

Janne Heinonen

DSG-VAIHTEISTON KORVAAMINEN

DSG-VAIHTEISTON KORVAAMINEN

Janne Heinonen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Janne Heinonen

Opinnäytetyön nimi: DSG-vaihteiston korvaaminen

Työn ohjaaja: Mauri Haataja

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: kevät 2017

Sivumäärä: 29 + 0 liitettä

Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion omistaman Audi A1 -henkilöajoneuvon kaksoiskytkinvaihteisto rikkoutui erään esittelytilaisuuden yhteydessä. Ajoneuvo on ollut opiskelijaprojektien käytössä, joten rikkoutuneen vaihteiston aiheuttama ongelma päätettiin ratkaista opiskelijaprojektina. ST-Audi-nimisen opiskelijaprojektin osaksi perustettiin oma osaprojekti, joka vastasi ajoneuvon ajokuntoon saattamisesta vaihteiston osalta.

Rikkoutunut vaihteisto päätettiin korvata erityyppisellä vaihteistolla. Vaihteistotyyppiä haluttiin muuttaa, koska kaksoiskytkinvaihteiston uskottiin aiheuttavan ongelmia tulevaisuudessakin. Ajoneuvon haluttiin soveltuvan testauskäyttöön mahdollisimman hyvin, minkä vuoksi toisenlainen vaihteisto olisi kaksoiskytkinvaihteistoa käyttökelpoisempi. Projektissa määriteltiin uudelta vaihteistolta halutut ominaisuudet, joista tärkeimmät olivat hyvät mahdollisuudet testausoiminnassa ja luotettavuus. Näiden perusteella määriteltiin vaihteistotyyppi.

Projektiajoneuvon sopivaksi vaihteistotyyppiä valittiin suorakytkentävaihteisto, joka mahdollistaisi välityssuhteiden muuttamisen ja avaisi mahdollisuuksia ajoneuvon käyttöön rata-autoilussa. Suorakytkentävaihteisto vaihtoehtona jouduttiin hylkäämään taloudellisista syistä. Suorakytkentävaihteiston tilalle valittiin kompromissiratkaisuna perinteinen manuaalivaihteisto.

Suunnittelutyön lisäksi työssä hoidettiin käytännön asennustyö ja lopullinen ajokuntoon saattaminen. Työn lopputuloksena ajoneuvo saatiin ajokuntoon ja ajoneuvo oli jälleen käytettävissä opiskelijaprojekteja ja esimerkiksi harjoitustöihin liittyvää testauskäyttöä varten.

Asiasanat: vaihteisto, voimansiirto, kaksoiskytkinvaihteisto, suorakytkentävaihteisto

ALKULAUSE

Kiitokset kaikille projektissa toimineille henkilöille, erityisesti omalle projektiryhmälle, jonka työpanoksen avulla tämän työn toteuttaminen oli mahdollista. Erityiskiitokset Pörhön autoliikkeen Audi Centerille avusta osien hankinnassa ja tietojen tarjoamisessa. Kiitokset myös työn ohjaajalle, yliopettaja Mauri Haatajalle.

Oulussa 11.4.2017

Janne Heinonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 VOIMANSIIRTO HENKILÖAJONEUVOISSA.....	8
2.1 Vaihteiston tehtävä.....	8
2.2 Kytkimen tehtävä.....	9
3 ERITYYPPISET VAIHTEISTOT.....	10
3.1 Manuaalivaihteisto.....	10
3.2 Automaattivaihteisto.....	12
3.3 Kaksoiskytkinvaihteisto.....	14
3.4 Suorakytkentävaihteisto.....	15
3.5 Suorasekventiaalivaihteisto.....	16
4 TYÖN SUORITTAMINEN.....	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
4.1 Korvaavan vaihteiston määrittely.....	18
4.2 Purkaminen.....	20
4.3 Tarjouspyyntöjen lähettäminen.....	21
4.4 Automaatista manuaaliksi.....	22
4.5 Asennus.....	25
4.6 Ajokuntoon saattaminen.....	25
5 YHTEENVETO.....	27
LÄHTEET.....	29

1 JOHDANTO

Oulun ammattikorkeakoulu hankki opiskelijaprojekteja ja opetuskäyttöä varten Audi A1 -henkilöauton. Auto on vuosimallia 2012 ja varustettu nykyaikaisella suorasuihkutteisella bensiinimoottorilla. Auton tarkoituksena on tarjota nykyaikainen opetusalusta, jolla opiskelijat voivat harjoitella käytännön mittauksia, perehtyä nykyaikaiseen suorasuihkutteiseen bensiinimoottoriin ja ennen kaikkea käyttää autoa alustana erilaisille oppilasprojekteille. Kuvassa 1 on projektiajoneuvo ennen sponsoritarrojen liimaamista.



KUVA 1. Projektiajoneuvo Audi A1

Opiskelijaprojekteja varten aloitettiin syksyllä 2013 ST-Audi -niminen pääprojekti, jonka alaisuudessa opiskelijaryhmät voivat toteuttaa omia osaprojektejaan. Projektin aluksi päätettiin varustella auto siten, että sillä olisi mahdollisimman turvallista ajaa erilaista testiajoa radalla. Tätä varten autosta purettiin pois miltei kaikki sisusta, jotta sen turvallisuutta pystyttiin parantamaan. Ensimmäinen lukuvuosi menikin pääosin turvallisuuden parantamisen merkeissä, ja sen aikana autoon

asennettiin muun muassa turvakaaret, turvatankki, kuppipenkit ja monipisteturvavyöt sekä sammutin.

Ajoneuvon asennettiin tiedonkeruujärjestelmä, jotta ajoneuvolla voitaisiin kerätä dataa ajotapahetumista, mikä on tarpeen monissa harjoitustöissä. Ajoneuvon valmistettiin ja asennettiin myös hiilikuitukomponentteja, jotka ovat kevyitä ja kestäviä. Hiilikuitukomponentit suunniteltiin ja valmistettiin opiskelijavoimin.

Tämän opinnäytetyön aihe syntyi, kun eräässä esittelytilaisuudessa kesällä 2014 ajoneuvon vaihteiston kanssa ilmeni ongelmia. Pääprojektin kesken päätettiin, että ajoneuvon silloinen vaihteisto tulee korvata uudella, jolloin on myös mahdollista asentaa autoon erityyppinen vaihteisto kuin alkuperäinen. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi vaihteistovalinnan kriteerit, työn suunnittelu, toteutus sekä tulosten arviointi.

2 VOIMANSIIRTO HENKILÖAJONEUVOISSA

Henkilöajoneuvoissa voimansiirrolla tarkoitetaan mekanismia, joka siirtää moottorin tuottaman energian, eli vääntömomentin, ajoneuvon vetäville pyörille. Voimansiirron peruskomponentteihin kuuluvat kytkin, vaihteisto ja vetopyörästä vetoakseleineen. Opinnäytetyön aiheen mukaisesti myös teoriaosiossa painopiste on vaihteistossa.

Voimansiirtojärjestelmä välittää moottorin vääntömomentin ja pyörimisnopeuden vetäville pyörille työntövoimaksi ja auton liikenopeudeksi. Voimansiirtojärjestelmän ansiosta ajoneuvo voidaan myös saattaa liikkeeseen ja pysähdyksiin hallitusti. Tämä ei itsessään riitä, sillä moottorin tuottama vääntömomentti on verrannollinen moottorin kierroslukuun. Moottorin tuottamat vääntömomentti ja teho vaihtelevat suuresti läpi moottorin kierrosalueen, mistä johtuen muuttuva välityssuhde moottorin ja vetopyörästä välillä on tarpeen. (2, s. 11–32.)

Voimansiirrolla voidaan myös vaikuttaa voiman suuntaan esimerkiksi pitkittäin asennetuissa moottoreissa, jolloin moottorin pyörimissuunta on kohtisuorassa renkaiden pyörimissuuntaan. Voiman jakaminen on myös eräs voimansiirron tärkeistä tehtävistä. Nykyisillä sähköisesti ohjatuilla järjestelmillä voiman jakaminen on mahdollista jopa pyöräkohtaisesti. (2, s. 11–32.)

