



ROTOTEST VPA RX-33 - ALUSTADYNAMOMETRIN KÄYT- TÖÖNOTTO

Markus Pakonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

PAKONEN, MARKUS:
Rototest VPA RX-33 -alustadynamometrin käyttöönotto

Opinnäytetyö 26 sivua, josta liitteitä 22 sivua
Huhtikuu 2013

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin alustadynamometrin käyttöönotto Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorioon. Hankittu laite oli valittu huolellisesti, että tulevien autoteollisuuden osajien opetuksessa olisi käytössä viimeisintä teknologiaa hyödyntävä laite.

Teoriaosassa kuvattiin lyhyesti dynamometriä teoriaa ja käsiteltiin tarkemmin hankitun Rototest VPA RX-33 -alustadynamometrin rakennetta ja toimintaperiaatetta. Työssä kuvattiin suunnitteluprosessi sekä muutokset, joita autolaboratorio-olosuhteisiin täytyy tehdä tämänkaltaisen laitteen käyttöönotossa.

Jo suunnitteluvaiheessa otettiin huomioon turvallisuus- ja käyttöympäristön toimivuus. Toteutusvaiheessa rakennettiin laitteistolle tarvittavat elementit sujuvan ja turvallisen käytön takaamiseksi. Työn päätteeksi järjestelmän toimivuutta testattiin asiakastyöllä, jonka jälkeen laite otettiin opetuskäyttöön.

Hakusanat: alustadynamometri, dynamometri, Rototest

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Product Development

PAKONEN, MARKUS:
Rollout of Rototest VPA RX-33 Chassis Dynamometer

Bachelor's thesis 26 pages, appendices 22 pages
April 2013

This work describes the design and rollout of chassis dynamometer in the car laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The instrument was chosen carefully to serve the future professionals with teaching facilities and instruments that are of the latest technology.

Dynamometer theory was described briefly. A more detailed explanation was given for the structure and function of the purchased Rototest VPA RX-33 chassis dynamometer. The work consisted of the design process and changes that were needed for the rollout of this kind of instrument when it was placed in teaching laboratory facility.

Safety prospects and functionality of the facility were already considered in the design phase of the work. The needed elements were built in the implementation phase to ensure the safe and smooth use of the dynamometer. Finally, the functionality of the new facility was tested as a project work, after which the instrument was ready to be used in teaching purposes.

Key words: chassis dynamometer, dynamometer, Rototest

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratoriolle. Laboratorioinsinööri Jari Seppälä ehdotti, että tekisin opinnäytetyön dynamometrin käyttöönotosta. Aihe tuntui mielenkiintoiselta, koska olin työskennellyt alustadynamometrien parissa opiskelujeni ohella parin vuoden ajan ja otin työn vastuulleni.

Haluan kiittää Jari Seppälää työn aiheesta ja Risto Myllymäkeä työn ohjaamisesta. Suuren kiitoksen ansaitsee myös siskoni Maria Ruottinen, joka kannusti työn loppuun saattamisessa.

Tampereella Huhtikuussa 2013

Markus Pakonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
LYHENTEET JA TERMIT	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TEORIA	8
2.1 Rototest VPA RX-33	9
2.1.1 Rakenne.....	10
2.1.2 VPA RX- dynamometriyksikkö.....	10
2.1.3 Hurricane Cooling Unit.....	11
2.1.4 System Control Unit.....	12
2.1.5 Datacq	13
2.1.6 Ohjelmisto	14
2.1.7 Taloudellinen hyöty	15
3 KÄYTTÖÖNOTON SUUNNITTELU	16
3.1 Käyttökoulutus.....	16
3.1.1 Valmistelut	16
3.1.2 Kalibrointi	17
3.1.3 Ajoneuvon kiinnitys ja turvallisuus	17
3.1.4 Laitteen käyttö.....	17
3.2 Laitteen käyttöönotto opetuskäyttöön.....	18
4 TOTEUTUS	19
4.1 Laitteiden rakentaminen	19
4.1.1 Näyttöpuomi.....	20
4.1.2 Työkaluteline.....	21
4.1.3 HCU jäähdytyspuhaltimet.....	22
4.1.4 Ympäristö ja turvallisuus	23
4.1.5 Rakennetun käyttöympäristön testaus.....	23
5 POHDINTA.....	24
LÄHTEET	25
LIITTEET	26

