



KOMPRESSORIKAAPIN MUUTOSTYÖN LAYOUTSUUNNITTELU

Jarmo Kumpulainen

2011

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

KOMPRESSORIKAAPIN MUUTOSTYÖN LAYOUTSUUNNITTELU

Jarmo Kumpulainen

Opinnäytetyö

28.9.2011

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Kone- ja tuotantotekniikka	Insinöörityö	29	+	3
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Koneautomaatio	Syky 2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Randax Oy	Jarmo Kumpulainen			
Työn nimi				
Kompressorikaapin muutostyön layoutsuunnittelu				
Avainsanat				
Layout, suunnittelu, kompressori, sähkömoottori				

Työ oli osa kokonaisuutta, jossa verrattiin Randax Oy:n integroitavaa sähkömoottoria Gardner Denver Oy:n testauskäytössä olleen kompressorikaapin oikosulkumoottori-hihnavälityskäyttöön. Työn tavoitteena oli suunnitella kompressorikaapin muutostyö vertailutestejä varten. Lisäksi hahmoteltiin täysin uusi ratkaisuehdotus kompressorikaapista, jossa oli alusta asti Randax Oy:n sähkömoottori.

Suunniteltiin kaksi erilaista versioita testausratkaisun layoutista. Molemmista ratkaisuista mallinnettiin 3D-mallit, jotka tehtiin Autodesk Inventor -3D-CAD -ohjelmalla. Valittiin versioista parempi, johon suunniteltiin uudet kiinnikkeet kompressoriyksikkö-säiliöyhdistelmälle. Kaapin jäähdytysratkaisuksi valittiin erillinen puhallin. Kiinnikkeille suoritettiin lujuusanalyysi Catia V5R20 -ohjelmiston lujuuslaskentasovelluksella. Täysin uudesta ratkaisusta hahmoteltiin vain yksi 3D-malli.

Työn tuloksena olivat 3D-mallit sekä testausratkaisusta että täysin uudesta ratkaisuehdotuksesta. Lisäksi saatiin piirustukset testausratkaisussa käytettävistä uusista kiinnikkeistä. Kaapin jäähdytykseen valittiin Ziehl-Abeggin aksiaali-puhallin.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 KOMPRESSORIKAAPIN ALKUPERÄINEN LAYOUT	6
3 PAINEILMAJÄRJESTELMÄ.....	8
3.1 Kompressorit yleisesti	8
3.2 Ruuvikompressori.....	9
3.3 Paineilman jälkikäsittely.....	10
3.3.1 Jäähdytys.....	10
3.3.2 Ilman kuivaus.....	10
3.3.3 Paineilman puhdistaminen.....	11
3.3.4 Paineilman varastointi.....	11
3.4 Paineilman käyttökohteet	12
4 TESTAUSKOKOONPANON LAYOUTIN HAHMOTTELU.....	13
4.1 Suunnittelun aloitus	13
4.2 Eri ratkaisuvaihtoehdot	14
4.3 Vaihtoehdon valinta.....	17
5 TESTAUSKOKOONPANON YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	18
5.1 Kiinnikkeiden suunnittelu	18
5.2 Kiinnikkeiden lujuusanalyysi	19
5.3 Jäähdytysratkaisun suunnittelu	21
6 TESTAUSRATKAISUN KOKOONPANO	23
7 UUSI RATKAISUEHDOTUS	26
8 YHTEENVETO.....	28
LÄHTEET.....	29

LIITTEET

Liite1. Lähtötietomuistio

Liite 2. Piirustukset kiinnikkeistä

Liite 3. Puhallinesimerkki

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii Randax Oy, joka on erikoissähkökoneita teollisuuden toimilaitteisiin valmistava sähkötekniikan yritys. Yrityksellä on pitkä kokemus sähkökoneiden valmistuksesta. Randaxin tuotteita ovat innovatiiviset sähkökoneet, joiden keskeisimmät edut muihin ratkaisuihin ovat integroitavuus, modulaarisuus, energian säästö sekä säädettävyys. Randaxin sähkömoottorin käyttökohteita ovat muun muassa pumput, puhaltimet, kompressorit ja kuljettimet. (1.)

Opinnäytetyö on osa kokonaisuutta, jossa vertaillaan Randax Oy:n integroidun sähkömoottorin ominaisuuksia Gardner Denver Oy:n testauskäytössä olevan kompressorikaapin moottori- ja hihnavälityskäyttöön. Tarkoituksena on verrata Randaxin moottorikäytön energiankulusta sekä tilantarvetta vanhaan ratkaisuun.

Tässä työssä keskitytään vertailun mekaniikkasuunnittelu osuuteen, eli suunnitellaan kaapin muutos vertailutestejä varten. Lisäksi hahmotellaan kokonaan uusi ratkaisuehdotus, eli minkälainen ratkaisu voisi olla, jos suunniteltaisiin kompressorikaappi suoraan Randax Oy:n moottorin kanssa. Molemmissa ratkaisussa pyritään mahdollisimman yksinkertaiseen, kompaktiin ja edulliseen toteutukseen. (Liite 1.)

Tarkoituksena ei ole suunnitella valmistettavaa tuotetta vaan tutkia, minkälaisia etuja on mahdollista saavuttaa moottorin vaihdolla. Suunnitelmissa käytetään pääsääntöisesti samoja komponentteja, joita Gardner Denverin kompressorikaappi sisältää. Lisäksi testauskoonpanoon suunnitellaan uusi jäähdytysratkaisu sekä tarvittaessa uudet kiinnikkeet komponenteille. Täysin uudesta ratkaisuehdotuksesta mallinnetaan vain 3D-malli.

2 KOMPRESSORIKAAPIN ALKUPERÄINEN LAYOUT

Lähtötilanteessa kompressorikaappi on kuvan 1 mukainen. Kaapin pääkomponentit ovat oikosulkumoottori, ruuviyksikkö, yhdistetty öljy- ja ilmasäiliö, ilmansuodatin, imuventtiili, vedenerotin, kolmitieventtiili, öljyn- ja ilmanjäähdytin sekä taajuusmuuttaja ja sähkökaappi. Lisäksi kompressorikaappi sisältää sähköjohtoja, erilaisia antureita ja paineilma- sekä öljyletkuja



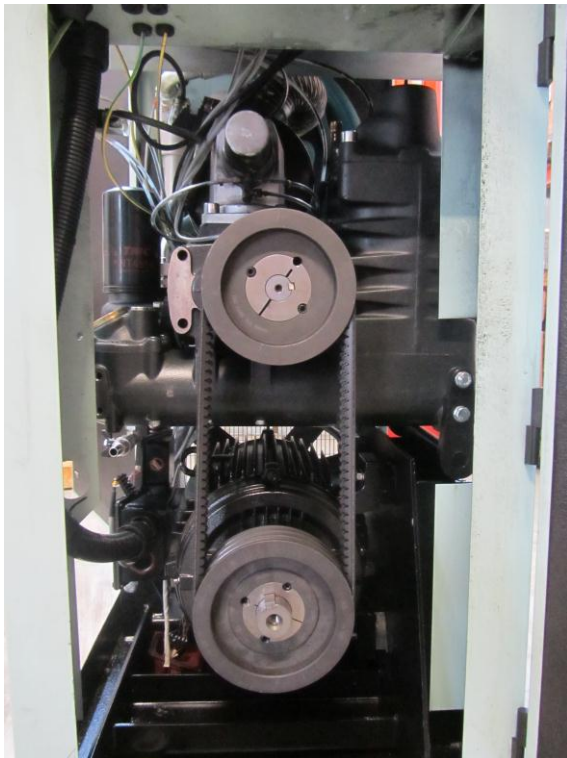
KUVA 1. Kompressorikaapin alkuperäinen rakenne sivusta

Oikosulkumoottori sijaitsee kaapin alaosassa ja sen akselille on kytketty puhallin, joka imee jäähdytysilman kaappiin. Moottori pyörittää hihnakäytöllä ruuviyksikköä, jossa ilma puristetaan haluttuun paineeseen. Ruuviyksikkö on liitetty öljy- ja ilmasäiliöyhdistelmään, jossa on kiinni myös öljynsuodatin. Säiliössä on myös integroituna öljynerotin.

Paineilma lähtee ilmasäiliöltä letkuja pitkin ilmanjäähdyttimelle, joka sijaitsee kaapin yläosassa öljynjäähdyttimen kanssa. Sieltä ilma kulkee vedenerottimen kautta ulostuloliitintään. Vedenerotin näkyy kuvassa 1 vasemmalla seinustalla.

Ison osan kaapin tilavuudesta vie myös oikosulkumoottoria ohjaava taajuusmuuttaja, joka näkyy kuvassa 1 oikeassa yläreunassa. Puristettavan ilman puhdistava ilmansuodatin on ilmanottoputken ja ruuviyksikölle ilman päästävän imuventtiilin välissä. Kolmitieventtiili sijaitsee öljynerottimen, lauhduttimen ja kompressorin välillä. Venttiilin tehtävänä on säätää lauhduttimen, eli öljynjäähdyttimen, kautta kulkevan öljyn määrän.

Oikosulkumoottori on kytketty hihnakäytöllä ruuviyksikköön, mikä näkyy kuvassa 2. Hihnan kiristys tapahtuu automaattisesti kuvassa 1 etualalla näkyvällä jousella.



KUVA 2. Kompressorikaapin alkuperäinen rakenne päädystä

3 PAINEILMAJÄRJESTELMÄ

3.1 Kompressorit yleisesti

Kompressori on laite, jolla voidaan nostaa kaasun paine vähintään kaksikertaiseksi imupaineeseen verrattuna. Kompressoreja on useita eri tyyppisiä ja eri periaatteilla toimivia. Kompressorien päätyypit ovat kineettisesti puristavat, staattisesti puristavat sekä vastavirtauspuristusta käyttävät. (2, s. 36.)

Staattisesti puristavat kompressorit sulkevat ilman tilaan, jonka tilavuus muuttuu. Tilavuuden pienentyessä paine nousee. Suurin osa kompressoreista on staattisesti puristavia. Staattisesti puristavia kompressoreita ovat esimerkiksi mäntä-, lamelli-, kalvo- ja ruuvikompressorit. (2, s. 36–38.)

Kineettisesti puristavat kompressorit kiihdyttävät kaasun virtauksen tiettyyn nopeuteen, yleensä juoksupyörän avulla, ja kun ilmavirtausta jarrutetaan paine nousee. Kineettisessä puristuksessa paine on tasaista ja jatkuvaa. Esimerkiksi radiaali- ja aksiaalikompressorit ovat kineettisesti puristavia. (2, s. 36–38.)

Vastavirtauspuristusta käyttävissä kompressoreissa ilmaa siirretään imupuolelta painepuolelle, ja kun ilman virtausta vastustetaan, paine nousee. Kaksiroottorinen kiertömäntäpuhallin on vastavirtauspuristava kompressori. (2, s. 37–38.)

Yleisimmät kompressorityypit ovat ruuvi-, mäntä- ja lamellikompressori. Näistä mäntäkompressorilla on kaikista laajin toiminta-alue, ja sillä päästään jopa 100 MPa:n paineeseen. Ruuvikompressorin käyttöalue loppuu yleensä n. 20 MPa:iin. Lamellikompressorit ovat tyypillisesti tarkoitettu alle 10 MPa:n paineille. (3, s. 26.)