2.1 Vaihteiston tehtävä

Vaihteiston tehtävänä on välittää moottorin tuottama vääntömomentti ja teho vetäville pyörille. Vaihteiston avulla voidaan muuttaa pyörille välittyvää vääntömomenttia vastaamaan sen hetkisen ajotilanteen ajovastusvoimia. Esimerkiksi liikkeellelähtötilanteessa voimantarve vetävillä pyörillä on suuri, eli pyörältä vaaditaan suurempaa vääntömomenttia, kuin mitä ajoneuvon moottori voi tuottaa. Tähän tarvitaan alentavaa välityssuhdetta, joka saadaan tuotettua ajoneuvon vaihteistolla. Tällaisella muuttuvalla välityssuhteella saadaan moottorin kierrosluku pidettyä alueella, jolla saadaan tuotettua riittävä vääntömomentti ajotilanteeseen, mutta myös parannettua moottorin taloudellisuutta, joka on suoraan verrannollinen moottorin päästöihin. Mahdollisuudella muuttaa välityssuhdetta ajon aikana on myös vaikutusta ajomukavuuteen. Ajaminen eri nopeuksilla on mielekästä ja jouhevaa, kun moottorin kierrosluku on optimaalisella alueella. Ajo on silloin tasais- ta ja kuljettajan on helppo hallita ajoneuvoaan, eikä turhia meluhaittoja synny moottorin liian kor-

kean kierrosluvun seurauksena. Vaihteiston ansiosta myös peruuttaminen on mahdollista. (3, s. 652–653.)

2.2 Kytkimen tehtävä

Kytkimen tehtävä on sallia moottorin ja vaihteiston välisen mekaanisen yhteyden katkaiseminen ja uudelleen kytkeminen, jota tarvitaan sekä moottorin käynnin mahdollistamiseksi myös ajoneuvon ollessa pysähdyksissä että helppojen ja ylimääräistä kulumista vähentävien vaihtevaihtojen mahdollistamiseksi. Lisäksi kytkimen avulla mahdollisestaan pehmeä liikkeellelähtö, koska kytkimen luiston avulla voidaan säätää moottorilta vaihteistolle siirtyvää energiaa. (3, s. 654–655.)

Yksinkertaisimmillaan moottoriin kiinnittyvien vauhtipyörän ja paineasetelman väliin puristuva kytkimen kitkalevy välittää moottorin pyörimisenergian vaihteistolle. Paineasetelma puristaa kytkinlevyä kiinni vauhtipyörään ja paineasetelmaa operoidaan kytkinpolkimella. Kytkinpolkimen ollessa vapautettuna paineasetelma puristaa kytkinlevyä suurimmalla voimallaan vauhtipyörää vasten. Kytkinpolkimen ollessa täysin pohjaan painettuna kytkinlevy on irti vauhtipyörästä ja paineasetelmasta. Väliin jäävillä kytkinpolkimen asennoilla kytkinlevyn ja vauhtipyörän pyörimisnopeudet eivät ole samat, jolloin kytkinlevy luistaa vauhtipyörään nähden. Tällöin osa moottorilta tulevasta mekaanisesta energiasta muuttuu kytkinlevyssä lämpöenergiaksi. Tämä energian muuttuminen mahdollistaa pehmeät liikkeellelähdöt, mutta myös kuluttaa kytkinlevyä. Liiallinen luistattaminen voi aiheuttaa kytkinlevyn ja jopa vauhtipyörän tuhoutumisen. (3, s. 654–655.)

3 ERITYYPPISET VAIHTEISTOT

Ajoneuvoissa käytetään muutamia erityyppisiä vaihteistoja, jotka vaihtelevat ajoneuvon käyttötarkoituksen tai varustelutason mukaan. Tässä luvussa käydään läpi yleisimmät henkilöajoneuvoissa käytettävät vaihteistotyypit ja niiden keskeisimmät ominaisuudet. Raskaan kaluston vaihteistoihin ja niiden ominaisuuksiin ei ole aiheellista keskittyä. Tässä luvussa esitellään myös kilpaajoneuvoissa käytettävä suorakytkentävaihteisto, koska se oli alkuperäinen vaihtoehto projekti-ajoneuvoon.

3.1 Manuaalivaihteisto

Manuaalivaihteisto on yleisin vaihteistotyyppi, joka on ollut laajalti käytössä henkilöajoneuvoissa sekä myös raskaissa ajoneuvoissa, niiden alkuvaiheista asti. Manuaalivaihteistossa vaihteen valitseminen tapahtuu kuljettajan operoimalla vaihdevivulla, joka kytkeytyy vaihdelaatikkoon erilaisin vipu- tai vaijerimekanismein. Näillä konstruktioilla ohjataan vaihteensiirtimiä, jotka kytkevät käyttöön hammaspyöräparit, jotka muodostavat halutun välityssuhteen. Manuaalivaihteiston hammaspyörät ovat yleensä vinohampaisia. Hammaspyöräparien välillä on jatkuva kosketus, joten vaihteensiirrin kytkee ne siirtoholkein kiinni vaihteiston akseleihin, joiden ympärillä hammaspyörät ovat. Jatkuvan hammaskosketuksen vaihteistoa harvinaisemmassa vaihteistotyypissä hammaspyöräparit eivät ole jatkuvassa kosketuksessa toisiinsa, vaan vaihtotapahtuman aikana siirretään hammaspyörä kosketuksiin parin toisen hammaspyörän kanssa. Tällöin puhutaan siirtopyörävaihteistosta. (2, s. 87–91.)

Manuaalivaihteistossa akseleiden lukumäärä vaihtelee, mutta pääsääntöisesti niissä on sisääntuloakseli, josta käytetään myös nimitystä kytkinakseli, pääakseli, sivuakseli ja ulostuloakseli. Niimensä mukaisesti kytkinakseli kytkeytyy kytkinlevyyn ja syöttää moottorin voiman vaihteistolle. Kytkinakseli käyttää pääakselia, jolla sijaitsevat hammaspyöräparien ensimmäiset pyörät. Näiden pyörien vastaparit ovat sivuakselilla, joka kytkeytyy ulostuloakseliin. Äsken mainittujen akseleiden lisäksi peruutusvaihteen hammaspyörä voi olla omalla akselillaan. (3, s. 658.)

Vaihteiston hammaspyörät ovat erisuuruisten välityssuhteiden vuoksi erikokoisia, joten ne eivät pyöri keskenään samalla nopeudella. Vaihteistoissa, joissa hammaspyörien kytkeminen tapahtuu

kytkentärenkailla, tämä pyörimisnopeusero tulee saattaa samaksi käyttämällä kaksoiskytkentää tai jotain muuta keinoa. Kuvassa 2 on käsityönä valmistettu kytkentärenkas ja hammaspyörä.

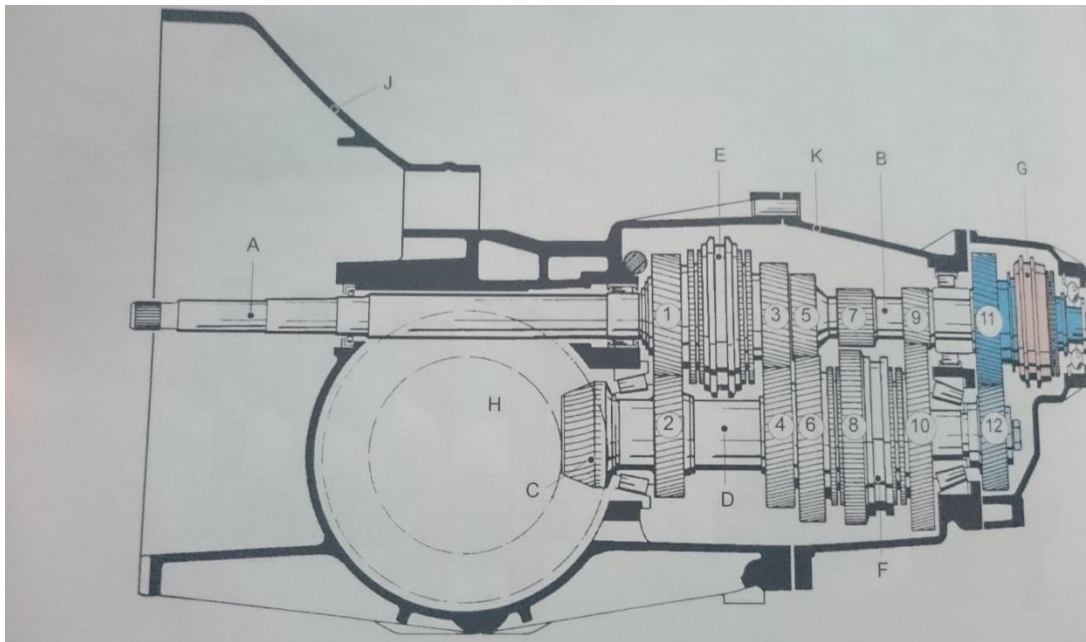


KUVA 2. Kytkentärenkas ja hammaspyörä kytkettyinä toisiinsa (4, s. 19)

