbe. Így működtető nyomást csak a hengerfejbe vezető csatornában kell biztosítanunk, a visszafolyó ágon nem.

A hengerfejbe szánt kenőolaj mennyiség a négy szelepcsésze kenésére kb. 30 l/h.



10. ábra A hengerfejben lévő kenési pontok

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Az olajszivattyú által szállítandó olajmennyiség

- Dugattyúhűtésre: 170 l/h
- Hajtórúd kis – és nagyszemének kenésére: 6 l/h
- Hengerfejbe: 30 l/h

Összesen tehát 206 l/h olajmennyiség szükséges a motorunk megfelelő kenéséhez. Ez egy meghatározó információ az olajszivattyú és a veszteséggel rendelkező alkatrészek kiválasztásánál.

5.2 Az olajkör elemeinek kiválasztása

5.2.1 Az olajszivattyú kiválasztása

Az olajszivattyú kiválasztásánál rengeteg dolgot kellett mérlegelnünk. Rendkívül fontosak a szivattyú üzemi paraméterei (nyomás, térfogatáram), a szivattyú súlya, elhelyezhetősége, fontos paraméter a meghajtásához szükséges teljesítmény is.

Még a nedves karteres rendszer tervezésénél megalkottunk egy döntési mátrixot arról, hogy elektromos vagy mechanikus olajszivattyút használjunk.

	Elektromos	Mechanikus
Tömeg	+	-
Elhelyezhetőség	+	-
Megbízhatóság	-	+
Ár	+	-
Teljesítmény elvétel	+	-

A száraz karteres kenési rendszer ismertetésénél említettem, hogy ezeknél a rendszereknél minimum két darab olajszivattyú szükséges (vagy egy darab, de többlépcsős kompakt). Mivel ilyen olajszivattyút nem találtunk elektromos formában, ezért ez a döntési mátrix értelmét veszítette. Pedig

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

egyértelműen látszik, hogy az elektromos olajszivattyú sokkal több előnyös tulajdonsággal rendelkezik. (Épp ezért a nyár folyamán egy saját építésű elektromos meghajtású olajszivattyút szeretnének tervezni a fékpadon mért értékek alapján.)

A szivattyú kiválasztásához tudnunk kell, hogy mekkora lesz a szükséges rendszernyomás. Ezt a tervezést megelőző információkeresés során is vizsgáltuk és arra jutottunk, hogy számunkra is megfelelő lesz a verseny motorkerékpárok motorjainál használt 3 – 3,5 baros nyomásérték. A szállítandó térfogatáram meghatározását már ismertettem, ezek alapján tehát egy olyan olajszivattyú kellett, amely tudja a 3,5 baros nyomást szolgáltatni valamint képes óránként minimum 210 liter kenőolajat szállítani. A szükséges kenőolaj mennyiség a fordulatszám növelésével növekedni fog, így a térfogatáram értékének is követnie kell ezt a növekedést. Mivel a választandó olajpumpa mindenképp mechanikus meghajtású lesz, ezért a kenőolaj mennyiség – motorfordulatszám viszonyt egyértelműen meg fogja határozni a fogaskerék áttétel, így külön szabályzásra nincs szükség.

A szivattyú kiválasztásához felvettük a kapcsolatot több olyan külföldi Formula Studentben induló csapattal, akik száraz karteres olajozású motort használnak. Legtöbbjük két darab olajszivattyút használ a rendszer működtetéséhez. Viszont akadt egy olyan csapat, aki a száraz karteres rendszerük működtetéséhez egy darab kompakt olajpumpát használ. A hosszas email váltások eredményesek voltak. Megtudtuk, hogy egy viszonylag kicsi, fogaskerék meghajtással üzemeltetett kompakt kétlépcsős szivattyút használnak egy gyárilag módosított tengellyel. Az olajpumpát egy angol cég, a Paceproducts gyártotta nekik. Ezek után felvettük a kapcsolatot mi is az angol céggel, majd kaptunk egy terméklistát tőlük. A kínálatukban szerepelt egy számunkra ideális paraméterekkel rendelkező kétlépcsős pumpa.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

A választott olajszivattyú néhány főbb adata:

- COMPACT C7 olajszivattyú
- Szívóoldali teljesítmény: 6 liter/perc/1000 RPM
- Nyomóoldali teljesítmény: 10liter/perc/1000 RPM
- Maximális fordulatszám: 5000 RPM

Ha a térfogatáramokat átváltjuk liter/óra-ba, azt kapjuk, hogy a szívóoldalon 360 l/h, nyomóoldalon 600 l/h kenőolaj szállítását tudja biztosítani ezer fordulatonként.

