

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

NAUTOS13

2017

Mats Tuominen

MOOTTORITESTAUSPENKIN SUUNNITTELU JA VALMISTUS



Mats Tuominen

MOOTTORIMITTAUSPENKIN SUUNNITELU JA VALMISTAMINEN

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin henkilöauton moottorin kunnan mittaamiseen ja vianhakuun tarkoitettu testipenkki. Moottori, jolle mittaukset suoritettiin, on Opel Commodoren kuusisylinterinen, 2500 cm³ bensiinimoottori, josta puristuspainemittarilla on tarkoitus saada mitattua puristusaine jokaisesta sylinteristä. Moottori tulee jäämään Turun ammattikorkeakoulun tiloihin ja sitä tullaan käyttämään opetuskäytössä. Kokonaisuus suunniteltiin niin, että se soveltuu opetuskäyttöön ja sitä voidaan käyttää turvallisesti. Moottori puretaan ja neljään sylinteriin tehdään vaurioita, jotta näistä neljästä sylinteristä saadaan puristusaineet laskemaan.

Testipenkkiin asennettiin 3 kW sähkömoottori, jolla moottoria pyöritetään. Voimansiirto sähkömoottorin ja auton moottorin välille toteutettiin ketjun välityksellä. Sähkömoottorin toimintaa ohjataan taajuusmuuntajalla, jolla sähkömoottorin käyttö saadaan optimoitua käyttökohteeseen sopivaksi. Taajuusmuuntajan avulla voidaan määrittää moottorin pyörimisnopeus, kiihtyvyys sekä maksimoida moottorin pysäyttämisenopeus hätätilanteessa.

Haastavinta tässä työssä oli suunnitella tapa ja laitteisto, jolla auton moottoria saataisiin pyöritettyä. Yleensä puristuspainemittaus tehdään käyttäen auton omaa starttimoottoria, joka pyörittää moottoria noin 250 1/min kierrosnopeudella, joten välityssuhde valittiin niin että moottorin tavoitepyörintänopeus on 250 1/min. Mittauksen kannalta on myös tärkeä saada moottori kiihdytettyä nopeasti tavoitenopeuteen, jotta öljynpaine ei ehdi nousta männänrenkaille tiivistäen sylinteriä ja näin parantaen puristuspainemittauksen tulosta.

Veto sähkömoottorin ja auton moottorin välille päädyttiin toteuttamaan ketjulla. Ketjun katsottiin olevan luotettavampi sekä pitkäikäisempi ratkaisu kuin moniurahihna. Ketjuvedon toteuttaminen oli myös yksinkertaisempaa, koska ketjulle ei tarvinnut tehdä erillistä kiristintä, ja rattaat ostettiin valmiina. Auton moottorin puoleiselle ketjurattaalle jouduttiin teettämään sovite, jolla voima välitetään kampiakselille. Sähkömoottorin päähän ketjurattaan kiinnitys tehtiin itse.

ASIASANAT:

Moottori, sähkömoottori, puristuspainemittaus, taajuusmuuttaja, välityssuhde, ketjuveto.

BACHELOR´S / MASTER´S THESIS THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

June 2017| Total number of pages 28

Mats Tuominen

PLANNING AND MAKING AN ENGINE MOUNT

The purpose of this thesis was to design and build an engine mount, in which the future students will conduct compression pressure measurements. The engine on the mount is a 3-liter 6-cylinder Opel Commodore petrol engine. The engine mount and engine will remain in the laboratory of Turku University of Applied Sciences. and it will be used for educational purposes. The engine was disambled and added with some defects. The piston rings in two cylinders and the valves in the other two cylinders were damaged for the purpose of variety when measuring the compression pressure in each cylinder.

The engine mount was planned and installed with a 3 kW electric engine which is used to rotate the car engine. The powertrain between the electric engine and the car engine was realized by a chain from a moped. The electric engine needs a control system, and therefore a frequency converter was installed. This made it possible to optimize the function of the whole system. With the frequency transformer the rational speed and acceleration can be specified and the engine can be stopped as fast as possible if needed.

Usually the cylinder compression measurement is completed when the engine is in the car. In these cases the starter motor is used to rotate the engine. A normal start motor rotates the car engine at about 250 1/min, which is enough to conduct the cylinder compression measurement. When planning the gear ratio between the car engine and electric motor 250 1/min was set as a goal. To obtain good results out of the cylinder compression measurement, it is important to accelerate the engine rapidly to the required speed so the oil pressure will not rise and reach the piston rings and seal the gap between the piston ring and cylinder. A gauge is fitted in the whole of the spark plug, and then the engine is rotated. The gauge shows compression in the cylinder. This is completed for each cylinder at a time.

The power train between the car engine and electric motor was made by a chain because the chain is more reliable and needs no maintenance except oil from time to time. Compared to a belt, the chain was also easier to design and make. The chain needs no tightener as a belt needs the tightener or it may slip. If comparing the lifetime between a chain and a belt, the lifetime of the chain is longer.

