

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Jari Mansikkamäki

TAAJUUSMUUTTAJAN TESTILAITTEISTO

Työn ohjaaja

Tekn. lis. Olavi Kopponen

Työn teettäjä

Beijer Electronics Oy, Myyntipäällikkö Rainer Halme

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Jari Mansikkamäki

Taajuusmuuttajan testilaitteisto

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Tekn.lis. Olavi Kopponen

Työn teettäjä

Beijer Electronics Oy, Myyntipäällikkö Rainer Halme

Tampere 2007

Hakusanat

Taajuusmuuttaja, pulssianturi, oikosulkumoottori

TIIVISTELMÄ

Tämä päättötyö on tehty Beijer Electronics Oy:lle. Beijer Electronics Oy toimii Mitsubishi Electricin maahantuojana Suomessa. Yritys on ottanut valikoimiinsa Mitsubishiin taajuusmuuttajia. Tästä johtuen Beijer Electronics Oy tarvitsi testilaitteistoa jolla voidaan tutkia uusien taajuusmuuttajien toiminta silloin, kun oikosulkumoottoria kuormitetaan.

Päättötyöni aiheena oli suunnitella Beijer Electronics Oy:lle taajuusmuuttajan testilaitteisto. Beijer Electronics Oy tarvitsee laitteistoa tutkiessaan oikosulkumoottorin energian kulutusta uudella (FR-A700) taajuusmuuttajalla. Työ muodostui teräslevyrakenteiden suunnittelusta, kokoonpanosta ja testilaitteiston komponenttien asennuksesta. Teräslevyrakenteet tuli suunnitella siten, että laitteiston osat mahtuvat kuljetuslaatikon sisälle. Työhön kuului myös kertoa taajuusmuuttajan, oikosulkumoottorin ja pulssianturin toimintaperiaatteista.

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Jari Mansikkamäki Test equipment to frequency changer

Engineering Thesis

Thesis Supervisor Lic.Tech Olavi Kopponen

Commissioning Company Beijer Electronics Oy Sales Manager Rainer Halme

Tampere 2007

Keywords frequency changer, pulse sensor, short circuit motor

ABSTRACT

This thesis is made for Beijer Electronics Oy. Beijer Electronics Oy has taken to it's assortment Mitsubishi frequency changer. Resulting from this, Beijer Electronics Oy needs a test equipment to examine new frequency changer's functions, when short circuit motors is stressed.

My thesis is composed of planning and preparing a test equipment for the frequency charger. Beijer electronics Oy needs a test equipment to research short circuit motor's energy consumption. The work is composed of steel plate construction, assembly and test equipment mounting. Steel plate constructions had to fit inside to a transport box. The work also includes frequency changer's, Short circuit motor's and pulse sensor's operational principle.

ALKUSANAT

Tutkintotyön on mahdollistanut Beijer Electronics Oy:n tarve saada uudelle Mitsubishiin taajuusmuuttajalle testauslaite, jolla voidaan tutkia taajuusmuuttajan avulla oikosulkumoottorin energian kulutusta silloin, kun moottoria kuormitetaan. Työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa. Työ oli mielenkiintoinen, koska pääsin tekemään monenlaisia asioita. Haluaisin antaa kiitokset Beijer Electronics Oy:lle mahdollisuudesta päättötyöhön ja erityiskiitoksen laboratorioinsinööri Seppo Mäkelälle hyvistä neuvoista ja avusta. Lisäksi kiitokset tekn. lis. Olavi Kopposelle, joka toimi päättötyöni ohjaajana.