LYHENTEET JA TERMIT

SCU	Systems Control Unit
MCU	Master Control Unit
HCU	Hurricane Cooling Unit
UPS	Uninterruptible Power System
F	Voima / vääntömomentti
N	Newton
m	Massa
kg	Kilogramma
a	Kiihtyvyys
m	Metri
s	Sekunti
P	Teho
kW	Kilowatti
n	Kierrosluku
rpm	Kierrosta minuutissa
Hz	Taajuus; Hertsi (1/s)
DOHC	Dual Over Head Cam
V	Voltti
TSI	Twincharged Stratified Injection
TIG	Tungsten Inert Gas
DIW	Dynamometer Inertia Weight

1 JOHDANTO

Dynamometriä käytetään autojen testaukseen, vianetsintään, tehon mittaukseen sekä tuotekehitykseen. Se on tärkeä työkalu autolaboratoriossa, jossa koulutetaan alan tulevia osaajia. Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorioon hankittiin Rototest VPA RX-33 -alustadynamometri, että tähän tarkoitukseen olisi käytössä viimeisintä teknologiaa hyödyntävä laite.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda laitteelle käyttöympäristö ja saattaa uusi laite käyttökuntoon. Lisäksi työhön sisältyi henkilöstön ja käyttäjien koulutus. Rototest VPA RX-33 käyttöönottoon kuului valmistajan kaksipäiväinen koulutus, joka toteutettiin Ruotsissa Rototest AB tehtaalla Rönningessä. Tämän koulutuksen pohjalta toteutettiin käyttöönotto ja autolaboratorion henkilöstön koulutus. Koulutus toteutettiin samalla laitteella, joka myöhemmin toimitettiin Tampereen ammattikorkeakoululle opetuskäyttöön.

Saavutettua osaamista tarjotaan projektitöiden muodossa myös ulkopuolisille eri käyttötarkoituksiin. Mahdollisia käyttäjiä ovat autourheilutiimit, yritykset, kerhot, autoliikkeet ja korjaamot. Tuotekehityksessä ja tutkimuksessa sekä vianetsinnässä tämä mahdollistaa alueen toimijoille ainutlaatuisen testausympäristön. Tärkeä vakituinen käyttäjä autolaboratorion opetuskäytön lisäksi on Tampereen ammattikorkeakoulun Student Formula-tiimi.

2 TEORIA

Dynamometrit ovat laitteita, joilla mitataan moottorien tuottamaa vääntömomenttia. Näiden mittausten avulla mallinnetaan ajoneuvon ominaisuuksia monipuolisesti ja saatuja tuloksia hyödynnetään muun muassa tuotekehityksessä ja vianetsinnässä. Ajoneuvojen ominaisuuksien tutkimiseen ja optimointiin on kehitetty useita erityyppisiä dynamometrejä, joita voidaan jaotella päätyyppeihin esimerkiksi kiinnityksen tai laitteen toimintaperiaatteen mukaan.

Toimintaperiaatteet jaotellaan sen mukaan, miten vääntömomentti mitataan ajoneuvosta. Kaksi suosituinta mallia ovat hydraulinen ja inertia-dynamometri. Hydraulisessa dynamometrissä kuormitettava moottori pyörittää hydraulikkapumppua, jonka kautta moottorille aiheutetaan kuormaa. Moottorin tuottama teho lasketaan yksinkertaisilla hydraulikan kaavoilla. Eräs hydraulisten dynamometriä tyyppi on vesidynamometri, jossa öljyn sijasta systeemissä virtaa vesi. (Circle Track, 9/2009.) Inertia-dynamometrissä ajoneuvo asetetaan laakeroitujen rullien päälle. Ajoneuvolla kiihdytetään rullia, joiden massa on tunnettu. Kierrosnopeutta seurataan tietokoneen avulla ja lasketaan kiihdytysnopeus, josta saadaan laskettua vääntömomentti. Tämä perustuu Newtonin mekaniikan II lakiin, jonka mukaan kappaleen kiihdyttämiseen tarvittava voima on suoraan verrannollinen kappaleen massa. (Mäkelä ym. 2007.)

$$F = m \cdot a$$

jossa

F = voima (N)

m = massa (kg)

a = kiihtyvyys (m/s)

Inertia-dynamometrissä voidaan käyttää lisänä pyörrevirtajarrua, jos rullien massa ei riitä moottorin kuormittamiseen.