KEYWORDS:

Engine, electric motor, compression measurement, frequency converter, gear- ratio.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 PURISTUSSUHDE JA PURISTUSPAINE	9
2.1 Yleistä	9
2.2 Puristuspainemittaus	10
2.3 Ohivuotomittaus	10
2.4 Esimerkkejä mittauksissa käytettävistä laitteista.	11
3 TESTIPENKIN KOMPONENTIT	14
3.1 Mitattava moottori	14
3.2 Sähkömoottori ja ketjuveto	18
3.3 Taajuusmuuttaja	21
4 KÄYTTÖOHJE	25
5 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28

KUVAT

Kuva 1. Moottoriteline vahvistettuna	8
Kuva 2. Puristuspainemittari	12
Kuva 3. Ohivuotomittari	13
Kuva 4. Sylinterikansi irrotettuna	15
Kuva 5. Venttiilin tiivistyspinta vaurioitettuna	16
Kuva 6. Männänrenkas katkaistuna	17
Kuva 7. Käytettävän ketjupyörän kiinnitys	19
Kuva 8. Turvallisuussyistä ketjuveto on suojattu	20
Kuva 9. KytKentäkaavio	23

TAULUKOT

Taulukko 1. Väilyssuhteet	22
---------------------------	----

1 JOHDANTO

Olen nuoresta asti ollut kiinnostunut tekniikasta, erityisesti kaikesta mikä liittyy moottoritekniikkaan. Nuorempana minua kiinnostivat erityisesti pienemmät moottorilla toimivat laitteet ja myöhemmin autot ovat vieneet valtaosan ajatusmaailmastani. Tämä oli suurin syy siihen, että päädyin opiskelemaan auto- ja kuljetustekniikkaa. Kun Syksyllä 2016 tuli sen aika, että piti alkaa suunnitella opinnäytetyön aihetta, tiesin jo suunnilleen mitä halusin. Työn piti liittyä jotenkin moottoritekniikkaan ja siinä pitäisi saada itse tehdä jotain konkreettista ja päästä toimimaan esimerkiksi auton moottorin parissa. Koulu tilasi minulta työn, jossa kehitetään moottorimittauspenkki, jota tulevat opiskelijat tulevat käyttämään tulevissa laboratoriomittauksissa.

Työtä suunnitellessa minulle annettiin todella vapaat kädet toteuttamisen suhteen. Vain kohdemoottori oli jo annettu. Kohdemoottorina toimii Opel Commodoren 3-litrainen 6-sylinterinen bensiinimoottori. Moottorin haluttiin olevan kuusisylinterinen, jotta saadaan tarpeeksi variaatioita eri sylintereistä mitattaviin arvoihin. Päädyin jättämään kaksi sylinteriä ehjäksi, kahdesta sylinteristä katkaisin männänrenkaat ja kahteen sylinteriin aiheutin venttiilivuodon vaurioittamalla venttilin tiivistyspintaa, jolloin venttiili vuotaa. Koululta sain käyttööni moottoripukin, joka toimii aihiona koko testipenkille. Pukkia jouduin vahvistamaan, jotta se kestäisi ison moottorin painon. Moottori on kiinnitetty moottoripukkiin vauhtipyörän puolelta vaihdelaatikon kiinnityspisteistä, sekä moottorin alkuperäisistä kiinnityspisteistä moottori on tuettu alaspäin (kuva 1).



Kuva 1. Moottoriteline vahvistettuna

2 PURISTUSSUHDE JA PURISTUSPAINI

2.1 Yleistä

Puristussuhde vaikuttaa oleellisesti moottorin toimintaan, käyttöön sekä myös moottorista saatavaan tehoon. Puristussuhde on polttomoottorin puristustilavuuden ja iskutilavuuden summan suhde puristustilavuuteen. Se siis kertoo, kuinka paljon sylinterissä olevaa ilmaa puristetaan ennen sytytystä. Korkeammalla puristussuhteella saavutetaan moottorista parempi hyötysuhde. Bensiinimoottoreissa puristussuhde vaihtelee tyypillisesti välillä 8:1 – 11:1, kun taas dieselmootoreissa puristussuhde vaihtelee tyypillisesti välillä 16:1 – 22:1. Turboahdetuissa bensiinimoottoreissa pyritään käyttämään matalampaa puristussuhdetta ennenaikaisen sytytyksen eli nakuttamisen estämiseksi.

Puristusaine on sylinterissä syntyvä paine puristustahdin aikana, kun mäntä saavuttaa ylimmän kohdan. Männän lähestyessä ylintä kohtaa, paineen lisäksi nousee myös sylinterin lämpötila, joka on elintärkeää moottorin toiminnalle. Jotta ilman ja polttoaineen seos syttyisi ja palaisi optimaalisesti, tulisi lämpötilan nousta 400-500 °C tasolle. Kun oikea paine ja lämpötila saavutetaan, niin sytytystulpan antama kipinä sytyttää seoksen (Bosch 2003, 444)

Pääsääntöisesti huonon puristusaineen mahdollisia syitä on kaksi. Väljäksi kulunut sylinteri vuotaa osan paineesta männänrenkaan ja sylinterin seinämän välistä kammioon. Tämän voi aiheuttaa voitelun puute sylinterissä, epäpuhtaudet imuilman seassa, sekä joissain tapauksissa moottorilla on ajettu niin paljon, että se on kulunut väljäksi. Toinen yleisimmistä syistä huonoon puristusaineeseen on vuoto venttiilin välistä. Venttiilin istukka ei tiivistä sylinterikannessa olevaan seettiin, jolloin osa paineesta pääsee vuotamaan venttiilin kautta imu- tai pakosarjaan. Venttiiliviat ovat yleensä normaalin kuluman tai imuilmassa olevien epäpuhtauksien aiheuttamia. (Harri Tuominen, suullinen tiedonanto 18.2.2017).

