

GPL Race Engineer Kézikönyv

Carrol Smith

2009. július 18.

Tartalomjegyzék

Versenyautó dinamika	3
Versenyautó dinamika	4
Áttekintés	4
Kanyarodás	5
Rugóértékek és hasmagasság	5
Oldalkúszási szög	5
Guminyomás és kerékdőlés	6
Egyensúly	6
Differenciálmű	7
Súly átterhelődés	7
Az egyensúly hangolása	7
Átmeneti állapotok	8
Vezethetőség	9
Összefüggések	9
A gumi	10
Áttekintés	10
Érintkező felület	10
Erők	10
Oldalkúszási szög	11
Csúszási hányados (tapadási tényező)	11
Kerékdőlési oldalerő	12
Kerékdőlés	12
Visszatérítő nyomaték (kúszási nyomaték)	12
Függőleges terhelés	13
Guminyomás	13
Egyensúly	13
Rugómerevség és hasmagasság	14
A GPL erősségei és gyengeségei	14
A hiányzó tényező	14
A következmény	14
Az egyenlet	15
Ne engedd beütni	15
A korona kezelése	15
Súly elosztás	15
Pálya elemzés	16
Összefoglaló	17
Ovál	18
Honnan tudom, hogy felüt?	18

Kiváltó okok	18
Külső nézet	19
A differenciálmű	20
Bevezetés	20
Alapok	20
A Salisbury differenciálmű	20
Irányíthatóságra gyakorolt hatás	21
Lassítási oldal	21
Gyorsítási oldal	21
Ovál	22
Összefüggések	22
Mások véleménye	22
Steve Smith	22
A felfüggesztés	24
Áttekintés	24
A gumi talajjal érintkező felületének beállítása	24
Statikus kerékdőlés camber	24
Dinamikus kerékdőlés változások	25
Összetartás (toe-in)	25
A függőleges irányú terhelés feldolgozása	26
Hasmagasság (ride height)	26
Rugóérték (rugóállandó, spring rate)	26
Stabilizátor (anti-roll bar)	27
Versenymérnökök kézikönyve	28
Beállítások kikísérletezése	29
Az egyensúly megtalálása	29
Hagyományos és utcai pályák	30
Ovál	30
Átmeneti reakciók	30
Lassítás	30
Gyorsítás	30
Helyettesíthetőség	30
Áttételek	31
Utolsó fokozat, végáttétel	31
Alacsonyabb fokozatok	31
Sebességi fokozatok elosztása	32
Finomhangolás	32

Versenyautó dinamika

Versenyautó dinamika

Áttekintés

Minden négy kerekű jármű, melynek az első kerekeit kormányozzák megegyezik a dinamikája jellegétől függetlenül. Alapelvekre koncentrálunk versenyautókra vonatkoztatva.

Minden járműnél az erő mely a gumi és az út közötti súrlódásból származik a sebesség és annak irányának megváltoztatására használható. Ezeket a változtatásokat nevezzük gyorsításnak, kanyarodásnak, lassításnak.

A modern versenyautóknál két tényezőtől áll össze ez az erő vagy tapadás, aerodinamikai és mechanikai tapadásból. 1967-ben a GP autókön még nem kezdték el az aerodinamikai erő alkalmazását, hogy növeljék a gumikon létrejövő erő nagyságát.

A GPL-ben a hangsúly a gumikon van. Meg kell találnunk annak a módját, hogy a gumik minden körülmények között az optimális tapadást nyújtsák. Ez azt jelenti, hogy a gumi érintkező felületét az optimális formában kell tartani az optimális és egyenletes függőleges tengelyterheléssel.

A setup menüben számos különböző beállítás befolyásolja egy adott pillanatban a gumi kapcsolatát az aszfalttal. Minden egyes pályára meg kell találnunk a megfelelő kompromisszumot a beállítások között, hogy a megfelelő mértékű tapadás a rendelkezésünkre állhasson.

Azt is szeretnénk, hogy az autó irányítása kiegyensúlyozott legyen. Ez azt jelenti, hogy mikor a jármű a tapadási határhoz közelít, azt szeretnénk, hogy a gumik, mind az első, mind a hátsók megközelítőleg egyszerre és azonos mértékben csússzanak meg. Ha az autó nincs kiegyensúlyozva, vagy az első gumik fognak megcsúszni és kisodródunk, vagy a hátsó gumik csússzanak meg és megpördülünk.

Azt is szeretnénk, hogy megbocsátó legyen az autó. Ez azt jelenti, hogy a viselkedése kiszámítható és állandó. Mikor kezd megcsúszni, a folyamat progresszív legyen, ne hirtelen. Azt szeretjük, ha szépen lassan indul meg egy kis jelzéssel és a csúszási folyamat jó sokáig tart, mielőtt kontrollálhatatlanná válik.

Ezek a dolgok mind kompromisszumokat követelnek. Nézzük csak hogyan tudjuk ezt a számos tényezőt melyek befolyásolják a kanyarodást, fékezést, tapadást szétbontani emészthető részekre, hogy



1. ábra. Az Eagle-Weslake T1G az 1967-es hollandiai futamon mutatkozott be Zantvoortban, nagy szenzációt keltve. Dan Gurney a második helyre kvalifikálta magát Graham Hill mögé, de motorhiba miatt nem tudta befejezni a futamot.

legyen egy alapunk amiből dolgozhatunk mikor egy pályához állítjuk az autót.

Kanyarodás

Hogy egy jó versenyautót fejlesszünk, a maximális tapadásra van szükségünk minden irányban. Azt is szeretnénk, hogy kiegyensúlyozott legyen és könnyű legyen vezetni. Ilyenkor számos tényező lép be az egyenletbe.

Rugóértékek és hasmagasság

Az autó felfüggesztésében a rugó merevségének kulcs szerepe van. A négy rugónak kell hordania a kaszni súlyát és a járulékos függőleges terhelésnek is ellen kell állnia melyek az út dőléséből, bukkanókból és hasonlókból származnak.

A hasmagasság is kritikus összetevő a felfüggesztés működésének szempontjából. Minél nagyobb a hasmagasság annál lágyabbak lehetnek a rugók. Általánosságban és értelem szerűen minél lágyabb a rugó annál inkább engedi a guminak, hogy kövesse az út egyenlőtlenségeit és ezáltal nő a tapadás.

Bár a nagy hasmagasság nagyobb terhelésváltást, átterhelődést jelent, mely csökkenti az autó összehozott tapadását.

Ezért meg kell találnunk a kompromisszumot a magas és lágy, és az alacsony és kemény beállítás között.

Ez a téma annyira nagy jelentőségű, hogy egy egész fejezetet szenteltem neki. Ha boldogulni akarsz a beállítás művészetében, akkor mindenképpen olvasd el a rugómerevség és hasmagasságról szóló fejezetet.

Bizonyos nézőpontból a GPL kivitelezése miatt az optimális kompromisszum megtalálása kicsivel nagyobb kihívást jelenthet, mint a való életben. A GPL-ben nem könnyű észrevenni, hogy átléptük a rendelkezésre álló kombinációk alsó határát. Ha mégis túllépünk, akkor megengedjük a felfüggesztésnek, hogy felüssön kritikus helyzetekben, ezáltal de-stabilizálja autónkat, drasztikusan csökkenti a vezethetőséget és a kanyarodási hajlamot.

Szerencsére vannak módok, hogy kezeljük ezt a jelenséget, lásd a *Honnan tudom, hogy felüt?* részben.

Oldalkúszási szög

A szög, mely a gumi „útja” és a középvonala között létrejön oldalkúszási szögnek nevezzük. Mivel a versenyautók a kanyarodásuk során a legtöbb időt a tapadási határ közelében töltik, kiemelten fontos, hogy megértsük az oldalkúszást, mert így értetjük meg és kezelhetjük autónk viselkedését. Ahogy a kanyarodás során létrejövő erők elkezdnek nőni és terhelik a gumit, az egy bizonyos a középvonalától elhajló pályára kényszerül. A gumi pályája és a középvonala közti szög az oldalkúszás.

Ahogy növekszik az oldalkúszás, úgy nő a létrejövő tapadás azon a gumin, egy bizonyos pontig. Amint elérjük az optimális oldalkúszást a rendelkezésre álló tapadás csökkenni kezd ahogy a kúszási szög tovább növekszik. Ha lényegesen túllépjük ezt az optimális szöget akkor elveszítjük az irányítást.

Minden guminak különbözik az oldalkúszási karakterisztikája. Néhány gumihoz elérhető a karakterisztika diagramja. Ha választhatnánk egy ideális gumit az olyan lenne aminek a grafikonja szép egyenletesen növekedne az optimum felé, utána pedig - ami még fontosabb - lágyan, lassan csökkenne. Minél egyenletesebb, lágyabb a gumi oldalkúszási diagramja annál megbocsátóbb lesz vezetni a gumit. A gumi, aminek hirtelen lecsökken a tapadása az optimális oldalkúszási szög átlépése után azt nehéz vezetni, olyan érzés mintha hirtelen megszűnne a tapadás minden jelzés nélkül.

A hátsó gumiknak az oldalkúszási szöge jó közelítéssel megegyezik az autó középvonala és a gumi által befutott út közötti szöggel. Mikor az autó például jobbra fordul és túlkormányzott állapotba kerül a gumi oldalkúszása annál inkább növekszik, minél jobban keresztben halad az autó. Megjegyzésként, ha a kereket állóra fékezzük és a gumi egyszerűen csúszik, akkor az oldalkúszás elhanyagolhatóvá

válík. Ugyan ez igaz arra is, ha megpördültünk, vagy ha hátsó kerekek az intenzív gyorsítás hatására túlforgnak.

A célunk, hogy olyan beállítást találjunk, mely a lehető legkönnyebbé teszi a sofőr számára, hogy megtalálja az optimális oldalkúszást és a kanyarodás idejének döntő hányadán ott is tudja tartani autóját.

Guminyomás és kerékdőlés

A maximális tapadás érdekében optimalizálni kell a gumi és az út kapcsolatát. Ez azt jelenti, hogy a lehető legnagyobb gumifelület érintkezzen az úttal.

Ha a gumi nyomása túl alacsony, akkor a gumi futófelületének középső része kisebb erővel nyomódik az út felületéhez, mint a szélei. Ha pedig túlfújtak a szélek talán el sem érik egyáltalán az aszfaltot. A gumi hőmérsékletét használva megtalálhatjuk az optimális nyomást, minél magasabb a guminyomás, annál inkább dolgozik a gumi közepe, annál magasabb lesz a hőmérséklete azon a ponton.

Meredeken döntött kanyarokban a járulékos függőleges terhelés hatására a gumi nagyobb mértékben deformálódik, tehát magasabb guminyomást kell alkalmaznunk meredeken döntött ovál pályán, mint hagyományos versenypályán vagy enyhébben döntött oválon.

Megjegyezném, hogy a gumi akkor dolgozik leginkább mikor, a külső oldalon van, mivel ekkor terheli jobban az autó tömege, ekkor keletkezik rajta a legnagyobb erő, és ilyenkor termeli a legtöbb hőt.

Mikor találtunk egy jó guminyomást előfordulhat, hogy hőmérséklet különbség van a gumi külső és belső szélei között. Ha a gumi belső széle melegebb a külsőnél, akkor a belső több munkát végez. Hogy jobban megdolgoztassuk a külső szélét a gumi tetejét kis mértékben kifelé kell elmozdítani. Ezt hívjuk pozitív kerékdőlésnek. Ha a külső széle túl meleg akkor negatív kerékdőlés felé kell haladni.

Mivel a gumik kanyarodás közben mindig deformálódnak és hajlamosak „felemelni” a belső szélüket, szinte mindig szükségünk lesz némi negatív kerékdőlésre. Az egyedüli kivétel ovál pályákon lehetséges. A bal kerék tipikusan pozitív kerékdőlésű mivel mindig bal kanyarok vannak ezért a gumi külső széle a legkevésbé terhelt pont lenne.

Egyensúly

Azt is szeretnénk, hogy az autó irányítása kiegyensúlyozott legyen. Ez azt jelenti, hogy mikor a jármű a tapadási határhoz közelít, azt szeretnénk, hogy a gumik, mind az első, mind a hátsók megközelítőleg egyszerre és azonos mértékben csússzanak meg. Ha az autó nincs kiegyensúlyozva vagy az első gumik fognak megcsúszni és kisodródunk, vagy a hátsó gumik csússzanak meg és megpördülünk.

Ahhoz, hogy egy autó kiegyensúlyozott legyen a jármű mindkét végén rendelkezésre álló tapadásnak, arányosnak kell lennie az adott végén lévő súlyeloszlással. Más szavakkal, ha egy autó tömegének a 60%-a hátul helyezkedik el, akkor a tapadás 60%-át a hátsó tengelyen kell megtermelnie. Sok tényező befolyásolja az autó egyensúlyát pl.: kerékdőlés, rugóértékek, stabilizátor merevség,



2. ábra. Mexikói Nagydíj - 1967

csillapítás beállítások, differenciálmű önzárás beállítása, fékerő elosztás. A guminyomás kismértékű megváltoztatásával is növelhetjük, vagy csökkenthetjük a tapadást, és ez által befolyásolhatjuk a jármű egyensúlyát.