Kiinnityksen mukaan dynamometrit voidaan jakaa moottori- ja alustadynamometreihin. Moottoridynamometri mittaa vääntömomentin suoraan moottorista, joka on irrotettu ajoneuvosta ennen dynamometriin kiinnittämistä. Alustadynamometrissä moottoria ei irroteta, vaan vääntömomentti mitataan vetävistä pyöristä.

Yleisimmin dynamometrien yhteydessä käytettävät määreet ovat teho ja vääntö. Dynamometri mittaa vääntöä, josta teho lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$P = \frac{F \cdot n}{9,5488}$$

jossa

F = vääntömomentti (Nm)

P = teho (kW)

n = kierrosluku (rpm)

Yksinkertaiset laskut monimutkaistuvat alustadynamometrien osalta esimerkiksi siinä, kun täytyy ottaa huomioon kaikkien kuormaa aiheuttavien pyörivien osien massat laskettaessa inertiaa. Testausprosessiin ja testitulosten tarkkuuteen vaikuttavia asioita tutkitaan jatkuvasti, jotta löydettäisiin yhä luotettavampia menetelmiä dynamometrin inertiamassan mittaamiseksi. (Zhu, ym. 2011.)

Tässä työssä tarkastellaan alustadynamometria, joka mittaa väännön suoraan pyörrien navasta. Tämän tyyppinen mittausmenetelmä lisää turvallisuutta verrattuna alustadynamometreihin, joissa voimansiirto mitataan ajoneuvon ollessa rullien päällä rasituksen aikana. Suoraan navasta tehdyllä mittauksella vältetään muun muassa renkaan luiston aiheuttamat mittausvirheet, renkaan vauriot ja ajoneuvon irtoamisvaara. (Rototest, 2013.)

2.1 Rototest VPA RX-33

Tässä työssä käsitellään Rototest VPA RX-33 -alustadynamometria, joka on käytännössä moottoridynamometri kiinnitettynä jokaiseen vetävään pyörään, suoraan renkaan tilalle ajoneuvon napaan. Mittaamiseen käytetään vääntömomenttia mittaavaa kuormitusanturia ja korkearesoluutioista pyörintänopeusanturia. (Rototest, 2013.)

Dynamometri on rakenteensa vuoksi sellainen, että se ei tarvitse käyttöympäristöönsä kiinteitä asennuksia. Se on helposti liikuteltavissa ja voidaan siirtää helposti uuteen testipaikkaan. Laitteen kokoaminen ja käyttökuuntoon saattaminen kestää parhaimmillaan vain muutamia minutteja. (Rototest, 2013.)

2.1.1 Rakenne

Laite koostuu neljästä hydraulisesta VPA RX- dynamometriyksiköstä, kahdesta Hurricane Cooling Units™ jäähdytysyksiköstä, Datacq tiedonkeruuyksiköstä sekä System Central Unit keskusyksiköstä (Rototest, 2013).

Dynamometriyksikköjen ollessa käytössä ajoneuvo ei tarvitse muuta tukea, vaan se on yksikköjen varassa. Yksiköt on kiinnitetty auton napaan renkaan tilalle (kuva 1).



KUVA 1. Dynamometriyksikön kiinnittäminen auton napaan

2.1.2 VPA RX- dynamometriyksikkö

Dynamometri on rakennettu hydraulikkamoottorin ympärille (Kuva 2). Moottori on kiinnitetty kehtoon ja kehdon liike on rajoitettu Rototestin kehittämällä väännönmittausjärjestelmällä. Vääntö saadaan aikaiseksi vastustamalla hydraulikkaöljyn virtausta tietokoneohjatulla ultranopealla venttiilillä. Jokaisessa yksikössä on öljysäiliö, joka on yhteydessä pumppuun. Pumput ovat yhteydessä hydraulikkaletkujen avulla jäähdytysyksiköihin. (Rototest, 2013.)



KUVA 2. VPA-RX- dynamometriyksikkö

2.1.3 Hurricane Cooling Unit

Dynamometrien moottoreilta saatava öljyvirtaus ohjataan puhaltimessa sijaitsevaan hydraulikkamoottoriin, joka pyörittää puhaltimen siipiä (Kuva 3). Yhdessä puhaltimessa on kaksi moottoria, joten se kattaa kaksi dynamometriyksikköä. Siipien hydraulikkamoottorin jälkeen öljy ohjataan puhaltimen ilmavirtauksen imupuolella sijaitsevaan öljynlauhduttajaan, jonka jälkeen öljy palaa dynamometriyksikössä sijaitsevaan öljysäiliöön. (Rototest, 2013.)