Kulunut moottori voi oireilla monella eri tavalla. Yksi yleisimmistä oireista on öljynkulutus. Moottoriöljy voitelee sylinteriä, ja muodostaa sylinterin seinämälle ohuen öljykalvon. Öljykalvo pienentää männän ja sylinteriseinämän välistä kitkaa, ja näin myös estää liiallisen lämmön syntymistä. Jos moottori on kulunut, voi öljyä päästä vuotamaan palotilaan, ja se palaa pois sylinterissä tapahtuvan palotapahtuman aikana. Näin öljyä kuluu normaalia enemmän.

Jos öljynkulutusta ei huomata, toinen merkki öljyn pääsemisestä palotilaan on normaalia suurempi savutus. Öljyn palaessa palotilassa pakokaasu muuttuu sinertäväksi, joissain tapauksissa se voidaan silmin havaita. Myös päästömittauksessa voidaan havaita, jos öljyä palaa liikaa moottorissa. Tällöin yleensä HC eli hiilivetyarvo on liian korkea. Tämä johtuu epätäydellisestä palamisesta. Kuluneen moottorin hyötysuhde on yleensä alhaisempi kuin hyväkuntoisen moottorin, tämän voi huomata tehon alenemisena. Puristusaine sylinterissä jää alhaiseksi, ja näin palaminen ei ole täydellistä. Tämä voi nostaa polttoaineen kulutusta, kun moottorista haetaan optimaalista tehoa huonommalla hyötysuhteella. Huono käynnistyvyys voi kertoa moottorin kunnosta, erityisesti dieselmoottorissa. Dieselmoottorissa kylmäkäynnistysominaisuudet huononevat, jos moottori on kulunut. Polttoaineseos syttyy huonosti kylmässä sylinterissä alhaisen puristus-paineen takia, eikä dieselmoottorissa sytytystulpan kipinä sytytä polttoaineseosta.

2.2 Puristuspainemittaus

Puristuspainemittaus suoritetaan tähän käyttöön tarkoitetulla mittarilla. Mittari kertoo sylinterin puristus-paineen sylinterissä. Tyypillisesti kunnossa oleva bensiinimoottorin puristus-paine vaihtelee välillä 10- 12 bar. Puristus-painemittari asennetaan sytytystulpan reikään, kiertämällä sytytystulpan kierteisiin. Kun mittari on asennettu, moottoria tulee pyörittää starttimoottorilla, niin että moottori ehtii pyöriä 5-6 kierrosta. Kun moottoria pyöritetään starttimoottorilla, tulee kaasua olla pohjaan painettuna. Näin varmistetaan, että moottori saa tarpeeksi ilmaa ja sylinteri täyttyy kunnolla. Suorituksen jälkeen luetaan mittarin näyttämä arvo ja kirjataan se ylös. Tämä sama suoritus toistetaan jokaiselle sylinterille.

2.3 Ohivuotomittaus

Ohivuotomittaus suoritetaan moottorille yleensä, jos moottorin puristus-painemittauksessa on ilmennyt jotain vikaa tai poikkeavuuksia. Ohivuotomittauksella haetaan tarkempaa syytä huonoon puristus-paineeseen. Ohivuotomittauksella pyritään selvittämään mistä sylinteripaine pääsee vuotamaan.

Ohivuotomittausta tehdessä männän tulee olla yläkuolokohdassa, näin imu- ja pakoverkkoventtiilit ovat sulkeutuneena. Ohivuotomittari asetetaan sytytystulpan reikään ja mittariin kytketään paineilma. Mittari ajaa paineilman sisään sylinteriin aiheuttaen sylinteriin paineen. Mittari näyttää prosentteina, kuinka suuri osa sisään syötetystä ilmasta virtaa ulos sylinteristä. Kun paine on kohonnut, luetaan mittarin antama arvo, ja selvitetään, onko arvo sallitun rajoissa. Ohivuotomittaus on vianhakua, joten jos jossakin sylinterissä on liikaa ohivuotoa, pyritään selvittämään mistä se johtuu. Tämä onnistuu tarkasti tunnustelemalla ja kuuntelemalla moottorin tiettyjä osia. Jos imusarjasta kuuluu suhinaa, vuotaa imuventtiili painetta. Vastaavasti jos pakosarjasta kuuluu suhinaa, on pakoverkkoventtiilin tiivistyksessä vika. Paine voi myös vuotaa männän ja sylinterin välistä, jolloin paineen karkaamisesta aiheutuva suhiseva ääni kuuluu yleensä hyvin öljykorkin alta venttiilikannen sisältä tai öljytikun reiästä.

2.4 Esimerkkejä mittauksissa käytettävistä laitteista.

Puristuspainemittari (kuva 2) näyttää sylinterin suurimman paineen männän ollessa yläkuolokohdassa. Mittari asennetaan sylinterikannessa olevaan sytytystulpan reikään kuvassa näkyvillä kierreholkeilla. Kuvassa näkyvä pieni nappi mittarin alapuolella on mittarin kalibroimista varten mittauksen jälkeen. Mittausyksikkö on kuvassa valkoisena näkyvä bar tai keltaisella näkyvä psi.



Kuva 2. Puristuspainemittari

Ohivuotomittari (Kuva 3) asennetaan sylinterikannessa olevaan sytytystulpan reikään kuvassa näkyvällä kierreholkilla. Mittarin avulla sylinteriin johdetaan paineilmaa joka muodostaa sylinteriin paineen. Mittari näyttää sylinterin ohivuodon prosentteina.