Kaksoiskytkennässä ylöspäin vaihdettaessa vaihde saatetaan vapaalle kytkin painettuna pohjaan. Vaihteen ollessa vapaalla kytkinpoljin vapautetaan, painetaan uudelleen pohjaan ja valitaan suurempi vaihde. Alaspäin vaihdettaessa käytetään lisäksi välikaasua vapaa-asennossa, jotta vaihteiston pyörimisnopeus saadaan nostettua vastaamaan moottorin noussutta kierroslukua. Nykyaikana pyörimisnopeuksien tasaamisen hoitavat synkronointikartiot, jotka liukuessaan kontaktiin hammaspyörän kanssa saattavat samalla sen pyörimisnopeuden vastaamaan akselin pyörimisnopeutta. Synkronointikartioissa on lukuisia pieniä hampaita, jotka hoitavat vaihteen lopullisen kytkemisen. Nämä toimivat vastaavasti, kuin synkronoimattoman vaihteiston kytkentärenkaiden kytkentäpalat. Vaativammissa käyttötarkoituksissa voi olla käytössä myös tuplakartiosynkronointi. (3, s. 658–659.)

Kuvassa 3 on nähtävissä etuvetoisen synkronoidun manuaalivaihteiston periaatekuva, jossa ovat nähtävissä vaihteiston pääkomponentit. Kytkinakseli on merkitty kirjaimella A ja sen käyttämät

ryhmäpyörästö kirjaimella B. Tällaisessa etuvetoisen ajoneuvon vaihteisto vaihteiston ulostuloakseli kytkeytyy suoraan vetopyörästöön, ulostuloakselin päässä oleva pienempi vetopyörä on merkitty kirjaimella C ja sen käyttämä isompi vetopyörä kirjaimella H. Kuvassa 3 ylempi akseli on kytkinakselin ja pääakselin muodostama kokonaisuus ja alempi akseli vastaavasti ulostuloakselin ja sivuakselin kokonaisuus. Komponentit E, F ja G ovat vaihteenvalinnasta vastaavia synkronointilaitteita.



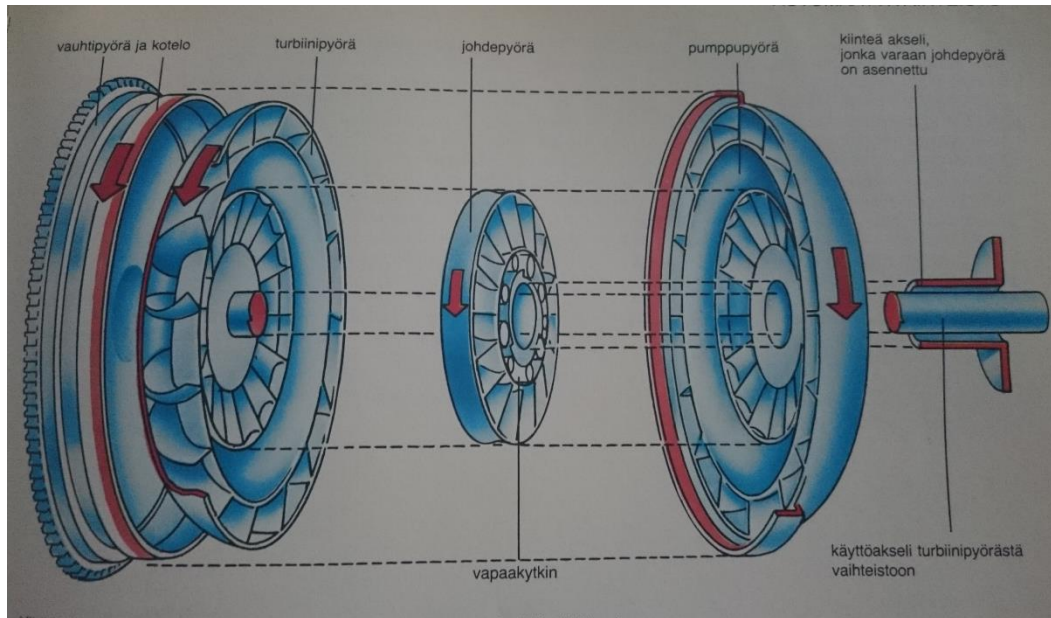
KUVA 3. Manuaalivaihteiston periaatekuva (2, s. 100)

3.2 Automaattivaihteisto

Tässä luvussa keskitytään perinteiseen täysautomaattivaihteistoon. Vaihtamisautomaatteja ja robottivaihteistoja ei käydä tässä läpi, koska ne kuuluvat yleisemmin raskaan kaluston ajoneuvoihin. Kaksoiskytkinvaihteisto tullaan käsittelemään myöhemmin omassa luvussaan.

Perinteisessä täysautomaatti vaihteistossa välityssuhde saadaan tuotettua vaihtelevalla määrällä planeettapyörästöjä, joita hallitaan monilevyisillä lamellikytkimillä tai -jarruilla. Ohjaus tapahtuu paineistetun öljyn avulla, eli hydraulisesti. Moottorin ja vaihteiston välisestä yhteydestä huolehtii kytkimen sijaan momentinmuunnin, jonka avulla moottorilta vaihteistolle välittyvää voimaa voidaan säädellä ja voimansiirto saadaan myös katkaistua kokonaan. Monissa vaihteistoissa on momentinmuuntimessa myös lukitusmekanismi, jolloin tasaisessa ajossa saadaan vaihteistolle

parempi hyötysuhde, kun momentinmuunnin saadaan lukittua ja moottorin ja vaihteiston välille kiinteä yhteys. Momentinmuunnin huolehtii myös värinänvaimennuksesta. Kuvassa 4 on nähtävissä automaattivaihteiston momentinmuuntimen, eli turbiinikytkimen rakenne. (3, s. 662.)



KUVA 4. Automaattivaihteiston momentinmuunnin komponentteineen (5, s. 111)

Automaattivaihteistossa keskeisessä asemassa on vaihteistohjausjärjestelmä, joka vastaa vaihdevalinnasta. Automaattivaihteistossa vaihteen vaihtaminen tapahtuu manuaalivaihteistosta poiketen vedon katkeamatta. Hydraulisen, tai sähköhydraulisen, vaihteistohjauksen tarkoituksena on hoitaa kuormitettuna suoritettava vaihtenvaihto mahdollisimman sujuvasti ja ajotilannetta vastaavasti ja ilman, että ajomukavuus kärsii. Kuljettaja voi vaikuttaa jossain määrin tähän tapahtumaan, sillä useimmissa automaattivaihteisissa ajoneuvoissa on valittavissa useampi kuin yksi vaihtamisohjelma. (3, s. 662.)

Eri vaihteistovalmistajien vaihteistovalikoimaa selatessa käy ilmi, että nykyiset automaattivaihteistot tarjoavat varsin laajan valikoiman välityssuhteita. Siinä missä manuaalivaihteistot ovat yleisimmin viisi- tai kuusivaihteisia ovat nykyiset automaattivaihteistot jopa yhdeksänvaihteisia.