Differenciálmű

Az önzáró differenciálműnek rendkívüli hatása van az autó viselkedésére fékezéskor, kanyarban, gyorsításkor. Az által, hogy korlátozzuk a hajtott kerekek között kialakulható „fordulatszám” különbséget, drámai változásokat eszközölhetünk az autó viselkedésében a kanyar három fázisában.

Erősebb záró hatás stabilabbá teszi az autót, mind fékezéskor, mind gyorsításkor. Bár alacsony sebességről történő gyorsításkor ez csak egy bizonyos pontig igaz. Ha a külső oldali hátsó kerék elveszti tapadását az autó, instabillá válik a differenciálmű beállításaitól függetlenül. Az erősebb zárás a külső kereket arra ösztönzi, hogy hirtelenebben veszítse el tapadását.

Másrésről viszont az erősebb zárás növeli az autó összegzett tapadását és így maximalizálja a kigyorsítást lassú kanyarokból.

A trükk az, hogy annyi zárást állítsunk amennyi, létre hozza számunkra a lehető legnagyobb tapadást anélkül, hogy hirtelen átmenet nélküli gázadásra túlforgó kerekekkel túlkormányzás lépjen fel.

Ismét a differenciálmű annyira kritikus tényező, hogy külön fejezetet szenteltem neki. Úgy érzem, kötelező olvasmány mindenkinek aki nincs teljesen tisztában az önzáró differenciálmű karakterisztikájával.

Súly átterhelődés

Megváltoztathatjuk az autó egyensúlyát azzal is, ha változtatjuk a guminkra jutó terhelést kanyarban. Jó ökölszabály, minél több terhelés (súlyt) veszünk le, távolítunk a gumiról/tól annál kevésbé fog tapadni. A szabály nem közvetlen összefüggést mutat a gumi terhelésére, a gumi, amire többlet terhelést adunk nem tapad annyival jobban, mint amennyit a tehermentesített gumi veszít tapadásából.

Más szavakkal, ha egy bizonyos kanyarban haladva a terhelés a jobb első keréken 250 font a bal elsőn 200 font, átállítjuk, hogy a jobb oldalin 280 font és 180 font legyen a bal oldalin akkor az autó elejére értett összesített tapadásból, veszítünk. A jobb első keréken létrejövő tapadás növekedését ellensúlyozza a bal oldalin létrejövő csökkenés.

Az egyensúly hangolása

Az autó kiegyensúlyozására több tényező áll rendelkezésünkre. Ahogy már láttuk, állíthatunk a guminyomáson, a kerékdőlésen, hogy befolyásoljuk az autó négy pontján a tapadást. Mi mindegyik tényezőhöz az optimális beállítást keressük és nem akarjuk a gumik teljesítményét degradálni, hogy csak az egyensúlyhoz kell.

Szerencsére számos helyen változtathatunk a karosszérián, amelyek lehetővé teszik számunkra az egyensúly megtalálását. Ezek az állítási lehetőségek az átterhelődést célozzák kanyarodás közben.

Az első és hátsó stabilizátorok az elsődleges befolyásoló tényezői az egyensúly állításának. Ezek hatással vannak a karosszéria billenésére, ami döntő szerepet játszik a külső oldali gumik terhelésében kanyarban.

Az autó mindkét végén van stabilizátor. Ha keményítjük az első, akkor hajlamosabb lesz az alulkormányozottságra, ha lágyítjuk, akkor túlkormányozottság felé tendál.

Keményítsük a hátsót és túlkormányzott lesz. Lágyítsuk és alulkormányzottá válik.

A változtatások melyek erősítik az alulkormányozottságot, növelik az autó tapadását kigyorsításnál, míg a túlkormányozottság csökkenti a tapadást.

Állíthatjuk a fékerő elosztást is. Ez szabályozza, hogy mennyi munkát végezzen az autó eleje és hátulja. Ha a hátsó kerekeket jobban fékezzük hajlamosabb lesz megpördülni fékezéskor, mivel ha a

hátsó kerekek blokkolnak, megszűnik irány stabilitásuk. Ha jobban fékezzük az elejét hajlamos lesz egyenesen csúszni (orrútás) és kevésbé hatásos is.

Állíthatunk a rugó merevségen is az egyensúly érdekében. Ha keményítjük a rugózást az egyik végén az autónak, akkor ott csökkenni fog a tapadás a másikhoz képest. Tehát ha a hátsó rugókat keményítjük, akkor hajlamosabb lesz a túlkormányzásra. Ha lágyítjuk, akkor az ellenkezője történik.

Ha a rugót csak az egyik keréknél keményítjük más érzés lesz az egyik irányba történő kanyarodásnál és más milyen a másik irányba. Ez az aszimmetrikus beállítás.

Például, ha egy pályán két lassú hajtű kanyar van és mindkettő jobbos, valószínű a jobb első lágyítani szeretnénk, hogy jobban forduljon jobbra az autó. Ez azt is jelenti, hogy közepes sebességű kanyarokban alulkormányzott lesz, tehát ha van néhány gyorsabb balos kanyar ott stabilabb lesz.

Vigyázat, könnyen el lehet veszni az aszimmetrikus beállítások hatásaiban ezért javasolom egyszerre csak egy dolgon változtatni és feljegyzéseket készíteni teszteléskor.

A rugóértékek jelentős változtatása arról, ami megfelel az autó súlyelosztásának hajlamosabbá teszi a kocsit a felfüggesztés felkoppantására főleg ha hátul lágyítunk elől pedig keményítünk.

Átmeneti állapotok

Az átmeneti állapotok azokra a pillanatokra vonatkoznak, mikor az autó az állapotból a másikba vált, gyorsításból lassításba, kanyarodásból egyenesbe... Ezek közül is a legfontosabb az egyenes menetből kanyarodás. Ennél a pillanatnál a négy keréken megoszló terhelés eltolódik a külső íven haladó kerekek irányába. Az, hogy ezt hogyan teszi, milyen gyorsan és, hogy milyen hatást gyakorol az autó reakcióira, stabilitására, kritikusan befolyásolhatja a vezethetőséget.

Az átmeneti állapotokra leginkább a lengéscsillapító van hatással. Keményíteni a lengéscsillapítót az autó egyik végén nagyjából egyenértékű ha keményítjük a stabilizátort vagy a rugót de a hatása átmeneti, a kemény lengéscsillapítónak akkor van szerepe, mikor a sofőr egy vezérlő jelet visz be a rendszerbe pl.: fékez, elfordítja a kormányt, gázt ad, vagy az autó valamilyen zavaró tényezővel találkozik a pályán pl.: gödör, bukkanó.

Mivel a lengéscsillapító meghatározza az autó viselkedését a talajegyenetlenségeken a relatív sima pályára állított lengéscsillapítójú autó idegesen reagálna egy hepehupás pályán mint Zantvoort.

A GPL-ben a lengéscsillapítót 1 és 5 klikk között lehet állítani. Ez a nagyon lágy (szinte semmi csillapítás) és a nagyon kemény. A berugózás (nyomó fokozat) és a kirugózás (húzó fokozat) egymástól függetlenül állítható.

Átmeneti állapotban, kanyarban csak két lengéscsillapítónak van meghatározó szerepe és azoknál is csak egy irányú (vagy berugózás vagy kirugózás) elmozdulás meghatározó.

Például gyorsításkor a külső hátsó lengéscsillapító nyomó fokozatát keményítve erősödik a gázadásra túlkormányzás hatása, ugyan ez történik puha jobb első húzó fokozattal. Ez azért lehetséges, mert az autó hátulja lenyomódik gyorsításkor, hajlamos a külső hátsó kerékre ráülni és fölemelni a belső első kereket. A külső hátsót keményebbre állítani olyan, mintha egy pillanatra beraknánk egy keményebb rugót vagy stabilizátort.

Ha szemléltetni szeretnénk, képzeljünk el egy széket aminek az egyik lába alatt van valami. Jobbra kanyarodunk úgyhogy tegyük a bal hátsó láb alá. Most a széssel hintázhatunk a bal hátsó és a jobb első lábakon.



3. ábra. Lorenzo Bandini a Német Nagydíjon 1966-ban.

Mikor gyorsítunk a szék elmozdul és a jobb hátsó láb földet ér. A csillapító mely fékezhethné ezt a billenést a bal első húzó fokozata és a jobb hátsó nyomó fokozata. Mikor fékezünk a szék a bal első lába felé billen. A csillapító mely fékezhethné ezt a mozgást az a bal első nyomó fokozata és a jobb hátsó húzó fokozata. Azzal, hogy ellenáll a mozgásnak járulékos merevséget kapunk egy ideig.

Vezethetőség

Talán a legmegfoghatatlanabb erénye a beállításnak a vezethetőség. A világon legjobban tapadó versenyautó sem lenne a legjobb autó ha kiszámíthatatlan, vagy ha a határai penge élesek. Ahogy korábban írtam a viselkedésének kiszámíthatónak és állandónak kell lennie, mikor elkezd csúszni, azt szeretnénk, hogy óvatosan kezdje kis figyelmeztetéssel és sokáig uralható legyen a kontroll elvesztése előtt.

Egy ilyen autót könnyebb vezetni és több körön keresztül gyorsabb, mivel a sofőr hosszabb ideig tudja a maximumot nyújtani. Mivel a sofőr nem azzal van elfoglalva, hogy reagáljon az autó incselkedéseire és a szellemi kapacitását, nem az köti le, hogy úton maradjon, hanem a figyelmét más dolgokra összpontosíthatja például figyelheti a forgalmat, az üzemanyag mennyiségét, a gumik állapotát, stb.

Nyilvánvaló, hogy a sofőr képességei is belépnek az egyenletbe. Arra jöttem rá, hogy az enyhén alulkormányzott autókat szeretem. Gyors és laza az időmérőn jól működik. De versenybeállításnál mikor több zavaró tényező van és körről körre a pályán kell maradni egy kis alulkormányzottságtól jobban érzem magam és segít egyenletesebb teljesítményt nyújtani és így kisebb az esély egy nagyobb hibázásra. Kifizetődik feláldozni némi sebességet az egyenletességért.

Összefüggések

Valószínű, hogy nem annyira egyszerű, mint ahogy hangzik. Szinte bármelyik tényező megváltoztatása hatással van a másikra. Legyél tudatában ennek, mikor változtatásokat eszközölsz.

Mindig ellenőrizd vissza a gumi hőmérsékletet ha változtatasz pl.: a stabilizátoron, rugókon, differenciálművön vagy akármin ami hatással lehet a felfekvő felületre. Könnyű olyan szituációba kerülni mikor a saját farkát kergeti az ember. Amíg nem vagy teljesen tudatában a dolgoknak addig készíts feljegyzéseket.

A gumi

Áttekintés

Mindennek a kulcsa, ami a versenyen történik az a néhány négyzethüvelyknyi felület, ahol a gumi érintkezik az út felülettel. Ezeket a kis felületeket nevezzük érintkező felületeknek. A kanyarodáskor és fékezéskor ébredő erők mind a négy, a hajtóerő, pedig a hátsó két felületen adódik át. A leghatékonyabb kaszni beállítás, a lehető legjobban használja, ezen felületeket.

A gumi felépítése, beleértve, ahogy a vásznak csatlakoznak a vázhoz, a gumiösszetétel és a minta formája, ha egyáltalán van, összességében határozzák meg a gumi által átvihető erő nagyságát egy adott helyzetben.

Érintkező felület

Az érintkező felület formája, a függőleges terhelés eloszlása ezen a felületen, határozzák meg a gumi által létrehozható erő nagyságát. A guminyomás befolyásolja a függőleges terhelés eloszlását a felületen, úgy, mint a kerékdőlés. (erről később bővebben) Ideális esetben a terhelés egyenletesen oszlik meg a felületen. Ha a gumi egy vagy mindkét szélé kevésbé terhelt az összegzett tapadás lecsökken. Ugyan ez történik, ha a gumi érintkező felületének a közepe a terheletlenebb.

Egy kis átmérőjű széles guminak rövid és széles érintkező felülete van, amit jobban befolyásol a kerékdőlés és a guminyomás. Nagy átmérőjű keskeny guminak hosszabb és keskenyebb az érintkező felülete, amit a fentiek kevésbé befolyásolnak. Minél nagyobb a felület annál nagyobb a tapadás.

Ahogy a keresztirányú erők nőnek, úgy torzul az érintkező felület. Ez által a torzulás által megváltozik a létrejövő erő jellege is. Ahogy a hosszirányú erők is nőnek, úgy torzul szintén az érintkező felület, de más módon.

Erők

A gumira ható erők, függőleges terhelés a kocsni tömegéből, hosszirányú terhelés, ami fékezésből és a motorerőből ébred, keresztirányú a kanyarodásból.

Függőleges terhelés származik a kocsni tömegéből, ami megváltozik a tehetetlensége miatt bukkanókon döntött kanyarban stb.

A gumi egy meghatározott maximális vízszintes erőt képes létrehozni bizonyos körülmények között. Ha a hossz vagy keresztirányú erők vagy ezek bármely kombinációja nagyobb, mint a maximálisan létrehozható erő a gumin akkor az megcsúszik és a rendelkezésre álló erő csökken (távolodunk a tapadási maximumtól).

Ha a gumi hosszirányba a maximális erő kifejtéssel üzemel, nem képes a keresztirányú erő elviselésére. Ugyan ez igaz fordítva is. Ha a gumit a két irányból összetett maximális erő terheli, bármely irányba bekövetkező erőnövekedést a másik irányú erő összetevő csökkenése kell, hogy kísérje, hogy a maximális terhelést (tapadást) tarthassuk.