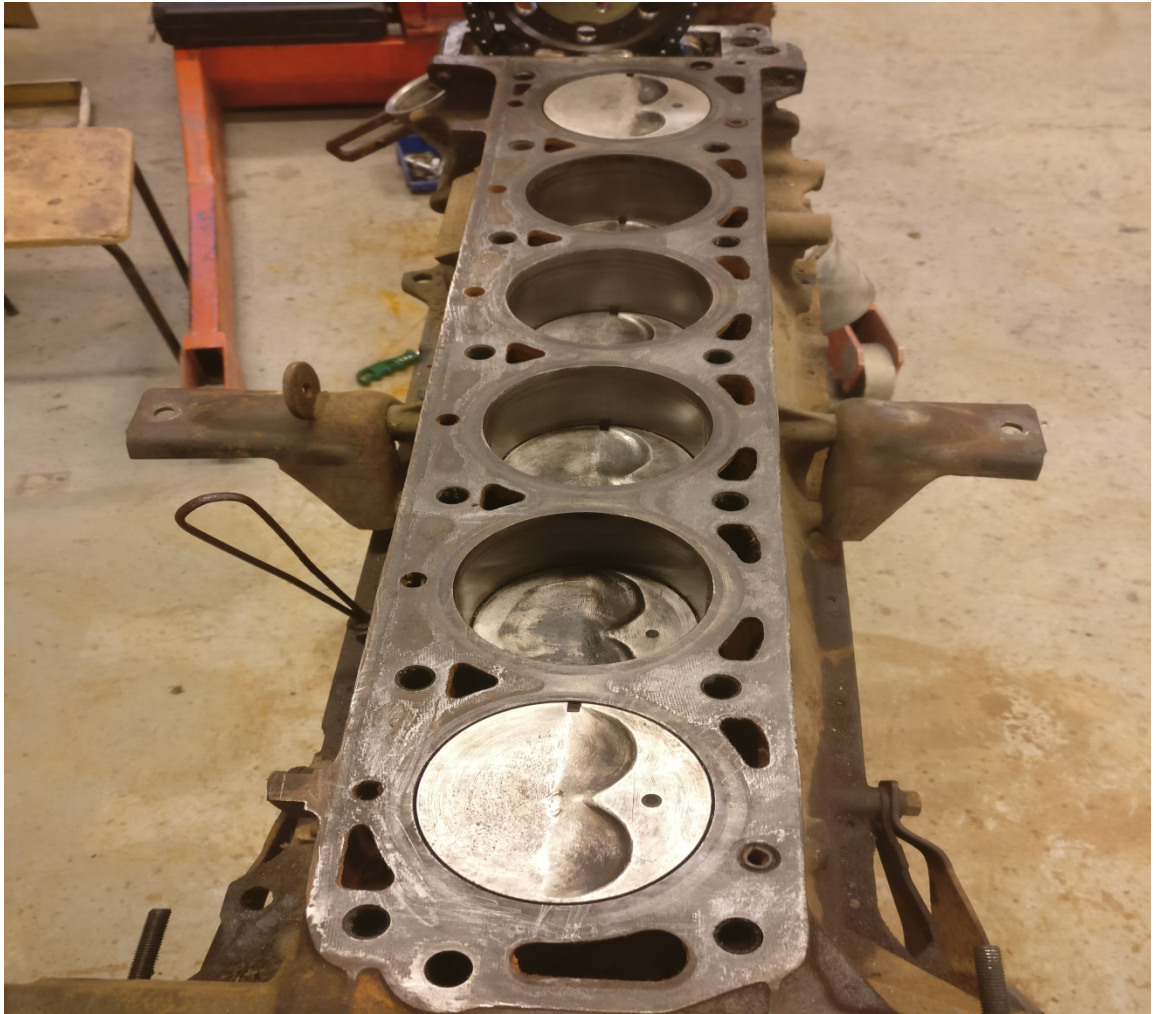
Kuva 3. Ohivuotomittari

3 TESTIPENKIN KOMPONENTIT

3.1 Mitattava moottori

Moottorimittauspenkissä mitataan moottorin puristuspainetta, määritellään moottorin kuntoa sekä suoritetaan mekaanista vianhakua. Mittauspenkin toiminnan kannalta tärkeimmät osa-alueet ovat sähkömoottori, taajuusmuuttaja, ketjuveto sähkömoottorin ja moottorin välillä sekä itse moottori. Kun nämä kaikki komponentit toimivat yhdessä, saadaan toimiva kokonaisuus, ja pystytään suorittamaan mittauksia.

Mitattava moottori on 2500 cm³, 6-sylinterinen Opel CIH- moottori. Moottoriksi haluttiin 6-sylinterinen, jotta sylintereihin voidaan erilaisia vikoja, ja näin saadaan lisää variaatioita. Jotta moottoriin voitiin tehdä vikoja, piti työ aloittaa moottorin purkamisella. Sylinterikansi piti irrottaa, jotta venttiilejä voitiin vaurioittaa (Kuva 4).



Kuva 4. Sylinterikansi irrotettuna

Koska kyseessä on Opelin CIH- moottori, nokka-akseli sijaitsee sylinterikannessa. Tämä osaltaan helpotti työtä. Nokka-akselia pyöritettiin niin että, 5. sylinterin pakoventtiili ja 4. sylinterin imuventtiili olivat kokonaan auki, jolloin venttiilin ylivuotuspintaa pystyttiin hiomaan ilman venttiilin irrottamista (kuva 5). Venttiilin tiivistyspinta hiottiin aiheuttaen venttiilin vuotamisen, jolloin puristusaine sylinterissä jää vajaaksi.