KUVA 3. Hurricane Cooling Unit

2.1.4 System Control Unit

Laitteen keskusyksikköön system control unit (SCU) (kuva 4) kuuluu tietokone jolla ohjataan dynamometrin käyttöliittymää, dynamometriyksiköiden ohjauksen mahdollistava Master Control Unit (MCU) yksikkö sekä varavirtalähde Uninterruptible Power System (UPS). UPS:n avulla järjestelmän alasajo voidaan suorittaa turvallisesti sähkökatkon sattuessa.



KUVA 4. System Control Unit

2.1.5 Datacq

Dynamometriin kuului modularisoitu tiedonkeruuyksikkö, jonka pystyy varustelemaan haluamallaan antureilla (kuva 5a). Yksikkö kerää dataa Datmon-ohjelmaan. Hankintahetkellä yksikössä oli sääasema, joka lukee vallitsevan testausolosuhteen ilmankosteuden, ilmanpaineen ja lämpötilan. Lisänä yksikössä oli kaksi k-tyyppin termopari lähtöä, joka mahdollistaa minkä tahansa lämpötilan mittaamista ajoneuvosta (kuva 5b), sekä yksi analoginen 0-10 V lähtö, johon pystyi kalibroimaan minkä tahansa virtaviestianturin.



KUVA 5a. Datacq tiedonkeruuyksikkö



KUVA 5b. K-tyyppin termopari

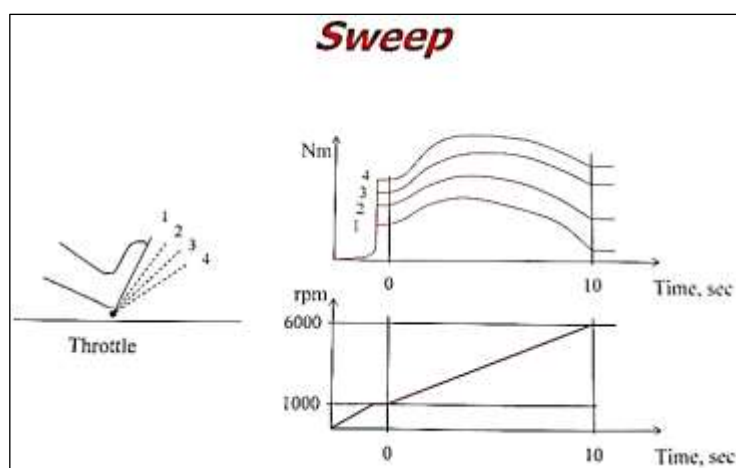
2.1.6 Ohjelmisto

Rototestin ohjelmistoon kuuluu kaksi käyttöliittymää; Datmon ja Dynovision. Dynamometrissä on kaksi näyttöpäätettä, josta voi seurata molempia käyttöliittymiä testaamisen aikana.

Datmon käyttöliittymä tallentaa ajon aikana tapahtuvaa dataa erilliseen tiedostoon. Datmon tallentaa tiedot 100 Hz:n taajuudella ja tämä tarkkuus riittää erinomaisesti ajoneuvon tapahtumien analysointiin. Dataa voi myös tarkastella tarkemmin jälkikäteen ja ohjelmalla pystyy piirtämään haluamistaan tiedoista tarkempia kuvaajia haluamaltaan aikaväliltä ja haluamistaan tallennetuista tiedoista.

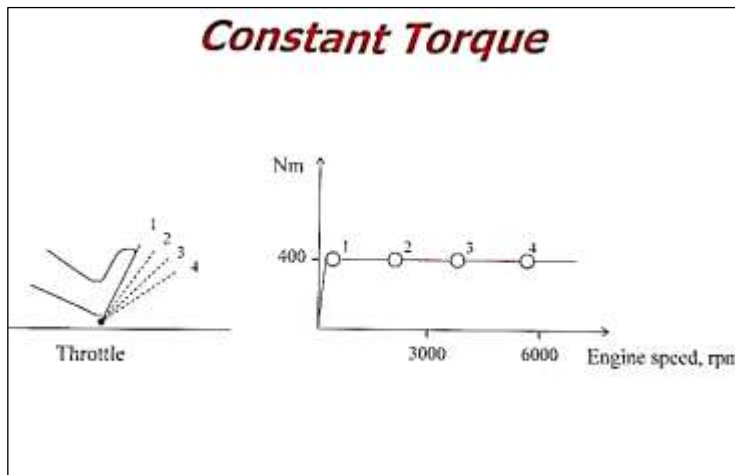
Dynovision käyttöliittymällä määritellään, minkälainen testiohjelma ajoneuvolle halutaan tehdä. Ohjelmalla pystytään simuloimaan erilaisia ajo-olosuhteita ja tilanteita. Autolaboratorioon valittiin seuraavat optiot hankintahetkellä: Kiihdytys (Sweep), Tasa-kuorma (Constant torque) ja tasanopeus (constant speed). Laitteistoon on saatavilla näiden lisäksi myös monia muita optioita.