Mivel számunkra ez a mennyiség túl sok és a szivattyú károsodna a magas fordulatszámon történő üzemeléskor, ezért közvetlen 1:1 –áttétel, azaz a főtengelyről való közvetlen meghajtás nem lehetséges. Az áttételt legegyszerűbben a fogaskerekek áttételének megválasztásával tudjuk befolyásolni. Mivel azonban így túl nagy fogaskerekekre lenne szükség, ezért egy közli fogaskereket helyeztünk el a két tengely fogaskerekei közé. Az áttételt úgy választottuk meg, hogy a motor alapjáratú fordulatszámán az olajszivattyúnk a szükségesnél kicsit több, 240 l/h kenőolajat szállítson. Ennek elérésére az áttétel: $i = 2,76$ lett. Ez azt jelenti, hogy a motorunk tervezett fordulatszám maximumán (12 000 RPM) a szivattyú 4363 f/min fordulattal forog, ami a biztonságos működés tartományán belül esik.

Az olajszivattyút, a rendszernyomás kézi állíthatóságát lehetővé téve, ellátták egy nyomásszabályozó szeleppel, melyet egy csavar elforgatásával mozgathatunk. A fékpadi mérések során így a kívánt és szükséges rendszernyomást érhetjük el az olajkörben.



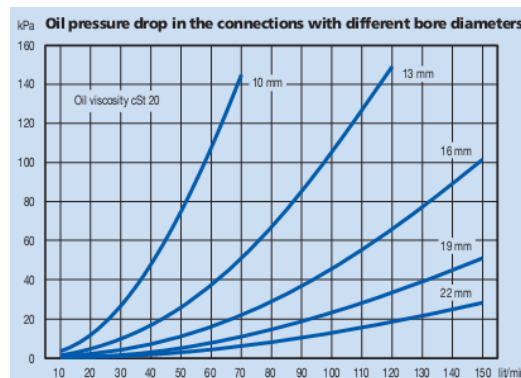
11. ábra COMP C7 olajszivattyú

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

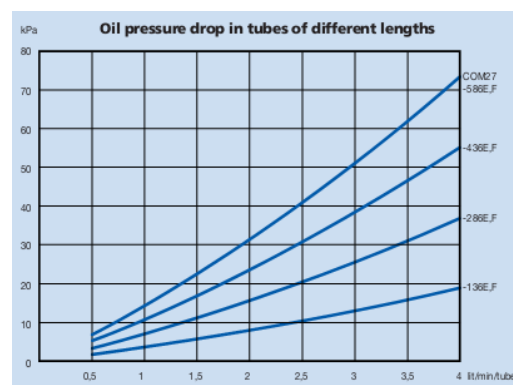
2012.04.18.

5.2.2 Az olajhűtő kiválasztása

A kenési rendszer tervezésének kezdetén, mikor még nedves karteres rendszerben gondolkodtunk, magától értetődő volt az, hogy olajhűtőt kell használnunk. A motorban a kenőolaj akár 120°C fölé is emelkedhet, ahol már romlik a viszkozitása és kevésbé tudja ellátni a kenő – hűtő feladatát. Épp ezért az olajat vissza kell hűteni. Ezt legegyszerűbben egy levegőhűtésű olajhűtővel tudjuk megvalósítani. Viszont, mint az már ismertetésre került korábban, a száraz karteres kenési rendszer olajköre tartalmaz egy külső olajtartályt, melybe az olajszivattyú egyik köre pumpálja az olajat a forgattyús térből. Ez a tartály megfelelő hosszúságú és minőségű olajcsövek használatával gyakorlatilag a versenyautó bármely pontjára elhelyezhető. A kenőolaj hűtését így nagyban befolyásolja az olajtank elhelyezése: minél nyitottabb helyen van és minél nagyobb légáramlat éri, annál jobban hűti a kenőolajat. Így megkérdőjelezhetővé válik a külön olajhűtő szükségessége. Azonban a fékpadi mérések során nem biztos, hogy jut annyi levegő a tartályhoz, amennyi kellőképp lehűtené a benne tárolt olajat. Mivel a végbemenő hőátadást nem tudjuk megbízhatóan számolni a sok hiányzó paraméter miatt, ezért biztonsági okokból beiktatunk a rendszerbe egy olajhűtőt. E hűtő kiválasztásánál a legfontosabb szempontunk az egyszerűség és a csövek minél kisebb nyomásellenállása volt.