Kuva 5. Venttiilin tiivistyspinta vaurioitettuna

Sylinterikannen jälkeen purettiin moottorin alakerta. Öljypohja irrotettiin, jonka jälkeen kiertokanget mäntineen pystyttiin ottamaan alakautta ulos moottorista. 2. sylinterin männästä otettiin molemmista männänrenkaista pieni pala pois ja 3. sylinterin männästä pala otettiin vain ylemmästä männänrenkaasta (kuva 6). Näin sylinterien 2 ja 3 männänrenkaat vuotavat osan puristusaineesta männän ja sylinterin välistä kampikammioon ja puristusaine sylinterissä jää vajaaksi. Sylinterit 1 ja 6 jätettiin ehjäksi, jotta kahdessa sylinterissä olisi täydet puristusaineet, jotka toimivat vertailukohtina muille sylintereille.



Kuva 6. Männänrenas katkaistuna

3.2 Sähkömoottori ja ketjuveto

Jotta moottoriin voidaan tehdä puristuspainemittauksia, moottoria pitää pystyä pyörittämään ulkopuolisella voimalla. Yleensä moottoria pyöritetään auton omalla starttimoottorilla. Koska yleensä mitattava moottori on autossa kiinni, starttimoottorin käyttäminen pyörittämiseen on luonnollisesti helpoin tapa. Tässä työssä moottori on kuitenkin irrotettu autosta ja tuettu omaan telineeseen, joten starttimoottorin lisäksi oli muita vaihtoehtoisia tapoja.

Erilliseen sähkömoottoriin päädyttiin koska starttimoottorin suunniteltu käyttöaika (starttiaika) on lyhyt, maksimissaan minuutteja, jonka jälkeen starttimoottori lämpenee. Pidemmällä ja jatkuvalla käytöllä starttimoottori saattaa rikkoutua. Toimiakseen starttimoottori vaatii 12V jännitteen, joten olisi jouduttu kehittämään erillinen virransyöttö starttimoottorille. Starttimoottoria ei olisi pystytty myöskään ohjaamaan taajuusmuuttajalla, näin käyttöjärjestelmä olisi ollut ominaisuuksiltaan olennaisesti rajoitetumpi.

Sähkömoottorin toimintaperiaate on, että se muuntaa sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorissa on kelalle käärittyjä magnetoituvia johtimia, eli käämejä. Näihin luodaan sähköä avulla magneettikenttä. Sähkömoottorissa on pyörivä osa eli roottori ja paikallaan oleva osa eli staattori. Kun näiden kahden osan välillä olevaan sähkökentän napaisuutta vaihdellaan sopivalla taajuudella, saadaan moottori pyörimään. Sähkömoottorit voidaan jakaa tasavirtamoottoreihin ja vaihtovirtamoottoreihin sen mukaan kummalla virralla ne toimivat.

Käyttövoimana päädyttiin siis käyttämään 3 kW sähkömoottoria. Sähkömoottoria ohjataan taajuusmuuttajalla. Näin saadaan monia ominaisuuksia, jolla voidaan optimoida sähkömoottorin toiminta juuri haluttuun käyttökohteeseen sopivaksi. Pyörimisnopeus voidaan säätää halutulle kierrosnopeudelle ja moottorin käyttäytymistä voidaan tutkia myös hitailla nopeuksilla. Taajuusmuuttaja myös mahdollistaa moottorin nopean kiihdyttämisen haluttuun kierrosnopeuteen, sekä myös erittäin nopean pysäyttämisen. Laitteistolla päästään 5 Hz taajuuteen, jolloin auton moottori pyörii noin 30 1/min nopeudella.

Voimansiirto sähkömoottorin ja auton moottorin välillä on toteutettu ketjulla. Veto olisi voitu toteuttaa myös hihnan välityksellä, mutta tarkan pohdinnan jälkeen veto päädyttiin toteuttamaan mopon ketjulla. Tässä käytössä ketjun käyttämisessä on suuria etuja verrattuna hihnavetoon. Ketju ei luista nopeassakaan kiihdytyksessä, eikä myöskään

moottoria pysäyttäessä. Jotta hinnalla olisi voitu välittää sähkömoottorin välittämä 3 kW teho sekä kiihdyttää moottori täyteen pyörintänopeuteen 1 sekunnissa, olisi tarvittu todella leveä tai useampi kapea hihna. Ketju on myös pitkäikäisempi sekä huoltovapaa, säännöllistä rasvausta lukuun ottamatta. Ketju ei myöskään tarvitse erillistä kiristintä.

Sähkömoottorin päähän on kiinnitetty käytävä ratas. Ratas on keskitetty akseliin itse messingistä sorvatulla holkillilla ja kiinnitetty akseliin pultilla sekä hitsaamalla. Käytävä ratas on kiinnitetty moottorin kampiakselin päähän alkuperäisen hihnapyörän tilalle tehdyllä kappaleella. Ratas on kiinnitetty kappaleeseen kuudella pultilla, ja kappale kiinnittyy kampiakseliin kuten alkuperäinenkin hihnapyörä, pultilla keskeltä (kuva 7). Sovitekappaleen valmistuksesta vastasi Samuli Hallivuori Vaskion Metallipajasta. Kuvasssa 8 näkyy ketjuvedon ympärille tehty suojakotelo.