3.2 Ruuvikompressori

Ruuvikompressori kehitettiin 1930-luvulla. Tarvittiin pyörivää kompressoria, joka pystyy suureen ja vakaaseen tuottoon vaihtelevissa olosuhteissa. (4, s. 37.)

Kompressori rakentuu kahdesta vierekkäin olevasta roottorista, ruuvi- ja luistiroottorista. Näitä ympäröi kompressorin runko, joka yhdessä roottoreiden kanssa muodostaa puristustilan. Roottorit imevät ilman rungossa olevan imuventtiilillä ohjattavan aukon kautta, ja kun ne pyörivät, ilma joutuu suljettuun tilaan ja se alkaa puristua. Kun taloudellisin paine on saavutettu, paineilma virtaa poistoaukosta paineputkeen. (2, s. 39–40.)

Jokaisella ruuviyksiköllä on vakio painesuhde, joka riippuu ruuvien pituudesta, noususta ja poistoaukon muodosta. Paras hyötysuhde saavutetaan, kun painesuhde olla mukautettu tarvittavaan työpaineeseen. (4, s. 34.)

Ruuvikompressorissa ei ole sisäisiä venttiileitä eikä siinä tapahdu mekaanisia voimia, jotka aiheuttaisivat epätasapainoa. Tämä tarkoittaa sitä, että roottorit voivat pyöriä suurella nopeudella ja jo suhteellisen pieni yksikkö voi tuottaa suuren tilavuusvirran. (4, s. 34.)

Ruuvikompressorit voivat olla voideltuja tai voitelemattomia. Voitelemattomissa kompressoreissa roottorit eivät kosketa toisiaan, tai kompressorin runkoa, joten voitelua ei tarvita. Tällöin tuotettu paineilma on myös täysin öljytöntä. Voitelemattomissa ruuvikompressoreissa painesuhdetta rajoittaa imuilman ja ulosvirtauksen lämpötila ero. Tämän takia voitelemattomat ruuvikompressorit rakennetaan usein monivaiheisiksi. (4, s. 34.)

Voidelluissa ruuvikompressoreissa kompressori jäähdytetään ja voidellaan nesteellä, joka ruiskutetaan puristustilaan. Yleisin voiteluaine on öljy, mutta myös muita nesteitä kuten vettä käytetään. Voidelluissa ruuvikompressoreissa päästään suuriin painesuhteisiin ja yhdellä vaiheella jopa 13 bar:n paineeseen. Häviöt ovat myös pieniä eli yksiköt ovat hyötysuhteeltaan hyviä. (4, s. 36.)

Ruuvikompressorit ovat selvästi eniten käytetty kompressorityyppi teollisuudessa. Ruuvikompressoriyksikkö on usein asennusvalmis kaappi, joka sisältää kaikki tarvittavat komponentit, kuten vedenerottimen, öljysäiliön, ilman- ja öljynjäähdyttimen. (2, s. 40.)

3.3 Paineilman jälkikäsitteily

Paineilman käyttökohteen tarpeen mukaan tarvitaan myös vaihteleva määrä muita komponentteja, joilla käsitellään paineilma niin, että se on käyttökohteeseen sopivaa. Valmiissa ruuvikompressorikaapissa suurin osa näistä komponenteista sijaitsee valmiina. (2, s. 40.)

3.3.1 Jäähdytys

Ilma, kuten muutkin kaasut, lämpenee sitä puristettaessa, joten sitä joudutaan jäähdyttämään, jotta se sopisi käyttökohteelle. Yleensä puristuksen jälkeen ilman lämpötila on 70 - 200 °C. Paineilma johdetaan jäähdyttimen läpi, jolloin se jäähtyy, mutta samalla siihen kondensoituu vettä, joka täytyy poistaa. Jäähdyttämiseen käytetään joko ilmajäähdytintä tai vesijäähdytintä, joista vesijäähdytin on huomattavasti tehokkaampi. (4, s. 75.)

3.3.2 Ilman kuivaus

Paineilman käyttötarpeen mukaan ilmasta poistetaan tiivistynyt vesihöyry joko vedenerottimella tai tarvittaessa kuivempaa ilmaa, ilmankuivaimella. Ylimääräinen vesi ruostuttaa putkistoa ja aiheuttaa toimintahäiriöitä toimilaitteisiin. Tämä taas aiheuttaa ylimääräisiä huoltoseisokkeja.

Vedenerottimessa paineilma ohjataan pyörivään liikkeeseen, jolloin siinä olevat pienet vesipisarot sinkoutuvat kotelon seinälle ja valuvat erottimen pohjalle, jossa on joko manuaalinen tai automaattinen tyhjennys. Vedenerotin on usein osa huoltoyksikköä, joka sisältää ilmansuodattimen ja tarvittaessa sumutinvaihtelulaitteen. (2, s. 46.)

Ilmankuivaamiseen voidaan käyttää joko adsorptiokuivainta tai jäähdytyskuivainta. Jäähdytinkuivaimessa paineilman lämpötila jäähdytetään aluksi noin +2 °C:seen ja sitten siitä poistetaan lauhdevesi. Tämän jälkeen ilma lämmitetään lämmönvaihtimella uudestaan huoneilman lämpötilaan. (3, s. 33.)

Mikäli paineilmaa tarvitaan alhaisemmissa lämpötiloissa on valittava tehokkaampi menetelmä. Adsorptiokuivauksessa paineilma kulkee vettä sitovan aineen läpi, mikä poistaa suurimman osan ilman sisältämästä vesihöyrystä. Adsorptiokuivaimella päästään jopa -80 °C:seen kastepisteeseen. Adsorptiokuivaimen heikkoutena on adsorptiomateriaalin vaihtotarve tasaisin väliajoin. (3, s. 33.)

3.3.3 Paineilman puhdistaminen

Ilmansuodatus tarve riippuu luonnollisesti paineilman käyttötarkoituksesta. Suodattimien käyttö on järjestelmän toiminnan kannalta usein välttämätöntä, koska lähes kaikki toimilaitteiden häiriöt paineilmanverkossa johtuvat verkkoon kertyneistä epäpuhtauksista. Suodatusaste valitaan käytettävien komponenttien vaatimusten mukaan. (3, s. 45.)

Öllyvoidelluissa kompressoreissa öljy voidaan joutua erottamaan paineilmosta. Sitä varten on olemassa öljynerottimia. Useissa kohteissa toimilaitteet jopa tarvitsevat voitelua, joten silloin ainakin osa öljystä jätetään paineilmaan, jolloin se voitelee toimilaitteita niiden toimiessa. Jos paineilma tuotetaan öljyttömällä kompressorilla ja toimilaitteissa tarvitaan voitelua, käytetään erillistä sumutinvoitelulaitteistoa. (2, s. 45.)

3.3.4 Paineilman varastointi

Yleensä paineilmajärjestelmään kuuluu yksi tai useampi paineilmasäiliö. Säiliön koko määräytyy kompressorin kapasiteetin ja ilmantarpeen vaihteluiden mukaan. Säiliön tehtävänä on tasoittaa kompressorin aikaansaamat painevaihtelut ja toimittaa järjestelmään tasaista paineilmaa. Lisäksi säiliö jäähdyttää ilmaa ja kerää lauhdevettä sekä toimii paineilmanvarastona. Joissain

tapauksissa erillistä paineilmasäiliötä ei tarvita, varsinkin jos paineilmaverkosto on tarpeeksi laaja sekä kompressorin tuotto on tasaista. (3, s. 27, 31.)

3.4 Paineilman käyttökohteet

Paineilmaan on käytetty teollisuudessa jo 1800-luvun loppupuolelta asti. Nykyisin sen käyttö on jatkuvasti lisääntynyt ja on laskettu, että Suomessa jopa 8 % sähköenergiasta menisi paineilman tuottamiseen. Paineilmaa käytetään suoran työn suorittamiseen, pyörimisliikkeen aikaansaamiseen, ja edestakaisen liikkeen aikaansaamiseen sylinteripneumatiikalla. (3, s. 35.)

Paineilman suorakäyttö tarkoittaa sitä, että käytetään paineilman puhallusenergia suoraan hyödyksi. Esimerkkejä tällaisista sovelluksista ovat esimerkiksi putkiposti, ruiskumaalaus sekä hiukkapuhallus. (3, s. 36–38.)

Paineilmalla tuotettavaa pyörimisliikettä käytetään hyödyksi esimerkiksi erilaisissa hiomakoneissa, mutterinvääntimissä sekä iskevissä työkaluissa, kuten taltoissa ja piikkareissa. Hammaslääkärin porissa käytettävä nopeasti pyörivä turbiinimoottori on myös paineilmalaite. (3, s. 39–41.)

Sylinteripneumatiikka on yksi pneumatiikan nopeimmin kehittyvistä osa-alueista. Sylintereitä käytetään taakan siirtämiseen, kääntämiseen ja nostamiseen erilaisissa koneautomaation sovelluksissa. (3, s. 41–42.)

Paineilma soveltuu hyvin kohteisiin, joissa (3, s. 35)

- vaaditaan nopeita liikkeitä
- käsitellään kevyitä kappaleita
- liikkeet tapahtuvat rajatulla alueella
- edellytetään pehmeitä liikkeitä
- vaaditaan hygieenisyyttä
- toimitaan palo- tai räjähdysvaara-alueella.

4 TESTAUSKOKKONPANON LAYOUTIN HAHMOTTELU

Testauskokoonpanon layoutin sekä uuden layout-ratkaisun suunnitteluun käytettiin Autodesk Inventor -3D-CAD-ohjelmaa. Inventor soveltui tähän työhön parhaiten, koska myös Randax Oy:llä on sama ohjelma käytössä, joten mallien tarkastelu yhdessä yrityksen kanssa onnistui helposti.

Gardner Denver Oy:ltä saatiin kaapin alaosasta 3D-malli, joka sisälsi kaapin rungon, oikosulkumoottorin, alkuperäiset kiinnikkeet sekä ruuviyksikön. Muista komponenteista tehtiin 3D-mallit päämittojen mukaan. Koska tarkoituksena oli suunnitella uusi layout, ei ollut tarvetta mallintaa komponentteja tätä tarkemmin. Paineilma- ja öljyletkuja ei mallinnettu.