Oldalkúszási szög

Ahogy oldalirányú terhelés keletkezik kanyarodás közben, a gumin az ennek megfelelő ellenerő ébred, hogy ellenállhasson. Amint létrejött ez az erő a gumi torzulni kezd. A szerkezete megfeszül, és keresztirányba torzulni kezd. Ennek eredményeként minden egyes körforgásra kis mértékben kúszik oldalirányba.

A futófelületen lévő gumi (ez alkotja az érintkező felületet) is torzulni kezd, oldalirányba nyúlik úgy hogy az érintkező felület keresztirányban (oldalirányban) eltolódik. A felület forgás szerinti kilépő része jobban eltolódik, mint a belépő része.

Az eredmény az, hogy az oldalirányban terhelt gumi nem a kerék középvonalával párhuzamosan gördül le az úton (merőlegesen, a tengely középvonalára). Bizonyos szöget zár be a kerék középvonalával. A mozgás iránya és a gumi középvonala közötti eltérés hívjuk oldalkúszási szögnek.

Minden adott gumi a maximális keresztirányú tapadását egy meghatározott oldalkúszási szögnél adja, amit a gumi felépítése és a keveréke határoz meg. Azoknál az oldalkúszási szögeknél melyek magasabbak az optimálisnál a rendelkezésre álló keresztirányú erő csökken. Egy bizonyos oldalkúszási szög fölött a gumi csúszik és nincs útirányú stabilitása.

A diagonál gumik, mint a GPL-ben az optimális erőt relatív nagy oldalkúszási szögnél termelik, valahol 9 és 12 fok körül. A radiál gumik amilyeneket a mai autókön és sok versenyautón használnak az optimális erőt kisebb valahol 6 fok körül termelik.

E miatt a diagonál gumik megbocsátóbbak. A nézők számára sokkal látványosabb a diagonál gumikon gördülő autókat nézni a nagy oldalkúszási szög látványa miatt. A sofőr technikája és felkészültsége is nyilvánvalóbbá válik a diagonál gumikon.

A legfelkészültebb sofőrök képesek az idő nagy részében az oldalkúszási görbe maximumán vezetni. Kevesebb felkészültek sokkal szélesebb tartományban üzemelnek, az idő jelentős részét a görbén ide oda csúszkálva töltik ahol kevesebb a rendelkezésre álló tapadás.

Csúszási hányados (tapadási tényező)

Mikor hosszirányban is terheljük a gumit kanyarodás közben, létrejön egy hosszirányú ellenerő a gumin. Ahogy megjelenik az erő a futófelület, elkezd torzulni. Az érintkező felület kilépő rész megnyúlik, míg a belépő része összenyomódik. Végeredményben, ahogy gurul a kerék minden egyes körfordulással megcsúszik egy kicsit.

A teherviselő szerkezete is „felhúzódik” vagy hosszirányban torzul a hosszirányú terhelés hatására, de ez egy átmeneti állapot. Mikor már „felhúzódt” a gumi az erő hatására, utána már nem befolyásolja a további deformációt.

Ezek eredményeképp a gumi hosszirányú terhelés hatására nem azzal a sebességgel halad az úton, ami a kerületéből következne. Kicsivel kevesebb utat jár be, mint a kerülete. A gumi kerülete és a megtett út közti különbséget nevezzük csúszási hányadosnak (tapadási tényezőnek).

Minden adott gumi a maximális hosszirányú tapadását egy meghatározott csúszási hányadosnál adja, amit a gumi felépítése és a keveréke határoz meg. Azoknál az csúszási hányados értékeknél melyek magasabbak az optimálisnál a rendelkezésre álló hosszirányú erő csökken. Egy bizonyos csúszási hányados fölött a gumi csúszik és nincs útirányú stabilitása.



4. ábra.

A GPL úgy tűnik, hogy egy egyszerűsített szlip görbét használ. (Y=súrlódási tényező X=hosszirányú szlip) *The sensation of having a torque converter between the engine and the wheels when you ramp up the power suggests that the slip ratio "curve" is actually a straight line from zero to peak. Ezt a mondatot nem tudom értelmezni. Nyers fordításban: az érzés, hogy van egy nyomaték átalakító a motor és a kerekek között mikor letaposod a gázt, sugallja, hogy a tapadási tényező görbéje tulajdon képpen egy egyenes a nullától a csúcsig.* Gyanítom ugyan ez igaz az oldalkúszási szög „görbéjére” is.

A radiál gumik hajlamosak az optimális hosszirányú erő létrehozására nagyobb szlipnél, míg radiális társaik kisebb szlipnél teszik ezt.

A legfelkészültebb sofőrök képesek az idő nagy részében a szlip görbe maximumán vezetni. Kevésbé felkészültek sokkal szélesebb tartományban üzemelnek, az idő jelentős részét a görbén ide oda csúszkálva töltik ahol kevesebb a rendelkezésre álló tapadás. Az ilyen sofőrök kigyorsításnál nagyon túlpörgetik a kerekeket, vagy fékezéskor állóra fékeznek a kerekeket.

Kerékdőlési oldalero

Ha a kerék meg van döntve a kasznihoz képest, akkor egy oldalirányú erőt hoz létre mely a dőlés irányába mutat. Ha negatív dőlése van, akkor a kocsiszekrény felé mutat.

Ha mindkét oldalon negatív beállítást használunk, akkor minden keréken keletkezik oldalero. Az egyenesekben ezen erők kiegyenlítik egymást. Kanyarban a belső kerék terhelés csökken és a külső kerekek terhelése növekszik. A külső kerekek járulékos kerékdőlési oldalereje enyhe növekedést okoz az össz. oldaleroiben, ezáltal növelve a kanyarsebességet.

Kerékdőlés

A kerékdőlés befolyásolja a függőleges terhelés eloszlását az érintkező felületen, és hatást gyakorol a felület formájára is. Ahogy növekszik a keresztirányú terhelés, a gumi torzulni kezd, vagy „aláfordulni”. A felfüggesztés kerékdőlést módosító hatásától függően mikor a kocsiszekrény megdől, ez rosszabbodhat is.

Az eredmény pedig, hogy kanyarodáskor a keresztirányú erő növekedésével a gumi belső oldala egyre kevesebb terhelést kap. Még az is előfordulhat, hogy a belső oldali gumi felület egy része eltávolodik a talajtól, és teljesen elveszíti kapcsolatát az útburkolattal.

Ha a felfüggesztés negatív kerékdőlésre van beállítva statikus helyzetben, akkor mozgás közben kompenzálni fogja a gumi deformációját és a kocsiszekrény billenését. Statikus állapotban a gumi külső szélé kevésbé terhelt a belső viszont annál inkább, de ahogy növekszik a keresztirányú terhelés, és a kaszni billen a külső részek terhelése, megnő a belsőé, viszont csökken.

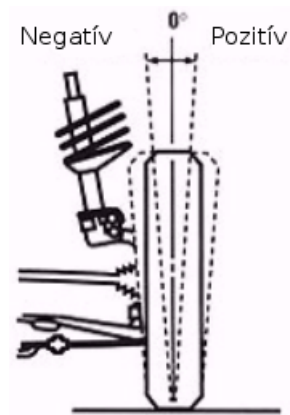
Ha a kerékdőlés optimális mértékű, akkor a gumi mindkét szélé nagyságrendileg azonos mértékben terhelődik a maximális tapadással végrehajtott kanyarodás során. Ezt a gumihőmérséklet is tükrözi számos megtett kör után. A külső és belső felület hőmérsékletének meg kell egyeznie.

Megjegyzés: a valós autókön jobb ha a belső oldali felület hőmérséklete valamivel magasabb de ez úgy tűnik nem igaz a GPL-re.

Visszatérítő nyomaték (kúszási nyomaték)

Ha a gumit eltérítjük a normál haladási irányából – ha nagyobb, mint nulla oldalkúszási szögön üzemel – akkor egy nyomatékot hoz létre amely, a gumit a függőleges tengelye körül vissza akarja forgatni. Ezt az erőt hívják visszatérítő erőnek.

A visszatérítő nyomaték a felelőse részben a kormány semleges helyzetre való törekvésének is. A fennmaradó részért, pedig nagyban a csapdőlés.



5. ábra. Pozitív és negatív kerékdőlés

A kúszási nyomaték növekszik, ahogy az oldalkúszás nő, egy bizonyos pontig. Ahogy a gumi közelít a maximális tapadáshoz tartozó oldalkúszási szöghöz a visszatérítő nyomaték, elkezdi csökkenni. Ha átlépjük a csúcspontot (oldalkúszási szög) a visszatérítő nyomaték tovább csökken, és mikor már megcsúszik a gumi, már alig marad a nyomatékból valamennyi.

Az eredmény, hogy amikor az első gumik elérkeztek tapadási határukhoz a kormány könnyűvé válik. Ha a hátsó gumik érnek a tapadási maximumra, akkor a kocsit hátulját csúszósnak, lazának, kóválygósnak érezzük. A képzett pilóta érzi ezeket a jeleket és fel is használja, hogy a tapadási határon autózhasson.

Függőleges terhelés

A gumi képessége, hogy vízszintes erőket hozzon létre, amiért tulajdonképpen létezik, arányosan növekszik a függőleges terhelés növekedésével. Ahogy növekszik a függőleges terhelés, úgy növekszik a létrehozható hossz és keresztirányú erő.

Bár a vízszintes erők növelhetőségének lehetősége nincs egyenes arányban a függőleges terheléssel.

Például a gumira hat 200 font függőleges terhelés akkor talán létre tud hozni 200 fontnyi keresztirányú erőt. Ha a függőleges terhelést 400 fontra növeljük akkor a keresztirányú kapacitása csak 390 –re növekszik. (idióta hasonlat mert: a maximális hosszterő arányos a függőleges erővel, más szavakkal az arányossági tényező a tapadási tényező (súrlódás), horizontális erő osztva a vertikális erővel.)

Guminyomás

A guminyomás befolyásolja az érintkező felület alakját. Ideális esetben a guminyomást úgy kell megválasztani, hogy meleg guminál a függőleges terhelés egyenletesen oszoljon szét a gumi teljes szélességén.

Ha a guminyomás alacsony, akkor a futófelület közepe, kevésbé míg a szélei jobban lesznek terhelve, ami kevesebb tapadást eredményez.

Ha a guminyomás túl magas, akkor a futófelület púposodik, ezáltal lecsökken a szélső részek terhelése és nem utolsósorban a tapadás.

A guminyomás megnő, ahogy a gumi melegszik. Optimális guminyomásnál, amikor hideg a gumi a szélei jobban terhelvek és a közepe kevésbé, de ahogy felmelegszik az erők kiegyenlítődnek a gumi szélességén, melyek egy átlagos gumihőmérsékletet eredményeznek, ami durván megegyezik a három rész hőmérsékleteinek átlagával.

Egyensúly

A gumi viselkedésének jellege megnövekedett függőleges terhelésre kritikus fontosságú, hogy az autót kiegyensúlyozhassuk. Ne legyen túlságosan alul vagy túlkormányzott.

Ha az autó egyik vége jobban tapad a másikonál, a versenymérnök növelheti a stabilizátor merevségét azon a végen a másikhoz képest. Ez a lépés megnöveli a függőleges terhelést a külső keréken és lecsökkenti a belsőt.

A pótlólagos terhelés a keményített végén az autónak a külső kerék hatásosságát kissé lecsökkenti, viszont a belsőt növeli. Bár a belső kerekek az össz. tapadás kevesebb, mint a felét szolgáltatják, a végeredmény a tapadás enyhe csökkenése lesz az autó azon végén.

Az autó másik vége, amit tulajdonképpen lágyítottunk a tapadósabb végéhez képest pont az ellenkezője történik. A külső keréken csökken a függőleges terhelés a belsőt, pedig növekszik. A külső terheltebb kerék, hatásosabban tud dolgozni, ami növeli az össz. tapadást az autó azon végén.

A végeredmény pedig, hogy a tapadósabb vége az autónak kevésbé tapad, a másik viszont jobban, ezáltal az össz. tapadással közelebb jutottunk az autó egyensúlyához.

Rugómerevség és hasmagasság

A GPL erősségei és gyengeségei

A GPL fizikai modellje egy csoda. Egy kifinomult és összetett matematikai modellje a valós életben szereplő versenyautók dinamikájának és gumi karakterisztikájának. Úgy gondolok rá, mint a Versenyautók dinamikája című könyv programmá formálására.

Bár a GPL fizikai modellje nem teljes. Amennyire én meg tudom ítélni, nem modellezi a berugózáskori kormányaszög ugrást, az Ackermann ??hatást?? (szöveget), és még számos a futómű karakterisztikájához kapcsolódó apróságot.

A gumik csúszási hányadosát és oldalkúszási szögüket tekintve, egy egyszerűsített diagramot használ. *The sensation of having a torque converter between the engine and the wheels when you ramp up the power suggests that the slip ratio "curve" is actually a straight line from zero to peak. Ezt a mondatot nem tudom értelmezni. Nyers fordításban: az érzés, hogy van egy nyomaték átalakító a motor és a kerekek között mikor letaposod a gázt, sugallja, hogy a tapadási tényező görbéje tulajdonképpen egy egyenes a nullától a csúcsig.* Gyanítom ugyan ez igaz az oldalkúszási szög „görbéjére” is.