Kuva 7. Käytettävän ketjupyörän kiinnitys



Kuva 8. Turvallisuussyistä ketjuveto on suojattu

3.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on laite, joka kytketään kahden erillisen sähköverkon välille. Tässä työssä taajuusmuuttajalla ohjataan sähkömoottorin toimintaa. Taajuusmuuttajalla voidaan määrittää lähes kaikki sähkömoottorin toimintaan liittyvät parametrit, kuten esimerkiksi kierrosnopeus, kiihtyvyys, kierrosnopeuden vaihteluväli, virta, teho jne. Säättämällä moottorin syöttötaajuus- ja jännite voidaan säätää moottorin kierrosnopeutta ja momenttia. Taajuusmuuttajalla voidaan myös taata sähkömoottorin turvallinen käyttö esimerkiksi ohjelmoimalla raja-arvot virralle ja lämpötilalle. Taajuusmuuttajan näytöltä voidaan myös seurata sähkömoottorin toimintaa livetilassa moottorin käydessä.

Tämän työn taajuusmuuttaja on malliltaan Danfoss 6000. Jotta taajuusmuuttajan ohjelmointi ja kytkentä voitaisiin tehdä turvallisesti, ensin piti perehtyä käyttöohjeisiin. Käyttöohjeet laitteen käyttöön ja ohjelmointiin löytyivät internetistä, valmistajan verkkosivuilta (Danfoss 2001). Käyttöohjeet luettuani, seuraava askel oli ohjelmoida laite tämän työn käyttötarkoitukseen sopivaksi. Taajuusmuuttaja ohjelmoidaan valitsemalla jokainen muuttaja eli parametri sopivaksi. Mahdollisia parametreja on useita satoja, joten jokaisen läpikäyminen oli haastavaa. Jotta laite toimii hyvin ja turvallisesti, tulee jokainen parametri olla valikoitu oikein tähän käyttötarkoitukseen. Suuri osa parametreista oli helppo valita oikeaksi heti ensimmäisellä kerralla ja niihin löytyi oletusarvot valmistajan verkkosivuilta, mutta haastavinta oli valita oikeat arvot niin että laite toimii optimaalisesti. Tärkeimpiä muuttajia laitteen toiminnan kannalta ovat, kierrosnopeus sekä kierrosnopeusalue, virtarajat, kiihtyvyys ja pysäytys, hätäpysäytys.

Kierrosnopeus on tärkeä koko mittauspenkin toiminnan kannalta. Kierrosnopeuden on oltava sopiva, jotta moottoriin voidaan tehdä tarvittavat mittaukset. Taajuusmuuttaja sallii kierrosnopeuden säätämisen laajalla alueella, joten välityssuhde voitiin toteuttaa valmiita osia hyväksi käyttäen. Kierrosnopeutta pitää pystyä myös säätämään portaattomasti. Auton oma starttimoottori pyörittää moottoria noin 250- 300 1/min nopeudella, joten testipenkki suunniteltiin niin että auton moottori saadaan pyörimään 300 1/min nopeudella. Ketjuvedon välityssuhde on 4,73. Taajuusmuuttajaan suurimmaksi taajuudeksi asetettiin 50 Hz, jolloin auton moottori pyörii nopeudella 300 1/min (taulukko 1).

Taulukko 1. Väilyssuhteet

Sähkömoottori nominal taajuus	50 Hz	
Sähkömoottori nominal nopeus	1420 1/min	(50Hz taajuudella)
Moottori nopeus / taajuus	28,4 1/min/Hz	(1420 1/min / 50 Hz)
Ketju välitys suhde	4,73 (= 52/11)	(Iso ratas 52, pieni ratas 11)
Auto moottori nopeus/taajuus	134,25 1/min/Hz	

Taajuus Hz	Sähkömoottori 1/min	Auto moottori 1/min	Auto kierros nopeus 1/s	Auto kierros aika (s)	Comments
					Taajuus alle 5 Hz ei suositella jatkuvaan käyttöön sähkömoottorin tuuletuksen takia
2	57	268,5	0,9	1,056	
3	85	402,8	1,4	0,704	
4	114	537,0	1,9	0,528	
5	142	671,3	2,4	0,423	
10	284	1342,5	4,7	0,211	
15	426	2013,8	7,1	0,141	
20	568	2685,1	9,5	0,106	
25	710	3356,4	11,8	0,085	
30	852	4027,6	14,2	0,070	
35	994	4698,9	16,6	0,060	
40	1136	5370,2	18,9	0,053	
45	1278	6041,5	21,3	0,047	
50	1420	6712,7	23,7	0,042	
55	1562	7384,0	26,0	0,038	