Sweepillä pystyy simuloimaan kiihdytystä ennalta määritetyllä aikavälillä ja kierrosalueella (kuva 6). Tätä optiota käytetään yleensä perinteiseen tehonmittaukseen.



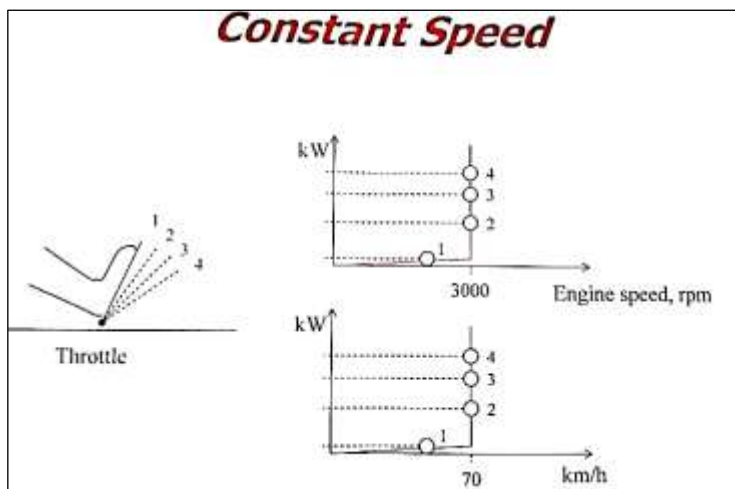
KUVA 6. Sweep (Rototest, 2011)

Constant torquella ajettaessa dynamometri pitää kuorman ennalta asetetussa määrässä ja nopeus säädetään kaasupolkimen asennolla (kuva 7).



KUVA 7. Constant torque (Rototest, 2011)

Constant speedissä dynamometri pitää nopeuden ennalta asetetussa ajonopeudessa tai kierrosluvussa ja kuorma säädetään kaasupolkimen asennolla (kuva 8)



KUVA 8. Constant speed (Rototest, 2011)

2.1.7 Taloudellinen hyöty

Rototestin käyttöönoton vaatimat investoinnit ovat pienemmät verrattuna vastaaviin kokonaisratkaisuihin. Järjestelmä ei vaadi voimavirtaa, vaan sitä voi käyttää normaalilla valovirtaliittymällä. Lisähyötyä tuo ohjelmiston helppo integroituminen muihin autoteollisuudessa käytettäviin tiedonkeruuhjelmistoihin, kuten VAG-com-ohjelmisto, joka kattaa suurimman osan VAG-konsernin ajoneuvoista. Tämän tyyppin dynamometrin käyttö ei vaadi rakenteellisia muutoksia perinteiseen autopajaan, eikä se vaadi kiinteitä asennuksia.

3 KÄYTTÖÖNOTON SUUNNITTELU

3.1 Käyttökoulutus

Käyttökoulutus Rönningessä Rototest AB:n tehtaalla toteutettiin juuri samalla laitteella, joka toimitettiin myöhemmin Tampereen ammattikorkeakoululle. Koulutukseen osallistui koululta yhteensä kaksi henkilöä. Koulutusohjelman mukaan laitteen käyttöä harjoiteltiin asiantuntijan ohjauksessa. Koulutuksessa käytiin yksityiskohtaisesti läpi seuraavat osa-alueet: Laitteen saattaminen käyttökuntoon, laitteen kalibrointi, ajoneuvon kiinnitys, turvallisuus- ja riskitekijät ja laitteen käyttö.

Koulutus jakautui kahteen osaan, joista ensimmäisessä tehtaan edustaja piti esitelmän laitteen ominaisuuksista. Teoriaosassa käytiin läpi ohjelmiston käyttöliittymät, tilattuun laitteeseen valitut optiot (sweep, constant torque ja constant speed), niiden käyttö ja niistä saatava mittaustieto. Käytännön osuus tapahtui tehtaan testilaboratoriossa, jossa harjoiteltiin kattavasti laitteen käyttöä ja käytiin läpi käytännön turvallisuusasiat. Laitteen todellinen käyttöympäristö auttoi havaitsemaan todelliset riskitekijät.