A GPL pályái nem modellezik a kicsi, nagyfrekvenciás, rázatokat az úton amik a való életben léteznek. Ez tette lehetővé a felhasználónak a GPL 1-ben az irreálisan alacsony hasmagasság beállítását, mely a való életben az autó irányíthatatlanságát okozta volna hepehupás úton. A berugózas karakterisztika térképek egy kiegészítésbe sűrítése túl volt a látóhatáron, ezért korlátozták a hasmagasságot 2.5 hüvelykre. Kicsit faramuci de hatásos módszer.

A hiányzó tényező

A GPL jármű viselkedés kivitelezésében vitathatóan a legjelentősebb mulasztás a felfüggesztés felütése hangjának a hiánya. A való életben, mikor a felfüggesztés eléri mozgásának határát és ráüt a gumi pogácsákra, egy hangos „bang” hallatszik és érződik a kasznin.

A felfüggesztés beütésének hallható figyelmeztetése nélkül, még a fejlesztők is ringatóztak a pályán a default beállításokon, melyek annyira lágyak voltak, hogy a pályák számos pontján beütöttek. A modern világ beállításaitól megfertőzve, ahol a talaj hatás aerodinamikája megköveteli az alacsony hasmagasságot, mindenki úgy gondolta, hogy az alacsonyabb jobb.

De tévedtek. Talajhatás nélkül az egyenlet teljesen megváltozik. Az alacsonyabb nem feltétlenül jobb. Sok tényező befolyásolja az össz. tapadást és az alacsony hasmagasság csak az egyik tényező (a GPL-ben csak a terelés váltás hatását csökkenti).

A következmény

A felfüggesztés felütésének a következménye, hogy a belső oldalon haladó kerékről hirtelen a külső kerék felé vándorol a súly. Ha ez az autó elején történik, hirtelen alulkormányozottság lép föl. Ha az autó hátulján, akkor hirtelen túlkormányozottság keletkezik, ami nem csak az átlag embert, de még a profikat is meglepi.

Meg vagyok győződve róla, hogy a GPL nem megérdemelt hírneve, hogy túl nehéz, ebben a figyelmeztető hang hiányában rejlik.

Az egyenlet

A 67-es autók nem rendelkeztek számottevő aerodinamikai leszorító erővel. A legnagyobb kanyarsebesség tisztán a mechanikai tapadásból származott. A mechanikai tapadás a gumi tapadási felületének optimalizálása, a relatív terhelés elosztása a kerekek között és, a gumi és az aszfalt lehető leghosszabb idejű kapcsolatának biztosítása körül forgott.

A tapadási felület optimalizálása és a terhelés elosztása a kerekek között főként a guminyomástól és a kerékdőléstől függ. Az pedig, hogy a legtovább érintkezzenek a gumik az aszfalttal a lengéscsillapítás és a rugók keménységének a feladata.

Ne engedd beütni

Számos 67-es forrásból egyértelműen látszik, hogy az autók nem a gumi pogácsákon közlekedtek. A későbbi években, mikor az aerodinamikai fejlesztések rá kényszerítették a tervezőket, hogy találjanak megoldást a hatalmas leszorító erő feldolgozására, elfogadottá vált hosszú és lágy gumipogácsák használata, mellyel szinte állandó kapcsolatban volt a felfüggesztés.

De 67-ben az autók elég magasan mentek ahhoz, hogy ne kerüljenek kapcsolatba a gumi pogácsákkal, kivéve speciális esetekben, mint a Nürburgring, vagy pillanatnyi nagy függőleges terhelés hatására, mint az 5A bejárata Mosportban vagy az Eau Rouge Spaban. A beállítási technika az volt, hogy a rugókat kiválasztották a pályához, addig csökkentették a hasmagasságot amíg be nem ütött a pogácsákra a felfüggesztés, és ekkor visszaemelték, míg éppen elkerülték a beütést. Kivételes esetekben megengedték a beütést mikor túlzottan a kanyarsebesség rovására ment az emelés a pálya többi részén.

Nagyon jó oka van, hogy az autók miért nem a gumi pogácsákon haladtak. Minél lágyabb a felfüggesztés annál könnyebben tudja a gumi követni az út egyenetlenségeket ezért nagyobb a tapadás. Mikor a felfüggesztés nekiütözik a pogácsának a rugómerevség, drasztikusan megemelkedik. Ennek két káros hatása van, csökken a rendelkezésre álló tapadás, hacsak nem pontosan ugyan abban a pillanatban és mértékben azonos oldalon történik a beütés (elég ritkán történik), a második, pedig tönkreteszi autónk egyensúlyát.

Az egyensúly megbomlása leginkább a kanyar kijáratánál, kigyorsításkor érezhető. Mikor a felfüggesztés eléri a gumipogácsát az autó billenésének hatására, a hátulja hirtelen csúszóssá válik és elkezd kicsúszni. Hirtelen túlkormányzottság. Ez rossz mivel csökken a tapadás, és instabillá válik az autó, amit így nehezebb vezetni.

A korona kezelése

A pogácsákon való haladás még jobban felerősíti a pályák koronájának hatását, ami a GPL –ben inkább csúcs, mint korona. A valós utak és versenypályák gyakran koronásak, ez azt jelenti, hogy az út felület domború, hogy a víz lefolyhasson róla. A GPL-ben nem lehetséges kereszt irányban ívelt út létrehozása, így ezt úgy modellezi, hogy az út közepén egy csúcs van (néhány esetben kettő is) és onnan megdöntve lejt az út szélei felé.

Az eredmény pedig, hogy kanyaronként kétszer át kell hajtunk ezen a csúcson. Egy autó amely nagyon közel fekszik a gumi ütközőkhöz az, hozzá is fog érni, ahogy áthaladunk a koronán. Ennek nyugtalanító hatása van az autóra.

Súly elosztás

A GPL-nek van még egy hajszálnyi hibája. Az első rugó erőre 100lb./in., a hátsóra 120lb./in. értéket enged. E miatt szinte mindenki vakon ment előre és hoztak létre 100/120 as rugóarányú beállításokat. Ez totálisan hibás. Majdnem két évig tartott mire rájöttem a hibára és akkor is csak úgy, hogy elolvastam Ricardo Nunnini GPL Foolishness-ét és átgondoltam a rugó merevségről szóló táblázatát. (a GRE-be egy ennél kifinomultabb táblázat került felhasználásra az állandó rugómerevség aránnyal)

A GPL autói tömegének nagyjából a 60%-a esik a hátsó kerekre. Ez azt jelenti, hogy ahhoz, hogy az autót rendesen tartsuk a kiegyensúlyozott rugó arány, ha hátul 120lb./in. a merevség akkor elől 80lb./in.-re van szükségünk. Ha elől valamelyest merevebbet választunk 80-nál, akkor a GPL-ben nem tudunk annyira merev hátsó rugót állítani, hogy az arányt tarthassuk.

A rugókkal, melyek merevebbek elől, mint hátul, arányosítva a függőleges terhelésükkel, az a probléma, hogy mikor az autó nagy függőleges terhelésnek lesz kitéve az első felfüggesztés forgáspontjaként fog funkcionálni a súlypontnak. Más szavakkal, ha az autó terhelése megnövekszik döntött kanyarban vagy egy lejtő végén a völgyben a merevebb első felfüggesztés arra készíti a kocsit, hogy lenyomja a farát, ez által megnő a hátsó felfüggesztés beütésének az esélye.

Sok kísérletezés után megállapítottam, hogy létfontosságú az első és hátsó rugó merevséget arányban tartani a rájuk jutó terheléssel.

Pálya elemzés

Fontos megfontolnunk, hogy milyen pályán is fogunk vezetni. Mikor rugómerevséget és hasmagasságot választunk döntő fontos-ságú tényezők a pályának az egyenetlenségei és a függőleges terhelés.

Egyenetlenségi szempontból az utcai és hagyományos pályák három kategóriába sorolhatók, majdnem teljesen sima (Long Beach, Vancouver), közepesen sima (Monza, Kyalami, Silverstone), hepehupás (Zandvoort, Mid-Ohio).

Függőleges terhelés szerint vannak kis-G (Long Beach, Vancouver), közepes-G (Monza, Silverstone), és nagy túlterhelésű (Watkins Glen, Kyalami, Mosport, Spa, the Nurburgring).

Hogy miért sorolom Monzát és Silverstone-t a közepes G kategóriába? Tulajdonképpen majdnem teljesen síkok, vagy nem? Nem. Vannak finom emelkedők és dölések, melyek a kritikus pillanatban terhelik meg a felfüggesztést.

Monzában egy jelentős emelkedőt egy ejtés követ, majd egy korona döntött kanyar a Curve Grande-nél. Ezek egy lágy alacsonyra állított felfüggesztést beüthetnek, különösen mikor már megkezdjük a kanyart és már pozicionálnánk autónk az ívre. Az első Lesmo bejáratánál is vannak emelkedők és ejtések, szintén a második Lesmo kijáratánál, de találunk még korona átmenetet a Parabolica bejáratánál is. Mindkét Lesmonál lévő ejtések beüthetik a felfüggesztést, az autó megpördülését okozva ezzel.

Silverstone-ban még nagyobb túlterhelések vannak. A Copse, Becketts, Stowe, Club, és Woodcote bejáratánál ejtések vannak, meredeken döntött kanyarok, pedig a Maggots, Chapel, Abbey, és Woodcote, hogy tetézzük egy durva bukkanó van az Abbey kijáratánál ami még inkább segít túlterhelni a felfüggesztést.

Kyalami meglehetősen sima pálya, de van egy nagy (keresztirány) túlterhelésű kanyar Jukskei-nél és egy nagy függőleges terhelésű az esses jobb oldali bejáratánál. Van egy csúnya bukkanó az Esses bejáratánál, egy ejtés a Club bejáratnál, a kijáratánál egy tető, és a Leeukop kijáratánál komoly emelkedő dombtetővel és egy korona átmenettel.

Spa-ban az Eau Rouge alsó részén van egy nagy túlterheléses terület és szintén van egy a Masta első részén (enyhén döntött nagyon gyors) amit egy korona követ. Ha az autó felfüggesztése beüt – a default beállítás és a beállítások többségének is beüt a hátsó felfüggesztés – az autó instabillá válik nagy sebességnél, a legrosszabb kombináció. A legtöbb beállítás a Stavelotban is beüt, amely egy hosszú és gyors kanyar nagy G-vel. Hasonló a helyzet Malmady –nál a jobb oldalon a lejtő és a sík felület átmeneténél. A büntetés Stavelotban egy hirtelen túlkormányozottság a kanyar elején nagy sebességnél – nagyon veszélyes helyzet – Malmadynál pedig a legjobb ha lassan jövünk ki, különben nyerünk egy utat a susnyásba.

Glennen a legnyilvánvalóbb túlterheléses hely a Loop kijáratánál van, de van még számos alattomos emelkedés és korona átmenet pont az Esses előtt a balról jobbra váltásnál. Ha ezt rosszul vesszük, vagy lassúak leszünk az egyenesben, vagy szalag korláton kötünk ki. Szinte az összes beállítás, amivel csak eddig mentem, beüött ezáltal instabillá vált az autó pont ott ahol a legnagyobb szükség van a stabilitásra.

Nagyon fontos, hogy elemezzük a pályákat, különösen függőleges terhelések szempontjából. A bukkanókat könnyű felismerni, hacsak nem fut az autónk nagyon kis hasmagassággal és e miatt, nem reagál rájuk. Bár a nagy G zónákat nehézkes lehet felismerni. Jó agytorna lehet, ha egy kanyart mindig elrontunk és nem tudjuk miért. Ha az autó hátulja hirtelen csúszóssá válik, vagy hirtelen megforog ok nélkül, minden esélye megvan, hogy elkaptál egy nagy G területet, vagy egy bukkanót, vagy a kettőt egyszerre.

Ne felejtjük el, hogy a hirtelen lejtés – negatív bukkanó – legalább annyira életveszélyes lehet, mint egy bukkanó, ami kiemelkedik a talaj síkjából. Mikor rámegyünk a lejtésre az autó könnyebbé válik, ezáltal csökken a tapadás. Mikor már átértünk a küszöbön az autó visszazuhan a kerekeire, és a felfüggesztés beüt. Pontosan akkor történik ez mikor a gumik már kezdenek megcsúszni. Silverstone-ban a Stowe és a Woodcote bejáratai a legjobb példák erre. Az autó, amely túl lágyra, vagy túl alacsonyra van beállítva, a fékezési pontnál és a kanyar megkezdésénél túlkormányzottsági hajlama lesz.

Sikerült találnom egy jó Force feedback kormányt is amely segít felismerni a nagy G zónákat, bukkanókat. Mikor megnő a függőleges terhelés nehezebb lesz forgatni a kormányt. Még a korona átmeneteket is lehet a kormányomon érezni.

Összefoglaló

Meg kell találnunk a kompromisszumot a hasmagasság és a rugó merevség között, úgy, hogy a lehető legnagyobb tapadást érjük el a nélkül, hogy a kocsik felülne a gumi pogácsákra. Választhatunk magasat és lágyat, alacsonyat és keményet, vagy a kettő között valamilyent.