12. ábra Nyomásvesztés a különböző csatlakozó átmérőknél



13. ábra Olajnyomás esés különböző csőhosszaknál

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

A hűtőt a Setrab nevű svéd gyártó kínálatából választottuk. A fentebb látható táblázat szerint a 136F jelű csőnek a legkisebb a nyomásellenállása, így ezt választottuk a lehető legkisebb, 7 csöves megoldással. Mivel az olajtank is részt vesz az olajhűtésben, elegendő a minél kisebb fizikai paraméterekkel rendelkező modell.

Így a választott olajhűtő paraméterei:

- Setrab 50-107-7612
- Méretei: A = 163 mm, B = 52,3 mm, C = 122mm, D = 190 mm, E = 210 mm
- Maximális nyomás: 10 bar
- Csatlakozás: M22



14. ábra A választott Setrab olajhűtő

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

5.2.3 Az olajszűrő kiválasztása

A motorunkban elhelyezett olajszűrő fogja biztosítani a motorba bejutó kenőolaj szennyeződésmentességét és szűri ki a kopásokból keletkezett anyagokat. A motorban csak gördülőcsapágyakat használunk, amelyek kevésbé érzékenyek a szennyeződésekre, így elegendő lenne egy darab főági szűrőt alkalmaznunk. Összevetésképpen, a tervezés alapjául szolgáló KTM LC4-es két darab olajszűrőt használ, egy főági szűrőt és egy mellékági szűrőt. Ezt a szennyeződésre érzékeny siklócsapágyak használata és a váltóval való közös olajozás teszi szükségessé.

A mi motorunknál, mint említettem, ezen okok miatt elegendő lenne egy szűrő használata, mégis úgy döntöttünk, hogy két darabot fogunk a rendszerben elhelyezni. Ezt az indokolja, hogy a motorunk teljesen egyedi tervezésű, kiforratlan modell, így számolnunk kell azzal, hogy a benne lévő alkatrészekről nem csak a használat során jelentkező kopásból válnak le kisebb – nagyobb darabok és kerülnek az olajkörbe. Egy nagyobb szennyeződés elzárva a szűk olajcsatornákat végzetes következményeket okoz. Így a főszűrő elé előszűrőt is beépítünk az olajkörbe. A főszűrőt kis finomságú szűrőnek, az előszűrőt pedig durva finomságú szűrőnek képzeljük el. A kis finomságú szűrő hamar eltömődne a nagyobb szennyeződésektől, így indokolt egy durvább szűrőt elé elhelyezni. Ezzel a megoldással biztosítani tudjuk, hogy ne tömődjön el túlságosan hamar a főszűrő valamint ne kerüljön szennyeződés a motorba.

Konstrukciós szempontból, miszerint ne kelljen szűrőházat tervezni a plusz súly és méretek miatt, úgynevezett inline olajszűrőkre esett a választásunk. Ezeket a szűrőket úgy alakítják ki, hogy közvetlenül beszerelhetőek legyenek két olajcső közé. A szűrőház alumíniumból, a filter rozsdamentes acélból készül.

A szűrők kiválasztásánál ügyelnünk kellett (akárcsak a hűtő kiválasztásánál) arra, hogy a választott terméken átfolyjon az összes olaj és minél kisebb legyen a nyomásvesztése. A nyomásvesztés arányos a betétek finomságával. Minél durvább a filter, annál kisebb az ellenállása. Ezek alapján

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

előszűrőnek egy 440 μm finomságú Mocal inline szűrőt választottunk. Ez a szűrő elég durva ahhoz, hogy megfogja a nagyobb szennyeződések, ugyanakkor ne jelentsen nagy akadályt az áthaladó kenőolaj számára. Ez az előszűrő a szivattyú előtt kerül elhelyezésre, így azt is védi a szennyeződésektől, sérülésektől.

A főszűrőnek elég finomnak kell lennie ahhoz, hogy kiszűrje az abrazív részecskéket az olajból ugyanakkor ne fojtja vissza az olaj áramlását a kritikus szint alá. Hidegindításnál a hideg olaj miatt ez fokozottan veszélyes lehet.