3.1.1 Valmistelut

Käytännön koulutusosuus aloitettiin dynamometriin kiinnittämällä ajoneuvoon. Tässä osassa kiinnitettiin erityisesti huomiota turvallisuuteen. Alkuvalmisteluihin kuului hydraulikkaletkujen ja sähköjohtojen asennus. Hydraulikkaletkut liittävät dynamometriyksiköt puhaltimeen. Erityisesti oli kiinnitettävä huomiota työn puhtauteen, ettei öljyn sekaan joudu hiukkasia, jotka voivat rikkoa herkästi hydraulikkakomponentit. Lisäksi ohjeistettiin, että hydraulikkaletkut eivät saisi tehdä jyrkkiä mutkia käytön aikana, eikä suuria kuormia saisi päästää letkujen päälle. Sähköjohtojen asennuksessa muistutettiin, että kytkentöjä ei saa tehdä, kun MCU:ssa on virta päällä, eivätkä johdot saa olla auton alla kuumenemisvaaran vuoksi. Sähköjohdot yhdistävät dynamometriyksiköt MCU yksikköön.

3.1.2 Kalibrointi

Laitteen kalibrointi suoritettiin ennen ajoneuvon kiinnittämistä. Kalibroinnissa käytettiin apuna dynamometriin kiinnitettävää kalibrointitankoa, johon ripustettiin ennalta tarkkaan punnittuja painoja merkattuihin kohtiin (kuva 9). Näin laitteen oma ohjelma pystyi laskemaan ja kalibroimaan kuormitusanturit.



KUVA 9. Kalibrointitanko ja painot

3.1.3 Ajoneuvon kiinnitys ja turvallisuus

Ajoneuvon kiinnityksessä korostettiin kaikkien pulttien ja muttereiden huolellista kiristämistä, koska navoissa pyörintänopeudet nousevat todella suuriksi, jopa 2500 kierrosta minuutissa. Mutterin irtoaminen testaustilanteessa aiheuttaisi vakavan vaaratilanteen. Toinen suuri riskitekijä on HCU puhaltimet, jotka tuottavat suuren ilmavirtauksen ja näin ollen puhaltimien läheisyydessä ei saa olla mitään irtotavaraa. Esimerkkinä kouluttaja kertoi tarinan, jossa puhallin oli imaissut alumiinisen juomatölkin sisäänsä, tölkki oli pirstoutunut puhaltimen lavoissa pieniksi kappaleiksi ja kappaleet lentäneet auton päälle tehden pahaa tuhoa tuulilasille ja keulan maalipinnalle.

3.1.4 Laitteen käyttö

Ensimmäisenä tutustuimme DynoVision™ ohjelmaan, joka on ajotilanteessa seurattava käyttöliittymä. Laitteen käyttö aloitettiin syöttämällä ohjelmaan auton tiedot, josta olen-

naisimpana voimansiirron välityssuhteet. Tämän tiedon avulla ohjelma tiesi moottorin todellisen pyörimisnopeuden suhteessa navan pyörimisnopeuteen. Lisäoptiona oli myös saatavilla kirjasto, jossa on 660 eri auton tiedot ja tällöin ajoneuvon tietoja ei tarvinnut erikseen määrittää.

3.2 Laitteen käyttöönotto opetuskäyttöön

Opetuskäyttö asetti omia haasteitaan asennuksen suunnitteluun. Tilankäyttö täytyi suunnitella tehokkaaksi siten, että laitteen ollessa poissa käytöstä, tilassa piti pystyä tekemään muita töitä. Lisäksi kaikki tarvittavat työkalut täytyi olla saatavilla laitteen välittömässä läheisyydessä. Näyttöpäätteiden asennus oli toteutettava siten, että näytöt on luettavissa testattavan ajoneuvon kuljettajan paikalta selkeästi. Lisähaasteena mainittakoon puhaltimien tuottama suuri ilmavirta, joka pyrki painamaan näyttöjä ajoneuvoa kohti.