3.3 Kaksoiskytkinvaihteisto

Kaksoiskytkinvaihteisto on periaatteessa puoliautomaattinen vaihteisto, jossa vedon kytkemisen hoitaa perinteisen kytkimen asemesta automatisoitu kaksoiskytkin. Kaksoiskytkimellä tarkoitetaan kytkinpakettia, jossa on kaksi kytkinlevyä, joista toinen vuorollaan välittää voiman moottorilta vaihteistolle. Käytännössä toinen kytkinlevyistä hoitaa parilliset vaihteet ja toinen parittomat. Tällä rakenteella vaihteiden vaihtaminen saadaan erittäin nopeaksi, sillä vaihteisto esivalitsee seuraavan vaihteen ja sen jälkeen vaihtaa kytkimeltä toiselle, jonka jälkeen alkaa valita jo seuraavaa vaihdetta odottamaan vaihtotilannetta. Vaihteiston ohjaus arvioi sopivan vaihteen arvioimalla ajotilannetta kuljettajan toiminnan perusteella, jonka vuoksi yllättävissä tilanteissa vaihtamiseen voi muodostua tavallista pidempi viive, kun vaihteistonohjaus joutuu arvioimaan momentintarpeen uudelleen ja suorittamaan uuden vaihdevalinnan. (2, s. 136.)

Kaksoiskytkinvaihteistossa on kaksi kytkinlevyä, jotka kumpikin kytkeytyvät omalle kytkinakselilleen. Nämä kytkinakselit kulkevat vaihteistoon sisäkkäin, muodostavat vaihteistossa peräkkäiset akselit ja käyttävät yhdessä kahta pääakselia. Vaihteistoa voisi kuvailla kahdeksi yhdessä toimivaksi vaihteistoksi, jotka on integroitu samaan pakettiin. Kahden kuivan kytkinlevyn sijaan joissain kaksoiskytkinvaihteistoissa käytetään märkiä monilevykytkimiä, mutta uudemmat kaksoiskytkinvaihteistot ovat yleensä kuivilla kytkimillä varustettuja. Kytkimien käyttö ja vaihteiden valinta tapahtuu sähköisesti ohjatulla hydraulikalla. Vaihteistoon on kytkettynä tätä varten oma ohjausyksikkönsä, joka kommunikoi ajoneuvon moottorinohjainlaitteen kanssa. (2, s. 137.)

Kaksoiskytkinvaihteiston etuja automaattivaihteistoon verrattuna ovat parempi hyötysuhde ja pienempi koko. Parempi hyötysuhde selittyy momentinmuuntimen puuttumisella, jolloin moottorin tuottama voima välittyy liikkeellelähdön jälkeen kokonaan eteenpäin. Manuaalivaihteistoon verrattuna etuina ovat useimmissa tilanteissa nopeammat vaihdot ja optimaalisen vaihdevalinnan johdosta pienempi kulutus. Kaksoiskytkinvaihteisto on kuitenkin rakenteeltaan varsin monimutkainen ja manuaalivaihteistoon verrattuna varsin painava. (2, s. 136.)

Kaksoiskytkinvaihteistoihin on liittynyt niiden markkinoille tulosta asti paljon luotettavuusongelmia. Kaksoiskytkinvaihteistot ovat olleet varsin vikaherkkiä ja esimerkiksi Volkswagen-konsernin valmistama DSG-kaksoiskytkinvaihteisto on aiheuttanut useita takaisinkutsuja. Näistä vioista ovat uutisoineet monet auto- ja tekniikan alan lehdet vuosien varrella. Vaihteistoissa on esiintynyt ongelmia jumiutumisia yhdelle vaihteelle tai vapaalle. Tämän opinnäytetyön aihe sai alkunsa rikkou-

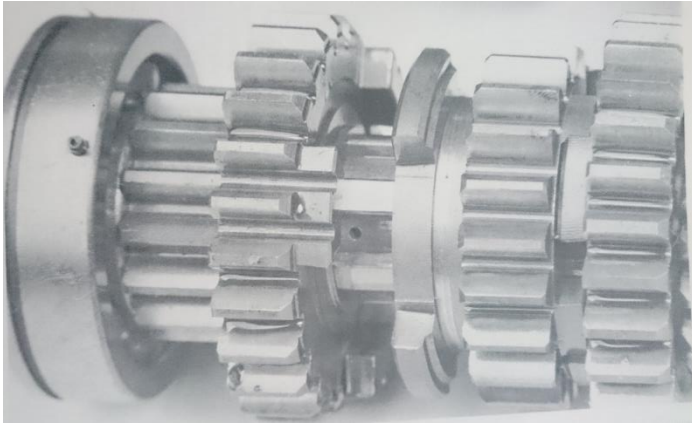
tuneesta kaksoiskytkinvaihteistosta, jonka vikatyypin vaikuttaisi olevan ilmeisen yleinen. Syy herkkälle vikaantumiselle lienee kaksoiskytkinvaihteiston varsin monimutkainen rakenne ja herkkä vaihteistonohjaus, joka on altis niin mekaanisille kuin sähköisillekin vioille.

3.4 Suorakytkentävaihteisto

Suorakytkentävaihteistolla tarkoitetaan käsivalintaista vaihteistoa, jossa vaihdetta vaihdettaessa ei tarvitse käyttää kytkintä. Kytkintä tarvitaan siis ainoastaan liikkeelle lähdetessä, pysähdyttäessä ja joissain erikoistilanteissa. Suorakytkentävaihteisto nimitystä käytetään myös kaksoiskytkin vaihteistoista, mutta tässä yhteydessä sillä ei sitä tarkoiteta. Tavallisesta synkronoidusta manuaalivaihteistosta poiketen suorakytkentävaihteistossa ei ole synkronointirenkaita, vaan vaihteet kytketään päälle synkronoimattoman vaihteiston tavoin, mutta käyttämättä kytkintä.

Kytkemishetkellä vaihteisto tulisi saada mahdollisimman neutraaliin tilaan, eli vetoa ei saisi olla kumpaankaan suuntaan. Vääränlaiset vaihtotapahtumat voivat aiheuttaa vakavia vaurioita kytkentärenkaisiin ja hammaspyöriin. Synkronoinnin puuttuessa vaihteiston pyörivien osien pyörintänopeudet tulisi saattaa mahdollisimman lähelle toisiaan. Pyörintänopeuksien synkronointi voidaan tehdä kuljettajan toimesta tai moottorinohjaimen avulla. Kuljettaja voi kaasunkäytöllään edesauttaa vaihtotapahtuman sujuvuuteen. Moottorinohjaimen ja vaihdevivuston anturoinnin avulla voidaan ajoneuvon moottorin sytytystä katkoa vaihtohetkellä, jolloin myös moottorin tuottama veto katkeaa.

Suorakytkentävaihteisto on hyvin suosittu kilpailukäytössä. Vaihteisto mahdollistaa nopeammat vaihdot, kuin tavallinen käsivalintainen vaihteisto ja automatisoidut vaihteistot ovat yleensä säännöillä kiellettyjä kilpailukäytössä. Suorakytkentävaihteistoissa käytetään usein suorahampaisia hammaspyöriä, joilla on pienemmät häviöt kuin vinohampaisilla hammaspyörillä, jotka ovat hyvin yleisesti käytössä henkilöajoneuvojen vaihteistoissa. Suorahampaiset hammaspyörät ovat kuitenkin käynniltään karkeita ja epätasaisia, jonka vuoksi ne ovat hyvin äänekkäitä. Suorahampaiset hammaspyörät kestävät enemmän voimaa, kuin vinohampaiset hammaspyörät, mikä on tärkeä asia kilpakäytössä. Kuvassa 5 on hammaspyöriä ja kytkentärenkaita Suzuki-merkkisen moottoripyörän vaihteistosta, vastaavanlaisia konstruktioita käytetään autojen suorakytkentävaihteistoissa.



KUVA 5. Suorahampaiset hammaspyörät ja kytkentärenkaat (5, s. 74)

3.5 Suorasekventiaalivaihteisto

Suorasekventiaalivaihteisto on eräänlainen muunnos suorakytkentävaihteistosta. Suorakytkentävaihteistoon on mahdollista lisätä sekventiaaliominaisuus ja silloin siitä aletaan käyttää nimitystä suorasekventiaalivaihteisto. Suorasekventiaalivaihteistossa vaihteiden vaihtaminen tapahtuu nimensä mukaisesti sekvenssinä. Vaihteet vaihdetaan järjestyksessä ja vaihdekepin liikerata on vain eteen- tai taaksepäin. Tavalliseen H-kaavioiseen vaihteistoon verrattuna sekventiaalivaihteistolla saavutetaan nopeammat vaihdot vaihdekepin yksinkertaisen liikeradan vuoksi, mutta sekventiaalivaihteistolla vaihteiden yli loikkaaminen ei ole samalla tavalla mahdollista kuin H-kaavioisella vaihteistolla. Tämän vuoksi sekventiaalivaihteistoja käytetäänkin enimmäkseen kilpikäytössä ja moottoripyörissä, joilla tilan ja ajettavuuden asettamien rajoitteiden vuoksi H-kaavioisen vaihteiston käyttäminen olisi erittäin epäkäytännöllistä.