Mi főszűrőnek egy 25 μm finomságú szűrőt választottunk. Ez azt jelenti, hogy a 25 μm -nél nagyobb szennyeződések közel 100%-ban kiszűri. Az ennél kisebb részecskéknél viszont csak néhány százalékát. Az ennél finomabb szűrő használata megnövelné az eltömődés kockázatát valamint nagyobb nyomásvesztést és kisebb áteresztőképességet okozna. A motorunkban használt gördülőcsapágyak lehetővé teszik a nem túlságosan finom szűrő használatát. A választott olajszűrő főbb adatai:

- Nyomásvesztés: 0,17 bar
- Áteresztőképesség: 1 000 l/h felett
- Maximális nyomás: 14 bar

Fontos említést tenni arról, hogy sem az előszűrő, sem a főszűrő nem rendelkezik bypass ággal. A bypass ág egy megkerülő ág, melybe egy adott nyomásra nyitó szelep van beépítve, és ha ez a szelep érzékeli a szűrő eltömődöttsége miatt jelentkező nyomásnövekedést, kinyitja a megkerülő ágot. A mindennapi életben használt gépjárműveknél fontos, hogy legyen bypass ág, hiszen így biztosított a motor kenőolaj ellátása a szűrő eltömődése után is. Más kérdés, hogy ilyenkor szűretlen olaj kerül már a motorba.

Versenymotorokban olyan szűrőket használnak, amelyekbe nincs bypass ág beépítve. Ennek magyarázata az, hogy a motor magas fordulatszámon való járatása esetén annyi olaj áramlik a rendszerben, amelyet a kisebb áteresztőképességű szűrők nem képesek átengedni és azonnal kinyit a bypass szelep. Így a motorba gyakorlatilag szűretlen olaj jut, ami korai tönkremenetelhez vezethet. Az általunk választott szűrő áteresztőképessége messze nagyobb, mint

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

amekkora olajmennyiség maximálisan áramlik a rendszerben. A főszűrő eltömődésének esélyét jelentősen csökkenti az előszűrő használata. A nyomásértékek folyamatos figyelése mellett a szűrők esetleges eltömődésének első jeleire azonnal be tudunk avatkozni.



15. ábra Mocal inline előszűrő



18. ábra K&N inline főszűrő

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

5.2.4 Az egyedi tervezésű olajtank

A szárazkarteres kenési rendszer legszembetűnőbb eleme a külső olajtartály. Arról már esett szó, hogy itt tárolódik a kenőolaj és a tartály elláthat olajhűtési feladatokat is. De egy ilyen tartály belseje korántsem átlagos kialakítású.

Az olajszivattyú egyik köre a kenőolajat kiszivattyúzza a forgattyús házról és nyomja az olajtankba. Már említésre került, hogy a forgattyús házról kiszivattyúzott közeg levegő és olaj keveréke. Ezt a keveréket mindenképp szét kell választanunk mielőtt a tartályból a motorba kerül. Erre több megoldás is létezik. A Forma 1-es versenyautók száraz karteres rendszerében egy külön alkatrész, úgynevezett „air – oil separator” működik. Ez egy különleges kialakítású alkatrész, mely forgása közben szétválasztja az olajat a levegőtől, így csak az olaj kerül a tartályba. Mivel ezt a megoldást nagy teljesítményű motoroknál használják, nálunk csak felesleges többletsúlyt jelentene. Számunkra sokkal egyszerűbb a tankot úgy kialakítani, hogy a belsejében a levegő és az olaj szétválhasson. Többek közt az AUDI R8 száraz karteres rendszerében is így van megoldva a kenőolaj és a levegő szelektálása. Az R8-ba épített tank űrtartalma többszöröse annak, amire nekünk szükségünk van, így a felesleges súly és felesleges méretek miatt nem használhatjuk egy az egyben. A kereskedelmi forgalomban kaphatóak olajtankok ugyan, ám ezek legkisebb mérete is túl nagy a mi egyhengeresünk számára, az árról nem is beszélve. Az egyetlen megoldás egy egyedi olajtartály tervezése volt.

Mindenekelőtt tisztában kellett lennünk egy ilyen tartály belső kialakításával, belső áramlási viszonyokkal és legfőképp a szükséges olajmennyiséggel. A tervezés alapjául a már jól bevált konstrukció, az AUDI R8 olajtankja szolgált.