Szeretnénk, ha a felfüggesztés a lehető leglágyabb lenne különösen hepehupás pályán. Mikor ezt tesszük meg kell emelnünk a hasmagasságot, hogy távol tartsuk a felfüggesztést a gumi pogácsáktól. (magnövelhetjük a lengéscsillapítók berugózási ellenállását de ezzel csökken a tapadás és az irányíthatóság rovására megy)

Magasabb autó több átterhelődés is von maga után. Kanyarodás közben láthatjuk ennek a hatását, emelkedik a külső gumihőmérséklet, fékezéskor az autó instabilabb lesz mivel több tömeg vándorol el a hátsó kerekekről. Ellensúlyozhatjuk a kerékdőlés növelésével a gumihőmérséklet növekedést, a fékerő elosztás előrébb hangolásával pedig a stabilitást nyerhetjük vissza. Viszont a megnövelt kerékdőlés csökkenti a tapadást, az előretolt fékerő pedig növeli a fékutat.

A gumihőmérsékletet befolyásolhatjuk a stabilizátor merevségével, ha keményítünk rajta esetleg elkerülhetjük a kerékdőlés állítását (tapadás).

Pontosan ezt tették 67-ben is. Az autóknak viszonylag lágy rugók voltak, és merev stabilizátoraik.

Hogy pontos legyenek a rugómerevségek és a hasmagasság igazából ízlés kérdése és rengeteg tesztelés kérdése. Nem szeretem, ha az autó a hossz tengelye körül nagyon elfordul, hullámozó érzést kelt. Nyilván való, hogy egy sima pályán, mint Long Beach az értékek teljesen különböznek egy hepehupás pályától, mint Zantvoort, vagy egy nagy túlterhelésűtől, mint Spa. Egy sima pályán nincs szükség akkora felfüggesztés járatra, mint egy hepehupáson, ezért lágyabb felfüggesztés és egy alacsonyabb hasmagasság engedhető meg.

A GPL menüje nem enged meg 1 hüvelyknél kisebb gumi pogácsát, bár a fizikai modell kezelni tudja a fél hüvelykeset is. Én szinte már mindenhol a 0.5 hüvelykeset használom. Ezáltal alacsonyabbra engedhetem az autót, így kisebb lesz az átterhelődés, ráadásul a felfüggesztést sem kell keményebbre hangolnom. Az egyetlen kivétel a Nürburgring ahol képtelenség az autót távol tartani a gumipogácsáktól a nagy túlterhelések miatt.

Általánosságban a könnyű autóknál (Lotus, Brabham, Ferrari, és Eagle) az első rugókat 70 és 75 lb./in. közé, a hátsókat 100 és 120lb./in. közé állítom. A hasmagasságot pedig úgy lövöm be, hogy a nagyon nagy túlterhelésű zónákon (Eau Rouge vagy Mosportban az 5A) kívül sehol sem üssön be. Közepesen hepehupás pályán ez 3,5 hüvelyk hasmagasságot jelent, a legtöbb pályán 3,75 és 4 hüvelyk, a Ringen pedig a maximális 5 hüvelyk.

Ovál

A kevésbé döntött oválokon használt rugók szinte megegyeznek a hagyományos pályákon használtakkal, némi aszimmetriával a jobb első gumi hőmérséklete miatt. Általában a bal elsőt lágyabbra állítom, mint a jobb elsőt, a hátsókat, pedig majdnem egyformán hagyom. Az össz. arány miatt elképzelhető, hogy hátul még egy kicsit keményíteni kell, szintén a jobb első gumi miatt.

A meredek dőlésű oválokon annyira felkeményítem amennyire csak szükséges, hogy a hátsó felfüggesztést távol tartsam a pogácsáktól. (a GRE nagyobb skálája miatt ezt megtehetjük, e nélkül viszont hosszabb pogácsákat kellene alkalmazni) A visszajátszásokon a hátsó felfüggesztés szemszögéből meg lehet figyelni ahogy dolgozik. Néhány komoly megfigyelés után észre lehet venni azt a pontot mikor az autó felfekszik a felfüggesztésre.

Az F10 nézetnél, mikor a féltengelyek már a vízszintes fölé hajlanak van rá esély, hogy beüssön a felfüggesztés.

Úgy állítom be az autót, hogy a féltengelyek viszonylag vízszintesen álljanak nyugalmi helyzetben és addig keményítem a rugókat amíg a beütés meg nem szűnik. Bristolban a hátsó rugóim 300lb./in. fölött vannak.



6. ábra.

A meredek oválokon, mint Michigan és California a bal elején lágyabb rugót használva nagyobb első tapadást érünk el és segít a jobb első gumi hőmérsékletét alacsonyabban tartani. Általánosságban, ha a két hátsó és a jobb első gumi hőmérsékletét nem tudjuk nagyjából egyformán tartani és a bal első nem lényegesebben alacsonyabb, el se induljunk versenyezni.

Honnan tudom, hogy felüt?

Mivel a GPL-ben nincs hallható figyelmeztetése a beütésnek, be kellett gyakorolnom, hogy a minimális rezdülését a felfüggesztés ráülésének a pogácsára is felismerjem. Hogy eredményesen fejleszthessem beállításokat a GPL-hez neked is ezt kell tenned. (fentebb látható, hogy miért fontos ez)

Hogy segítek a jelenség felismerésében csatoltam számos beállítást, melyeknél szinte biztos, hogy a hátsó felfüggesztés beüt, vagy legalább érintkezik a gumi pogácsákkal. A fájlnevek BOTTOM kiegészítést kaptak, melyeket, az alap beállításokból alakítottam át.

Javaslom, tegyetek néhány kört az alap beállításaimmal majd a BOTTOM jelzetűekkel.

Kiváltó okok

Erő összenyomás hatására kigyorsításkor a bal hátsó felfüggesztés összenyomódik. Jó példa erre a Parabolica Monzában. A fellépő tömegvándorlás könnyebbé teszi a jobb hátulját, ez csúszós érzetet kelt.

Kocsiszekrény belső oldalának megemelkedése, ez nagy sebességű döntött kanyaroknál jelentkezik, pl.: Rouen első kanyarja, Spa Masta Kink. Az ilyen kanyarokban a kocsiszekrény addig dől míg a külső oldalon lévő rugókat teljesen össze nem nyomja és fel nem ül a pogácsákra. Ha a keresztirányú erők tovább nőnek a kocsiszekrény tovább emelkedik.

A bukkanók is beüthetik a felfüggesztést, mikor lágy a hátsó felfüggesztés és a hasmagasság alacsony, különösen egy döntött kanyarban és/vagy növekvő gradiens (általában sávosan változó zónák pl.

időjárás jelentésben látni). Jó példa Silverstone-ban az Abbey kanyar kijáratánál lévő bukkanó. A felfüggesztés összenyomott állapotban van a döntött kanyar miatt, ráadásul a kigyorsítás miatt pótlólagos terhelést kap, még jobban összenyomódik. Ebben az állapotban a bukkanóval találkozva az autó hátulja megcsúszik, ráadásul a bukkanó tetejét elhagyva a felfüggesztés kirugózásakor tovább csökken a tapadás. Ezért olyan gyakoriak itt a megpördülések.

Hirtelen lejtésnek, vagy negatív bukkanónak hasonló a hatása a bukkanóéhoz. Az eredeti GPL pályákon ezeket a kanyarok bejáratánál találjuk. Például Copse, Stove, Club, és Woodcote Silverstone-ban, Kyalamin pedig Crowthorn és az Esses bal bejárata.

Mikor az autó áthalad egy hirtelen lejtés fölött, a felfüggesztés megkönnyebbül ahogy az út eltávolodik (megengedi az autó hátuljának hogy kitörhessen), és újra terhelődik ahogy az autó átér a gödrön. Azok az autók melyeknek a hátulja túl lágy, a hátsó felfüggesztés fékezéskor is beüthet.

Mikor ez megtörténik a kanyar bejáratánál, mikor az autó már amúgy is de-stabilizált, a vándorló tömeg miatt, az eredmény egy hirtelen, kivéhetetlen csúszás. Végeredményképpen a sofőr nagyon le lesz foglalva a kormányval és a pedálokkal hogy az autót a megfelelő íven tarthassa.

Úgy gondolom a számos kanyarbejáratú lejtések miatt nem szeretik Silverstone-t. Nagyon nehéznek találják az autó pozicionálását ahogy elkezdik kitolni a határokat és mindig egy kicsit később fékeznek körről körre, gyakran végződik kipördüléssel. Egy rendes beállítás teljesen kiküszöbölheti ezeket a problémákat és Silverstone egy élvezhető pályává válik.

Nagy függőleges terhelés könnyedén beütheti a felfüggesztést. Mikor a gázadás és a kanyarodás egyszerre történik, túlkormányzottság ütheti fel a fejét. Jó példák erre Kyalami-ban az Esses és Glennen a Loop kijárata.

Külső nézet

Amellett hogy figyelniünk kell a hirtelen túlkormányzottságra, a kocsiszekrény belső oldalának megemelkedésére és más jelzésekre, nagy segítségünkre lehet a hátsó felfüggesztés megfigyelése külső nézetből. Balos kanyarokban (oválokban) nagyon tanulságos lehet a hátsó felfüggesztés megfigyelése, ahogy föl-le mozog. Az extrém elmozdulásokat gyanúsíthatjuk. Kár, hogy nincsen külső nézet a bal hátsó felfüggesztésről, mivel a GPL-ben a legtöbb kanyar jobbos.

Mikor a beállításokat fejlesztem, időnként használom az F10-es nézetet, hogy lássam mi történik hátul. Ez lehetőséget nyújt arra, hogy valós időben megfigyeljük a hátsó felfüggesztést. Figyelem a féltengelyek szögét. Amikor vízszintesek, vagy kicsit lefelé hajlanak akkor minden rendben van. Mikor fölfelé hajlik, különösen hogyha hirtelen túlkormányzottság követi a felfüggesztés beütött. Figyelmes megfigyeléssel képesek vagyunk ezt a szöveget meghatározni.

Mi az a beütés?

Amikor azt mondom hogy beüt a felfüggesztés, nem arra gondolok mikor az autó hasa leér a pályához aminek amúgy van hallható jelzése és még szikrákat is szór az autó. Arra az állapotra utalok mikor a felfüggesztés elérte mozgásának határát és megkezdte az ütköző gumipogácsák összenyomását, de még az autó hasa nem érintette a talajt. Ebben az állapotban a rugók, a stabilizátorok és a lengéscsillapítók teljesen lényegtelenné válnak mivel a gumipogácsák rugómerevsége nagyságrendekkel nagyobb a rugókénál. Kritikus az átmenet ebbe az állapotba de erről az átmenetről a GPL hallgat.

A differenciálmű

Bevezetés

A differenciálmű vitathatóan a legbefolyásosabb állítható paraméter a GPL-ben. A GPL az első szimulátor mely pontosan tartalmaz önzáró differenciálművet és állítani is engedi.

Ez nagyon jó lehetőséget teremt a tanulásra és nagy kihívás is egyben. A differenciálmű alapvető karakterisztikájának ismerete elengedhetetlen a jó beállítások megtalálásához.

Alapok

A differenciálművek melyeket az utcai autók többségébe építenek nem önzáróak. Hogy csökkentsék a gumikopást a nem önzáró differenciálmű, megengedi a hátsó kerekeknek, hogy egymástól függetlenül akármilyen sebességgel forogjanak. Az autó kanyarodása során, a belső oldalon futó kerék lassabban, míg a külső oldalon futó gyorsabban forog.

Ez nagyon jól működik egészen addig, míg a gumik meg nem közelítik tapadási határukat. Mikor az egyik kerék elveszti tapadását (pl. egy jégfolton), az a kerék hasznavehetetlenül pörögni kezd úgy, hogy a másik kerékre semmilyen nyomatékot nem fejt ki. Mióta a versenyautók a tapadási határon működnek, egy nem önzáró differenciálmű használata durva hiba lenne. A kanyarodás tehermentesíti a belső kereket. A kanyar kijáratánál gázt adni, míg a belső kerék kevésbé terhelt egyenlő a terheletlen kerék túlforgatásával.

Néhány versenyautó, beleértve a gokartokat, rögzített hátsó tengellyel kezelik ezt a jelenséget. Ez egyszerűen azt jelenti, hogy a hátsó kerekek össze vannak zárva, és nem tudnak elfordulni egymáshoz képest. A gokartnál egy merev tengelyhez kapcsolódnak a kerekek. Néhány versenyautónál ez a záró elem – egy merev tárgy – magába a differenciálmű házába van építve, hogy összezárhassa a kerekeket, féltengelyeket.

Az önzáró differenciálmű fel van szerelve egy mechanizmussal, amely a két véghelyzet (nyitás, zárás) között működik. A kerekek nincsenek fixen egymáshoz rögzítve, és nem is foroghatnak szabadon egymáshoz képest. A differenciálmű engedi, hogy egymáshoz képest elforoghassanak a kerekek, de nyújt egy bizonyos mértékű ellenállást ehhez a relatív elforduláshoz, csúszáshoz.

A Salisbury differenciálmű

A GPL-ben szereplő autók Salisbury típusú differenciálművel vannak szerelve. A Salisbury differenciálművet úgy tervezték, hogy lehetővé tegye a versenymérnöknek a két kerék közötti csúszás állítását. A gyorsításkori csúszás (power side) függetlenül állítható a gázelvételi vagy fékezés kori (coast side) csúszástól.