Sekventiaalivaihteistossa vaihdevivun liike välitetään akselille, joka kiertyy tietyn astemäärän vaihdevivun liikettä kohden. Tämä kiertyminen käyttää vaihteensiirtimiä, jotka liikkuvat akselissa olevien urien mukaisesti. Vaihteensiirtimiä voidaan käyttää suoraan akselilta tai akselilta lähtevien vipujen avulla, riippuen vaihteiston rakenteesta. (7.)

Kuvassa 6 näkyvät akselin urat ja niiden kiemurainen rakenne. Urissa olevien mutkien tarkoituksena on akselin kiertyessä liikuttaa vaihteensiirtimiä ja näin toteuttaa vaihteenvaihto. Akselin käyttö tapahtuu kuvassa 6 esitetyllä pienellä hammaspyörällä, joka kytkeytyy vaihdekeppiin. Kepin edestakainen liike välitetään siis hammaspyörälle, joka muuttaa sen akselia pyörittäväksi liik-

keeksi. Hammaspyörän alaosassa olevat karkeammat hampaat ovat yhtä vaihtenvaihtoa vastaavalla liike-etäisyydellä ja näin akseli saadaan pyörähtämään oikean astemäärän verran. (7.)



KUVA 6. Sekventiaalivaihteiston sekventiaaliakseli (7)

4 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

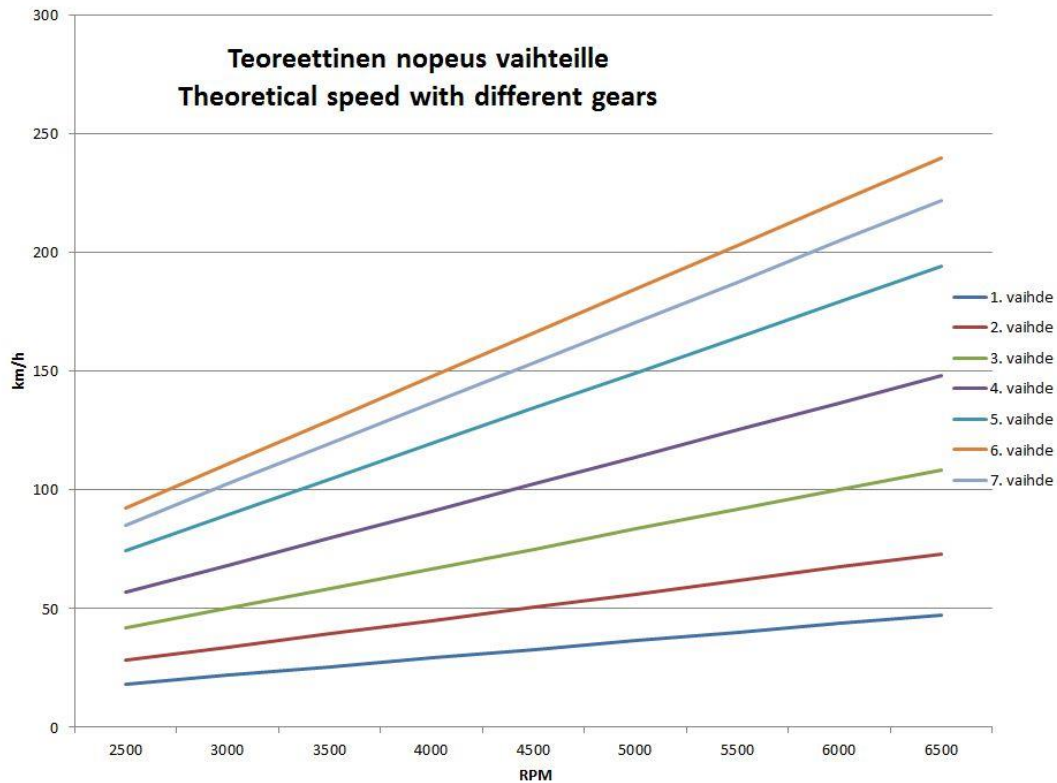
Kaksoiskytkinvaihteiston rikkoutumisen vuoksi päätettiin projektin Audi A1:een hankkia täysin toisen tyyppinen vaihteisto. Päätöksen taustalla painoivat myös kaksoiskytkinvaihteiston tunnetut ongelmat, jotka liittyvät sen elinkaareen ja huonoon luotettavuuteen. Tästä saatiin hyvät suunta-aviivat työn aloittamiselle: vanha vaihteisto tulee purkaa pois ja kriteereitä uudelle vaihteistolle tulee alkaa hahmottelemaan. Vanhan vaihteiston purkaminen autosta haluttiin tehdä mahdollisimman varhain jo siksi, että voitiin varmistua siitä, ettei vaihteiston hajoamisen seurauksena ole syntynyt mitään lisävahinkoa.

4.1 Korvaavan vaihteiston määrittely

Tilalle tulevan vaihteiston kriteerit hahmottuivat lopulta melko yksinkertaisiksi. Autoon haluttiin autourheilusta ja erityisesti WRC-autoista tuttu suorakytkentävaihteisto. Vetotapaa ei haluttu alkaa muuttamaan, vaikka tiedettiin suorakytkentävaihteistojen olevan vaikeasti saatavia etuvetoisille autoille. Vetotavan muutos nelivetoiseksi tai takavetoiseksi olisi lisännyt kustannuksia huomattavasti. Kilpakäyttöön soveltuva vaihteisto tarjoaisi myös mahdollisuudet välityssuhteiden muuttamiselle. Nopeasti muutettavissa olevat välityssuhteet tarjoaisivat hyviä mahdollisuuksia testaustoiminnassa, koska hallittavissa olevien muuttujien määrää saataisiin kasvatettua.

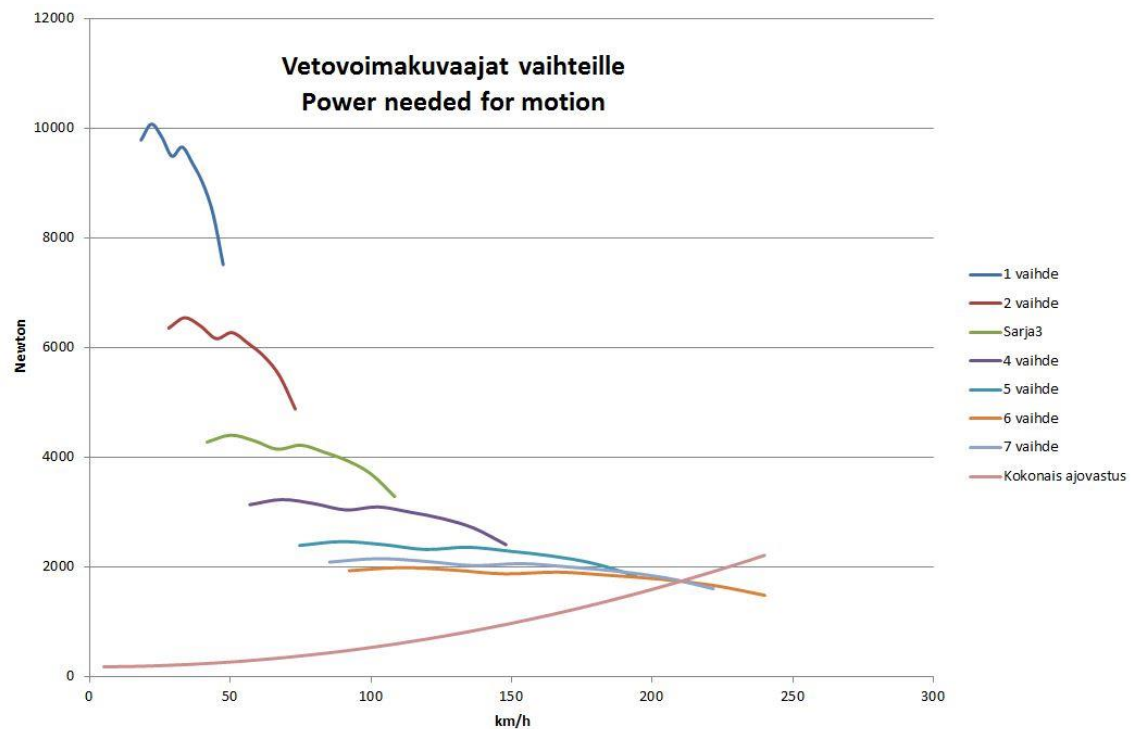
Välityssuhteita valittaessa suurena apuna olisi ollut ajotilatutkimus, jonka avulla voidaan nähdä auton teoreettinen suorituskyky. Näin voidaan päästä lähelle haluttua lopputulosta ilman varsinaista käytännön testausta. Projektiautolle tehtiin ajotilatutkimus heti pääprojektin alussa, jotta mahdollisia muutoksia voitaisiin verrata lähtötasoon.