Tampereella 7.6.2007

Jari Mansikkamäki

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 BEIJER ELECTRONICS OY ESITTELY	7
2.1 Automaatio.....	7
2.2 HMI Products.....	8
3 TYÖN KUVAUS.....	9
3.1 Suunnittelu	10
3.2 Kokoonpano ja maalaus.....	11
3.3 Laitteiston toiminta	12
4 TAAJUUSMUUTTAJA	13
4.1 Teoria	13
4.2 Historia.....	14
4.3 Nopeudensäätö taajuusmuuttajalla.....	14
5 MITSUBISHI FR-A700 TAAJUUSMUUTTAJA	16
5.1 Käyttökohteet ja ominaisuudet	16
5.2 Nopeuden ja momentin hallinta	17
5.3 Kommunikointi ja verkot.....	18
5.4 Ohjelmoitava logiikka.....	18
6 OIKOSULKUMOOTTORI	19
6.1 Toimintaperiaate	20
6.2 Oikosulkumoottorin hyödyt ja haitat	21
7. PULSSIANTURI	22
7.1 Toimintaperiaate	22
7.2 Pulssien tunnistus.....	23
7.3 Pulssianturin kanavavaihtoehdot	23
8 TULOKSET.....	24
9 YHTEENVETO	25
LÄHTEET.....	26
LIITTEET	
1 Kansilevy	
2 moottorin kiinnityslevy	
3 moottorin pystytuki	
4 tuki 2	
5 pohjalevy	
6 pulssianturin kiinnitys	
7 taajuusmuuttajan kiinnityslevy osa 2	
8 taajuusmuuttajan kiinnityslevy	
9 taajuusmuuttajan pohjatuki	
10 taajuusmuuttajan pystytuki	
11 taajuusmuuttajan pystytuki 2	
12 pohjalevyn kokoonpanokuva	

1 JOHDANTO

Tämä päättötyö on tehty Beijer Electronics Oy:lle. Beijer Electronics Oy on automaatioalan yritys, joka tuottaa automaatioalan tuotteita ja laajoja järjestelmäratkaisuja. Beijer Electronics Oy toimii Mitsubishi Electric: n tuotteiden maahantuojana ja uutuutena valikoimissa ovat Mitsubishin taajuusmuuttajat.

Päättötyön mahdollisti Beijer Electronics Oy:n tarve saada uudelle Mitsubishin taajuusmuuttajalle (FR-A700) laitteisto, jolla voidaan tutkia oikosulkumoottorin tarvitsemaa energiaa, kun moottorin akselia kuormitetaan. Työhön kuului suunnitella Beijer Electronics Oy:ltä valmiina tulleille osille levyrakenteet. Levyrakenteet täytyi suunnitella siten, että ne sopivat Beijer Electronics Oy: n toimittaman kuljetuslaatikon sisälle. Levyrakenteet leikkautettiin alihankintana HT laserissa. Tämän jälkeen levyrakenteet koottiin hitsaamalla ja ruuviliitoksilla. Lopuksi osat maalattiin ja komponentit kiinnitettiin levyrakenteisiin. Laitteiston sähkötyöt eivät kuuluneet työhön. Lisäksi päättötyöhöni kuuluu taajuusmuuttajan, oikosulkumoottorin ja pulssianturin toimintaperiaatteiden esittely.

2 BEIJER ELECTRONICS OY ESITTELY

Tämä insinöörityö on tehty Beijer Electronics Oy:lle. Beijer Electronics Oy on automaatioalan yritys, joka tuottaa automaatioalan tuotteita ja laajoja järjestelmä-ratkaisuja. Beijer Electronics Oy:llä on toimintaa Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Yrityksen palveluksessa työskentelee tällä hetkellä noin 200 työntekijää. Beijer Electronics on jaettu kahteen liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat automaatio ja HMI Products. /4/

2.1 Automaatio

Automaatio liiketoimintayksikkö tarjoaa laajan automaatioalan tuote- ja palveluvalikoiman, joka on suunnattu pohjoismaisille markkinoille. Automaatio puolen päätuotteita ovat mm. pehmeäkäynnistimet, joilla voidaan portaattomasti säätää oikosulkumoottorin jännitettä silloin, kun moottoria käynnistetään. Pehmeäkäynnistimien avulla mekaaniset rasitukset pienenevät ja käynnistyksessä moottorin virtapiikit laskevat huomattavasti. Taajuusmuuttajilla tehtävät sovellukset ovat yksi tärkeimmistä tuotteista. Beijer Electronics Oy toimii Mitsubishi Electricin maahantuojana. Uutuutena Beijer Electronics Oy on ottanut valikoimiinsa Mitsubishin taajuusmuuttajat. Tästä johtuen Beijer Electronics Oy tarvitsee taajuusmuuttajan testauslaitteistoa.