A tartályban szükséges olajmennyiség az olajszivattyú paraméterei és egy hasonló motor átolajozási idejéből számítható. Kb. 5-6 másodperc szükséges ahhoz, hogy a kenőolaj „megtegyen egy kört” a motorban és visszajusson a

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

tartályba. Mivel addig folyamatosan fogy az olaj a tankból, minimum annyi kenőolajat szükséges a tankba tölteni, amennyi 6 másodperc alatt eltávozik. Ez főleg az első indításnál és szétszerelés után fontos, mert ilyenkor a rendszer nincs feltöltve kenőolajjal. Járatás után a motor olajcsatornáiban, olajcsövekben, olajhűtőben stb. ottmarad az olaj, így gyakorlatilag azonnal felépül az olajkör. A rendelkezésre álló adatok alapján tehát:

- Az olajszivattyú olajszállítása a motor alapjáratán: 240 l/h
- Az átolajozási idő: kb. 5–6 sec, biztonság kedvéért pozitív irányba tévedve: 10 sec

Így a szükséges olajmennyiség a tankban:

$$V = \frac{240}{3600} \cdot 10 = 0,66 \text{ liter}$$

Tehát a minimálisan szükséges kenőolaj mennyiség: 0,66 liter. Viszont ha csak ennyi olajat használunk, a kenőolaj nagyon hamar túlhevülne, elhasználnódna. Ezt elkerülendő egy 3-as szorzót alkalmaztunk, így a tartály olajtároló képessége 2 liter kell legyen.

Ezt követően meghatározható a tartály geometriája. A legegyszerűbb elhelyezhetőséget és praktikusságot szem előtt tartva egy kör keresztmetszetű hengert választottunk. Fontos, hogy az oldalgyorsulási erők hatását kivédve a henger magassága lényegesen nagyobb legyen, mint a henger átmérője.

A tartály tervezésénél figyelembe kellett venni a bizonytalanságokat a kartergázról illetően. A kartergáz mivoltáról már esett szó korábban. Az olajszivattyúnk elég erősnek tűnik, hogy elszívja a teljes kartergáz mennyiséget, de nem kockáztathatunk. A Formula Student szabályai nagyon szigorúak a folyadékok és olajok szivárgását illetően. Így egy biztosító megoldást is alkalmazunk a kartergáz elvezetésére: a szelepfedélen lévő csomagra egy átlátszó csövet csatlakoztatunk, melynek másik végét egy úgynevezett kartergáz lecsapatóra csatlakoztatjuk. Ez egy kisméretű, gyakorlatilag átlagos kis tartály. Ha az olajszivattyú nem képes a teljes kartergáz mennyiséget elszívni, a maradék így kerül kivezetésre a szelepfedélen keresztül.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

(Magyarázat: a hengerfejből visszafolyó olaj a vezérműlánc mellett folyik vissza a forgattyús házba. A lánc egy nagy üres térben helyezkedik el, így a forgattyús házban lévő gázok szabadon áramolhatnak felfele, egészen a szelepfedélig, ahol a csonton keresztül az olaj lecsapatóba kerülnek.)

Az átlátszó cső segítségével láthatjuk, hogy a szivattyú milyen munkát végez.

A kartergáz lecsapatót integráltuk az olajtank felső részére, így az esetlegesen idekerülő kartergázból szabadon lecsapódhat az olaj és biztosan nem kerül a környezetbe. A szivattyú által kiszívott olaj – levegő keveréket egy egyszerű megoldással tudjuk szétválasztani. A tartály felső negyedébe egy spirálpályát alakítottunk ki, amely egy darab önmagába 15 centiméterrel kiindulása alatt visszatérő ívből áll. Erre a lemezre kisebb – nagyobb lyukakat terveztünk, melyek az olaj habosodását hivatottak megelőzni. Így a folyamat a következőképp néz ki:

- A tartályba beáramlik a levegő – olaj keverék
- Ez a közeg rögtön egy spirálpályára kényszerül, ekkor a levegő elválk az olajtól és a tartály tetején kialakított szellőző csonton a környezetbe távozik
- A megmaradt olaj az apró lyukakon visszacsordogál a tartályban lévő olajba, így nem habzik fel
- Az olajtankból az alsó szívócsonton keresztül csak és kizárólag olaj távozik a motorba