4.1 Suunnittelun aloitus

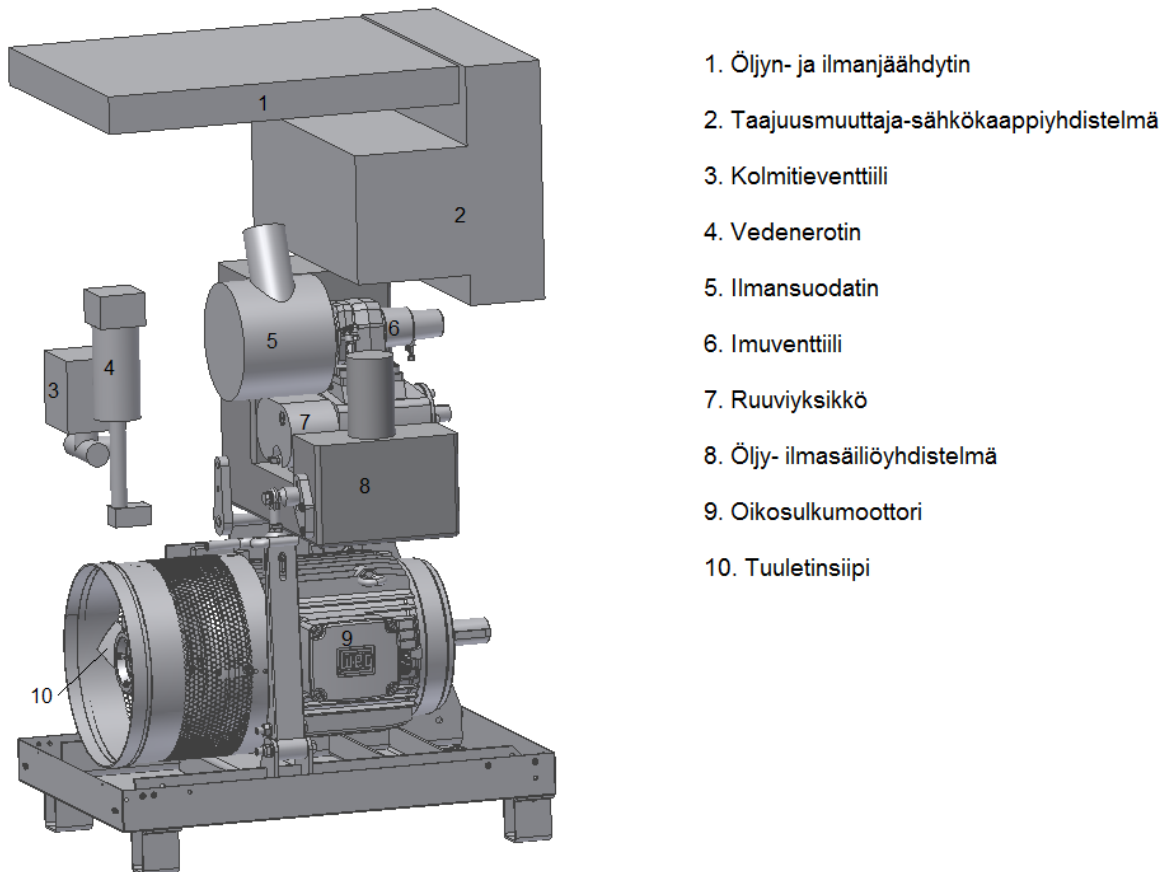
Ensiksi täytyi selvittää, mitä rajoitteita testauskokoonpanolle on asetettu. Koska tarkoituksena on testata Randaxin moottorin paremmuutta alkuperäiseen moottoriin, ei testikäyttöön tarkoitettua rakennetta pystytä kovin paljon muokkaamaan, jotta testitulokset ovat vertailukelpoisia. Oli myös otettava huomioon, että Randaxin sähkömoottori asennetaan ruuviyksikön perään, suoraan yksikön akselille. Lisäksi välissä on vielä kiinnityslaippa, jolla sähkömoottorin runko kiinnitetään ruuviyksikköön. Nämä komponentit pidentävät yhdistelmää, joten ruuviyksikköä on siirrettävä, jotta koko paketti saataisiin mahtumaan kaapin sisään.

Isoin rajoittava tekijä suunnittelussa oli tilan puute. Kaappi oli jo valmiiksi suhteellisen kompakti paketti, joten ylimääräistä tilaa ei paljon ollut. Muita rajoitteita aiheuttivat eri komponenttien vaatimukset. Esimerkiksi vedenerottimen täytyy olla pystysuorassa toimiakseen tehokkaasti. Ruuviyksikön täytyy myös olla vaakasuorassa, jotta se toimii tarkoituksen mukaisella tavalla. Jos yksikkö on liikaa kallellaan, se joko saa liikaa voitelua tai liian vähän, joka aiheuttaa vaikeuksia ilman puristuksessa (5). Yksi tärkeä huomioon otettava asia, oli myös kaapin

sisällä kulkevan ilmavirran huomioiminen, että komponentit saavat riittävän jäähdytyksen.

4.2 Eri ratkaisuvaihtoehdot

Aluksi mallinnettiin kompressorikaapin nykytilaa vastaava 3D-malli (kuva 3), jonka perusteella suunniteltiin uudet versiot. Pääkomponentit on numeroitu kuvaan tunnistamisen helpottamiseksi. Kaapin seinämät on myös jätetty pois kuvasta hahmottamisen helpottamiseksi.

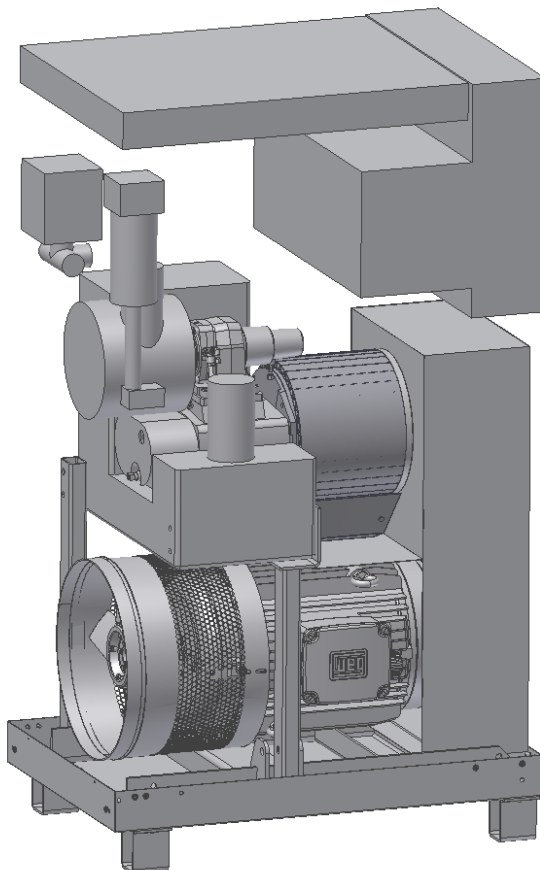


KUVA 3. Alkuperäinen rakenne

Testauskoonpanosta hahmoteltiin kaksi erilaista ratkaisuvaihtoehtoa. Molemmissa vaihtoehdoissa ruuviyksikkö sekä säiliötä siirrettiin sivusuunnassa vasemmalle, mahdollisimman lähelle seinää, jotta Randaxin sähkömoottorille sekä sen jäähdytykselle saataisiin riittävästi tilaa. Vedenerotin, taajuusmuuttaja sekä

öljyn- ja ilmanjäähdytin jätetään samoille paikoilleen missä ne olivat alkuperäisessä ratkaisussa. Kolmitieventtiin paikkaa joudutaan muuttamaan, mutta sen tarkka sijainti määräytyy vasta asennusvaiheessa, koska sitä on pienenä komponenttina helppo siirtää, ja sen sijainnilla ei ole laitteen toiminnan kannalta merkitystä.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa (kuva 4) päädyttiin ratkaisuun, jossa kaapin alkuperäinen oikosulkumoottori hoitaa kaapin sekä Randaxin moottorin jäähdytyksen. Tällöin täytyi suunnitella, miten saadaan ilma johdettua tarpeeksi tehokkaaksi Randaxin moottorille, jotta se toimisi parhaalla mahdollisella tavalla. Tästä ratkaisusta otettiin hihnapyörät, hihna sekä hihnankiristys pois, koska oikosulkumoottorin tehtävä on pyörittää vain jäähdytinsipeä.

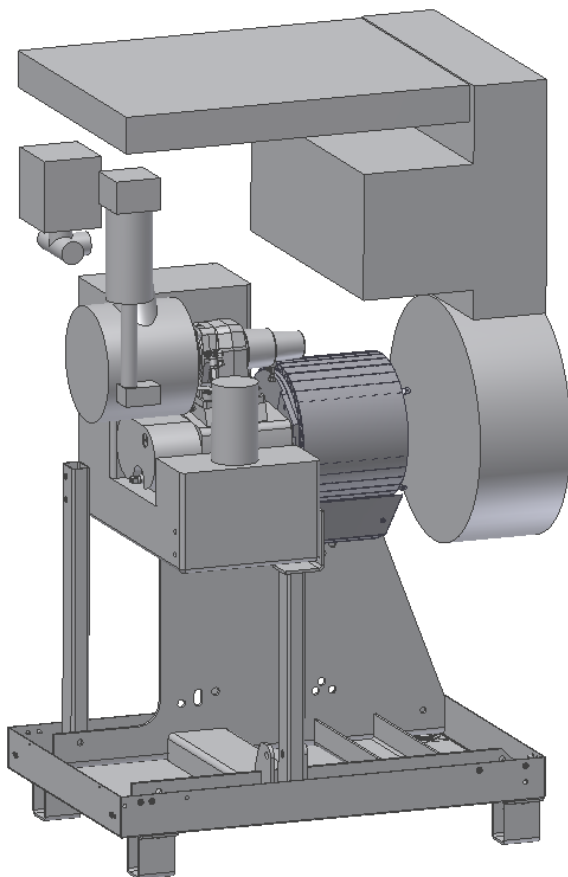


KUVA 4. Testauskoonpano, vaihtoehto 1

Kaapin oikeaan reunaan suunniteltiin ilmakehanava, joka ohjaa oikosulkumoottorin sivusta tulevan ilmavirran Randaxin moottorille. Tämän ratkaisun etuna olisi, ettei tällöin tarvittaisi erillistä tuuletinta Randaxin moottorin jäähdytykseen.

Huono puoli ratkaisussa taas olisi tilaa vievä ilmakanava. Lisäksi ei voida olla varmoja, että tarpeeksi suuri ilmavirta kulkisi Randaxin moottorille asti ja se saisi näin riittävän jäähdytyksen. Koska kaapin omalla taajuusmuuttajalla ohjattaisiin Randaxin moottoria, tarvittaisiin oikosulkumoottorin ohjaukseen myös toinen taajuusmuuttaja.

Toiseen ratkaisuvaihtoehtoon (kuva 5) suunniteltiin erillinen puhallin hoitamaan kaapin jäähdytys. Tässä ratkaisussa ei enää tarvita kaapin alkuperäistä oikosulkumoottoria. Puhaltimen paikkaa mietittäessä ainoaksi järkeväksi ratkaisuksi muodostui puhaltimen sijoittaminen Randaxin moottorin perään kiinnitettynä kaapin oikeanpuoleiseen seinään. Tällöin puhaltimen muodostama ilmavirta kulkisi suoraan Randaxin moottorin ohi jäähdyttäen sitä ja lopulta ilmavirta poistuisi kaapin katossa olevien paineilman- ja öljynjäähdyttimen kautta.



KUVA 5. Testikokoonpano, vaihtoehto 2

Ratkaisun toteutus olisi yksinkertaisempi ja samaa rakennetta voisi tulevaisuudessa käyttää, kun kompressorikaappi otetaan testien jälkeen tuotantokäyttöön.

Muita etuja olisi mm. se, ettei tarvitse rakentaa erillisiä ilmanohjaimia, eli rakenne yksinkertaistuu. Lisäksi ei tarvita toista taajuusmuuttajaa oikosulkumoottorin ohjaamiseen. Huono puoli on, että pitää huomioida puhaltimen tehonkulutus mittauksissa, että saadaan yhteensopivaa vertailutietoa.