Beijer Electronics Oy:n päätuotteita ovat mm. erilaiset ohjausjärjestelmät, valvomot, robotit ja konenäköön liittyvät sovellukset./4/

2.2 HMI Products

HMI Products liiketoimintayksikkö kehittää operointipäätteitä ja myy niitä maailmanlaajuisesti. Beijer Electronics Automaatio markkinoi ja myy HMI Productsin operointipäätteitä pohjoismaissa. Automaatiopuoli on HMI Productsin vaativimpia ja yksi merkittävimmistä asiakkaita. Liiketoimintayksikköjen yhteistyö on tiivistä. HMI Products saa automaatiolta arvokasta tietoa tuotekehityksensä pohjaksi. Automaatio-liiketoimintayksikkö voi taas puolestaan vaikuttaa operointipäätteiden tuotekehitykseen niin, että päätteet vastaavat asiakkaiden tarpeita. Beijer Electronics Oy on operointipäätteiden markkinajohtaja pohjoismaissa. Operointipäätteet on kehitetty vaativiin teollisuusolosuhteisiin. Operointipäätteellä voidaan valvoa ja ohjata koneita ja prosesseja. Taajuusmuuttajan testauslaitteistossa käytettiin kuvan 2 operointipäätettä. /4/



Kuva 1 Operointipäätte /4/

3 TYÖN KUVAUS

Päättötyön aihe syntyi Beijer Electronics Oy: n tarpeesta saada testauslaitteisto uudelle Mitsubishin taajuusmuuttajalle (FR-A700). Testauslaitteistolla tutkitaan oikosulkumoottorin energian kulutusta silloin, kun moottoria kuormitetaan. Testauslaitteiston täytyi mahtua Stanleyyn valmistaman kuljetuslaatikon sisään. Työn tarkoituksena oli suunnitella kuljetuslaatikkoon teräslevyrakenteet, joihin testauslaitteiston osat kiinnitettiin. Testauslaitteiston rakenteet valmistettiin kylmävalssatusta teräslevystä, jossa ainevahvuksina oli 1,5 mm ja 2 mm. Teräslevyrakenteita ei saanut kiinnittää laatikon seiniin kiinteästi, joten rakenne täytyi suunnitella siten, että se olisi mahdollisimman hyvin laatikon muotojen mukainen ja näin ollen myös tiivis ja tukeva. Levyrakenteiden paino oli otettava huomioon, ettei laatikosta tule liian painava siirreltäväksi. Lisäksi työhön kuului suunnitella ja valmistaa kahva, millä voidaan jarruttaa moottoria (kuva2).



Kuva 2 Moottorin jarrutuskahva

3.1 Suunnittelu

Työ aloitettiin sillä, että suunniteltiin laatikon pohjan muotoja vastaavan pohjalevy. Lisäksi pohjalevyyn täytyi suunnitella kiinnityspaikat muuntajalle, oikosulkumoottorille ja taajuusmuuttajalle (kuva3). Seuraavaksi suunniteltiin moottorille kiinnitysteline. Moottorin kiinnitys paikka tuli suunnitella siten, että sen akselin toinen pää tulisi kuljetuslaatikon seinän läpi, josta moottoria voidaan jarruttaa. Moottorin kiinnityspaikassa hyödynnettiin kuljetuslaatikon akselin koroketta, josta saatiin moottorille lisätukea. Moottorin akselille täytyi suunnitella suoja laatikon ulkopuolelle, ettei mikään voi tarttua akseliin moottorin pyöriessä. Taajuusmuuttajan kiinnitys suunniteltiin siten, että se tuli kahden korokkeen varaan. Tällä tavoin saatiin lisätilaa laatikon pohjalle. Muuntajan kiinnityspaikka täytyi tilan ahautauden takia suunnitella siten, että muuntajan saataisiin kiinnitettyä taajuusmuuttajan korokkeen alle. Tämän jälkeen suunniteltiin laatikkoon kansilevy. Kansilevyyn täytyi suunnitella aukot operointipäätteelle ja taajuusmuuttajan etupaneelille. Kansilevyyn täytyi suunnitella myös virtapistokkeille ja neljälle kytkimelle paikat. Lisäksi työhön kuului suunnitella myös pulssianturille kiinnityslevy ja kytkin, jolla se liitetään moottorin akseliin. Kytkimenä käytimme kumiletkaa, koska moottorin ja pulssianturin akselit olivat halkaisijaltaan lähes samankokoiset. Työhön kuului myös suunnitella ja valmistaa moottorin akselille kahva, millä moottoria voidaan jarruttaa.