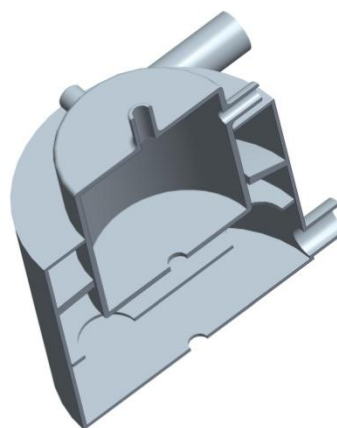
Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Tehát az egyedileg tervezett tartályunk hasznos térfogata 2 liter, integrálva van a tetejébe egy kartergáz lecsapató, a hasznos űrtartalom fölé egy spirálpálya van beépítve, rajta lyukakkal, a tank teteje pedig a környezet felé szellőzik. Az oldalán pedig egy szintjelzővel láttuk el.



19/a. ábra A saját tervezésű olajtank



19/b. ábra A tartály metszeti képe

5.2.5 Termosztát

Versenymotoroknál elengedhetetlen az ideális kenés megléte a hidegindítástól a motor leállásáig. A kenőolaj csak egy bizonyos hőmérséklet tartományban biztosítja az optimális kenést a motor alkatrészei számára. A túl hideg olaj éppúgy nem jó, mint a túl meleg olaj. Az olaj túlhevülésének megakadályozására tett lépéseinket már ismertettem, viszont a túl hideg olaj is problémákat okozhat. Ezért került a rendszerbe egy termosztát, mely egy beépített hőmérséklet szenzorral rendelkezik, és ha az olaj hőmérséklete nem éri el a 80°C -ot, a termosztát zárva tart és nem engedi be a hideg olajat az olajhűtőbe. Így hamarabb felmelegszik ideális hőmérsékletre a kenőolaj. Amint eléri a



20. ábra A rendszerbe szerelt termosztát

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

80°C –ot, a termosztát nyit és az olaj szabadon áramolhat az olajhűtőbe. A tesztek során főképp a termosztát viselkedéséből láthatjuk, hogy szükség van-e egyáltalán az olajhűtőre.

5.2.6 Az olajcsatornák átmérőinek meghatározása

Az olajcsatornák átmérőinek meghatározásakor csak a nyomóági csatornákat kellett figyelembe venni, mert a visszafolyó ágban már nem lesz nyomás. Az átmérők meghatározásához szükséges az áramlási sebességek, térfogatáramok és nyomások ismerete. Ezt követően meghatározhatóak az egyes csatornák átmérői.

Olaj főcsatorna átmérőjének meghatározása

Ahhoz, hogy a folyadékoszlop ne szakadjon meg és ne rakódjon le semmi a furatok falára, egy meghatározott sebességtartományon belül kell lennie az áramlási sebességnek. Ez a tartomány: 2,5 - 4 m/s. A legkisebb lehetséges furat eléréséhez az áramlási sebességet 4 m/s –nak választottuk. Így a csatornaátmérő:

$$d = \sqrt{\frac{V}{v \cdot \pi}} \cdot 2 = \sqrt{\frac{210}{4 \cdot \pi}} \cdot 2 = 8,17 \text{ mm} \sim 8 \text{ mm}$$

Főtengelyben lévő olajcsatorna

Konstrukciós szempontból 3 mm. A térfogatáramok már így lettek számolva.

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Fúvókákhoz vezető csatorna

A két fúvóka miatt az idevezető csatorna kettéágazik, így a térfogatáramok feleződnek. Az így kapott átmérő:

$$d = \sqrt{\frac{V}{v \cdot \pi}} \cdot 2 = \sqrt{\frac{85}{4 \cdot \pi}} \cdot 2 = 5,2 \text{ mm}$$

(Konstrukciós szempontból a csatorna átmérőjének minél kisebbnek kell lennie, ezt a 4 m/s folyadékáramlással érhetjük el.)

A két fúvóka szimmetrikus, ezért mind a kettőhöz a kapott átmérőjű olajcsatorna tartozik.

Hengerfejbe vezető olajcsatorna

Az olaj hengerfejbe való eljuttatásához a vezérlés oldalon célszerű kialakítani az olajcsatornát. Ennek átmérője a következőképp számolható (optimális áramlási sebességet feltételezve):

$$d = \sqrt{\frac{V}{v \cdot \pi}} \cdot 2 = \sqrt{\frac{30}{2,5 \cdot \pi}} \cdot 2 = 3,9 \text{ mm}$$

Ezt az értéket 4 mm-re kerekítve az áramlási sebesség nem változik jelentősen, viszont konstrukciós szempontból előnyösebb. Így a hengerfejbe vezető csatorna átmérője 4 mm.

