



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tämä on rinnakkaistallenne. Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Parviainen, Heikki (2019). Tuntematon turbiini. V8-magazine 4, 52-56.

TUNTEMATON TURBIINI



Monille automaattivaihteiston turbiini on pelkkää mystiikkaa. Se on kuitenkin mekaniikaltaan melko yksinkertainen laite, mutta sen muutostöihin tarvitaan myös virtaustekniikan ymmärrystä.

Manuaalivaihteisessa autossa kytkin välittää momentin moottorilta vaihteistolle. Automaattivaihteisessa se kulkee momentinmuuntimen, eli turbiinin välityksellä. Liikkeen välittämisen lisäksi turbiini vielä nostaa vääntömomentin aivan uudelle tasolle. Kuulostaa mainiolta laitteelta.

TEKSTI JA KUVAT HEIKKI PARVIAINEN

Momentinmuuntimesta on olemassa yksinkertaisempi versio, eli nestekytkin. Siinä on vain moottorin pyörittämä pumppupyörä ja turbiinipyörä, josta momentti siirtyy vaihteistoon. Momentti välittyy vetolevyn ja turbiinin kotelon kautta mekaanisesti pumppupyörälle. Pumppupyörältä momentti välittyy edelleen turbiinikotelon kehän sisäpuolta turbiinipyörälle nopeasti virtaavan nesteen välityksellä, eli hydrodynaamisesti.

Nestekytkimen huono puoli on siinä, että turbiinipyörältä neste palaa takaisin nestekytkimen keskelle ja edelleen pumppupyörälle, mutta sen suuntaus on sellainen, että se pyrkii jarruttamaan pumppupyörän pyörimistä. Nestekytkimestä käytetään joskus nimitystä turbiinikytkin, mutta myös momentinmuuntimesta käytetään turbiini-nimitystä. Tässä artikkelissa turbiini on synonyymi sanalle momentinmuunnin, eli turbiinissa on mukana momentin nousu.

Staattori tekee nestekytkimestä momentinmuuntimen

Momentinmuuntimesta puhutaan siinä vaiheessa, kun nestekytkimestä on pumppu- ja turbiinipyörien lisäksi staattori, joka muuttaa turbiinipyörältä palaavan nesteen virtaus suunnan edulliseksi pumppupyörän kannalta. Staattori on nimensä mukaisesti yleensä paikallaan, mutta kun pumppu- ja turbiinipyörien pyörimisero pienenee, staattori alkaa pyöriä samaan suuntaan muiden osien kanssa. Näin se ei jarruta nesteen virtausta ja heikennä hyötysuhdetta.

Jotta staattori pystyy kääntämään virtausta, ei se saa pyöriä vastakkaiseen suuntaan pumppu- ja turbiinipyöriin nähden, mutta toisaalta sen on pystyttävä tarvittaessa pyörimään samaan suuntaan niiden kanssa. Tämä on ratkaistu siten, että staattori on kiinni vaihteistosta tulevassa paikallaan pysyvissä akselissa vapaakytki-

men, eli spragin avulla. Vapaakytkin sallii pyörimisen yhteen suuntaan, mutta estää sen toiseen suuntaan.

Staattorin aikaansaama momenttilisä aikaansa vastamomentin, joka pyrkii kääntämään staattoria vastakkaiseen suuntaan. Tämä estetään siis vapaakytkimellä, mutta sen seurauksena vapaakytkimeen kohdistuu suuria rasituksia. Vapaakytkimen toiminta perustuu siihen, että siinä on sisä- ja ulkokehien välissä rullia tai niin sanottuja pönkkiä, jotka sallivat pyörimisen yhteen suuntaan, mutta kiilautuvat kehien väliin, jos pyrkimyksenä on pyöriä vastakkaiseen suuntaan. Kiilautuminen on sitä voimakkaampaa, mitä kovempi staattorin tukimomentti on, eli suurempi momentin korottaminen nostaa aina staattorin rasitusta. Staattori saattaa luistaa tai jossain tapauksessa kiilavaikutus saattaa painaa ulkokehää ulospäin niin suurella voimalla, että staattorin ulkokehään syntyy kuoppia tai staattori jopa halkeaa.

Momentin nousu on tyypillisesti luokkaa 1,8–2,5, eli vaihteiston sisäänmenoakselin momentti voi olla yli kaksinkertainen verrattuna moottorin kampiakselin momenttiin. Suurin momenttinousu on silloin, kun auto on vielä paikoillaan, eli ollaan stall-tilanteessa.