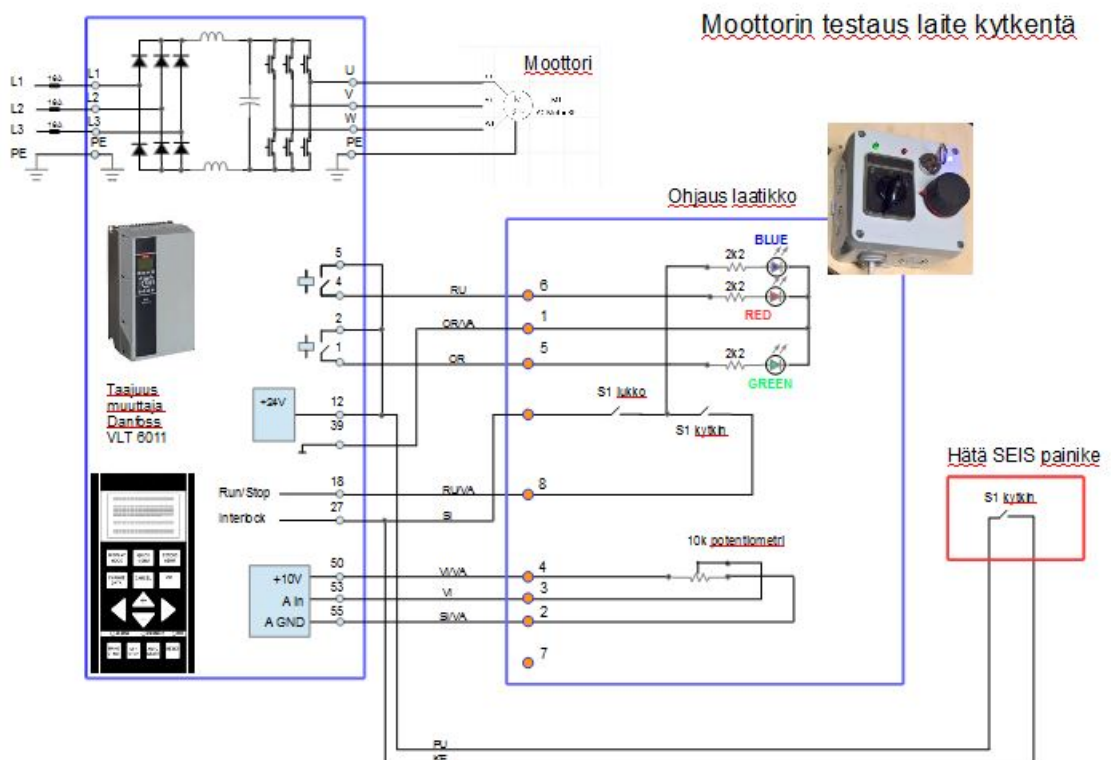
Copyright © Mats Tuominen 2017. All rights reserved.

Taulukosta 1 voidaan nähdä taajuusmuuttajan taajuuden vaikutus sähkömoottorin ja auton moottorin kierrosnopeuteen. Koska käytettävä taajuusalue on laaja, voidaan moottoria pyörittää laajalla kierrosnopeusalueella.

Sähkömoottori on ilmajäähdytteinen, joten sitä ei voi turvallisesti ajaa liian pienellä pyörimisnopeudella, koska silloin jäähdytysteho ei riitä ja laite voi ylikuumentua. Taajuus-

muuttajan pienimmäksi taajuudeksi asetettiin 20 Hz, jolloin sähkömoottori pyörii nopeudella 570 1/min ja auton moottori nopeudella 120 1/min. Sähkömoottorin jäähdytys-tehon oletettiin riittävän tällä pyörimisnopeudella. Kierrosnopeusalue auton moottorissa on siis 120- 300 1/min. Tällä kierrosalueella on moottoriin mahdollista tehdä tarvittavat mittaukset ja suorittaa vianhakua. Kierrosnopeutta on mahdollista säätää portaattomasti laitteesta löytyvällä potentiometrillä.

Käynnistys- ja pysäytysviiveeksi valittiin pienin mahdollinen taajuusmuuttajan sallima arvo, 1 s. Sähkömoottori siis kiihtyy pysähdyksistä täyteen kierrosnopeuteen yhdessä sekunnissa, sekä päinvastoin pysähtyy täydestä kierrosnopeudesta pysähdyksiin yhdessä sekunnissa. Häätätilanteessa laite pysäytetään hätäseis- painikkeesta, jolloin sähkömoottori pysähtyy täyttä voimaa käyttäen mahdollisimman nopeasti. Kuvassa 9 näkyy laitteen kytkentäkaavio.



Kuva 9. Kytchentäkaavio

Ohjauslaatikkoon on sijoitettu tarpeelliset hallintalaitteet laitteen käyttöä varten. Kuten kytkentäkaavioon on merkattu, ohjauslaatikkoon on sijoitettu kolme led-poltinta. Sininen led-poltin osoittaa, että päävirta on kytketty. Vihreä led-poltin osoittaa, ettei järjestelmässä ole aktiivisia vikoja, eikä taajuusmuuttaja anna vikakoodeja. Punainen led-poltin ei pala silloin kun laite toimii oikein, eikä vikakoodeja ole. Punainen led-poltin syttyy vain jos laitteessa on aktiivinen vika tai jokin laitteen ennalta asetetuista turvarajoista ylittyy. Ohjauslaitteeseen on myös sijoitettu virtalukko, joka toimii myös päävirtakatkaisijana. Laite käynnistyy ohjauslaatikkoon sijoitetusta kytkimestä.