4.3 Vaihtoehdon valinta

Testauskokoonpano vaihtoehdon valinta suoritettiin yhteistyössä Gardner Denver Oy:n sekä Randax Oy:n kanssa. Päädyttiin vaihtoehtoon 2, jossa käytetään pakkopuhallinta kaapin sekä Randaxin moottorin jäähdytykseen. Tämän ratkaisun valitsemista puolsi muun muassa se, että

- ei tarvitse rakentaa ahtaaseen tilaan erillisiä ilmakehanavia
- voidaan olla varmoja, että kaikki komponentit jäähtyvät tarpeeksi
- ei tarvita alkuperäistä oikosulkumoottoria
- testauksesta selvittäisiin pelkästään yhdellä taajuusmuuttajalla.

Tarpeeksi tehokasta pakkopuhallinta ei kuitenkaan pystytty hankkimaan testiaikataulun puitteissa. Näin ollen päädyttiin vaihtoehtoon, jossa kaapin jäähdytys hoidetaan testien ajan oikosulkumoottorilla ja Randaxin moottorin jäähdytys erillisellä pienellä puhaltimella. Rakenne on kuitenkin sellainen, että uuden pakkopuhaltimen asennus tulevaisuudessa onnistuu, kun kaappi otetaan testiajojen jälkeen paineilman tuotantokäyttöön Sähkö-Rantek Oy:llä.

5 TESTAUSKOKKONPANON YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

5.1 Kiinnikkeiden suunnittelu

Komponentit sijoitetaan testausratkaisussa uudella tavalla, joten alkuperäisiä kiinnikkeitä täytyy muokata tai valmistaa kokonaan uudet kiinnikkeet. Kiinnikkeet suunniteltiin sellaisiksi, että samoja kiinnikkeitä voidaan käyttää sekä testikokoonpanossa että tulevaisuudessa, kun kompressori jää testiajojen jälkeen tuotantokäyttöön Sähkö-Rantek Oy:lle.

Yksinkertaisin ratkaisu on valmistaa kokonaan uudet kiinnikkeet. Koska tarkoitus ei ole valmistaa tuotantoon tulevaa laitetta vaan prototyyppi, kiinnikkeiden ulkonäöllä ei ole suurta merkitystä vaan kiinnikkeiden oikea toiminta on pääasia. Päämääränä oli suunnitella mahdollisimman yksinkertaiset ja edullisesti valmistettavat kiinnikkeet.

Alkuperäisessä kompressorikaapin layoutissa säiliö-ruuviyksikköyhdistelmä oli kiinnitetty kolmesta kohtaa kaapin runkoon. Uudessakin ratkaisussa kolme kiinnityskohtaa on riittävästi. Yhdistelmä otetaan muuten kiinni samoista kohdista, mutta etureunan kiinnitys vaihdetaan eri puolelle. Kaikista uusista kiinnikkeistä tehdään jäykkiä, koska yhdistelmään ei enää tarvitse pystyä liikuttamaan.

Päädyttiin ratkaisuun, jossa kiinnikkeet valmistetaan suorakaiteen muotoisista RHS 60x40x3 teräsprofiileista. Palkkeihin tehdään yläpäähän 14 mm:n vapaareiät joiden läpi säiliö kiinnitetään M12:n kokoisilla kuusioruuveilla. Alapäihin tehdään viisteet, jotta palkit saadaan tukevasti kiinni runkorakenteeseen rungon pyöristyksistä huolimatta. Etureunan kiinnikkeeseen tehdään saman profiilisen palkin yläpäähän hitsattava korvake särmäämällä 6 mm:n teräslevystä, johon tehdään myös 14 mm:n kokoiset vapaareiät ruuviyksikkö-säiliöyhdistelmän kiinnittämistä varten. Korvake tehdään sen verran suureksi, että siinä on olemassa asennusvaiheessa pieni säätövara.

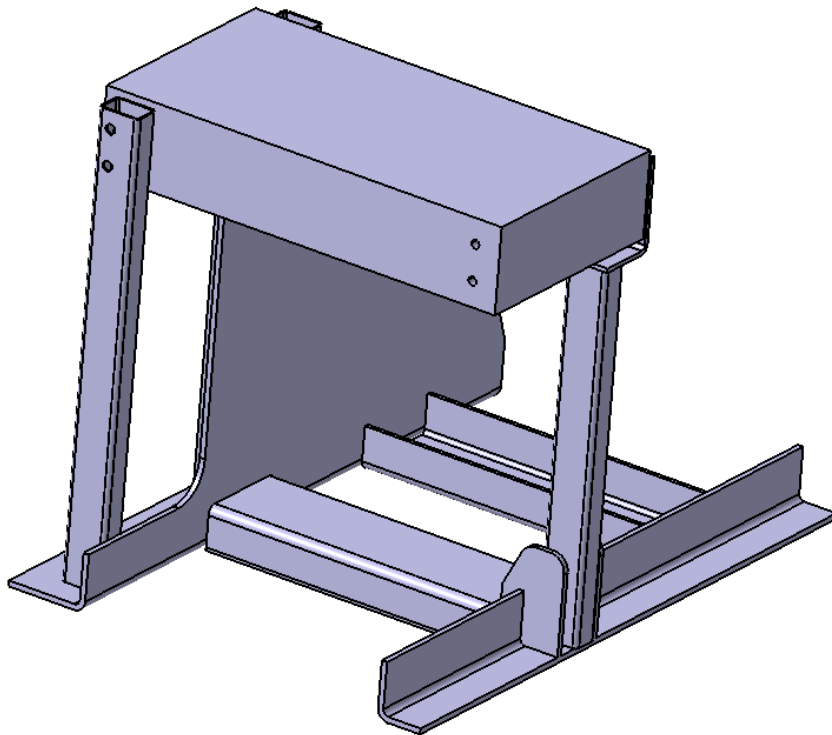
Kiinnikkeiden asentamisessa kaapin runkoon oli kaksi vaihtoehtoa: joko ne hitsataan kiinni runkoon tai kiinnitetään ruuviliitoksilla. Hitsausvaihtoehdon etuna olisi helppo asennus sekä tukeva kiinnitys, mutta kiinnikkeiden helppo irrottaminen ei tällöin olisi mahdollista. Ruuviliitoksen etuna taas olisi helppo irrotettavuus, mutta tällöin kaapin alarunkoon jouduttaisiin poraamaan reikiä, mikä tilanpuutteen vuoksi olisi ollut todella hankalaa. Päädyttiin ratkaisuun, jossa takaseinän puoleiset kiinnikkeet hitsataan kiinni. Etummainen kiinnike kiinnitetään ruuviliitoksella, samaan kohtaan missä alkuperäisessä ratkaisussa sijaitsi hihnakäytön kiristysjousi.

Palkkien materiaalina käytetään S235 rakenneterästä ja korvakkeeseen käytetään astetta kestävämpää S355 rakenneterästä. Kiinnikkeiden piirustukset ovat liitteessä 2.

5.2 Kiinnikkeiden lujuusanalyysi

Kiinnikkeiden täytyy kestää ruuviyksikön, yhdistetyn ilma- ja öljysäiliön sekä Randaxin moottorin aiheuttama kuormitus. Ruuviyksikkö-säiliöyhdistelmä painaa n. 200 kg ja Randaxin sähkömoottori kiinnityslaipan kanssa n. 65 kg. Eli rakenteelle tulee yhteiskuormitusta noin 265 kg. Kiinnikkeiden staattinen lujuusanalyysi suoritettiin Catia V5R20 –ohjelmiston lujuuslaskentasovelluksella.

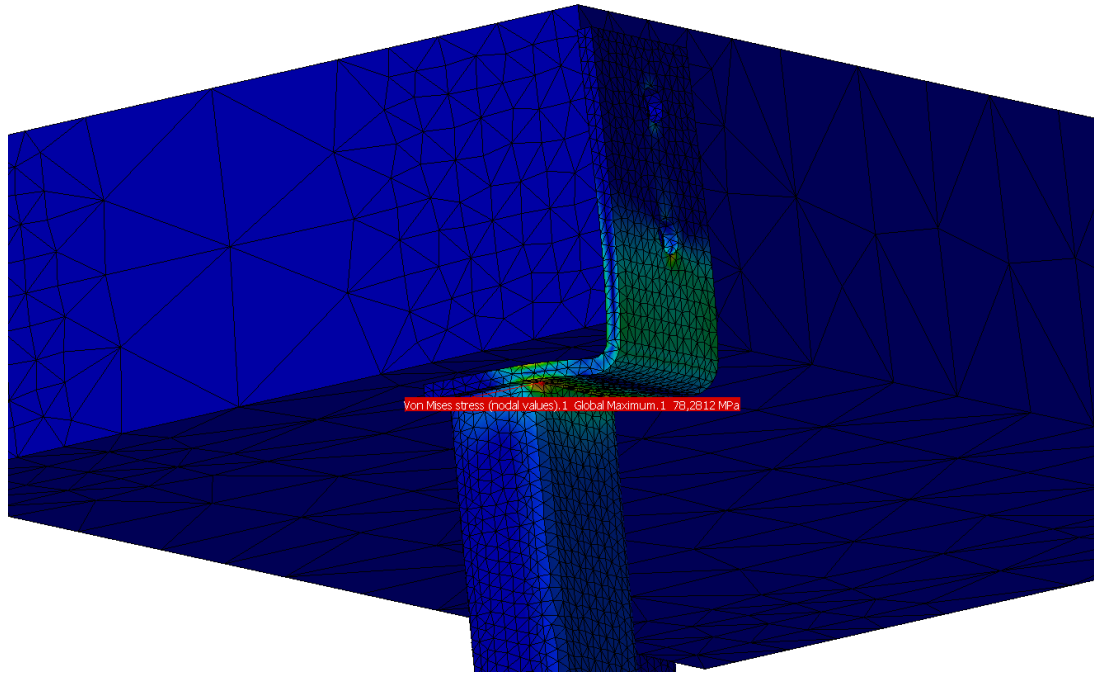
Aluksi mallinnettiin kaapin runkorakenne ja kiinnikkeet Catiaan (kuva 6). Kiinnikkeet sijoitettiin alaosistaan kiinteästi kiinni runkorakenteeseen, eli kuten ne tulevat olemaan hitsauksen jälkeen. Sitten mallinnettiin yksinkertainen kuormituslevy, joka sijoitettiin ruuviyksikkö-säiliö-moottoriyhdistelmän tilalle analyysimalliin. Yhdistelmä korvattiin kuormituslevyllä sen takia, että näin on helpompi arvioida kiinnikkeisiin kohdistuvia kuormituksia.



KUVA 6. Catian analyysimallissa käytetty runkorakenne kiinnikkeineen

Ruuviyksikkö-säiliö-moottoriyhdistelmän painopiste arvioitiin ohjelmiston avulla ja tämä painopiste sijoitettiin kuormituslevyyn ja siihen kohtaa laitettiin vaikuttamaan koko kuormituksen suuruinen voima. Tällä tavoin saatiin arvioitua kiinnikkeisiin vaikuttava kuormitus riittävän tarkasti. Sitten tarkasteltiin ohjelman antamia yhdistetyn jännityksen arvoja, jotka jäivät oletetusti suhteellisen pieniksi.