Vanha sanonta ilmaisista lounaista pätee myös turbiiniin osalta. Energiaa ei voi hävittää, eikä synnyttää tyhjää. Turbiinissa tämä merkitsee sitä, että momentin kasvaminen on jostain pois, ja se on pois pyörintänopeudesta. Turbiinipyörä pyörii siis hitaammin kuin pumppupyörä. Muuten ei ole mahdollista saada aikaiseksi momentin nousua. Jos pyörimisnopeudet olisivat samat ja silti momentti kasvaisi, merkitsisi se tehon nousua turbiinissa. Tehon nousu taas vaatisi lisäenergiaa jostain, ja mistä sitä turbiiniin muodostuisi.

Kyse on hyvin samanlaisesta asiasta kuin vaihteiston välityksessä. Kun vaihteiston sisäänmenoakseli pyörii kovempaa kuin ulostuloakseli, kasvaa momentti, mutta teho pysyy likimain vakiona. Jos ollaan tarkkoja, putoaa teho hieman, sillä vaihteiston rattaiden välinen kitka aikaansaa lämpöä ja ulos tullut teho on sama kuin sisään mennyt teho vähennettynä kitkan synnyttämällä lämpöteholla.

Turbiinissa suuri lämpömaa

Vaikka hammasrattaisen tehohäviö on pieni, ei samaa voi sanoa turbiinista. Tilanteessa, jossa auto ei liiku, mutta moottori käy vaihte päällä, itse asiassa kaikki moottorin teho muuttuu turbiinissa lämmöksi. Silloin myös turbiiniin aikaansaama momentin nousu on suurimmillaan. Kun lähdetään liikkeelle, niin tehohukka pienenee koko ajan. Mitä lähempänä pumppupyörän ja turbiinipyörän pyörimisnopeudet ovat toisiaan, sitä pienempää on tehohukka, mutta samalla pienenee myös momentin kasvu. Turbiinin hyötysuhde on siis kääntäen verrannollinen momentin kasvattamiseen.

Öljypumpun käyttöakseli on se turbiinin osa, joka menee sisään vaihteistoon. Akselin päässä on hahlo, jonka on mentävä oikeaan asentoon öljypumpun sisään. Turbiinia asennettaessa on varmistuttava, että käyttöakseli menee riittävän syväälle, eikä vahingoita asennuksessa öljypumpun stefaa.

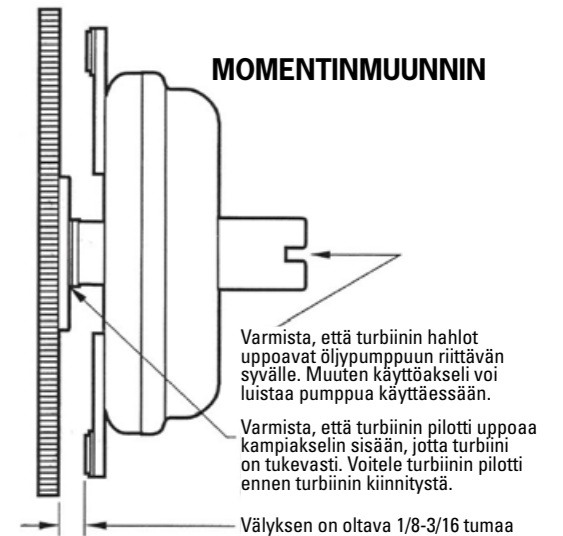
Staattorin muodolla voidaan vaikuttaa turbiinin tartuntanopeuteen ja momenttinousukertoimeen. Kuvan staattorit ovat samaan turbiiniin, mutta niillä aikaansaadaan täysin toisistaan poikkeavat luonteet.



Koska hukkalämpöä kehittyä paljon, on sitä pystyttävä myös poistamaan. Tämä tapahtuu aivan saman öljyn avulla, joka liikkeenkin välittää. Öljy siis kuumenee voimakkaasti turbiiniin läpi kulkiessaan ja sitä on jäähdytettävä erillisellä öljynjäähdyttimellä. Turbiinissa ei ole mitään erillistä turbiiniöljyä, vaan aivan sama automaattivaihteistoöljy kulkee turbiini läpi, joka vaihteistossa voitelee, jäähdyttää ja käyttää toimilaitteita. Usein öljynjäähdytin sijaitsee auton normaalin jäähdyttimen yhteydessä. Jäähdyttimeen tulee vain vaihteistolta kaksi putkea. Toisesta kuuma öljy jäähdyttimeen ja toista viilentynyt öljy takaisin vaihteistoon.