Uutta pakokaasurataa suunniteltiin myös autolaboratorion tiloihin, koska dynamometrissä autoa ajettaessa sen suorituskyky viedään äärimmilleen ja ulostulevan pakokaasun lämpötila voi nousta korkeavirtteisissä autoissa jopa 700 °C. Tällöin normaalit pakokaasun poistoon tarkoitetut letkut eivät kestä. Toinen asia mikä arvelutti oli se, että riittääkö pakokaasuimureissa määrällinen poistokyky. Testasimme laboratoriossa valmiina olleella pakokaasuimurilla lämpötilaa Rototestin omalla tiedonkeruulaitteella, autoilla joita käytetään enimmäkseen laboratoriotöissä (Mitsubishi Galant 1990 GTI 2.0 DOHC 16V ja VW Golf VI 2008, 1,4 TSI) ja lämpötilat olivat alle 300 °C. Valmistajan ilmoittama lämpötilan kesto käytössä olevalle letkulle oli 315 °C, joten sen todettiin olevan riittävä tässä käyttötarkoituksessa. Dynamometrissä ajettavat autot ovat pääasiassa tehtaalta tulevassa kunnossa ja näin ollen pakokaasujen lämpötilat jäävät kohtuullisen mataliksi. Poikkeustapauksissa pakokaasut voidaan ohjata vapaasti ulkoilmaan, ja näin säästytään kalliilta letkurikoilta.

4 TOTEUTUS

4.1 Laitteiden rakentaminen

Vaikka Rototest dynamometri on käytännössä täysin liikuteltavissa, dynamometrille suunniteltiin kuitenkin kiinteä käyttöpaikka autolaboratorioon, jotta käyttö olisi helppompaa. Näytöille tehtiin seinästä puomi, jota pystyy liikuttelemaan kunkin auton kohdalle sopivaksi (Kuva 10). Ajoneuvon kiinnityksessä tarvitaan vain muutamaa tiettyä työkalua, niin päätettiin investoida kyseisiin työkaluihin. Työkaluille hankittiin oma työkalutaulu, jonka asennuspaikka oli Rototestin välittömässä läheisyydessä. Työkalutauluun tuli myös omat paikkansa napa-adaptoreille, pulteille, muttereille ja sähköjohtoille. HCU puhaltimiin piti myös tehdä imupuolelle verkko, koska tehtaalta tullessaan puhaltimissa ei ollut mitään suojaa ja imuvirta olisi pystynyt imaisemaan siipiinsä lähiseltä mitä vain ja puhaltimet olisivat voineet vaurioitua. Samalla oli myös suuri turvallisuusriski, jos siipien läpi joutuisi esineitä, jotka voisivat rikkoutua pieniksi palasiksi ja ulos lentävät palaset voisivat aiheuttaa henkilö-, sekä materiaalivahinkoja.



KUVA 10. Näyttöpäätteet

4.1.1 Näyttöpuomi

Näyttöpuomi hankittiin RITTAL valmistajalta. Puomissa on kaksi niveltä; heti seinän välittömässä läheisyydessä ja puomin puolivälissä. Seinä, johon puomi kiinnitettiin, oli valmistettu betonista. RITTALin kiinnitysratkaisussa kiinnityspisteet olivat liian lähellä toisiaan, eikä betoniseinä olisi kestänyt puomin aiheuttamaa kuormaa. Tähän ratkaisuksi laser-leikattiin 8mm teräslevystä 350x350mm pala, jossa oli nurkissa reiät. Levyn keskelle koneistettiin RITTALin puomiin sopivalla jaolla kierteet. Levy ankkuroitiin betoniin kiinni ja puomi kiinnitettiin kuusioruuveilla levyyn (kuva 11).



KUVA 11. RITTAL-puomi

Puomin siihen päähän, johon näytöt kiinnitettiin, tehtiin teräsputkesta kappale jolla näytöt saatiin kiinnitettyä toisiinsa. Rakennetulla kiinnityksellä pystyttiin myös pyörittämään näyttöjä vaakasuunnassa sekä kallistamaan pystysuunnassa (Kuva 12). Puomin putken profiili oli ontto, joten näyttöjen tarvitsemat johdot sai siististi piilotettua puomin sisälle.



KUVA 12. Näytön kääntömekanismi

4.1.2 Työkaluteline

Tarvittaville työkaluille hankittiin Würthilta gws-standardin mukainen työkalutaulu. Tarvittavia työkaluja olivat ½” räikkävääntiö pitkällä 22mm kuusiohylyllä napa-adaptoreiden kiinnittämiseen dynamometriyksiköihin, paineilmamutteriväännin auton renkaiden irrottamiseen, yleisimmät renkaiden kiinnitykseen käytetyt avainkoot (17, 19, 22mm) voimahylsyinä, sekä kiinnitykseen momenttihylsyinä. Työkalutauluun tehtiin paikat myös sähköjohtojen säilytystä varten (Kuva 13).