Suurin jännitys kohdistui etulaidan kiinnikkeessä olevaan korvakkeeseen hitsisauman kohdalle (kuva 8). Jännityksen suuruus oli 78 MPa. Korvake valmistetaan S355 rakenneteräksestä jonka myötölujuus on 355 MPa. Kappaleessa on näin ollen yli nelinkertainen varmuus myötöön nähden. Tällä jännityksen arvolla suurimmaksi siirtymäksi tuli 0,2 mm.



KUVA 8. Suurin kiinnikkeisiin kohdistunut jännite

Laskennan mukaan kiinnikkeissä on hyvin suuri varmuuskerroin, mutta koska niihin kohdistuu myös kompressorin pyörimisestä aiheutuva dynaaminen kuormitus, on parempi suunnitella ne varmanpäälle. Lisäksi 60x40 palkki on profiiltaan sen kokoinen, että se soveltuu kyseisen yhdistelmän kiinnitykseen hyvin. Koska kyse ei ole sarjavalmisteisesta tuotteesta ei tarvitse viimeiseen asti optimoida materiaalin tarvetta, koska yhdessä ratkaisussa ei hinnallisesti juuri tule eroa.

5.3 Jäähdytysratkaisun suunnittelu

Kaapin jäähdytys päätettiin hoitaa seinään sijoitetulla pakkopuhaltimella. Valittavan puhaltimen täytyy pystyä jäähdyttämään randaxin moottori, tuotettava paineilma sekä järjestelmässä kiertävä öljy. Lisäksi puhallin saa olla leveydeltään korkeintaan 500 mm, jotta se mahtuisi kiinni kaapin seinään.

Kaapissa tarvitaan n. 150 pascalin ylipaine ja 1,6 m³/s ilmavirtaus, jotta jäähdyttimien läpi virtaa tarpeeksi kylmää ilmaa. Tähän kyseiseen toimintapisteeseen päästäisiin esimerkiksi Ziehl-Abeggin FE050 aksiaalipuhaltimella (7, s. 19) (liite

3), jonka halkaisija on juuri 500 mm. Puhaltimen kiinnityslevyä joutuisi hiukan muokkaamaan, mutta sen kuitenkin saisi mahtumaan sille varattuun tilaan. Lisäksi seinään pitäisi tehdä puhaltimelle reikä, josta se imee ilman kaapin sisälle.

Kaapin ylijäähtymistä tai ylipainetta ja kondensioveden muodostumista öljysäiliöön ei tarvitse pelätä, koska kompressori on varustettu sähköisellä termostaattilla, joka pitää tuottolämpötilan oikeana vaikka konetta jäähdytettäisiin liikaa.

(6.)

6 TESTAUSRATKAISUN KOKOONPANO

Testausratkaisun kokoonpanoon tarvittavat uudet kiinnikkeet teetettiin KR-koneistus Oy:llä. Varsinainen kokoonpanotyö suoritettiin Sähkö-Rantek Oy:n tiloissa Oulun Ruskossa.

Ennen kokoonpanovaihetta koko kaappi oli purettuna osiin. Kokoonpano aloitettiin kiinnittämällä uudet kiinnikkeet kaapin runkoon. Kaapin takaseinän puoleisista kiinnikkeistä oikeanpuoleinen (liite 2/3) päädyttiin asennusvaiheessa kiinnittämään alustavista suunnitelmista poiketen ruuviliitoksella (kuva 9). Kaapin runkoon ja kiinnikepalkkiin porattiin 14 mm:n reiät ja kiinnike pultattiin kiinni runkoon. Tämän kiinnityspaikan perusteella määräytyi ruuviyksikön tarkka sijainti, jonka mukaan toinen takaseinämän puoleinen kiinnike (liite 2/2) hitsattiin kiinni. Etupuolelle tullut kiinnike kiinnitettiin ruuviliitoksella suunnitelmien mukaan.



KUVA 9. Takaseinämän oikeanpuoleinen kiinnike

Korvakkeesta (liite 2/6) ja tukipalkista (liite 2/5) koostuva kiinnike (liite 2/4) hitsattiin kokoon vasta asennusta suoritettaessa, jolloin voitiin varmistua siitä, että se tulee oikealle kohdalle. Korvaketta päätettiin vielä vahvistaa pienellä kolmion muotoisella tukiraudalla, joka hitsattiin korvakkeen ja kiinnikepalkin väliin (kuva 10).



KUVA 10. Etupuolen kiinnike

Kun uudet kiinnikkeet oli saatu asennettua, asennettiin kompressoriyksiköstä, imuventtiilistä ja ilma- sekä öljysäiliöstä koostuva yhdistelmä paikoilleen. Tämän jälkeen kiinnitettiin kaapin päätyseinät paikoilleen.

Seuraavaksi asennettiin kaapin jäähdytyksestä vastaava oikosulkumoottori paikalleen. Oikosulkumoottorin kiinnitystä jouduttiin hiukan muuttamaan alkuperäisestä, koska sen ilmanohjain otti kiinni uuteen kiinnikkeeseen, mikä taas aiheutti sen, että jäähdytinsiipi ei päässyt pyörimään vapaasti. Tässä vaiheessa kiinnitettiin myös loput seinämät paikoilleen.

Vedenerotin asennettiin entiselle paikalleen, kuten myös jäähdyttimet sekä taajuusmuuttaja-sähkökaappiyhdistelmä. Kolmitieventtiiliä siirrettiin hiukan ylemmäksi alkuperäisestä paikasta. Viimeiseksi kiinnitettiin öljy- ja ilmaletkut, sekä sähköjohdot niille kuuluville paikoille.

Randax Oy:n sähkömoottori oli kaapin kokoonpanovaiheessa maalauksessa, joten se asennettiin vasta myöhemmässä vaiheessa. Kompressorikaapin rakenne muutostyön jälkeen näkyy kuvassa 11.



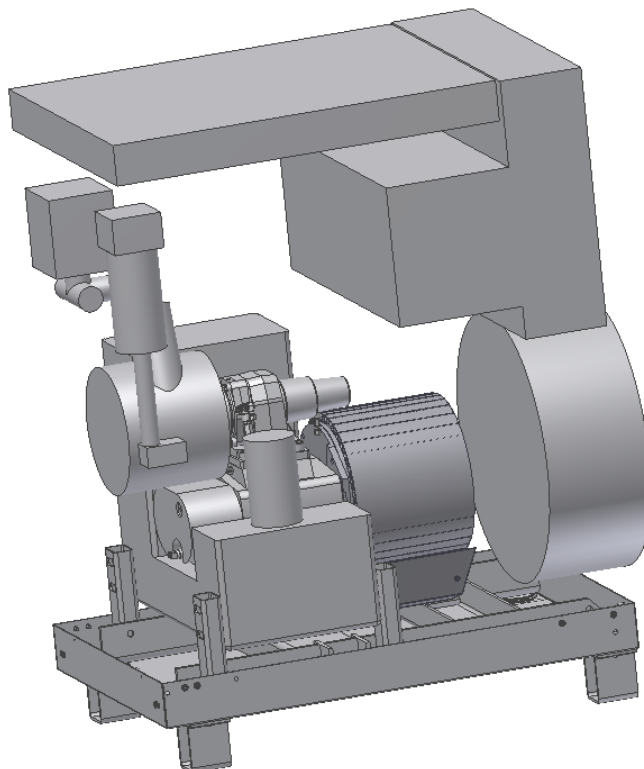
KUVA 11. Kompressorikaappi muutostyön jälkeen

7 UUSI RATKAISUEHDOTUS

Opinnäytetyön tehtävänantoon sisältyi testausratkaisun suunnittelun lisäksi hahmotelma täysin uudesta ratkaisuehdotuksesta. Tämä ratkaisu suunniteltiin alusta asti Randax Oy:n sähkömoottorin ympärille.

Uusi ratkaisu suunniteltiin käyttäen Randaxin moottoria sekä alkuperäisen ratkaisun komponentteja, pois lukien oikosulkumoottori. Muuten lähdettiin kuitenkin liikkeelle niin sanotusti puhtaalta pöydältä. Ratkaisun tarkoituksena oli olla mahdollisimman kompakti ja yksinkertainen paketti.

Koska uudessa ratkaisussa (kuva 12) kompressoriyksikköä pyörittävä moottori kiinnitettäisiin suoraan ruuviyksikön akselille, tilan tarve kaapissa vähenisi huomattavasti, jolloin kaapin kokoa voitaisiin pienentää. Lisäksi kaapista tulisi huoltovapaampi, koska siinä on vähemmän liikkuvia osia, kun hihnapyörät ja hihnat jäävät pois. Myöskään hihnankiristystä ei näin ollen tarvita.



KUVA 12. Uusi ratkaisuehdotus

Jäähdyttimet tulisivat jälleen kaapin kattoon. Vedenerotin ja kolmitieventtiili sijoitetaan kaapin vasemmalle seinustalla. Taajuusmuuttaja ja sähkökaappi olisivat myös samalla paikalla, kuin aiemmissa ratkaisuisa. Kaapin rungosta voisi tehdä yksinkertaisemman, kun oikosulkumoottorille ei tarvittaisi kiinnityspaikkaa.

Ratkaisussa kaapin jäähdytykseen tarvittaisiin erillinen puhallin. Eräs sopiva vaihtoehto olisi aksiaalipuhallin FE050 (7, s.19) (liite 3), jota suunniteltiin jo testausratkaisussa käytettäväksi. Tämän puhaltimen kokoinen tilanvaraus suunniteltiin ratkaisuhahmotelmaan. Kaapista saisi vieläkin kompaktimman paketin, jos jäähdytykseen tarvittavan puhaltimen tilalle löytyisi pienempi. Toinen mahdollinen vaihtoehto puhaltimeksi olisi Ziehl-Abeggin FE 045 (7, s.15). Tämä puhallin olisi hiukan pienempi, jos vain jäähdytysteho on riittävä.

Tästä ratkaisusta ei tehty tarkempaa mallia, koska sitä ei tulla toteuttamaan. Ratkaisu mallinnettiin, jotta voidaan vertailla minkälainen tilansäästö voitaisiin saavuttaa, jos aloitettaisiin aivan uuden tuotteen suunnittelu samoilla komponenteilla ja Randax Oy:n sähkömoottorilla.

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehtiin kompressorikaapin muutostyön layoutsuunnitelma Randax Oy:n sähkömoottoritestejä varten. Työ oli kaksiosainen: ensimmäisessä osiossa suunniteltiin testauskäyttöön soveltuva ratkaisu ja toisessa osiossa hahmoteltiin, millainen kokonaan uudelleen suunniteltu ratkaisu voisi olla. Pääpaino oli kuitenkin testauskäyttöön soveltuvan ratkaisun suunnittelussa.

Testausratkaisuun suunniteltiin komponenteille uudet paikat siltä osin, kuin niitä piti siirtää, sekä uusi jäähdytysratkaisu. Lisäksi suunniteltiin kokonaan uuden kiinnikkeet kompressorisyksikkö-säiliöyhdistelmän kiinnitykseen.