A hengerfejben lévő hajlított csőből álló olajcsatorna és ennek a szelepcsészékre irányított négy furatának átmérőit is meg kell határoznunk. Itt azt kell szem előtt tartani, hogy a furatokon kiáramló olaj elérje a csészék tetejét. Az olajcsatorna átmérőjének célszerű a hengerfejbe vezető olajcsatorna átmérőjét meghagyni, így az 4 mm lesz. A furatokon kiáramló közeg sebessége jóval nagyobb kell legyen, mint a csőben áramlóé. Hogy minden furaton megfelelő sebességű kenőolaj áramoljon ki, ezért a furatok nagyon kis keresztmetszetűek lesznek, a rajtuk kiáramló olaj pedig nagy sebességű lesz.

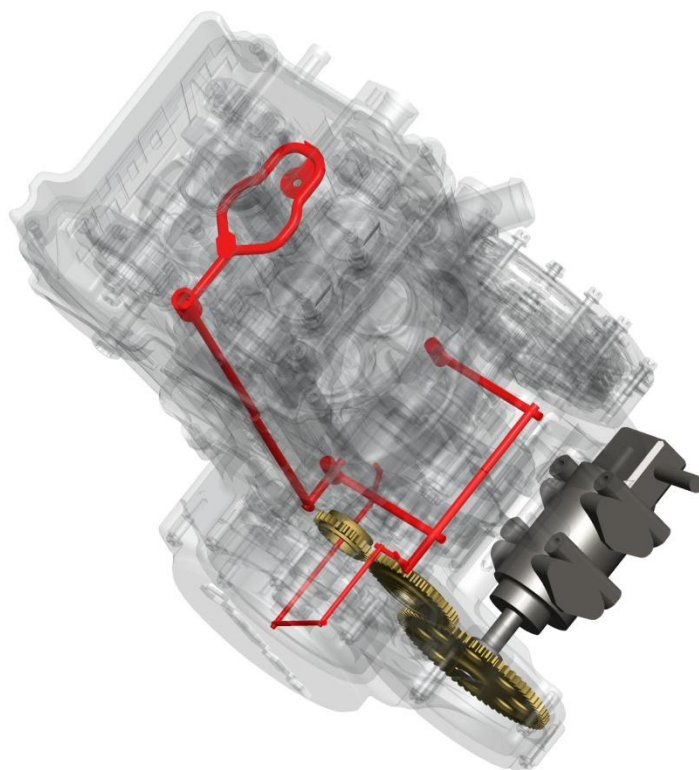
Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

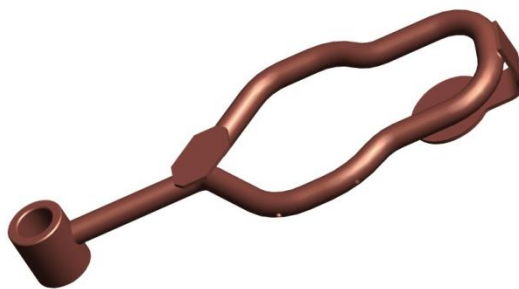
$$d = \sqrt{\frac{V}{v \cdot \pi}} \cdot 2 = \sqrt{\frac{30}{15 \cdot \pi}} \cdot 2 = 1,59 \text{ mm}$$

Minél kisebb a furat, annál nagyobb a távozó kenőolaj sebessége, így hogy biztosan elérje a kenési pontokat, a furatok 1,5 mm-esek lettek.

Így minden olajcsatorna átmérője meg lett határozva.



21. ábra A motorban kialakított olajcsatornák



22. ábra A hengerfejben lévő olajcsatorna



Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

5.2.7 Szenzorok

A kenési rendszer paramétereinek állandó figyelését 3 db nyomás- és hőmérsékletszenzor látja el. Ezekhez egy adaptert kellett terveznünk, melyre rácsavarozhatóak a szenzorok. Az adapter két csonkjára DAS menet kerül a használt olajcsövek miatt. Így a szükséges mérési pontokra helyezhetőek lesznek a szenzorok.