Kuva 3. Moottorin ja taajuusmuuttajan kiinnityspaikat

3.2 Kokoonpano ja maalaus

Levyrakenteiden kokoonpano tapahtui siten, että valmiit levyt sovitettiin laatikon sisään ja tarkistettiin, että osat sopivat paikoilleen. Tämän jälkeen osat hitsattiin mig:llä. Ensimmäisenä hitsattiin taajuusmuuttajan pystytuki. Pystytukia tarvittiin kaksi kappaletta. Tämän jälkeen hitsattiin moottoritelineen osat toisiinsa. Tämän jälkeen valmiit osat kiinnitettiin hitsaamalla pohjalevyyn. Pulssianturin kiinnitystä jouduttiin muuttamaan alkuperäisestä suunnitelmasta, minkä takia pulssianturin kiinnityslevyyn jouduttiin hitsaamaan laattaraudasta korokepala. Korokepalan avulla pulssianturi saatiin kiinni moottorin kiinnitystelineeseen. Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen jouduttiin kansilevyyn jyrsimään aukot virtapistokkeille. Tämän jälkeen osat olivat pintakäsittelyä vaille valmiit. Valmiit osat viimeisteltiin ja puhdistettiin maalarin pesuaineella, jonka jälkeen osat maalattiin. Maalin kuivuttua osat asennettiin kuljetuslaatikkoon. Tämän jälkeen testilaitteistoon täytyi asentaa komponentit paikoilleen. Asennus tapahtui ruuvi- ja mutteriliitoksilla. Tämän lisäksi laatikon päähän täytyi porata reikä moottorin akselille, mistä moottorin pyörimistä voidaan jarruttaa. Akseli täytyi suojata, ettei mikään tartu siihen silloin, kun moottori pyörii. Akselinsuojan rakensimme alumiiniprofiilista ja se kiinnitettiin ruuveilla laatikon runkoon (kuva 4). Moottorin jarrutus kahva valmistettiin sorvaamalla. Kahvan päälle laitoimme pehmusteeksi polkupyörän ohjaustangon kumikahvan.



Kuva 4 Moottorin ulostuleva akseli ja akselin suoja

3.3 Laitteiston toiminta

Taajuusmuuttajan testilaitteiston (kuva5) toiminta perustuu pulssianturi takaisinkytkentään, jonka avulla oikosulkumoottorin akselin pyörimisnopeus saadaan selville. Oikosulkumoottorin pyörimistä säädelään taajuusmuuttajalla. Tieto akselin pyörimisnopeudesta saadaan selville pulssianturin avulla, mikä kääntää pyörimisnopeuden digitaaliseen muotoon. Pulssianturi on kytkettynä oikosulkumoottorin akseliin kytkimellä, jolloin moottorin pyörimisnopeus saadaan suoraan operointipäätteelle pulssianturin takaisinkytkennän avulla.

Moottorin akselia jarrutetaan erisuuruisilla voimilla, jolloin moottorin energian kulutus vaihtelee kuormituksen mukaan. Taajuusmuuttajan avulla saadaan kuormituksesta riippumatta säädettyä oikosulkumoottorin pyörimisnopeus halutun suuriseksi. Operointipäätteen avulla voidaan tutkia oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta ja energian kulutusta.



Kuva 5 Taajuusmuuttajan testilaitteisto

4 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttajat on kehitetty oikosulkumoottoreiden nopeuden ja vääntömomentin säätöön. Oikosulkumoottoreita voidaan taajuusmuuttajan avulla säätää portaattomasti tarpeen mukaisesti, jolloin sähkönkulutus vähenee merkittävästi. Taajuusmuuttajaa voidaanakin pitää merkittävänä ympäristöteknisenä laitteena.