A Salisbury differenciálmű belső kialakításának részleteit két könyvben tárgyalják melyek az irodalomjegyzékben megtalálhatóak. (Carroll Smith Drive to Win legjobb magyarázat, Milliken Race Car Vehicle Dynamics legjobb illusztráció)

A leírásunk szempontjából csak annyit kell tudnunk, hogy a beállítható paraméterek mit tesznek lehetővé számunkra.

A Salisbury differenciálműben variálható a gázadási és fékezési oldalakhoz tartozó zárásszög. Ezek befolyásolják a csúszás mértékét, ahogy a nyomaték megjelenik. A szabály az, hogy minél meredekebb a szög annál kevesebb a csúszást korlátozó hatás. Ezek a beállítások csak arra a csúszási ellenállásra gyakorolnak hatást, mely akkor ébred mikor, vagy a motor, vagy a fék nyomatékot közöl a kerekekkel.

A Salisbury differenciálműben elhelyezhetünk tengelykapcsoló lamellákat is. A lamellák a gyorsítási és fékezési oldalak egyensúlyát befolyásolják. Minél több lamella kerül beépítésre, annál nagyobb az önzárási hajlam (kevesebb csúszás a kerekek között).

Irányíthatóságra gyakorolt hatás

Az által, hogy korlátozzuk a kerekek közti csúszást a differenciálmű, alapjaiban változtatja meg az autó viselkedését. Az ökölszabály az, hogy minél inkább zárásra van állítva a differenciálmű, annál inkább akar az autó egyenesen haladni (alulkormányoz) egy bizonyos pontig. A gyorsítási oldalon pedig, ha elegendő nyomatékot közlünk, hogy túlforgassuk a kerekeket, akkor az autó átcsap túlkormányozottságba.

Lassítási oldal

A lassítási oldalon korlátozva a csúszást a két kerék között egyfajta ABS hatást kaphatunk. Az által, hogy megakadályozzuk, hogy az egyik hátsó kerék blokkoljon, míg a másik forog az autó, sokkal stabilabb lesz féktávon, így a fékerő elosztást hátrébb lehet állítani. Ebből adódóan rövidül a féktáv és az autó, stabilabban viselkedik, ha kanyarodás közben fékezünk (oldalcsúsztatott kanyarodás trail braking).

Korlátozva a csúszást a lassítási oldalon sokkal nyugodtabbá teszi az autó hátulját, mikor elveszünk a gázt a kanyar közepén. Az egyik legfontosabb tulajdonsága egy versenyautónak, hogy a kezdő pilótának alkalmazkodnia kell a gázelvételi túlkormányozottsághoz (trailing trottle oversteer). Ez egy hirtelen túlkormányozottság, amely a kanyarodás során hirtelen elvesztett gáz reakciójából keletkezik. Vedd el a gázt egy nem önzáró differenciálműves autón és a hátulja megindul vagy meg is előz elég hevesen. Egy a fékezési oldalon záró differenciálmű erősíti az alulkormányozottságot elvesztett gáznál, és enyhíti a fenti jelenséget, az autó elnézőbb lesz.

Hátránya, a fékezési oldalon zárásra hangolásnak, hogy jelentős alulkormányozottságot okoz a kanyar bemenetén, különösen azoknál a sofőröknél, akik nem oldalcsúszással kezdik meg a kanyart.

Mivel én az autó irányítását gokarton tanultam, melynek merev tengelye van, közvetlenebbnek érzem az autót maximálisan zárásra állított fékezési oldallal. Ezért mindig 30-as értéket használok fékezési oldalon, kivéve az ovál pályákat, melyek speciális esetnek minősülnek. A lehető legtöbb lamellát használok, amennyivel csak elbírok, és ez segít a gázelvételi oldal stabilitásánál.

Kísérleteztem 45 és 60-as értékekkel gázelvételi oldalon, amit a legtöbb és leggyorsabb GPL sofőrök használnak a világon, de mindig visszatértem 30-as értékhez. Nekem ez sokkal komfortosabb, sokkal egyenletesebben tudok vele haladni, ezért versenytávon gyorsabb vagyok.

Ha igazi kis formula autókra akarsz edzeni, akkor kevesebb zárást válassz a fékezési oldalra.

Gyorsítási oldal

Gyorsítási oldalon korlátozva a csúszást, segít az aszfalra vinni a teljesítményt, azáltal, hogy a külső oldali terhelt kerékre több nyomatékot juttatunk és kevesebbet a belső oldali terhelt kerékre.

Nem önzáró differenciálművel, ha a belső oldali kerék elforog, és a külső oldali kerék szolgáltatja a nyomatékot, a külső oldali kerékről származó nyomaték az autó orrát a kanyar közepe felé fogja fordítani. Ezt hívják (power oversteer) gázadásra túlkormányzásnak. Ezt láthatod zsarus műsorokban, mikor a nagy Ford Sedan kigyorsít a kanyarból és füstöl a belső oldali kereke: a sofőr iszonyatosan nagy ellenkormányzással próbálja megakadályozni, hogy az autó keresztbe álljon.

Ha nagyobb zárást adunk, a belső oldali kerék kevésbé lesz hajlamos a túlforgásra, ami azt jelenti, hogy a gumikkal több erőt tudunk átvenni az aszfaltra. Ezt csökkenti a gázadásra túlkormányzó hatás és segít a gyorsításban.

Ha a sofőr túl sok gázt ad, tehát a külső hátsó gumi tapadását elveszíti és elkezd túlforgni, az autó hátulján a keresztirányú tapadás megszűnik, az autó keresztbe fordul és teljes túlkormányzottságba csap át. Merev tengely egy könnyű és nagyon erős autóban - mint pl. a GPL autói -, a gáz legkisebb érintésekor az autót vezethetetlenné teszi, mivel mindkét hátsó kerék könnyűvé válik, így elszabadul a hátulja.

Úgy tapasztaltam, hogy a legkényelmesebb a 85-ös érték használata a gyorsítási oldalon és 3 vagy 4 lamella használata. Ennél több zárás az autót túl hirtelen átcsapja túlkormányzottságba és a belső oldali kerekét túlpörgeti (mások ezzel nem értenek egyet, lsd. később).

Ovál

Minden ovál pálya, különböző problémát vet föl, ha a differenciálműről van szó. Hagyományos pályákon szinte mindig 85/30-as beállítást használok, 4 lamellával. De oválon 85/85 egy lamellától egészen 60/60 3 lamelláig.

Az ovál speciális kérdés. A legnagyobb probléma a jobb első gumi túlhevülése, ami erősíti az alulkormányzottságot. A differenciálmű beállításánál ezt számba kell venni. Nem tudunk akkora stabilitást állítani, hogy lefagyasszuk a jobb első. Ez egy vagy két körig működhet az időmérőn, de a versenyen, ahogy lefőtt a jobb első gumi, a versenyünk elúszott.

A gyors, nagyon döntött oválokon, mint pl. Michigan vagy California, ahol a kerék megcsúsítása nem probléma, a lehető legközelebb próbálok állítani a nem önzáráshoz. Ez 85/85 egy lamellával.

A kevésbé döntött kisebb oválokon valahol a nagy oválpályás és hagyományos pályák közti differenciálmű beállítást kell megcélozni. Általában nem önzáró differenciálművel kezdek, és amint sikerült kiküszöbölni az alulkormányzottságot a rugókkal és a stabilizátorral, utána állítom a zárást a gyorsítási oldalon (az erő közlése az aszfaltra) gázvételi oldal csökkentése, hogy stabil maradjon az autó kanyarbejáratnál. S rakok bele még néhány lamellát is.

Összefüggések

A versenymérnök differenciálmű beállításai befolyásolják a billenési keménységet, rugó keménységet, fékeloszlást, kerékösszetartást és csapdőlést is bizonyos fokig.

Hallottam emberekről, akik a gyorsítási oldalon 60 sőt 45- s, a fékezési oldalon 45 és 60- as értéket használnak. Ezek jól működhetnek. De fogadni mernék, hogy a kaszni beállítások is teljesen különböznek, hogy meg tudjanak küzdeni az instabilabb differenciálmű hatásaival. Azok az illetők, akik jól kijönnek a kevésbé stabil autókkal tehetségesebbek, akiknek jók a reflexei, jó a koordinációi és nyugodt a vezetési stílusuk ezek a tulajdonságok szükségesek az instabil autó vezetéséhez.

Mások véleménye

Steve Smith

Csak a lényeg: A 60/60-as beállítások jobbak. Először is megszünteti a hagyományos Papy alulkormányzottságot. Az autó, sokkal jobban fordul. A probléma a kanyar kijáratánál jelentkezik. Egy teljesen más vezetési stílust kell megtanulni. A gázra nem csak rá kell taposni, hanem érzéssel „lassan” kell lenyomni. Játszani kell a gázzal, addig, míg az autó megfelelő irányban nem áll és csak utána lehet rendesen gázt adni. Nagy koncentrációt igényel, és be kell gyakorolni a kivitelezését nem csak gyakorláson hanem versenyben is.

Ha már begyakoroltuk sokkal egyszerűbb vezetni főleg azoknak, akik szeretnek egy kicsit csúszkálni. A csúszások sokkal kontrolláltabbak lesznek, ezáltal magabiztosságot adnak. A titok talán abban rejlik, hogy elől, keményebb lengéscsillapítót használhatunk, és nagyobb csillapítást a berugózáson hátul, hogy

stabilizálhassuk autónkat átmeneti állapotban. A keményebben berugózó felfüggesztés plusz előnye, hogy kisebb hasmagasságot enged anélkül, hogy beütne.

A felfüggesztés

Áttekintés

Leegyszerűsítve, a felfüggesztés köti össze a kerekeket az alvázzal, amit a rugók és lengéscsillapítók tartanak a talaj felett. Szintén a rugók és a lengéscsillapítók teszik lehetővé azt, hogy az autó át haladjon a hepehupákon anélkül, hogy azok túlságosan heves mozgásra kényszerítenék. A kormánykerék és a hozzá kapcsolódó alkatrészek teszik lehetővé a pilóta számára, hogy befolyásolja az autó haladási irányát.

Versenyzői szemmel azonban a felfüggesztésen múlik a kerekek és a pálya kapcsolata. A felfüggesztés szabályozza a gumik érintkező (tapadó) felületének alakját, azt, hogy ezen a felületen a függőleges terhelés hogyan oszlik el, valamint az egymáshoz viszonyított függőleges terhelések mértékét a különböző kerekek tapadó felületein gyorsítás, lassítás, kanyarodás, vagy a köztük lévő átmenet folyamán.

A gumi talajjal érintkező felületének beállítása

A felfüggesztés szabályozza a felni és a gumi szögét az alvázhoz képest, és így, indirekt módon, a pályához képest is. A kerékdőlés (camber) vonatkozik a kerék és az abroncs függőleges irányára (szögére) az alváz függőleges tengelyéhez képest, és így a pályához képest is, mialatt az összetartás (toe) az autó hosszanti tengelyéhez mért irányt (szöget) mondja meg.

Statikus kerékdőlés camber

Egy független felfüggesztésekkel rendelkező autón (mint amilyenek a GPL formaautói) minden kerékdőlés külön-külön hangolható. Ha egy keréken a camber nulla, az azt jelenti, hogy az autó nyugalmi helyzetében a kerék függőleges középvonala pontosan párhuzamos a karosszéria függőleges tengelyével, ezáltal pontosan merőleges az útfelületre.

Amikor a felfüggesztés úgy van hangolva, hogy a kerék a tetejével a karosszéria felé dől, azt negatív kerékdőlésnek nevezzük. A kerékdőlésnek van egy oldalirányú toló-húzó hatása a kerékre (camber thrust), ez negatív dőlésnél befelé, a karosszéria felé mutat.

Ahogy az autó kanyarodik, a carcass (súlyelosztás?) és a futófelület torzul, ami azt okozza, hogy a belső oldalra (kocsi vagy kerék oldalára?) kevesebb terhelés jut, a külsőre pedig több.

Az autó beállítása során a feladat megtalálni az optimális kerékdőlés értékeket úgy, hogy amikor az autó teljes terheléssel kanyarodik, a kerék felületén a terhelés eloszlása egyenletes legyen, ezzel optimalizálva az elérhető tapadást. További részletek a kerékdőléssel kapcsolatban a gumiabroncs fejezetben kerékdőlés címszó alatt.

Megjegyzendő, hogy kanyarban az oldalirányú dinamikus átterhelődés miatt az ív-külső kerékre nagyobb függőleges irányú terhelés esik, ezért ettől a keréktől származik a kanyarodást létrehozó erő többsége. Ennélfogva az ív-külső kerék camber értéke a meghatározóbb.

Óválpályákon, mivel az autó kizárólag balra kanyarodik, bevett gyakorlat, hogy a bal oldali camber értékeket pozitívrá állítják, ezzel optimalizálva a tapadást mind a négy keréken.

Normál pályákon a dőlést általában szimmetrikusra, tengelyenként egyformára hangolják, habár az utóbbi években gyakoribbá váltak az aszimmetrikus kerékbeállítások, ezzel maximalizálva a tapadást mind a négy keréken a kanyarok többségében, vagy kiemelten fontos kanyarokban. A túlságosan aszimmetrikus dőlés beállítások azonban fékezés és/vagy gázadás alatt erős instabilitást okozhatnak, ezért óvatosan kell az ilyen beállításokat alkalmazni.