KUVA 13. Työkalutaulu

4.1.3 HCU jäähdytyspuhaltimet

HCU-puhaltimiin valmistettiin suojaverkko 2mm ruostumattomasta teräslevystä ja 9mm silmäkoon ruostumattomasta teräsverkosta. Ensin levystä leikkautettiin ja särmättiin ILMET Oy:llä sopivat palat, joista tehtiin kehykset kiertämään HCU puhaltimien imuaukkoja. Tämän jälkeen, kun kehykset oli TIG-hitsattu kokoon, verkosta leikattiin sopivat palat täyttämään kehysten aukot. Verkot TIG-hitsattiin kehyksiin kiinni ja kehykset kiinnitettiin HCU puhaltimiin itseporautuvilla ruuveilla (kuva 14).



KUVA 14. Suojaverkot

4.1.4 Ympäristö ja turvallisuus

Dynamometrin käytöstä aiheutuvia vaaratilanteita kartoitettiin yhdessä laboratoriohenkilökunnan kanssa. Päädyttiin siihen lopputulokseen, että dynamometrin käyttöpaikan vieressä sijaitsevan työpöydän toisella puolella ollessa ei olla vaara-alueella. Tämä on aina kerrottava sivullisille ennen dynamometrillä ajoa. Dynamometrin käyttäjä on hyvin turvassa ajoneuvon sisällä testin aikana.

4.1.5 Rakennetun käyttöympäristön testaus

Dynamometriä ja sille rakennettua käyttöympäristöä päästiin testaamaan projektityössä, jossa testattiin kahden erilaisen polttoaineen eroavaisuuksia neljällä eri autolla Rototest alustadynamometrin avulla (Liite 1). Liiteaineisto on luottamuksellinen.

5 POHDINTA

Tehtaan käyttökoulutus antoi hyvät lähtökohdat laitteen käytön perusteelliselle opettelulle. Aiempi työkokemus dynamometrien parissa oli myös hyödyksi. Laite saatiin käyttökuntoon nopealla aikataululla. Käyttöönoton aikana ilmenneisiin ongelmiin saatiin käyttötukea sähköpostin ja puhelimen välityksellä Rototest AB:lta.

Käyttöympäristön suunnittelu oli mielenkiintoista ja toimivuuden kannalta tärkeiden elementtien rakennustyöt sujuivat ongelmitta. Suunnitteluvaiheessa apuna toimi autolaboratorion henkilökunta. Ympäristöasiat ja työturvallisuus huomioitiin hyvin ja näihin asioihin saatiin jo tehtaan koulutusvaiheessa hyviä neuvoja.

Käyttöönoton onnistumista ja käyttöympäristön toimivuutta päästiin testaamaan välittömästi autolaboratorion omalla ajoneuvokalustolla. Testeissä havaitut puutteet korjattiin ja lopputuloksena saatiin toimiva ajoneuvojen testipaikka varustettuna Rototest VPA RX-33 -alustadynamometrillä.

LÄHTEET

Circle Track 9/2009. Dyno Tech-Technology Transfer, Part V. [online] [viitattu 30.3.2013]

www.circletrack.com/techarticles/139_0303_dynamometer_dyno_tech_types_overview/

Gu, J., Xu, Y., Cheng, Q. 2012. The auto car power testing error analysis with Vehicle Chassis dynamometer. *Advanced Materials Research, Advanced Building Materials and Structural Engineering*. v 461, p 169-172.

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S., Öistämö, J. 2007. Tekniikan kaavasto: Matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. *Tammertekniikka*. 208 s.

Rototest. ROTOTEST VPA-RX™ Chassis Dynamometer. Tuotesivut: Järjestelmä, toiminta, tekniset tiedot, turvallisuus, käyttökohteet. [online] [viitattu 30.3.2013]

www.rototest.com/dynamometer/dyno.php?DN=2&Visitor=8

Rototest vpa-RX johdantokurssimateriaalit ja esimerkit. 2011. EDU-J11082201 Tampere University. Rototest AB. Rönninge.

Zhu, W., Wang, D., Qi, F., Yang, D. 2011. Measurement and analysis to DIW of chassis dynamometers for automobile emissions testing. *Fourth International Seminar on Modern Cutting and Measurement Engineering. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. v 7997.