Koska pumppu- ja turbiinipyörien nopeuseroksi jää matka-ajossakin aina 3–8 prosenttia, käytetään joissain turbiineissa lock up -kytkintä turbiinin hyötysuhteen nostamiseksi. Silloin puhutaan lukkoturbiinista ja tarkoitetaan sitä, että lock up -kytkimen ollessa lukittuna, turbiini toimii kuten kitkakytkinkin sen ollessa kiinni. Luistoa ei esiinny, mutta ei myöskään momentin nousua. Hyötysuhdekin on sillä hetkellä sata prosenttia, kun pienet laakerikitkat jätetään huomioimatta. Lock up -kytkin pidetään lukittuna, kun auton nopeus on riittävä, eli matka-ajossa hyötysuhteen nousu ja siten polttoaineenkulutuksen lasku on merkittävä.

MOMENTINMUUNNIN



Automaattivaihteistoihin on saatavissa paljon erilaisia lisäaineita ja kemikaaleja, joista osa vaikuttaa myös turbiiniin. Shudder Eliminator toimii kitkanmuuntoaineena, joka parantaa turbiinin lock up -kytkimen pitoa ja vähentää siten kytkimen värinää.





Pumppupyörän ja turbiinipyörän siivet on usein vain prässätty paikoilleen. Lujemmissa malleissa ne on juotettu kiinni jo tehtaalla, tai ne voidaan juottaa jälkikäteen kestävyuden lisäämiseksi.

► Stall speed muuttuu auton mukana

Turbiini on se yksittäinen auton osa, jonka valinta vaikuttaa eniten auton luonteeseen. Siinä voi myös tuhota auton käyttöominaisuudet, mikäli valinta menee pieleen.

Stall speed, eli tartuntanopeus tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, miten ylös turbiini päästää moottorin kierrosluvun nousemaan kaasua pohjaan painettaessa. Tartuntanopeuden määrittelyssä on kaksi erilaista keinoa, eivätkä niiden tulokset ole samoja.

Brake stall speed tarkoittaa tilannetta, jossa autoa pidetään jarrun avulla paikoillaan, ja kaasun pohjaan painamisella koetaan nostaa moottorin kierroslukua. Kierros-luku pääsee nousemaan vain tiettyyn, turbiinista riippuvaan kierros-lukuun, joka on siis brake stall -kierros-luku. Koska koko moottorin teho muuttuu turbiinissa olevan öljyn lämmöksi, on testi erittäin rasittava, eikä sitä suositella tehtäväksi. Suuri vääntömomenttilla moottorilla brake stall -kierros-luvun saa korkeaksi, joten öljyn lämmittämiseen käytettävä teho on valtava. Myös turbiinin ja vaihteiston mekaaniset rasitukset ovat suuret, sillä momentin kasvu on suurimmillaan. Yleisin syy staattorin vapaakytkimen rikkoutumiseen onkin brake stall -testi.

Flash stall speed kertoo taas siitä, miten korkealle moottorin kierros-luku nousee, kun autolla lähdetään liikkeelle kaasu pohjassa. Se on sitten riippuvainen paitsi turbiinista ja moottorista, niin myös itse autosta, kuten sen painosta, välityksistä ja renkaiden vierintäkehän pituudesta. Mitä enemmän turbiini rasittuu (pitkä välitys, painava auto ja suurikokoiset renkaat), niin sen korkeammalle tartuntanopeus nousee.

Moottorin vääntömomentti vaikuttaa turbiinin tartuntanopeuteen. Sama turbiini, jonka tartuntanopeus matalavääntöisen pikkulohkon kanssa on vaikkapa 3500 kierrosta, onkin tartuntanopeudeltaan 5200 kierrosta, kun se laitetaan vääntävämmän isolohkon perään. Siksi ei voida sanoa mikä tietyn turbiinin tartuntanopeus on, ennen kuin tiedetään mihin autoon se laitetaan.

Valinnanvaikeus

Kun autoa rakentaa ja haluaa siihen muutoksia, niin stall speedin muuttaminen on ehkäpä ensin mieleen juolahtava asia. Yleensä tartuntanopeutta halutaan hieman nostaa paremman kiihtyvyyden aikaansaamiseksi, mutta pelkona on se, että auton normaalikäyttö hankaloituu. Rauhalliset liikkeellelähdöt saattavat olla historiaa, jos tartuntanopeuden nostossa ahnehditaan liikaa.