4.1 Teoria

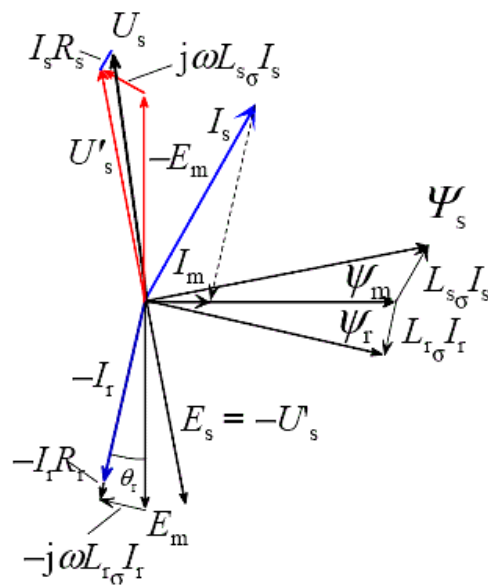
Yleisin taajuusmuuttajatyyppe on kolmivaiheinen jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja, joka ensin tasasuuntaa verkon vaihtojännitteen tasasähköksi ja edelleen tuottaa tasasähköstä halutun suuruista ja taajuista vaihtojännitettä. Taajuusmuuttaja käyttää tehopuolijohteita, jotka eroavat tavallisen elektroniikan käyttämistä puolijohdekomponenteista siinä, että niiden jännite- ja virtakestoisuudet ovat huomattavasti suurempia. Tasasuuntaus toteutetaan diodisillan avulla. Tasasuuntausasteen jälkeen suuntaajassa on välipiiri, jossa on kondensaattori. Tämän tehtävänä on tasetaa jännite tasajännitteeksi. Tästä tulee nimitys jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja. Tasajännitteestä tehdään moottorille sopivaa vaihtojännitettä. Tässä käytetään IGBT- komponentteja, jotka muodostavat kuuden kytkimen vaihtosuuntaussillan, jonka avulla moottorin vaiheet voidaan kytkeä joko positiiviseen tai negatiiviseen tasajännitepotentiaaliin. Vaiheiden kytkentöjä muutetaan nopeassa tahdissa käyttäen nk. pulssinleveysmodulaatiota (pulse width modulation, PWM). Syntynyt vaihtojännite on pulssileveydeltään vaihtelevaa kanttiaaltoa, mutta suodatettu jännite noudattaa sinikäyrää./1/

4.2 Historia

Oy Strömberg Ab:n tuotekehitysinsinööri Martti Harmoinen ryhtyi 1970-luvulla ryhmineen kehittämään tekniikkaa oikosulkumoottorin pyörimisnopeussäätöä varten. Harmoisen tarkoitus oli kehittää oikosulkumoottori, mitä voitaisiin yhtä helposti säätää kuin tasavirtamoottoria. Taajuudenmuuttajien kehitys on ollut varsin nopeaa viime vuosikymmeninä. Kehityksen apuna on ollut tehoelektronikan komponenttien nopea tehostuminen. Matti Harmoinen käytti tavallisia tyristöjä moottorivaihtosuuntaajassaan. Tyristori on siitä hankala komponentti, että sitä voidaan kytkeä varsin hitaasti eikä sitä voida sammuttaa ilman ulkoista apujärjestelmää. Seuraavassa vaiheessa käytettiin suuria Darlington- transistöjä moottorivaihtosuuntaajien pääteasteissa ja lopuksi käyttöön otettiin IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), jossa yhdistyvät MOSFET:ien (Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) helppo ohjattavuus ja bipolaaritransistorien hyvä virranjohtokyky. Nyt käytössä on jo neljännen sukupolven IGBT, jonka ympärille voidaan rakentaa jopa 5 000 kilowatin (kW) 690 voltin (V) taajuusmuuttajia. Suurjännitetaajuusmuuttajakin on markkinoilla, ja niissä sovelletaan joko GTO- (Gate Turn Off, voidaan myös sammuttaa hilalta) tai IGC- tyristöjä (Integrated Gate Controlled)./1/

4.3 Nopeudensäätö taajuusmuuttajalla

Oikosulkumoottoria ohjattaessa muutetaan jännitteen taajuutta ja amplitudia toisin kuin tasavirtamoottorissa, jossa muutetaan ainoastaan jännitettä. Oikosulkumoottorin virta sisältää sekä moottorin magnetoinnin että vääntömomenttia tuottavat komponentit, minkä vuoksi vääntömomentin säätöä varten tarvitaan ns. vektorisäätöä. Tämä tarkoittaa sitä, että taajuusmuuttajan sulautettuun prosessorijärjestelmään on luotu moottorista matemaattinen malli. Mallilla ratkaistaan riittävän reaaliaikaisesti, mikä osuus oikosulkumoottorin virrasta on magnetointivirtaa ja mikä vastaavasti vääntömomenttia tuottavaa virtaa. Kuvassa 6 on oikosulkumoottorin ns. vektoripiirros, minkä avulla mikroprosessori voi päätellä moottorin käyttöön liittyvät toiminnot. /1/