Dinamikus kerékdőlés változások

A független felfüggesztéses autók úgy vannak kialakítva, hogy ahogy a felfüggesztés fel-le mozog, a dőlés is megváltozik, amivel megint csak a gumik tapadó felületének optimalizálását szeretnék elérni.

Ha a felfüggesztésben nem változna dinamikusan a kerékdőlés, akkor karosszéria hosszanti tengelye körüli elfordulásával (bedőlés kanyarban) az ív-külső kerék kapcsolata a pályával (amely kerék negatív statikus dőléssel bír) megváltozna, és a dőlése a nulla felé közelítene, vagy átmenne pozitívba, ezzel a tapadó felület hatékonyságának csökkenését okozva.

Azonban, amikor a karosszéria megdől, hozzá képest az ívbelső kerék lesüllyed, az ív-külső pedig megemelkedik. A felfüggesztéseket megtervezők különböző hosszúságú felfüggesztési karokat és gondosan megválasztott kapcsolódási pontokat alkalmaznak, ezzel változtatva dinamikusan a kerékdőlést, ahogy a felfüggesztés fel-le mozog.

Ha a felfüggesztési karok (lengőkarok?) egyforma hosszúak és párhuzamosak volnának, a kerékdőlés statikus értéke nem változna, de azzal, hogy őket az autó közepe felé tartóan helyezik el, elérhető, hogy a dőlés a kerék emelkedése közben a negatív felé mozduljon el.

Általában ez azt is jelentené, hogy a kerék süllyedésével a dőlés pozitív irányba változna, de felül rövidebb karokat használva ez a hatás csökkenthető, és így a süllyedő kerék érintkező felülete nem romlik annyival, mint egyenként tenné. Különösen fontos ez a hátsó kerekeknél fékezés során.

A GPL-ben nem változtathatjuk a lengőkarok hosszát és a felfüggesztési pontokat. Sajnos nincs információnk a különböző autók kerékdőlés-változásainak görbéiről, szóval marad a próbálgatás módszere (trial and error method), például a gumi hőmérsékletének ellenőrzése, ezzel meghatározva a megfelelő (statikus) camber értéket az adott beállításra az adott pályán és az adott autóval.

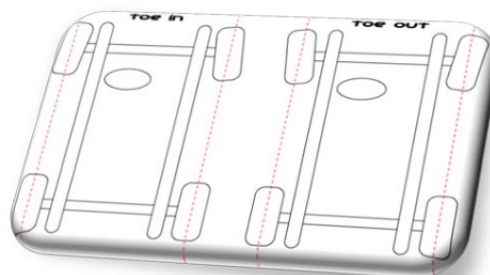
Összetartás (toe-in)

Az összetartás mondja meg a kerék irányát a karosszéria hosszanti tengelyéhez képest. Ha a kerék eleje közelebb van ehhez a tengelyhez, mint a hátulja, akkor összetartásról beszélünk (toe-in). Ha a kerék hátulja van közelebb a tengelyhez, akkor széttartásról, vagy negatív összetartásról beszélünk (toe-out, negative toe-in).

Igazi versenyautóknál gyakori, hogy elől és hátul is kis mértékű összetartást alkalmaznak. Ez részben azért van, mert az igazi felfüggesztési alkatrészeknek van egy kis játéka, ahogy az autó mozog, és ez a lötyögés lehetővé teszi az első kerekeknek, hogy elmozduljanak hátrafelé és széttartsanak. Az első kerekeknél egy kicsivel nagyobb összetartással ez kiküszöbölhető.

Legtöbbször azonban a versenyautók azért futnak összetartással, mert az stabilitást biztosít. A széttartás a hátsó tengelyen instabillá teszi az autót, mivel kanyarban a nagyobb terhelést kapó ív-külső kerék az autót a kanyar belső fele felé fordítja.

Néhány pilóta szeret egy kis széttartást alkalmazni az első kerekeknél. Ez elevebbé teszi az autó reakcióját bekanyarodásnál, „élesítve” a kanyarbejárási szakaszt.



7. ábra. Kerék összetartás és széttartás

A függőleges irányú terhelés feldolgozása

Ahogy az autó a pályán halad, gyorsít, fékez, kanyarodik, a függőleges terhelés váltakozva éri az adott kereket. Az autó teljes súlya és minden terhelés, ami a pályán haladásból származik, folyamatosan az autó négy kereke között oszlik el változó mértékben.

Különböző tényezőktől függ, hogy ez a terhelés hogyan kerül kezelésre egy adott pillanatban.

Hasmagasság (ride height)

Mivel az autó tömegközéppontjának magasságára van hatással, alapvető mértékben befolyásolja a hossz- és a keresztirányú súlyátterhelődést. Minél nagyobb a hasmagasság, annál több súly vándorol gyorsításkor, fékezéskor, kanyarodáskor, stb. A hátrafelé történő átterhelődés segíthet gyorsításnál azzal, hogy több tapadást ad a hátsó kereknek, azonban csökken a kanyarodási és fékezési „erő”, mivel az erősen terhelt kerek kevésbé hatékonyak.

Ebből következően a súlyátterhelődés szempontjából minél alacsonyabb a hasmagasság, annál jobb.

Azonban a GPL autói semmiféle aerodinamikus szívóerőt nem produkálnak ellentétben a mai, hatalmas leszorítóerővel rendelkező autókkal. A mai autók úgy vannak kialakítva, hogy nagy sebességnél teljesen összenyomják a rugókat, és ráülnek a rugóhatároló gumibakra (bump rubber), így a lehető legközelebb vannak a talajhoz, és a karosszéria alja a lehető legnagyobb leszorítóerőt termeli.

Ezzel ellentétben a GPL autói úgy vannak kialakítva, hogy a rugókon fussanak, és csak különleges körülmények között várjuk tőlük, hogy elérjék a gumibakot. Ha ez bekövetkezik, az a rugóállandó drámai növekedését és az elérhető tapadás jelentős csökkenését okozza. Szintén hirtelen és jelentős mértékben boríthatja fel az autó egyensúlyát.

Ebből következően a hatékony beállítás szempontjából olyan mélyre kell ültetnünk az autót amennyire tudjuk, de anélkül, hogy az igazán különleges helyzeteket leszámítva a felfüggesztés eléréne a gumibakot.

További információk olvashatók erről a fontos témakörrel a Rugóértékek és hasmagasságok, illetve a Honnan tudom, ha felül fejezeteknél.

Rugóérték (rugóállandó, spring rate)

Amikor egy autó gyorsít, a terhelés a hátsó kerekre helyeződik át, kanyarban az ívkülsőkre, lassításkor pedig az elsőre.

Habár a rugók nincsenek hatással a súlyátterhelődés összességére (total amount of weight transfer), befolyásolják azt, ahogyan ez az átterhelődés felépül, vagy megszűnik a két szélső állapot között (például gyorsítás és fékezés). A rugóértékeknek szintén van hatásuk a súly áthelyeződésére a pálya egyenetlenségein való áthaladásakor.

Adott terhelés hatására a lágy rugó egy kicsit jobban összenyomódik, mint a keményebb, ezért a keményebb rugókkal az autó hevesebben reagál az útfelület változásaira. Emellett keményebb rugónál a két szélső állapot elérése között rövidebb idő telik el. Érzésre az autó idegesebb, jobban reagál a kormányzásra, gázadásra, fékezésre, jobban megérzi a hepehupákat és más felületi egyenetlenségeket.

Elméletileg a kemény rugókkal szerelt autó veszít egy kis tapadást, mert a lágyra hangolt autó kerekei jobban tudják követni az út változásait, azonban a lágy rugók előnyeit lerontja a kevesebb visszajelzés, a csökkent pontosság, valamint az, hogy nagyobb hasmagasságot szükséges használni. Az autó beállítása során a feladat a legjobb kompromisszum megtalálása.

Emlékeztetőül: a rugók alapvető feladata, hogy a levegőben tartsák az autót. Fontos, hogy a rugók elég kemények legyenek, hogy a felfüggesztés ne üljön fel a gumibakokra, valamint hogy az autó alja se érje el a talajt.

Általános esetben az egyes kerek rugóértékeit úgy kell kiválasztani, hogy azok arányban legyenek a rájuk eső terheléssel. Ha az autó súlyának 60%-a a hátsó tengelyre esik (jó közelítéssel GPL-ben minden autóra ez érvényes), akkor a hátsó rugóknak 30-30%-át, az elsőeknek 20-20%-át kell kitennie a rugóértékek összegének.

További részletek a Rugóértékek és hasmagasságok fejezetben.

Stabilizátor (anti-roll bar)

A rugókkal együtt a stabilizátor csökkenti a karosszéria hosszanti tengelye körüli elfordulást (bedőlést) a kanyarodás során fellépő erők hatására. A stabilizátorok azonban úgy vannak elhelyezve, hogy nincsenek hatással a kerekek fel- és lefelé történő mozgására, csak a bedőlést szabályozzák.

A nagyobb stabilizátor érték előnyös annyiból, hogy segít visszaszorítani a kerékdőlés talajhoz viszonyított változását, ami a kaszni bedőlésekor jelentkezik. Mivel lecsökkenti az időt, ami alatt a súly átterhelődik az ív-külső kerekekre, magasabb ellenállás a dőléssel szemben (nagyobb stabilizátor érték) ezzel együtt az autót precízebben és következetesebben irányíthatóvá teszi.

A túlzottan nagy stabilizátor érték azonban az autót idegessé teszi, és csökkenti az elérhető tapadást azzal, hogy a kerekek nehezebben követik a pálya azon egyenetlenségeit, amelyeknél egyetlen kerék, vagy két átlósan szemben álló kerék elmozdulása szükséges.

A stabilizátorok talán legfontosabb feladata az, hogy az autó alapvető egyensúlyát szabályozzák. Ha úgy állítjuk be őket, hogy az autó egyik végén több súly terhelődik át, az autót könnyen túl- vagy alulkormányzottá tehetjük. Továbbiak az egyensúly részben A Gumi fejezetnél.

/* A felfüggesztés fejezet fordítása hiányos. */

Versenymérnökök kézikönyve

Beállítások kikísérletezése

Az egyensúly megtalálása

Ha az autó alap paramétereit már beállítottuk, a következő lépés, hogy megtaláljuk az egyensúlyt, hogy ne legyen se nagyon alulkormányzott se túlkormányzott. Azt szeretnénk, hogy az autónk stabil legyen a kanyar bejáratánál, többé - kevésbé semleges középen és progresszíven lehessen kigyorsítani.

Az alapvető, amin állíthatunk az autó egyensúlya érdekében a stabilizátor merevsége. A csapdőlés, kerékösszetartás és a rugók is hatással vannak az egyensúlyra, míg a csillapítás beállítása „csak” átmeneti állapotban és hepehupás útszakaszon számít. A fékerő elosztás a kanyar első szakaszában sodródáskor van hatással az egyensúlyra.

Most a stabilizátor és a fékerő elosztására koncentrálnunk. Az ökölszabály, hogy ha a stabilizátor merevebb elől és lágyabb hátul, nő az alulkormányzottság, míg ha lágyabb elől és merevebb hátul, nő a túlkormányzottság.

Mikor a stabilizátort állítjuk, ne felejtjük el, hogy pl. ha megváltoztatjuk az össz. gurulási ellenállást az által, hogy lágyítunk az első stabilizátoron és a hátsót, változatlanul hagyjuk, megváltozhat a gumihőmérséklet és így talán a kerékdőlést is, állítanunk kell. Hasonlóan, ha csökkentjük az össz. ellenállást előfordulhat, hogy a felfüggesztés beüt olyan helyeken, ahol eddig nem tette, míg ha összességében keményítünk az autót, idegesebbé válik bukkanókon.

Ezen okokból kifolyólag a GRE rendelkezik egy választható opcióval, amely változatlanul hagyja az össz. ellenállást, ha megváltoztatjuk a stabilizátor merevséget.

A fékekkel kapcsolatban, az előre tolt fékerő elosztás növeli az alulkormányzottságot, a hátratólt növeli a túlkormányzottságot instabillá téve az autót kanyar bejáratnál. Azt az elosztást kell megtalálnunk, amivel a sofőr elboldogul a nélkül, hogy instabillá válna az autót, így csökkenhet a fékút.

A stabilizátor értékekre hatással van a relatív gumi szélesség is. Úgy hiszem a GPL autók első kerekeinek a szélessége megegyezik úgy mint a hátsóké. Bár a Lotus hátsó kereke szélesebb, ez által hatékonyabb. A Lotus-nál úgy tűnik nagyobb merevség szükséges az elsőhöz képest mint a többi autónál, hogy elkerüljük a túlzott alulkormányzottságot.

A kaszni szélességének és a súlypont helyzetének a viszonya a kocsiszekrény billenésére van hatással. A széles kocsik, mint a Ferrari és a Lotus kevesebb keresztirányú merevséget igényelnek, mint a keskenyebb Brabham és a BRM melynek még a ???második??? főtengelye is a magasba lett helyezve.

A fékerő elosztásnál számba kell venni a kocsi tömegének eloszlását. Egy autón melynek nyugalmi helyzetben több súly van a hátsó tengelyen, fékezéskor is több marad, tehát inkább elvisel egy kis hátrafelé eltolt elosztást. Nem hagyhatjuk figyelmen kívül hagyni a kocsi hosszát. Egy rövidebb kaszinnál fékezéskor több súly terhelődik előre, ezért a fékerőt előrébb kell vinni, hogy elkerüljük a hátsó kerekek blokkolását.