Kuvasta 7 voidaan nähdä ajoneuvon teoreettiset nopeudet eri vaihteilla. Ratakäyttöön suunnitellussa projektiautossa tarvittava huippunopeus olisi enimmillään noin 200 km/h, jolloin kiihtyvyyttä olisi voitu saada huomattavasti lisää, kun kuvan mukaan nykyinen teoreettinen huippunopeus on n. 240 km/h. Ajotilatutkimus huomioi kaikki ajovastukset.



KUVA 7. Eri vaihteiden teoreettiset nopeudet projektiautossa

Kuvassa 8 näkyy ajoneuvon teoreettinen vetovoima eri vaihteilla. Tämän avulla voidaan arvioida sopivaa vaihtokohtaa ja välityksiä muuttamalla saada vaihtotapahtuma optimaaliseksi, jotta moottorin kierrosluku pysyy parhaimmalla mahdollisella alueella. Kuvasta 7 ja kuvasta 8 käy ilmi, että ajoneuvon suurin vaihde on selvästi mitoitettu erittäin pitkäksi, jotta ajoneuvon kulutus saataisiin mahdollisimman hyväksi. Ajoneuvolla on siis teorian mukaan mahdollista saavuttaa suurin huippunopeus 6. vaihteella. Tämän vuoksi ratakäytössä pienempikin vaihdemäärä olisi varmasti riittävä, koska erittäin pitkää 7. vaihdetta ei alennetun huippunopeuden myötä tarvittaisi lainkaan.



KUVA 8. Projekti auton vetovoimakuvajaat eri vaihteille

Aiemmin tehdyn ajotilatutkimuksen ja projektiryhmän kesken tehtyjen linjausten perusteella suunnitellut vaihteiston kriteereille olivat tärkeimmiltä osiltaan selvät. Vanhaa vaihteistoa voitaisiin alkaa purkamaan pois ajoneuvosta. Vaihteiston purkaminen päätettiin hoitaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta siitä voitaisiin tarvittaessa ottaa mittoja uutta vaihteistoa varten.

4.2 Purkaminen

Vaihteiston purkamista varten varattiin autolaboratoriosta nosturipaikka kokonaiseksi päiväksi, jotta vaihteisto varmasti ehdittäisiin purkaa pois. Ennen purkamista projektiryhmä oli hankkinut Audi Centeriltä työohjeet, joissa purkutyö oli esitettyä vaiheittain ja kuvien kanssa. Yleismallinen moottorikannatin saatiin lainaksi Oulun seudun ammattiopiston Haukiputaan yksiköltä. Valmistajan työohjeen mukainen moottorikannatin poikkesi melko laajalti projektissa käytössä olleesta kannattimesta, mutta kustannussyistä päädyttiin käyttämään yleismallista kannatinta. Valmistajan ohjeen mukaisessa kannattimessa olisi ollut mahdollista säätää kannattimen korkeutta tarkasti ja se olisi sallinut myös moottorin tarkan sivusuuntaisen liikuttelun, mikä olisi luultavasti parantanut työstä toteutettavuutta.

Purkaminen aloitettiin heti aamulla ja alkuvaiheessa työ eteni jouhevasti ilman ongelmia. Parin tunnin työskentelyn jälkeen vaihteisto oli saatu irti moottorista ja vetoakseleista ja vaikutti siltä, että vaihteisto saataisiin purettua hyvissä ajoin ilman kiirettä. Pian huomattiin, että ajoneuvon konetilassa oli hyvin vähän tilaa, mikä tarkoitti sitä, että moottoria ja vaihteistoa vaikutti olevan mahdotonta saada liikutettua tarpeeksi kauas toisistaan, jotta vaihteisto saataisiin pois konetilasta. Koko ajan vaikutti siltä, että vaihteisto saataisiin hyvin pienellä liikkeellä pois, mutta tila jäi aina millimetreistä kiinni. Tässä vaiheessa viimeistään valmistajan moottorikannakkeen edut olivat ilmeisiä, koska se olisi mahdollistanut moottorin asemoinnin millimetritarkkuudella.

Hyvästä suunnittelusta ja etukäteen työhön perehtymisestä huolimatta, vaihteiston irrotus eteni käytännössä yrityksen ja erehdyksen kautta. Pitkällisen erilaisten kulmien ja korkeuksien kokeilujen jälkeen löydettiin moottorille ja vaihteistolle sopivat asemat, jotka sallivat riittävän liikkumavaran. Enää tarvitsi saada laskettua vaihteisto konetilasta alas, kuten valmistajan ohjekin neuvoi. Ohjeesta poiketen vaihteisto ei mahtunut laskeutumaan pois konetilasta, vaan jäi vastaamaan apurunkoon. Apurungon kiinnityksiä päädyttiin avaamaan ja löysäämään, jotta tarvittava hyvin pieni lisätila saataisiin syntymään. Lisätilaa onnistuttiin luomaan jonkin verran ja voimaa käyttäen vaihteisto saatiin pois konetilasta. Sen jälkeen, kun ensimmäisen kerran oli vaikuttanut siltä, että vaihteisto saataisiin pian pois, oli kulunut aikaa useita tunteja. Purkutyön perusteella voidaan opetuksena nähdä, että modernien autojen tehokkaasti hyödynnetyn tilan vuoksi erikoistyökalujen merkitystä ei tule aliarvioida. Tämän työn suorittamisessa valmistajan erikoistyökaluilla, tässä tapauksessa moottorikannattimella, olisi voitu säästää useita tunteja työtä. Työmäärään vaikutti varmasti myös se, ettei kyseinen ajoneuvo ollut kenellekään entuudestaan tuttu, joten työsuorituksen oppiminen tapahtui työn ohessa.

Vaihteiston irti saamisen jälkeen huomattiin, että kytkinasetelman lähistöllä oli kohtalaisen paljon hienoa metallisilppua ja epämääräistä pölyä, jotka luultavasti olivat peräisin vaihteiston rikkoutumisesta. Asiaa ei kuitenkaan alettu tutkimaan sen tarkemmin, koska päivä alkoi olla jo pitkällä ja vahinkojen laajuuden ja syiden tutkiminen ei kuulunut projektiin.

4.3 Tarjouspyyntöjen lähettäminen

Seuraavaksi alettiin kartoittaa eri vaihtoehtoja suorakytkentävaihteistojen valmistajista, missä auttoi paljon se, että monella projektin jäsenellä oli jonkinlaista kokemusta kilpa-autoilusta. Tä-

män kaltaisessa opiskelijaprojektissa, jolla ei sponsorirahoituksen lisäksi ole mitään kiinteää tulonlähdettä, merkittävimmäksi valintakriteeriksi nousi vaihteiston hinta. Valmistajien selvittämisen jälkeen oli aika jälleenmyyjien selvittämiseksi ja tarjouspyyntöjen lähettämiseksi.

Tarjouspyyntöjä lähetettiin useisiin yrityksiin, joista monet vastasivat olevansa kykenemättömiä toimittamaan vaihteistoa projektiajoneuvoon tai hinta olisi noussut niin korkeaksi, ettei tarjousta voinut pitää edes vaihtoehtona. Eräs tunnettu toimija kuitenkin teki tarjouksen, joka oli paitsi edullisin kaikista, myös projektin budjettiin sopiva. Kaikkien oheislaitteiden kanssakin vaihteiston kustannukset pysyivät sellaisissa rajoissa, että sen voisi saada hankittua jo olemassa olevilla varoilla, sekä koulun tuella. Enää tarvittiin koululta suostumus vaihteiston tilaukseen ja lupaus rahallisesta tuesta.