Suunnittelun alkuvaiheessa hankaluuksia tuotti Gardner Denver Oy:lta saatujen tiedostojen käsittely. 3D-tiedostot olivat niin isoja, että OAMK:n Tekniikan yksikön tietokoneiden kapasiteetti meinasikin loppua kesken. Kiinnikkeiden lujuustarkastelu tuotti myös hiukan ongelmia, koska Inventorista otettuja malleja ei saanut käytettyä Catian analyysimallissa, vaikka ne saikin Catian tiedostoiksi muutettua. Tämä lisäsi hiukan työmäärää, kun piti Catialla mallintaa kiinnikkeet ja kaapin runko uudelleen.

Alkuhankaluuksien jälkeen mallinnus sujui luontevasti. Yhteistyö Randaxin kanssa sujui hyvin ja ongelmatilanteissa yritykseltä sai hyviä neuvoja. Työssä tulivat tutuiksi suunnitteluprosessin eri vaiheet ja sai syvennettyä opiskelun edetessä karttuneita taitoja.

Opinnäytetyön tulokseksi tuli 3D-mallit eri testausratkaisuvaihtoehdoista sekä piirustukset uusista kiinnikkeistä. Lisäksi uudesta kokoonpanosta hahmoteltiin 3D-malli. Testausratkaisu toteutettiin, pieniä muutoksia lukuun ottamatta, suunnitelmien mukaisesti. Testiajojen jälkeen kompressorikaappi otettiin paineilman tuotantokäyttöön Sähkö-Rantek Oy:llä.

LÄHTEET

1. Randax Oy. 2011. Saatavissa: <http://www.randax.fi/>. Hakupäivä 7.4.2011.
2. Fonselius, Jaakko – Hautanen, Juha – Mutikainen, Tuomo – Pekkola, Kari – Salmijärvi, Olli – Simpura, Antti 2000. Koneautomaatio: Pneumatiikka. 9., painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
3. Keinänen, Toimi – Kärkkäinen, Pentti 2003. Koneautomaatio 1: Hydraulikka ja Pneumatiikka. 3., painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.
4. Atlas Copco. 2010. Compressed Air Manual. 7., painos. Saatavissa: <http://www.atlascopco.fi/fius/products/knowledgecenter/>. Hakupäivä 30.3.2011.
5. Heiskanen, Jukka 2011. Tutkimusinsinööri, Gardner Denver Oy. Keskustelu Gardner Denver Oy:n tiloissa Tampereella 28.2.2011.
6. Koskela, Jukka 2011. Gardner Denver Oy. Re: Randax -sähkömoottorin integrointi. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Schäfer. 8.4.2011.
7. Luettelo A01. Aksiaalipuhallinsarja FE. Puhallinkäyrät. Ziehl-Abegg Finland Oy. Saatavissa <http://www.ziehl-abegg.com/fi/download-221.html>. Hakupäivä 25.4.2011.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä¹ Jarmo Kumpulainen, puh: 0400-505304, jarmokumpulainen@suomi24.fi

Tilaaaja² Randax Oy

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot³ Timo Schäfer, puh: 044-7346310,

timo.schafer@randax.fi

Työn nimi⁴ Kompressorikaapin muutostyön layout-suunnittelu

Työn kuvaus⁵ Layout-suunnittelu integroidun sähkömoottorin sijoittamisesta olemassa olevaan kompressorikaappiin. Aivan uuden kompressorikaapin layout-suunnittelu.

Työn tavoitteet⁶ Testauskelpoisen ratkaisun suunnittelu

Uuden kompressorikaapin layout-suunnittelu

Tavoiteaikataulu⁷ Testikokoonpanon layout-vaihtoehtojen katselmointi ja päätös

22.3.2011. Uuden kompressorikaapin layoutin hahmottaminen 7.5.2011.

Päätöspalaveri 24.5.2011.

Päiväys ja allekirjoitukset⁸ _____

¹ Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

² Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.

³ Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.

⁴ Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.

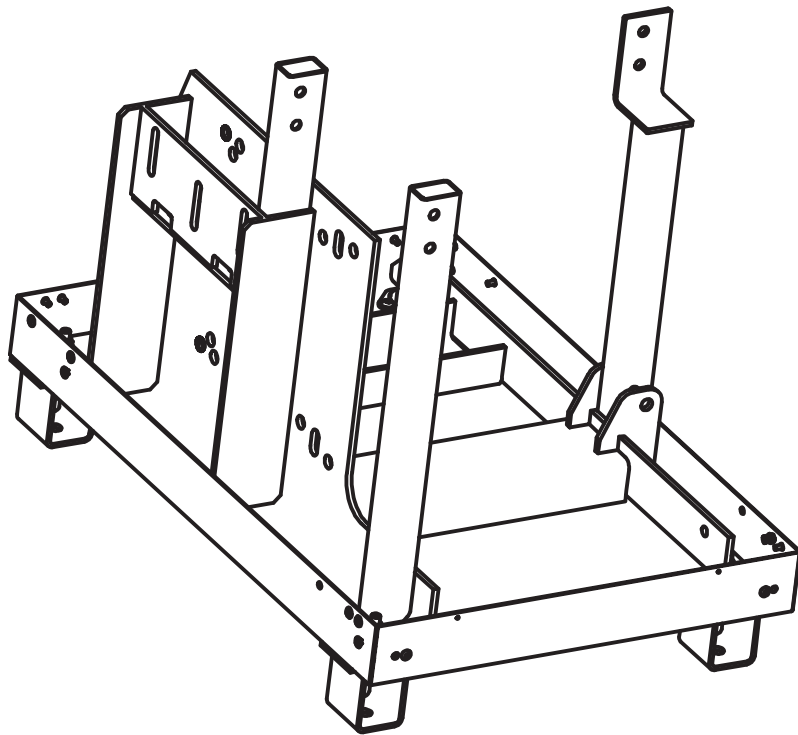
⁵ Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.

⁶ Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.

⁷ Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun.

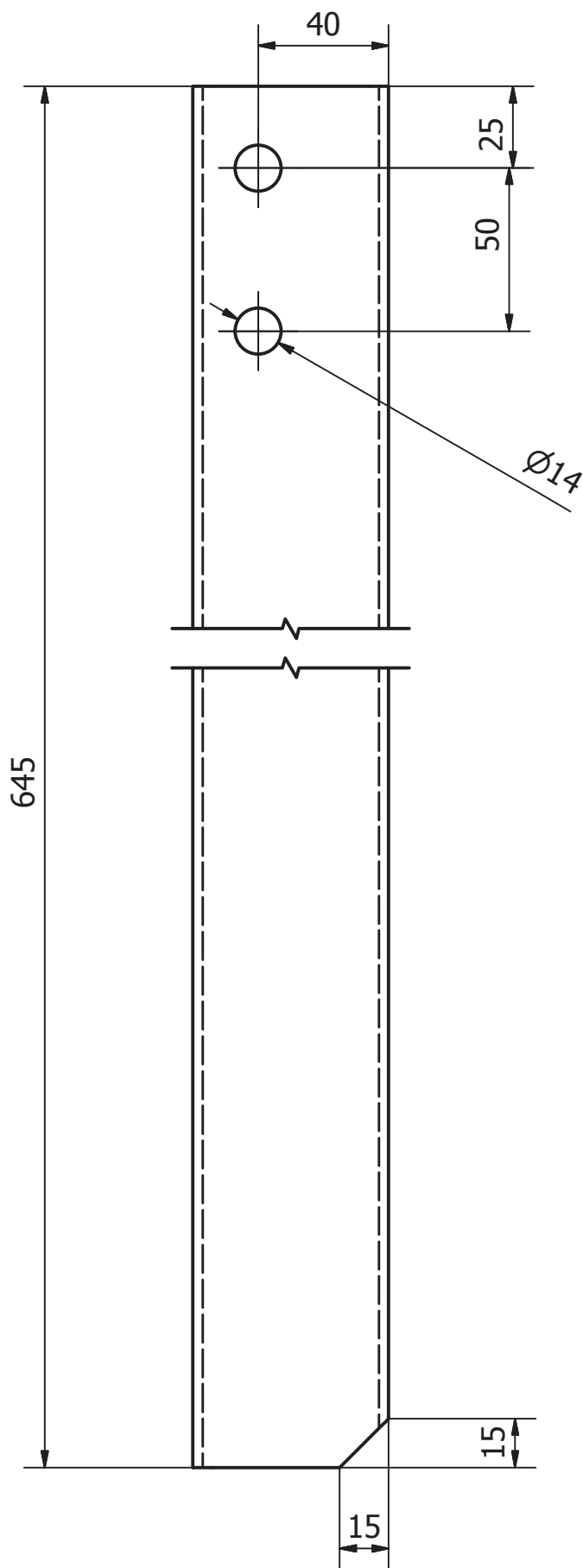
⁸ Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.

⁸ Lähtötietomuihistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö



1:10

Designed by JK	Checked by	Approved by	Date	Date 18.4.2011	
			Kiinnitykset		
			1000-100	Edition	Sheet 1 / 1

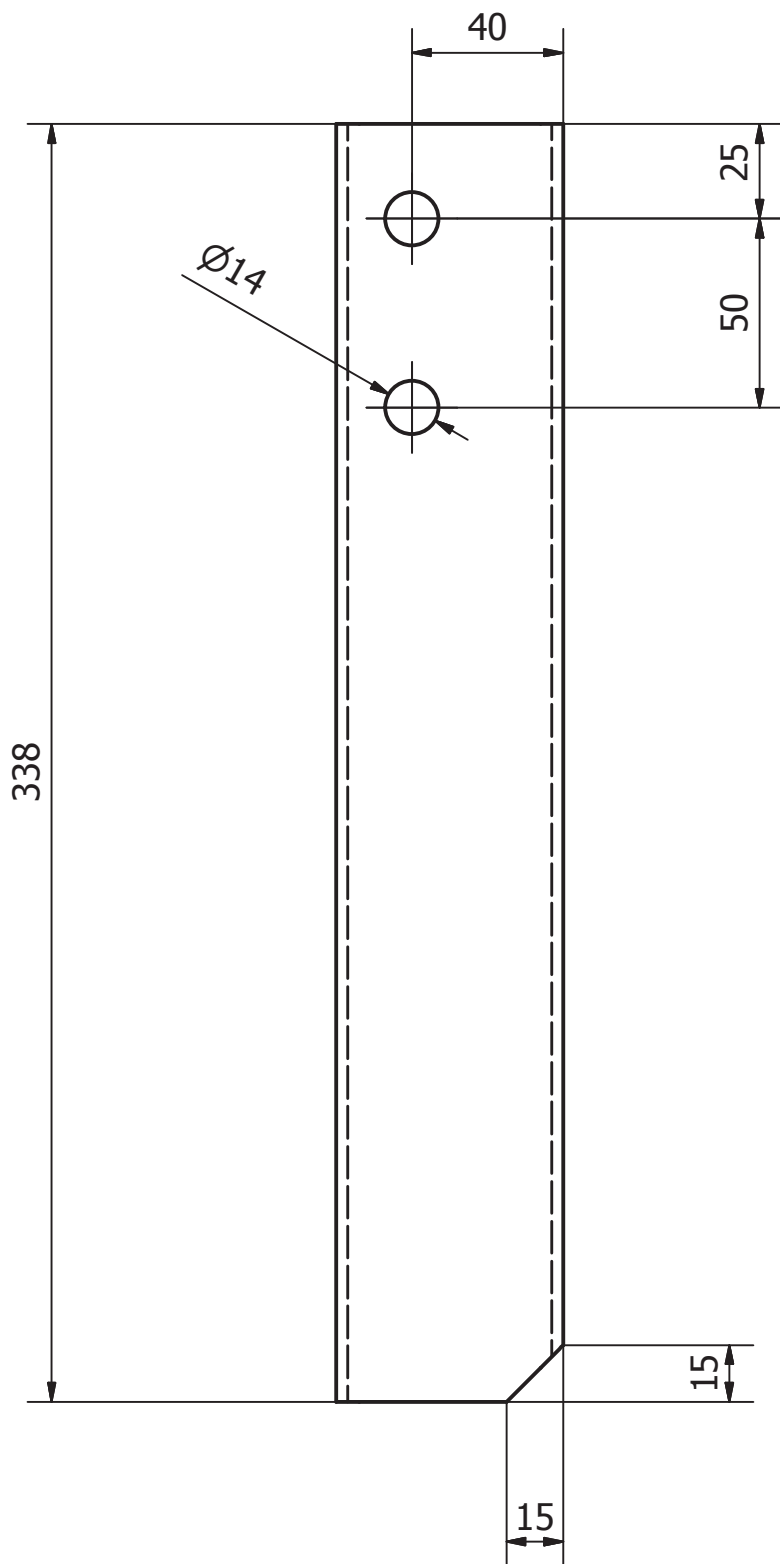


1:2

RHS 60x40x3

S235

Designed by JK	Checked by	Approved by	Date	Date 18.4.2011	
			Kiinnike 1		
			1000-101	Edition	Sheet 1 / 1