Jos turbiini valitaan vain mahdollisimman nopean varttimailin ajan ehdolla, niin silloin tartuntanopeus pitäisi asettua suunnilleen maksimi vääntömomentin kierros-lukualueelle, jopa hieman sen yläpuolelle.

Yleinen sääntö on, että mitä pienempi

on turbiinin halkaisija, sitä korkeampi on tartuntanopeus. Myös staattorin muoto ja pituussuuntainen paikka, sekä pumppupyörän siipikulmat vaikuttavat tartuntanopeuteen. Käännettäessä pumppupyörän siipiä pyörimissuuntaa vastaan, nousee tartuntanopeus, ja käännettäessä niitä pyörimissuuntaan, pienenee tartuntanopeus. Toki tartuntanopeutta voi korottaa myös pumppu- ja turbiinipyörän etäisyyttä kasvattamalla, mutta se huonontaa turbiinin hyötysuhdetta, sillä vällyksestä virtaava neste kuumenee ja hukkaa siten energiaa.

Pelkällä turbiinin sisäosien muotoilulla ei tartuntanopeutta pysty määrättömästi nostamaan. Esimerkiksi 727-vaihteiston 12-tuumaisesta turbiinista voi saada hyvällä hyötysuhteella reilun 2000 kierroksen tartuntanopeuden. Tuumaa pienemmällä turbiinilla tartuntanopeus voi olla pari sataa kierrosta ylempänä. Mutta jos tämän kokoisista turbiineista haluaa huomattavasti suuremman tartuntanopeuden, on vällyksiä suurennettava, ja se maksaa sitten hyötysuhdetappiona. Turbiinin kokoa on siten pienennettävä, kun haluaa korkeamman tartuntanopeuden ilman merkittävää hyötysuhteen putoamista. Pienemmällä turbiinin halkaisijalla tulee kaupanpäälle myös kierros-herkkyys, sillä sen inertia on pienempi kuin suurihalkaisijaisessa.

On muistettava, että turbiinin käytettävyydessä on muitakin seikkoja kuin pelkkä tartuntanopeus. Saman tartuntanopeuden omaavat turbiinit voivat käyttäytyä aivan eri tavalla tartuntanopeutta matalammilla ja korkeammilla käyntinopeuksilla. Toinen on lähdössä kuminauhainen ja tuntuu luistavan selvästi myös korkeilla kierroksilla, jolloin seurauksena on öljyn suuri jäähtytystarve. Toinen taas ottaa mukavasti kiinni matalammilla kierroksilla, kun kaasua ei paineta aivan pohjaan, ja luistaa tartuntanopeuden yläpuolella hillitysti, jolloin öljyn vatkaminen on vähäisempää.

Jos turbiinista haluaa kaiken hyödyn irti, pitää hankkia varta vasten autolle ja moottorille mitoitettu mittatilausturbiini. Turbiinivalmistajilla on olemassa valmiita kaavakkeita, joissa kysytään hyvin tarkasti auton tietoja. Sinne on syötettävä auton massa, välitykset ja rengaskoot, jotka vaikuttavat tarvittavaan momenttiin. Lisäksi turbiinivalmistajat haluavat tietää kaiken moottorista, nokan jyrkkyyden, polttoaineensyötön, ahtamisen asteen ja parhaassa tapauksessa moottorin vääntömomenttikäyrän. Lopuksi on tietenkin tarve tietää, että millaiseen käyttöön ja millaisella tartuntanopeudella turbiinia olisi tarve käyttää. Kaikkien näiden tietojen perusteella turbiinivalmistajat tekevät sitten juuri kyseiseen autoon, kyseiseen moottorille ja halutun laiseen käyttöön sopivan turbiinin. Mittatilausturbiinit eivät ole hinnaltaan halpoja, mutta parempi sijoittaa hieman enemmän rahaa kuin huomata saaneensa kompromissin seurauksena epäsovivan turbiinin.

5 VINKKIÄ

★1★

Turbiinin stall speed riippuu autosta ja moottorista. Sama turbiini voi antaa hyvinkin erilaisen tartuntanopeuden riippuen siitä, missä autossa se on kiinni.

★2★

Brake stall -testi rasittaa turbiinia ja vaihteistoa. Erityisen turmiollista se on staattorin vapaakytkimelle. Se on siis parempi jättää tekemättä, tai jos sinun on se jostain syystä tehtävä, niin tee se hyvin lyhytaikaisena.