Tarkoituksena oli päästä tilaamaan vaihteisto heti vuodenvaihteen jälkeen, kun mahdollinen rahallinen tuki koululta saataisiin. Loppuvuosi meni suostumusta odotellessa ja vaihteiston asennusta suunnitellessa ja aikatauluttaessa. Alkuvuodesta tuli kuitenkin päätös, että suorakytkentävaihteiston hankintaan ei olisi varaa, joten tilalle pitäisi löytää halvempi vaihtoehto. Tästä seurasi, että kaikki suunnitelmat menivät uusiksi ja kiire kasvoi entisestään, sillä kaikki oli suunniteltu suorakytkentävaihteistoa varten. Sen verran rahoituksen saamatta jäämiseen oli kuitenkin varauduttu, että varavaihtoehdoksi oli sovittu jo ennalta perinteinen manuaalivaihteisto, jonka pohjalta projektia lähdettiin nyt viemään eteenpäin.

4.4 Automaatista manuaaliksi

Rahoituksen puuttumisen myötä uusi vaihteisto tuli saada mahdollisimman edullisesti. Luontevinta oli alkaa etsimään autopurkamoilta vaihteistoja, jotka sopivat projektiajoneuvoon ilman suuria muutostöitä auton tai vaihteiston kiinnityksen rakenteisiin. Yhteistyössä Pörhön autoliikkeen Audi Centerin kanssa selvitettiin kyseiseen automalliin sopivia manuaalivaihteistoja ja saimme selvitettyä vaihteistot, jotka sopivat suoraan ajoneuvon moottoriin. Tässä työtä edesauttoi suuresti ajoneuvon merkki, joka on osa Volkswagen-konsernia, jolloin samoja moottorimalleja ja vaihteistoja käytetään monissa saman konsernin automalleissa.

Lyhyen etsinnän jälkeen eräältä autopurkamolta löytyi sopiva 5-vaihteinen manuaalivaihteisto, mutta ennen vaihteiston hankintaa selvitettiin vielä tarvittavat osat sekä niiden saatavuus ja hinta.

Tarvittavia osia kartoitettaessa kävi ilmi, että asennusta ja ajokuntoon saattamista varten tarvittaisiin vaihteiston lisäksi vielä kytkinlevy, vauhtipyörä, kytkimen painasetelma, vetoakselit, vaihdekeppi vivustoineen ja kytkinpoljin sylintereineen. Näiden osien saatavuuden selvittämisessä käännyttiin jälleen Audi Centerin puoleen. Audi Centerillä osia pystyttiin etsimään samalla korimallilla, mutta eri varustetasolla oleviin ajoneuvoihin, jolloin pystyttiin löytämään sopivat osat ajoneuvon muutostyötä varten.

Vetoakselit löytyivät vastaavasta diesel-moottorilla ja manuaalivaihteistolla varustetusta ajoneuvosta, kytkinpoljin tarvikkeineen vastaavasta manuaalivaihteisesta ajoneuvosta, vaihdekeppi samalta purkamolta, kuin vaihteistokin ja vauhtipyörä ja painasetelma vastaavasta, mutta 1 200 cm³:n bensiinimoottorilla varustetusta ajoneuvosta. 1 200 cm³:n moottorilla varustetun ajoneuvon kytkinlevyä ei haluttu käyttää, koska moottorin tuottamat teho ja vääntö ovat huomattavasti pienemmät, kuin projektiajoneuvossa olleen 1 400 cm³:n bensiinimoottorin. Ilman kytkimen kestävyiden tarkastusta pidettiin selvänä, että pienemmän moottorin kytkinlevy ei tulisi kestävään projektiajoneuvossa ja siksi päädyttiin etsimään kestävämpää ratkaisua kytkimelle.

Kytkimen valintaa rajoitti eniten moottorin ja vaihteiston rakenteet, jotka eivät sallineet vauhtipyörän ja kytkinlevyn halkaisijan kasvattamista. Tämän seurauksena päädyttiin käyttämään 1 200 cm³ moottorin vauhtipyörää ja painasetelmaa, mutta kytkinlevy pyrittiin saamaan pitävämästä materiaalista valmistettuna. Kytkinlevyn materiaaliksi valittiin kilpakäytössä suosittu sintrattu metalli, jonka pito-ominaisuudet ovat paremmat kuin perinteisessä orgaanisesta materiaalista valmistetussa kytkinlevyssä. Kytkinlevyn rakenne valittiin kolmelapaiseksi, jolloin pintapainetta kytkinlevyn ja sen kosketuspintojen välillä saatiin kasvatettua verrattuna täysikehäiseen kytkinlevyyn. Kuvassa 9 on esitetty projektiajoneuvoon asennetut kytkimen komponentit. Pinon päällimmäisenä on saman ajoneuvon manuaalivaihteisen version alkuperäinen painasetelma, keskimmäisenä kytkinlevy ja alimmaisena vauhtipyörä, joka myös on vastaavan manuaalivaihteisen ajoneuvon alkuperäisosa.



KUVA 9. Projekti auton vauhtipyörä, painasetelma ja sintterimetallipaloilla varustettu kolmelapainen kytkinlevy

Kuvassa 10 on perinteinen ja hyvin yleismallinen kytkinlevy, joka on jousitettu, kun taas projektiin valittu levy on jousittamaton. Projektiin valittu vauhtipyörä on myös jousittamaton, eikä niin kutsuttu kaksoismassa-vauhtipyörä. Jousittamattomuuden myötä moottorin käynnin epätasaisuudet kantautuvat voimansiirtoon ja siten vähentävät ajomukavuutta ja myös lisäävät voimansiirron komponenttien kulumista, mutta tämän ajoneuvon käyttötarkoituksessa ja ajomäärät huomioiden se ei ole merkittävä asia.



KUVA 10. Perinteinen, orgaanisesta materiaalista valmistettu, täysikehäinen kytkinlevy (1)

4.5 Asennus

Kaikkien tarvittavien komponenttien hankinnan jälkeen voitiin uutta vaihteistoa alkaa asentamaan ajoneuvoon. Työtä varten varattiin autolaboratoriosta nosturipaikka koko päiväksi. Työ aloitettiin uuden vauhtipyörän asentamisella moottoriin, mitä seurasi kytkinasetelman asentaminen vauhtipyörään. Kytkinlevyn keskittämiseen ei hankittu tai valmistettu itse mitään työkalua, vaan todettiin, että sen voi toteuttaa silmämääräisellä keskittämisellä.

Vauhtipyörän ja kytkinasetelman paikoilleen asentamisen jälkeen ryhdyttiin asentamaan uutta vaihteistoa. Alkuperäisestä vaihteistosta poiketen uusi vaihteisto oli merkittävän paljon pienempi, joten apurunkoa ei tarvinnut löysätä, kuten purkuvaiheessa. Uusi vaihteisto saatiin nostettua kone tilaan helposti ja kytkinlevyn keskittäminen oli mennyt kerralla oikein, jolloin vaihteisto saatiin paikoilleen erittäin nopeasti. Tämän jälkeen moottorin ja vaihteiston kiinnikkeet asennettiin paikoilleen ja moottoria käsivoimin pyörittelemällä ja vaihdevivustoa käyttämällä todettiin vielä, että kaikki toimii oletetulla tavalla. Kytkinpoljinta, vaihdekeppiä ja vetoakseleita ei tällä kertaa asennettu, vaan niiden asentaminen jätettiin myöhemmäksi. Nämä komponentit asennettiin paikoilleen yksittäisten projektin jäsenten toimesta, koska niiden asentaminen ei ollut työmäärältään koko ryhmän panosta vaativaa.