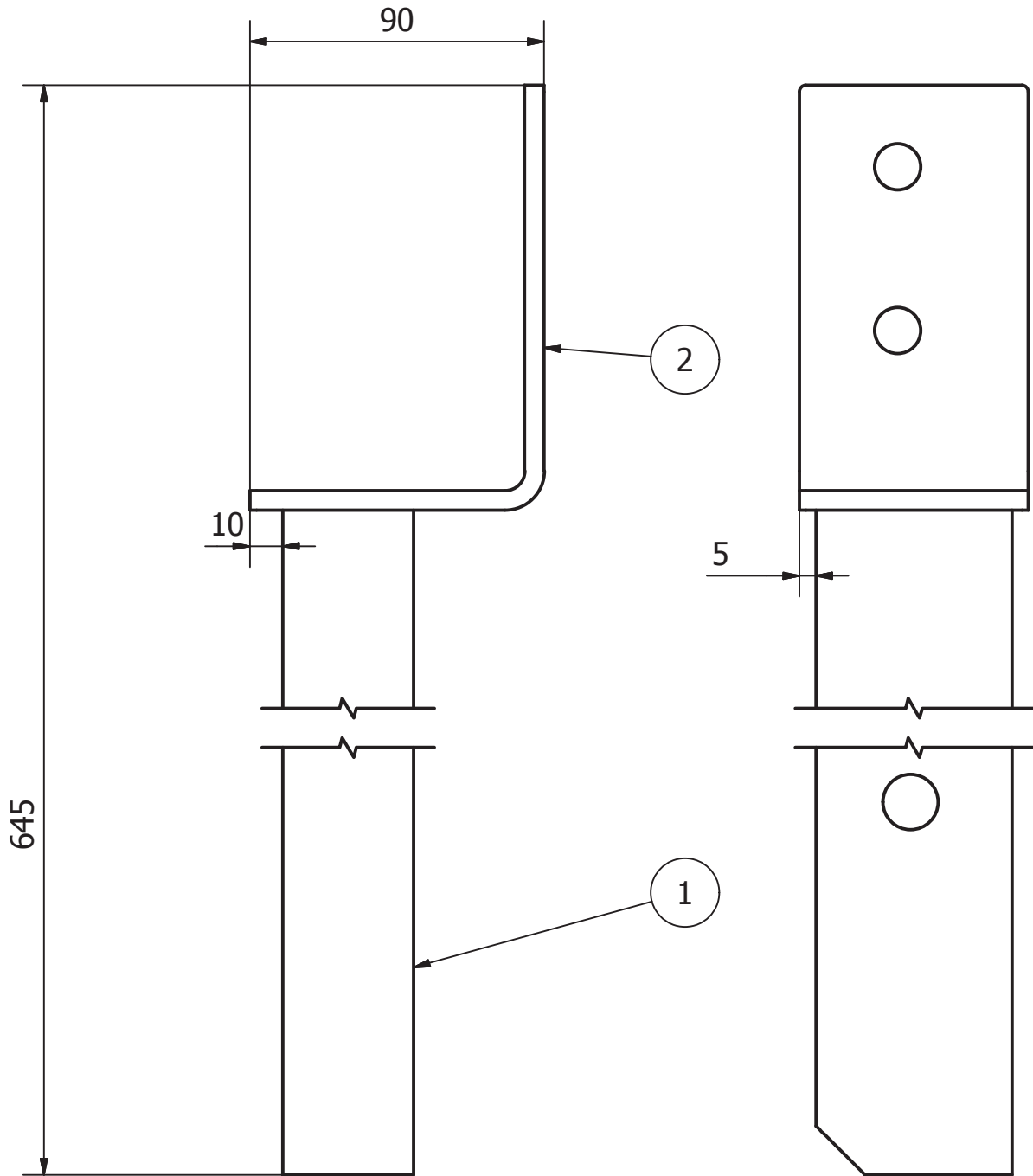


1:2

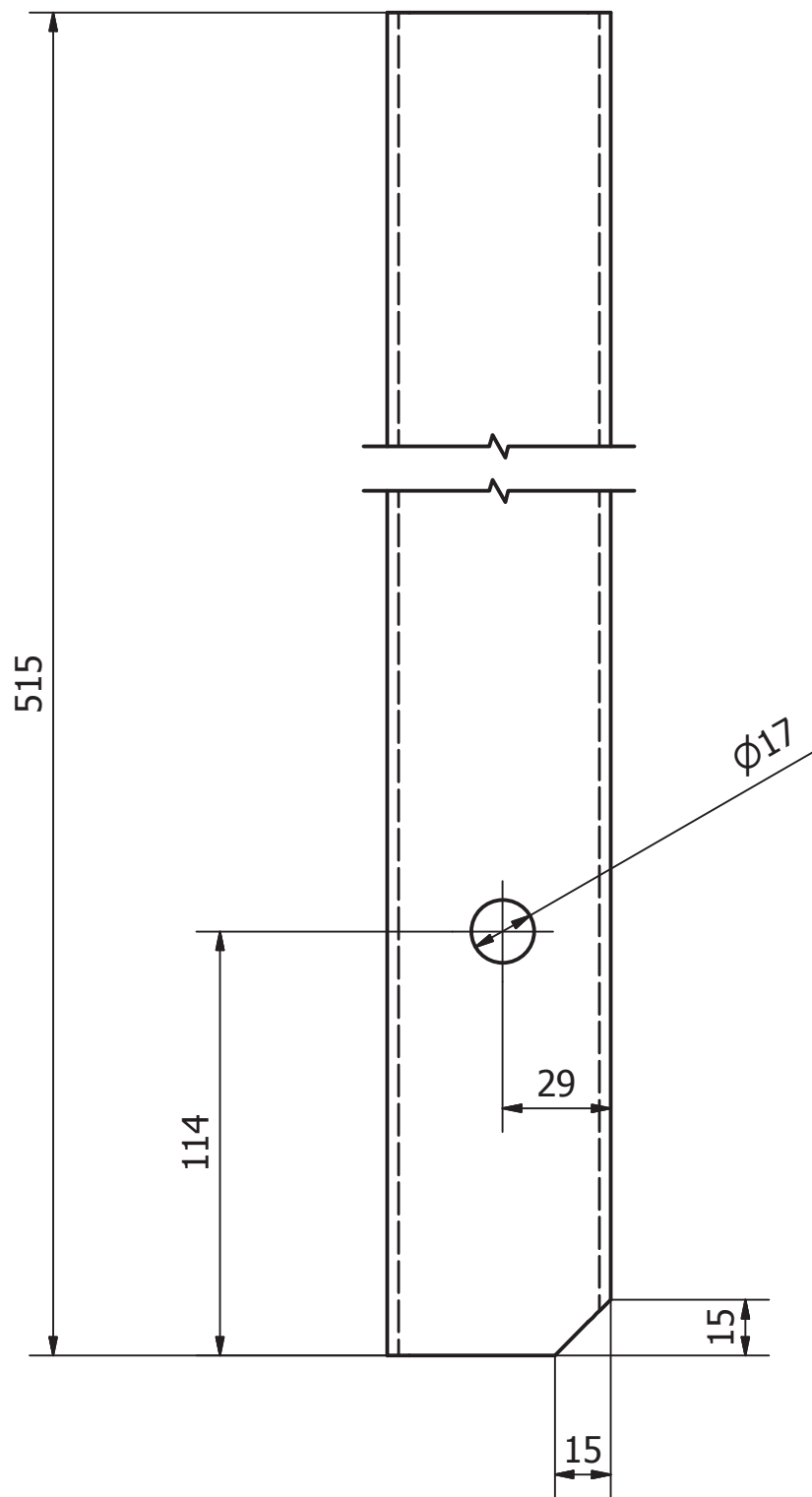
RHS 60x40x3

S235

Designed by JK	Checked by	Approved by	Date	Date 18.4.2011	
			Kiinnike 2		
			1000-102	Edition	Sheet 1 / 1



PARTS LIST			
ITEM	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY
1	1000-31	Tukipalkki	1
2	1000-32	Korvake	1
Designed by JK	Checked by	Approved by	Date 18.4.2011
		Kiinnike 3	
		1000-103	Edition Sheet 1 / 1