★3★

Pidä lika pois turbiinista. Sama öljy, joka kiertää turbiinissa, kiertää myös automaattivaihteiston venttiilikoneiston pienissä vällyksissä. Irrota turbiinin suojakorkki vasta siinä vaiheessa, kun kiinnität turbiinin vaihteistoon.

★4★

Turbiini laitetaan vaihteiston sisäänmenoakselille ennen vaihteiston paikalleen laittoa, ja vasta sitten turbiini pultataan vetolevyyn. Muunlainen kiinnitysjärjestys voi rikkoo öljypumpun stefan tai turbiinin kaulan. Turbiini myös irrotetaan vaihteiston kanssa yhdessä, jottei vaihteiston paino väännä turbiinin kaulaa. Varmista asennettaessa aksiaalivällykset ja se, että turbiini on riittävän syvällä vaihteistossa.

★5★

Stall speediä nostettaessa muutetaan suurempi osa moottorin tehosta lämmöksi. Huolehdi siis vaihteistoöljyn tehokkaasta jäähtytymisestä.



Samaan autoon saattaa saada halkaisijaltaan erikokoisia turbiineja. Pienemmällä halkaisijalla on luonnostaan korkeampi tartuntanopeus, jolloin siitä ei tarvitse kasvattaa vällyksiä ja huonontaa siten hyötysuhdetta korkeamman stall speedin aikaansaamiseksi.



Aivan lopuksi turbiini on tasapainotettava. Tasapainotus on periaatteessa aivan samanlainen tapahtuma kuin renkaan tai kampiakselin tasapainotuskin. Turbiinia pyöritetään ja kone mittaa sen aikaansaamat voimat. Sitten kun turbiini on tasapainossa, ei ylimääräisiä voimia ilmene.

► Race-turbiiniin parannuksia

Jos ollaan muuttamassa turbiinia raskaampaan käyttöön tai jopa puhtaasti kilpa-autoon, niin siihen voidaan tehdä monia parannuksia. Ensimmäinen toimenpide on tietenkin tartuntanopeuden muuttaminen. Kilpakäytössä ei tarvitse tehdä kompromisseja polttoainetalouden ja ajettavuuden suhteen, joten stall speed valitaan puhtaasti suorituskykyä ajatellen.

Staattorin muodolla voi muuttaa paitsi tartuntanopeutta, niin myös momentin-noususuhdetta. Sillä voidaan saada siis jokunen jalkapauna lisää vääntömomenttia hetkelle, jolloin auto on lähdössä liikkeelle. Vapaakytkimenä voidaan käyttää niin sanottua mekaanista diodia, joka on jousikuormitettu räikkä. Se ei pääse luistamaan lainkaan, joten mikäli momenttia on liikaa, se rikkoutuu ennen kuin luistaa. Räikkäsystemi pitää myös ääntä, joten se on suositumpi puhtaasti 400 metrin rykäisissä kuin katuajossa.

Staattorin voi myös lukita kokonaan. Silloin ei ole pelkoa staattorin luistamisesta tai siitä, että vapaakytkin hajoo stall-tilanteessa. Vapaakytkimellä varustetun staattorin tilalle vain vaihdetaan sellainen staattori, joka on kiinteästi akselin päällä, eikä käänny kumpaankaan suuntaan. Siinä tapauksessa hyötysuhde kylläkin huononee pumppu- ja turbiinipyörien nopeuksien ollessa lähellä toisiaan.

Turbiinia myös vahvistetaan. Päittäislaakerointi on usein tehty liukulaakereilla, jotka on valmistettu laakerimetallista tai

pakeliitista. Niiden tilalle voidaan laittaa teräksiset neulalaakerit, jotka ovat huomattavasti kestävämpiä.

Joissain tapauksissa turbiininkuoret voivat venyä pituussuuntaan rasitusten johdosta. Sen estämiseksi sekä moottorin että vaihteiston puolelle voidaan kiinnittää kuorta tukemaan ns. Anti Ballooning -levy, jonka tehtävänä on pitää kuori muodossaan. Levyn käyttö on yleisempää vaihteiston puolella, mutta turbiinit voivat venyä myös moottorin suuntaan.

Kun turbiini on muutettu, se pitää kasata oikein välyksin. Työ tehdään välystyskoneella, jolla määritellään kuorenpuoliskojen aksiaalisuuntainen paikka niin, että turbiinin sisäosien väliset välykset tulevat oikeiksi. Kun välykset on saatu kohdalleen, hitsataan turbiini jälleen kokoon.