23. ábra Hőmérséklet- és
nyomásszenzor

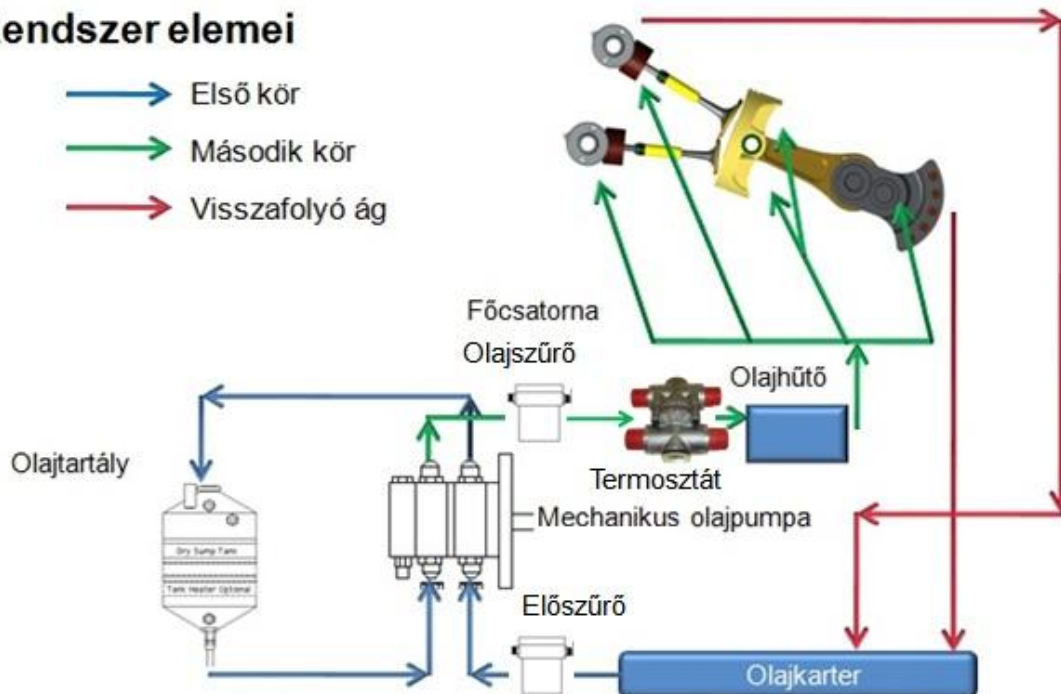
Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
 Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

6. KONKLÚZIÓ

Az egyhengeres versenymotorunknak sikerült egy olyan kenési rendszert terveznünk, mely minden körülmények közt biztosítja a kenőolaj ellátást. A rendszer valószínűleg túlméretezett lesz, ezért a következő lépés az optimalizációs folyamat lesz. A nyár folyamán megtervezésre fog kerülni egy elektromos meghajtású egyedi tervezésű, a mi motorunkhoz optimalizált olajszivattyú. A fékpadi mérések során továbbá kiderül az is, hogy az olajtartályunk mennyire képes átvenni az olajhűtő szerepét és ennek megfelelően a tartályt áttervezve egy kompakt megoldást kaphatunk a kenőolaj tárolására és a szükséges hűtésére. Az EVO II-es versenymotor kenési rendszere így egy teljesen optimalizált és nagymértékben saját tervezésű alkatrészekből álló konstrukció lesz.

Rendszer elemei



24. ábra A rendszer elemei
 (sematikus ábra)

Cím: **SZEngine versenymotor
kenési rendszerének tervezése**
Szerző: **Csiza Ferenc**

2012.04.18.

Felhasznált irodalom:

1. Dr. Író Béla - Dr. Zsenák Ferenc: Műszaki Hőtan, elektronikus jegyzet SZE
2. Dr. Gál Péter, Csizmazia József: Gépjárműmotorok II.; J 19-641
3. KTM_2008_690Enduro_Repair_Manual.pdf
4. Valsalek István: Tribologia 5 Járműtribologia, Tribotechnik Kft. Budapest, 2003, ISBN 963- 00- 8692-1
5. Dr. Dezsényi György, Dr. Emőd István, Dr. Finichiu Liviu: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata; ISBN 963 19 0069 X
6. A. Graham Bell: Performance Tuning in Theory & Practice – 4 strokes, Haynes Publishing Group, 1981, ISBN 0 85429 275 6