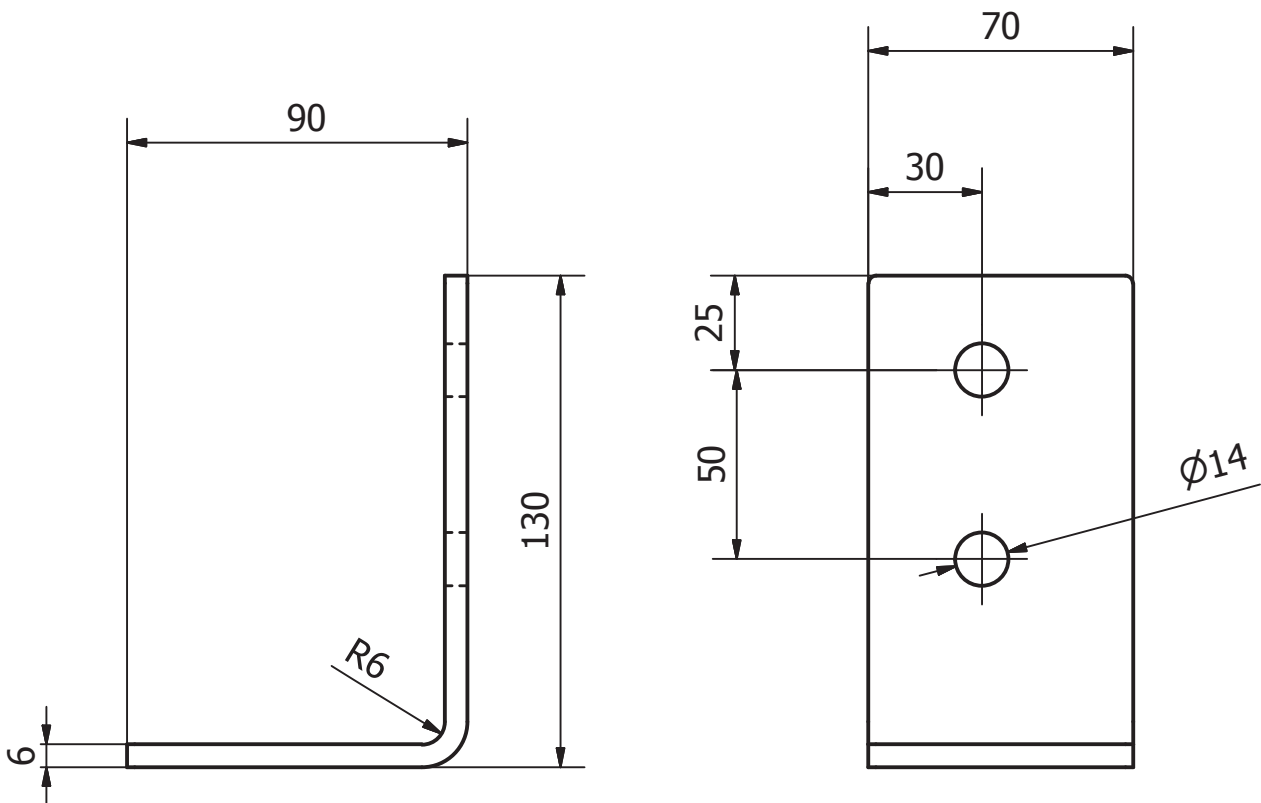
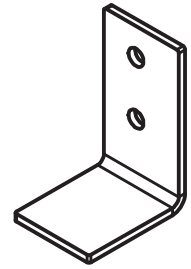


1:2

RHS 60x40x3

S235

Designed by JK	Checked by	Approved by	Date	Date 18.4.2011	
			Tukipalkki		
			1000-103-1	Edition	Sheet 1 / 1



1:2

merkitsemättömät pyöristykset R2

S355

Designed by JK	Checked by	Approved by	Date	Date 20.4.2011	
			Korvake		
			1000-103-2	Edition	Sheet 1 / 1

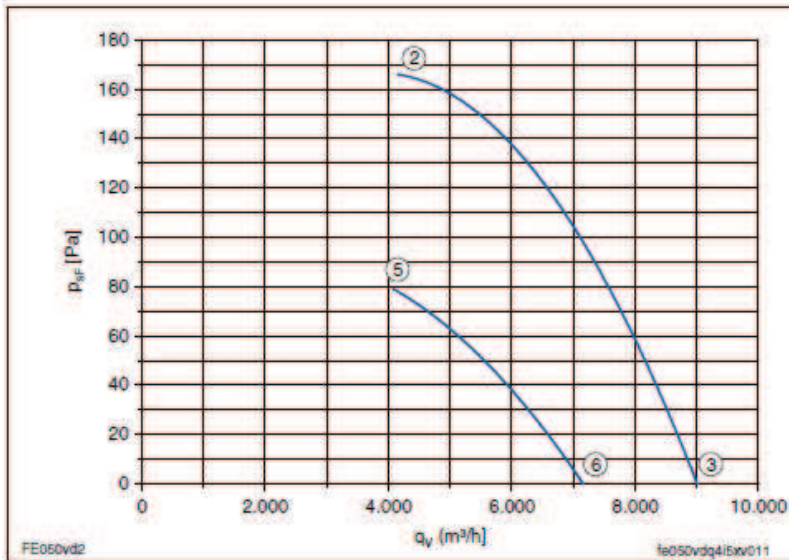
FE050-VD_.4I._7

Leistungsdaten Performance data

3~ 400V ±10% Δ/Y 50Hz

P ₁	0,79/0,49	kW
I	1,45/0,89	A
n	1330/980	min ⁻¹
I _A	5,2/1,85	A
ΔI	10	%
C _{400V(Komp. *)}	3	μF
t _{ri}	65	°C

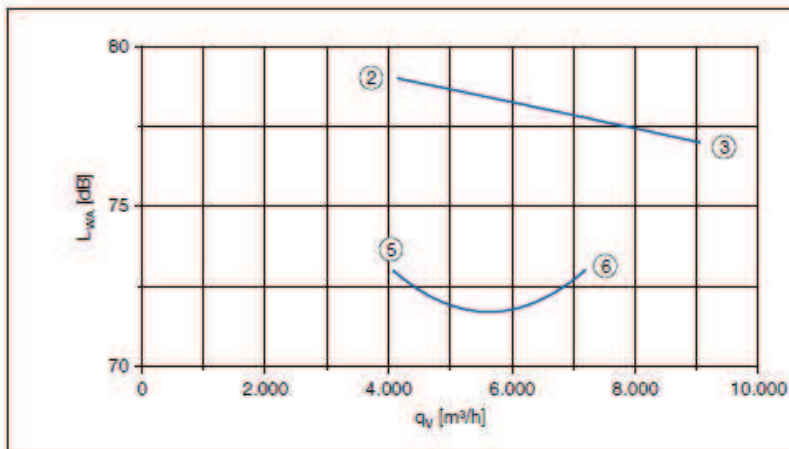
Kennliniendaten Characteristic data



	U	I	P ₁	n
	V	A	W	min ⁻¹
②	400	1,45	790	1330
③	Δ	1,15	580	1390
⑤	400	0,89	490	980
⑥	Y	0,77	440	1010

FE

$$p_{st} = 1,17 \cdot 10^{-6} \cdot q_v^2$$



gemessen in Voldüse ohne Berührungsschutz in Einbauart A nach ISO 5801
measured in full bell mouth without guard grille in installation type A according to ISO 5801

*) Kompensationskondensator, siehe Allgemeine Hinweise/ Geräuschfilter
Compensation capacitor, see Technical description/ Noise filter

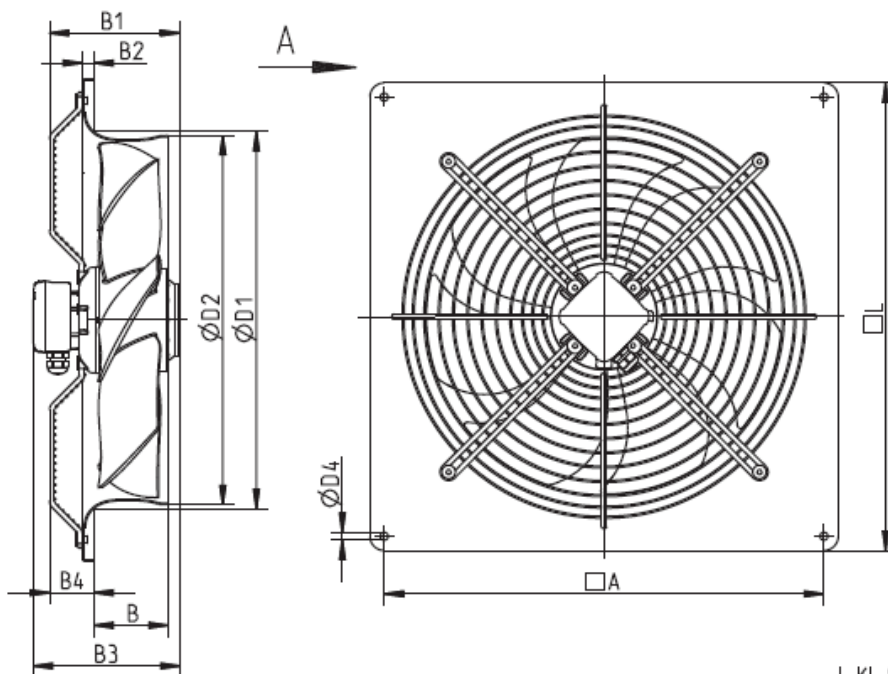
Maßblatt / Dimension sheet

Typ type	Artikel-Nr. article no.	Bauform design	Luftförderrichtung airflow direction	Gewicht weight	Anschlussschaltbild connection diagram	Maßblatt dimension sheet	Seite page
FE050-VDA.4I.A7	124 710	A	A	11,2 kg	108XB	L-KL-8723	2/2/3
FE050-VDQ.4I.A7	132 309	Q	A	19,2 kg	108XB	L-KL-8724	2/2/6
FE050-VDA.4I.V7	107 736	A	V	11,2 kg	108XA	L-KL-8725	2/2/9
FE050-VDK.4I.V7	107 363	K	V	13,5 kg	108XA	L-KL-8726	2/2/15
FE050-VDQ.4I.V7	108 070	Q	V	17,3 kg	108XA	L-KL-8727	2/2/21
FE050-VDF.4I.V7	134 748	F*	V	15,7 kg	108XA	L-KL-8736	2/2/25
FE050-VDF.4I.V7	132 399	F**	V	16,6 kg	108XA	L-KL-8728	2/2/30

* ohne Berührungsschutz / without guard grille ** mit Berührungsschutz / with guard grille

FE _ _ _ - _ _ Q.4 _A7 Luftförderrichtung / *airflow direction* A
Bauform / *design* Q

FE



L-KL-8724

Typ type	Artikel-Nr. article no.	B	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D4	A	L
FE045-VDQ.4F.A7	132 186	96	183	14	205	64	480	463	11	535	575
FE045-4EQ.4I.A7	132 141	96	203	14	225	64	480	463	11	535	575
FE045-SDQ.4F.A7	132 390	96	183	14	205	64	480	463	11	535	575
FE045-6EQ.4F.A7	132 384	96	183	14	205	64	480	463	11	535	575
FE050-VDQ.4I.A7	132 309	104	203	16	225	62	528	517	11	615	655
FE050-4EQ.4I.A7	132 310	104	203	16	225	62	528	517	11	615	655
FE050-SDQ.4F.A7	132 311	104	183	16	205	62	528	517	11	615	655
FE050-6EQ.4F.A7	132 312	104	183	16	205	62	528	517	11	615	655
FE050-ADQ.4C.A7	132 529	104	168	16	190	62	528	517	11	615	655
FE050-8EQ.4C.A7	132 534	104	168	16	190	62	528	517	11	615	655
FE056-VDQ.4M.A7	132 185	119	223	16	245	60	589	568	11	675	725
FE056-SDQ.4F.A7	132 306	119	183	16	205	60	589	568	11	675	725
FE056-6EQ.4I.A7	132 307	119	203	16	225	60	589	568	11	675	725
FE056-ADQ.4F.A7	132 308	119	183	16	205	60	589	568	11	675	725
FE063-SDQ.4I.A7	131 197	130	207	20	225	52	664	643	11	750	805
FE063-6EQ.4I.A7	132 544	130	207	20	225	52	664	643	11	750	805
FE063-6EQ.4M.A7	132 389	130	227	20	245	52	664	643	11	750	805
FE063-ADQ.4I.A7	131 975	130	207	20	225	52	664	643	11	750	805
FE063-8EQ.4I.A7	132 305	130	207	20	225	52	664	643	11	750	805

8724

Elektrischer Anschluss
Klemmenkasten für 1~ inkl. Kondensator.

Electrical connection
Terminal box for 1~ incl. capacitor.