4.6 Ajokuntoon saattaminen

Kaikki komponentit olivat nyt paikoillaan ja auto oli moottorin käynnistämistä lukuun ottamatta ajokuntoinen. Käynnistämistä yritettäessä havaittiin, että ajoneuvon ajonestojärjestelmä oli aktiivisena. Asiaa tutkittiin ja havaittiin, että ajonestojärjestelmä koostuu kolmesta pääkomponentista: moottorinohjaimesta, mittaristosta ja vaihteistosta. Ilman alkuperäistä vaihteistoa ajonestojärjestelmä pysyisi siis aktiivisena. Auton edellistä vaihteistoa tutkiessa huomattiin, että sen sähköjärjestelmä oli kiinni vaihteiston kuorissa omana moduulinaan ja sen voisi saada siitä helposti pois. Moduuli irrotettiin ja kytkettiin kiinni omaan pistokkeeseensa auton konehuoneeseen. Heti virran kytkemisen jälkeen huomattiin, että ajoneste ei ollut enää aktiivisena ja auton käynnistäminen voisi olla mahdollista.

Muutaman starttauksen jälkeen auto saatiin käyntiin, mutta sitten havaittiin uusia ongelmia. Koska auto oli ennen varustettu kaksoiskytkinvaihteistolla, jonka vaihteenvaihtin oli nyt poissa, auton

moottorinohjain oletti vaihteenvaihtimen olevan pysäköintiasennossa. Moottorin kierrosluku ei kyennyt saavuttamaan maksiarvoa, vaan oli ohjelmallisesti rajoitettu noin 4 000 rpm. Automaattivaihteisto oli ohjelmoitu pois moottorinohjaimen valinnoista jo aiemmin ajoneuvon sähköjärjestelmästä vastaavan projektin toimesta, mutta ilmeisesti se ei itsessään riitä. Tiukan aikataulun vuoksi asiaa ei voitu alkaa selvittämään tarkemmin, vaan päätettiin kokeilla auttaisiko kaksoiskytkinvaihteiston vaihdevalitsimen kytkeminen.

Kaksoiskytkinvaihteiston vaihteenvaihtin kytkettiin kiinni autoon ja toimintaa kokeiltiin uudestaan, tällä kertaa onnistuneesti. Vaihteenvaihtin manuaaliasennossa autoa pystyi ajamaan aivan kuin tavallista manuaalivaihteista autoa, ja vaikutti myös siltä, että moottorinohjain salli moottorille täyden tehon ja vääntömomentin. Tämän jälkeen voitiin todeta, että työ oli valmis vaihteistoprojektin osalta. Tulevien vuosikurssien oppilaille jäisi mielenkiintoinen työ saada ajoneuvo pois käytöstä ja saada ohjelmoitua automaattivaihteisto pois käytöstä, jotta sen vaihteenvaihtimesta voitaisiin luopua.

5 YHTEENVETO

Kaksoiskytkinvaihteiston korvaaminen manuaalivaihteistolla ja siihen liittyvät oheistyöt saatiin päätökseen varsin hyvin tuloksin. Kaikki työvaiheet saatiin suoritettua ilman suuria ongelmia. Eniten vaikeuksia käytännön osiossa tuotti ajan hallinta, koska sitä oli hyvin rajallisesti käytössä. Kaikki työt jouduttiin hoitamaan omien opintojen ohessa. Suurin osa vaihteistoprojektin jäsenistä oli nuoremmilta vuosikursseilta, joten heidän aikataulunsa oli erittäin kiireinen. Ajankäyttöä vaikeutti myös kohtalaisen pitkä jakso, kun odotettiin päätöstä hankittavan vaihteiston rahoituksesta, mutta sen tuomista ongelmista selvittiin hyvin valmistellulla varasuunnitelmalla.

Itse työn suorittaminen oli varsin mielenkiintoista, ja samalla pääsi perehtymään kohtalaisen uuteen tekniikkaan ajoneuvojen saralla. Projektiryhmästä kukaan ei ollut aiemmin ollut tekemisissä vastaavanlaisen työn kanssa, joten työ tarjosi varmasti muillekin hyvää kokemusta omaa ammatillista kehitystä ajatellen. Oli mielenkiintoista huomata, miten uusissa autoissa jokaisen komponentin koko ja muoto on suunniteltu tarkkaan, eikä ylimääräistä tilaa ei ole käytännössä ollenkaan. Tämä osoittautui purkamisvaiheessa välillä haastavaksi, vaikka käytössä oli mallikohtaiset ohjeet työn suorittamisesta.

Työ olisi voinut olla vielä mielenkiintoisempi, jos alkuperäisten suunnitelmien mukaan autoon olisi voitu hankkia suorakytkentävaihteisto. Silloin mukaan olisi tullut esimerkiksi välityssuhteiden valinta ja vaihteiston sovittamiseen liittyvä suunnittelu- ja asennustyö. Suorakytkentävaihteisto olisi pitänyt saada hyvissä ajoin, koska muuten sen sovittamiseen ja asentamiseen ei olisi ollut tarpeeksi aikaa. Joitain mittatilausosia olisi tarvittu ja niiden saaminen voi viedä aikaa.

Suorakytkentävaihteisto olisi voinut mahdollistaa myös suuremman kytkinkotelon, joka puolestaan olisi mahdollistanut suuremmalla halkaisijalla olevan kytkinlevyn käytön. Oman projektista pois jäämisen jälkeen on käynyt ilmi, että autoon hankittu sinterimetallinen kytkinlevy oli alkanut luistaa ja mennyt pilalle. Tätä mahdollisuutta pidettiin varsin todennäköisenä jo hankintavaiheessa, mutta aikataulu huomioden se oli käytännössä ainoa vaihtoehto. Autoon asennetun manuaalivaihteiston kytkinkotelo asetti rajoituksensa kytkinlevyn koolle, eikä suuremmalla halkaisijalla oleva kytkinlevy ei olisi mahtunut. Harkinnassa oli myös jäykempi paineasetelma, jolloin yhdessä kolmelapaisen sinterilevyn kanssa kytkimelle olisi saatu kasvatettua pintapainetta, mikä olisi voinut estää mahdollisen luistamisen. Kytkimelle ei tehty minkäänlaista mitoitusta, koska osien

saatavuus määrättyssä ajassa saneli hankinnan. Mitoitus olisi näin ollen ollut hyödytöntä, koska mitoitusta vastaavia komponentteja ei olisi kyetty hankkimaan.

Tavalliselle kuluttajallekin voi olla jotain hyötyä projektin tuloksista. Vaikka rikkoutuneen kaksoiskytkinvaihteiston korjaaminen voi tulla kuluttajalle erittäin kalliiksi, ei sen korvaaminen manuaalivaihteistolla ole välttämättä sen edullisempää. Manuaalivaihteiston saa hankittua erittäin edullisesti verrattuna kaksoiskytkinvaihteistoon, mutta autosta joutuu vaihtamaan muita komponentteja, jotka nostavat hintaa helposti kaksoiskytkinvaihteiston korjaamisen tasolle. Tässä työssä esimerkiksi vetoakselit ja kytkin jouduttiin vaihtamaan, jolloin hintaa vaihdolle alkoi kertyä tuntuvasti. Lisäksi sopivien komponenttien löytäminen voi olla tavalliselle kuluttajalle kohtalaisen haastavaa, jos ei ole täysin varma yhteensopivuudesta. Projektissa yhteensopivuuksien varmistamista helpotti tiivis yhteistyö Pörhön autoliikkeen Audi Centerin kanssa, mikä mahdollisti pääsyn merkkikohtaiseen korjaamotietokantaan.

LÄHTEET

1. VW Clutch Disc 027 141 032C. 2017. 1. Wuhu Hefeng Clutch Co., Ltd.Gasgoo.com. Saatavissa: <http://hefeng-clutch.en.gasgoo.com/auto-products/1062788.html>. Hakupäivä 11.3.2016.
2. Karhima, Matti 2011. Autotekniikka 6. Voimansiirto. Keuruu: Otava.
3. Bosch 2003. Autoteknillinen käsikirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus.
4. Mertanen, Jarkko 2009. Suorakytkentävaihteisto. Insinöörintyö. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: <https://theseus.fi/handle/10024/7983>
5. Toivonen, Rauno 1984. TEK: Tekniikan tietokeskus osa 1. Porvoo: WSOY.
6. Toivonen, Rauno 1984. TEK: Tekniikan tietokeskus osa 8. Porvoo: WSOY.
7. Marshall, Brain 2003. "How Sequential Gearboxes Work". HowStuffWorks.com. Saatavissa: <http://auto.howstuffworks.com/sequential-gearbox.htm>. Hakupäivä 21.3.2017.