Mind a stabilizátor merevségét mind a fékerő elosztást a hasmagassághoz kell igazítani. Ahogy emeljük a hasmagasságot, annál több súly vándorolhat, tehát a fékerőt is előrébb kell tolni és összességében a stabilizátorokat is merevíteni kell.

Hagyományos és utcai pályák

Az autók többségénél kivéve a Lotust és a BRM –et a stabilizátort elöl 150 és 180 –al, hátul 110 és 130-al kezdem a kísérletet. A Lotusnál szinte egyezik az első és hátsó érték, valahol a 140 és 160 –as tartománynál. (A Lotus trainer úgy tűnik, mintha nélkülözné a GP autó szélesebb hátsó felnijeit, ezért az értékek hasonlóak a többihez.) A BRM–nél magasabb értékeket kell használni, mivel eleve magasabban van a súlypontja.

A fékerő elosztást 58 –as értéktől kezdem és addig viszem hátra míg instabillá nem válik fékezéskor. A Rouenhez és Mexicohoz hasonló pályákon, melyeken kanyarodás közben is jelentősen fékezni kell, egy vagy két klikkel előrébb állítom nehogy megforogjak ezekben a kanyarokban.

Úgy állítom a stabilizátorokat, hogy az össz. dőlési merevség megmaradjon egészen addig míg nem érzem megfelelőnek az autót. Ha a bal oldali gumik külső hőmérséklete magasabb néhány fokkal, mint a belső, akkor az össz. keménységen növelek még egy kicsit.

Ovál

Mivel a jobb első gumi hajlamos a túlhevülésre, a hátsó stabilizátort meglehetősen keményre állítom. Mielőtt a GRE elérhető lett volna a kiterjesztett spektrumával, a hátsót mindig 200 –as értékre állítottam a laposabb oválokon. Most már magasabb értékekkel is kísérletezhetünk. Az első stabilizátort lényegesen lágyabbra állítom, mint a hátsót, különösen a meredek oválokon.

Az össz. ellenállás a normál pályákéval megegyezően kezdődik, és ahogy egyre meredekebb oválon megyünk, úgy növeljük a merevséget.

A fékerőt ugyan úgy állítjuk, ahogy hagyományos pályákon. A gyors oválokon hajlamosak vagyunk figyelmen kívül hagyni a féket, merthogy úgy sem fékezünk a kanyarokban. Bár a fékekre igen is szükségünk lehet, ha a dolgok rosszra fordulnak előttünk. Tehát megéri megkeresni az egyensúlyt.

Átmeneti reakciók

A lengéscsillapítókat használhatjuk az átmeneti állapotok finomítására.

Lassítás

Elvett gáznál, fékezéskor és kanyarodáskor, a berugózást elöl erősebben csillapítva erősödik az alulkormányozottság, úgy mint hátul gyengítve a kirugózási csillapítást.

Elöl puhítva a berugózást és keményítve a kirugózást hátul jobban befordul az autó. Kevésbé stabil autót eredményez elvett gáznál, fékezéskor és kanyarodáskor.

Az első külső és a hátsó belső csillapítókon a legnagyobb a hangsúly, kanyarodáskor, mivel ezeknél a legnagyobb a felfüggesztés mozgása.

Gyorsítás

Gyorsításkor, keményítjük a nyomó fokozatot hátul, vagy lágyítjuk a kirugózást elöl, így az autó jobban reagál a gázparancsokra. Inkább a gázadásra túlkormányzás felé hajlik, különösen ha a sofőr hirtelen ad gázt. Ha lágyítunk hátul a berugózáson, vagy keményítünk a kirugózáson elöl, akkor lágyulni fog a gázreakció.

Az első belső és a külső hátsó oldali csillapítóknak van nagy szerepük kigyorsításnál.

Helyettesíthetőség

Bizonyos határokon belül helyettesíthetjük a stabilizátor merevségét a csillapítók keménységének szabályozásával. Például felkeményíthetjük a hátsó csillapítókat be és kirugózásra és csökkenthetjük a

hátsó stabilizátor merevséget. Ez a művelet érzékenyebbé teszi az autót a fék és gázparancsokra, úgy mint a bukkanókra(hátul).

Ennek az az előnye, hogy ha az autó nagy csúszásba kezd, nagyobb az esélye, hogy összeszedi magát. A hátránya, hogy hosszú kanyarokban alulkormányzottságot eredményezhet. A végeredmény pedig, hogy az autónk megbocsátóbb, viszont lassabb lesz kifejezetten hosszú íves kanyarokkal tűzdelt pályán.

Áttételek

Egy nagyon rossz beállítást kivéve, a legtöbb paraméternek nincs közvetlen hatása a köridőkre. Dave Kraemmer szerint a legtöbb beállítás a sofőr komfortját szolgálja.

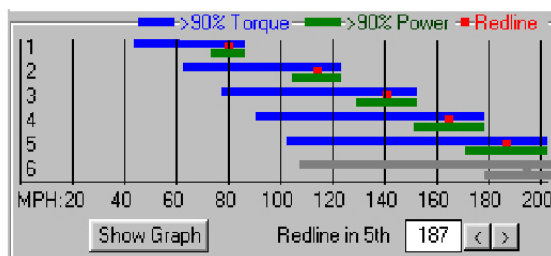
Az áttételezés viszont kritikus lehet, főleg a hosszú emelkedőjű pályákon. Kyalami, Spa és Elkhart Lake példák olyan pályákra amelyekben szembeűnő hatása van az áttételezésnek a köridők szempontjából.

Ezen okból kifolyólag a GRE grafikus segítséggel is fel van szerelve, hogy megtalálhassuk a megfelelő áttételt. A grafikonon pontok jelölik a tiltási fordulathoz tartozó sebesség értékeket és sávok a 90%-os teljesítmény és nyomatéki tartományokat. Ahogy kiválasztottuk az utolsó fokozatot a grafikon, segít a többi sebességi fokozat beállításában.

Utolsó fokozat, végáttétel

Mikor egy pályához keressük az áttételeket, a legfelső fokozat határozza meg visszafelé a többi, tehát elég jól be kell határolnunk. Pro Damage módban a legtöbb motor, nem tolerálja ha a tiltási fordulaton vagy a fölött üzemeltetjük bizonyos ideig. Még Intermediate és Novice módban a motor bántalmazása véletlenszerű robbanást okoz. Ezért fontos olyan utolsó fokozatot választani, amely elég hosszú ahhoz, hogy az autó még a leghosszabb egyenesben sem érhesse el a tiltási fordulatot. Különösen nagy a jelentősége gyors ovál és hosszú egyenessel rendelkező pályákon, mint Spa, Monza, és Elkhart Lake. Az ilyen pályákon számítanunk kell rá, hogy szélárnyékban a fordulatszám több százal is megnőhet ahhoz képest, mintha egyedül autóznánk.

Az a gyanúm, hogy a trainer motorokból hamarabb kifogy a szusz, minthogy elélnék a tiltást. A teljesítmény tartományuk annyira széles, és lehetséges, hogy annyira le vannak fojtva, hogy elszáll az erejük, mielőtt elélnék a tiltást. Ha ez így van érdemes figyelembe venni az áttétel választásánál. Az Advanced Trainer-nél mikor úgy érzem, hogy már egész jó a végsebességem, akkor gyakran választhatok, még egyvel hosszabb végáttételt, és még mindig nőhet a végsebességem.



8. ábra. A sebességváltó fokozatai

Alacsonyabb fokozatok

A pályán ideális esetben a motornak éppen hogy csak annyi ereje van, hogy az alsó fokozatokban megcsúsztassa a kereket teljes gázon. Úgy gondolom, hogy sok ember túl rövidre veszi az alsó fokozatokat. Szeretik, ha az autó válaszol a gázparancsokra és élvezetes csúszkálni, gázra túlforgatni a kerekeket.

Ha belegondolunk a kerekek megcsúszásához szükségesnél nagyobb erő már csak pazarlás. Jobb úgy összeállítani az áttételezést, hogy nagy sebességnél használjuk inkább a teljesítményt. Ezért úgy próbálok kiválasztani az alsó fokozatokat, hogy a legelső fokozatban is az autó még éppen köhögés, gondolkodás nélkül húzzon kigyorsításkor. Ha úgy látom, hogy a hátsó gumik teljes gázon a tapadási határon dolgoznak kigyorsításkor, akkor az áttétel pont megfelelő.

Néha előfordulhat, hogy nem választhatunk annyira hosszú áttételt az alsó két fokozatnak, mint amilyet szeretnénk. A Cosworth és Repco és mindkét Trainer motorjánál hasznunkra válna különösen hosszú pályákon, ha hosszabb áttétellel indulhatnánk, de sajnos csak abból gazdálkodhatunk, amink van.

Van néhány motor amelyeknek kevés a nyomatéka az alsó fordulatszám tartományban. Ez a probléma leginkább a Murasamánál és a BRM-nél jelentkezik. Vigyázzunk arra, hogy ne válasszunk annyira hosszú áttételt, hogy kanyarból kijövet dadogni kezdjenek.

Jegyezzük meg, hogy a Repco motornak annyira széles a nyomatéki görbéje, hogy abból a leginkább úgy profitálhatunk, hogy hosszú áttételt teszünk alulra. Bár egy igazán hosszú egyes fokozatnál, időnként álló helyzetből el sem indul mikor alapjáraton gázt adunk. Ebben az esetben a kuplungra való bökés csodákra képes.

Sebességi fokozatok elosztása

A nyilvánvaló megközelítése a fokozatok elosztásának az lenne, ha a tiltási pontok egyenletesen helyezkednének el, úgy hogy a pontokra egy egyenes vonalat tudnánk fektetni. Ez az elgondolás hibás.

Az autó a leggyorsabban az alsó fokozatokban gyorsul, tehát ezekben a fokozatokban tölti relatív a legkevesebb időt. Az erősebb autók jelentős teljesítmény felesleggel rendelkeznek az alsó fokozatokban.

Másrészről az autó, sokkal több időt tölt 4-ik és 5-ik fokozatban, hosszú egyenesekben. Lassan gyorsul mivel erejének nagy részét a légellenállás leküzdésére kell fordítania. Fontos, hogy úgy áttételezzük az autót, hogy a teljesítmény és a nyomaték ott álljon rendelkezésre, ahol szükség van rá, nagy sebességnél. Tehát a leghatékonyabb elosztásból adódó tiltási fordulat pontjaira egy parabola kell hogy illeszkedjen, melynél a magas fokozatok pontjai közelebb, míg az alacsony fokozatok pontjai távolabb vannak egymástól. Minél szélesebb a motor nyomatéki tartománya, annál közelebb kell, hogy essenek a felső fokozatok pontjai.

Az által, hogy az alacsony fokozatokat széthúzzuk, a felsőket, pedig összébb, azt jelenti, hogy a lassabb részeken kevesebbet kell váltogatni így időt spórolhatunk.

Megint egy kivétel. A BRM-nek annyira szűk a teljesítmény tartománya, hogy nem célszerű annyira széthúzni az áttételezést, mint a többi autónál. Ha az alsó fokozatokat nagyon széthúzzuk a felváltások után köhögni fog a motor. Úgy tűnik, hogy hosszú egyeneseknél a fokozatokat úgy érdemes állítani, hogy az áttételezés tiltási fordulatot jelölő piros pontjai mégis egyenest fedjenek.

Néha kifizetődőbb egy - egy fokozatot hosszabbra vagy rövidebbre venni, mint azt a parabola íve diktálná, különösen ha az a pályán egy kritikusként nevezhető részen használatos. Pl. Kyalamin sok rövid egyenes van, köztük 2 fokozatú kanyarok. Néhány motornál melyeknek széles a teljesítmény tartománya pl. a Ferrari lehet úgy állítani, hogy ne legyen szükség fel, majd visszakapcsolásra.

Ha már optimalizáltuk az alsó fokozatokat és az elosztást, előfordulhat, hogy az autó jobban gyorsul, mint ahogy számítottuk, nem lehetetlen, hogy beforog a tiltott tartományba. Ha állítanunk kell a végáttételen, akkor ellenőrizzük újra az áttételezést és elosztást.

Finomhangolás

Tartsuk észben, hogy sok állítható paraméter változtatása hatással van az autó viselkedésére, melyeken, ha szabályozunk más változók újbóli állítást igényelnek.

Ha már véglegesítettük a rugókat és a kocsiszekrény dőlését elöl és hátul, nem árt, ha egy pillantást vetünk a gumi hőmérsékletekre és megpróbáljuk kiegyenlíteni a szélek hőmérséklet különbségét úgy, hogy szabályozunk a kerékdőlésen vagy az össz. kocsiszekrény dőlésén. Arra is kíváncsiak lehetünk, hogy állíthatunk e még a fékelosztáson, különösen ha a stabilitást szeretnénk még növelni fékezéskor és kanyarodáskor.

Ha már elégedettek vagyunk a kocsival, megpróbálhatunk a hasmagasságon csökkenteni negyed hüvelykel. Ha még mindig nem üt fel a felfüggesztés sehol, hagyjuk ebben a helyzetben. Ismét

ellenőrizzük a gumihőmérsékletet, ha jó akkor csökkenthetjük az össz. kocsiszekrény dőlését és még hátrébb hangolhatjuk a fékelosztást. Az egész folyamat egy iterálás.