Kasaamiseen jälkeen turbiini on vielä tasapainotettava. Kaikki turbiinin liikkuvat sisäosat on tasapainotettu erikseen, ja lopuksi tehdään vielä kuoren tasapainotus siten, että turbiiniin jää alle viisi grammaa epätasapainoa.

Mikäli haluaa testailla autoa erilaisten turbiinien kanssa, voi olla viisasta hankkia kasaan pultattava turbiini. Silloin ei jokaisen muutostyön ja huoltotoimenpiteen yhteydessä tarvitse sorvata turbiinia auki ja jälleen hitsata sitä kasaan.

Valmis turbiini täytetään lopuksi puolliseen automaattivaihteistoöljy ja laitetaan paikoilleen varovaisesti vaihteiston sisäänmenoakselin päälle. Turbiinin ja vaihteiston välissä on kaksi rihloitusta ja öl-

jypumpun käyttöakselin hahlo. Niiden on kaikkien osuttava kohdalleen, joten turbiinia joutuu hieman kiertämään asennusvaiheessa. Asennuksen aikana on varottava rikkomasta öljypumpun stefaa. Kun vaihteisto on laitettu moottorin perään, kiinnitetään turbiini pulteilla kampiakselissa kiinni olevaan vetolevyyn.

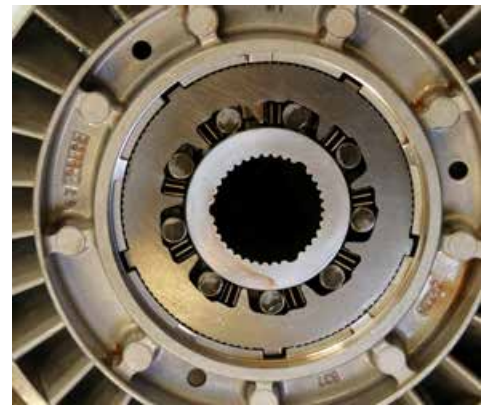
Turbiinin etäisyyden joutuu joskus shimmaamaan sopivaksi. Yleensä turbiinin aksiaalisen vapaaliikkeen tulee olla 1/8–3/16 tuumaa, eli turbiinin ollessa vaihteistossa syvimmillään, pitää vetolevyn ja turbiinin väliin jäädä tuo välys. Kun turbiinin kiinnityspultit kiristetään, liikkuu turbiini tuon matkan eteenpäin, eikä siis pohjaa vaihteistoon. Jos välys on suurempi, on pelkona öljypumpun käyttöakselin huono asettuminen öljypumpulle, jolloin käyttöakseli tai pumppu voivat vioittua. Pakettia kasatessa on myös varmistuttava, että turbiinin pilotti tukeutuu kampiakselin päähän. Muuten turbiiniin voi kovilla kierroksilla tulla heittoa.

Suomessa on joitain turbiinien korjauksia ja muutostöitä tekeviä yrityksiä. Näistä tunnetuin lienee Kaarinassa sijaitseva JN Trading. Se myy automaattivaihteistojen ja turbiinien osia ja tekee turbiinikorjauksia sekä tarvittaessa myös muutostöitä. Vierailimme yrityksessä ja huomasimme, että kymmenien vuosien kokemus turbiinistöistä näkyy kaikessa heidän tekemisessään. Turbiiniin voi siis huoletta jättää muutettavaksi, jos vain osaa kertoa, mitä muutoksella on hakemassa. ☺

Race-turbiinia tehdessä saatetaan päittäislaakereina käytetyt liukulaakerit vaihtaa neulalaakereiksi. Neulalaakerit eivät sovi sellaisenaan liukulaakereiden tilalle, vaan laakereille on tehtävä erilliset laakerisijat.



Rulla-vapaakytkimestä näkee helposti sen idean. Staattori pääsee kiertymään helposti myötäpäivään, mutta vastapäivään kiertyessä se kiilaa rullat sisä- ja ulkokehän väliin, jolloin liike estyy.



Staattorin vapaakytkimenä käytetään usein pönkkä-vapaakytkintä. Kun pönkkä-vapaakytkin kuluu paljon, voivat pönkät kääntyä yli, jolloin staattori menee kokonaan jumiin, eikä pääse pyörimään muiden osien mukana edes haluttuun suuntaan.



Turbiinin kasausvaiheessa sen päittäisvälykset säädetään erillisellä välystyskoneella. Kun välykset ovat sopivat, hitsataan turbiinin kuoren puoliskot jälleen yhteen.