4 KÄYTTÖOHJE

1. Kytke 3-vaihe sähkönsyöttö pistokkeeseen.
2. Avaa ABLOY-lukolla laite. Sininen led-valo syttyy, kun lukko on avattu ja SEIS-kytkin on vapautettu. Lukko voidaan jättää joko kiinni tai aukiasentoon ja poistaa avain, eli avaimen käyttö on käyttäjän vastuulla.
3. Odota, että taajuusmuuttaja käynnistyy, tämä kestää hetken.
4. Ennen käynnistystä varmista, että laite on turvallisesti sijoitettu, eikä mitään ole ketjun välissä.
5. Varmista, että hätäpysäytys painike on palautettu ON-asentoon, eli nappi vedetty ylös. Se jää OFF-asentoon, kun sitä painetaan ja täytyy palauttaa nostamalla kytkin.
6. Käännä nopeuden säätö haluttuun nopeus asentoon.
7. Varmista, että sininen led palaa. Se osoittaa, että laitteisto on valmis käynnistymään.
8. Käännä ON/OFF-kiertokytkin '1' asentoon, moottori lähtee pyörimään. Moottori pyörii, kun kytkin on "ON" asennossa. Sammutus tapahtuu kääntämällä kytkin "0" asentoon.
9. Säädä systeemin haluttu pyörimisnopeus säätönapista.
10. Tee tarvittavat mittaukset. Käännä ON/OFF kiertokytkin "0" asentoon. Sähkömoottori pysähtyy.
11. Kierrä ABLOY-lukko "KIINNI" asentoon, ja varmista, että sininen led-valo sammuu samalla.
12. Irrota 3-vaihe sähkön syöttökaapeli.

HUOM: Hätäpysäytyksellä moottori pysähtyy taajuusmuuttajan ohjaamana noin 0.5s kuluessa (sähkömoottorin lyhin mahdollinen pysäytysaika). HUOM: Jos hätäpysäytys-painike on painettu, sininen merkkivalo ei pala. Jos samaan aikaan käynnistyskytkin on "1" asennossa, ja lukko on auki, moottori käynnistyy, kun hätä seis- painike vapautetaan! HUOM: ABLOY-lukon käyttö on käyttäjän vastuulla. Laite voidaan jättää myös auki asentoon ja poistaa avain. Laitteisto ei pakota avaimen käyttöön. Vara-avain löytyy ohjaus laatikon sisältä, samoin avaimen koodi.

5 YHTEENVETO

Moottorin mekaanisten vikojen hakumenetelmänä puristuspaineen ja ohivuodon mittaukset ovat olleet käytössä jo vuosikymmeniä, ja ne ovat menetelminä varsin tehokkaita. Näiden kahden menetelmän avulla pystytään melko nopeasti ja melko tarkasti määrittämään moottorin kunto sekä mahdollinen vianaiheuttaja. Molemmat menetelmät ovat melko nopeita ja helppoja, eivätkä vaadi kalliita investointeja. Mittalaitteet eivät ole kalliita, ja helposti saatavana lähes mistä tahansa korjaamotyökaluja myyvistä liikkeistä.

Tämän työn tarkoitus oli suunnitella ja valmistaa testipenkki moottorin mekaanisen kunnan määrittämiseksi kehittämällä ja muokkaamalla valittua moottoria sopimaan tähän käyttötarkoitukseen ja kehittää laitteisto niin, että sitä voidaan käyttää turvallisesti opetuskäytössä. Osa työtä oli tehdä moottoriin mekaanisia vikoja. Moottorin kuudesta sylinteristä kaksi sylinteriä jätettiin ehjiksi ja neljään sylinteriin tehtiin mekaanisia vikoja. Näin mittaustuloksiin saatiin variaatioita ja ehjät sylinterit toimivat vertailukohtina, joihin viallisten sylintereiden mittaustuloksia voidaan verrata.

Moottorimittauspenkkiä tullaan käyttämään koulun autolaboratoriossa tulevina vuosina, kun oppilaat tekevät laitteella mittauksia sekä suorittavat vianhakua. Tähän työhön liittyy myös toinen opinnäytetyö, jonka tekee Rikhard Joska. Toisessa opinnäytetyössä perehdytään koko laitteiston käyttöön ja säätämiseen, suoritetaan koemittaukset moottoriin, sekä laaditaan työohje laitteiston käyttöön.

Työn haastavin osa oli suunnitella veto moottorin ja sähkömoottorin välille. Vaihtoehtoja oli monia, ja oikean tavan valitseminen vaati paljon suunnittelua ja perehtymistä. Myös taajuusmuuttajan kytkeminen ja ohjelmointi olivat haastavia, koska suurin osa ohjeista piti hakea verkosta. Useiden kokeilujen jälkeen löydettiin oikeat säädöt ja laitteisto toimimaan oikein.

Lopputuloksena syntyi toimiva ja turvallinen kokonaisuus. Laitetta on koekäytetty paljon, ja sitä on kuormitettu täydellä teholla. Laitteistolle suoritettiin 20 minuutin koeajo, jossa laitteisto käy täydellä teholla ja täydellä kierrosluvulla. Myös hätäpysäytys on koekäytetty ja todettu toimivaksi.

Mielestäni työ onnistui hyvin, ja se vastaa työn alkuvaiheessa asetettuihin odotuksiin. Työn tekemisessä vaadittiin paljon mekaanisten osien kanssa työskentelyä. Tämä työ

vastaa hyvin koulutustani, sekä myös mielenkiinnon kohteitani. Taajuusmuuttajan ohjelmointi aiheutti aluksi vaikeuksia ja se vaati paljon teorian materiaalin läpikäyntiä.

LÄHTEET

Bosch 2003 Autoteknillinen taskukirja. 6. painos, Autoalan Koulutuskeskus Oy.

Danfoss 2001. Installation, Operation and Maintenance Manual. VLT 6000 Series Adjustable Frequency Drive. Viitattu 20.3.2017 http://www.hvacc.net/pdf/danfoss/6000_Series.pdf