Kuva 6 Oikosulkumoottorin matemaattinen malli /1/

4.4 Energian säästöä taajuusmuuttajilla

Joka vuosi asennetaan tuhansittain sähkömoottoreita, joita ajetaan suoraan sähköverkosta. Moottorit käyvät täysillä kierroksilla, vaikka se ei aina olisi tarpeen. Tämä koskee erityisesti pumppu- ja puhallinkäyttöjä, joissa säätö usein tapahtuu ilmassaa kuristamalla. Pumppu- ja puhallinkäyttöjen tehontarve on sellainen, että pienelläkin pyörimisnopeuden vähennyksellä voidaan saada aikaan suurta energiansäästöä. Myös vakiomomentilla käytettäviä moottoreita voidaan hyödyntää täysin ajamalla niitä alemmilla nopeuksilla. Muita taajuusmuuttajien käytön etuja ovat tietenkin tasaiset käynnistykset ja pysäytykset. Tästä johtuen mekaaniset osat kestävät huomattavasti kauemmin, koska taajuusmuuttajien avulla välteään järjestelmän turhat nytkähdykset- ja iskukuormitukset./4/

5 MITSUBISHI FR-A700 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttajan testilaitteistossa on käytössä Mitsubishin FR-A700 taajuusmuuttaja (kuva7). Se on kehitetty vaativiin vakiomomenttisovelluksiin, joissa vaaditaan tehokkaita toimintoja mm. paikoitukseen sekä nopeuden ja momentin säätöön. Mitsubishin FR-A700 taajuusmuuttajassa on edistykselliset toiminnot, kuten Mitsubishin Real Sensorless Vector Control ja integroitu ohjelmoitava logiikka tarjoavat joustavuutta ja monipuolisuutta kaikkiin käyttöihin./4/



Kuva 7 FR-A700- taajuusmuuttaja/4/

5.1 Käyttökohteet ja ominaisuudet

FR-A700 on vektorisäädetty taajuusmuuttaja, joka on kehitetty vaativiin vakiomomenttisovelluksiin tai sovelluksiin, joissa taajuusmuuttajalta vaaditaan laajempaa ohjausälykkyyttä. Online autotuning -toiminnolla voidaan mitata moottorin dataa joka käynnistyksessä. Siten järjestelmä on koko ajan optimaalisessa vireessä riippumatta moottorin lämpötilasta, jolloin säätöalgoritmi saa jatkuvasti oikeaa dataa. Tuloksena saadaan käyttö, jolla on suuri käynnistysmomentti ja joka pystyy käsittelemään kuorman nopeat muutokset erittäin sujuvasti. /4/

FR-A700- sarjan RSV- toiminto mahdollistaa suuren vääntömomentin koko pyörimisnopeusalueella myös alhaisilla nopeuksilla. RSV- toiminto lisää nopeutta ja suorituskykyä, lisäksi sen etuihin kuuluvat erittäin tehokas momenttiraja ja erittäin suuri käynnistysmomentti. FR-A700 pystyy syöttämään 200 %:n käynnistysmomenttia 60 sekunnin ja vastaavasti 270 %:n käynnistysmomenttia 0,5 sekunnin ajan. Tästä johtuen taajuusmuuttajalla pystytään saavuttamaan dynaaminen suorituskyky ja täydellinen moottorinhallinta, joka oli aiemmin mahdollista vain DC- ja servokäyttöillä. /4/

Pulssianturi takaisinkytkentä mahdollistaa parhaan mahdollisen nopeuden säädön. Suurta käynnistysmomenttia tarvitaan esimerkiksi sekoittimissa ja kompressoreissa. Tasaista kierroslukua tarvitaan esimerkiksi linkojen ja erotinten tärähtävien kuormien hillitsemiseen. Lingoille, puhaltimille, pumpuille ja muille vastaaville sovelluksille on olemassa paljon erikoistoimintoja./4/

Taulukko1 FR-A700- taajuusmuuttajan tehoalueet./4/

0,4–90 kW, 3-vaihe 200–400V
0,4–55 kW, 3-vaihe 380–480V
75–500 kW, 3-vaihe 380–500V

5.2 Nopeuden ja momentin hallinta

Pulssianturin takaisinkytkentä mahdollistaa parhaan mahdollisen nopeuden säädön ja moottorin momentin hallinnan. Käytön pysäytys tiettyihin asemiin on mahdollista paikoitusominaisuuden ansiosta. Momentin ylläpito on mahdollista myös moottorin ollessa pysähtyneenä. /4/

Tehokas momenttiraja suojaa sekä moottoria että konetta. Taajuusmuuttajissa voidaan takaisinkytketyn vektorisäädön lisäksi käyttää muitakin ohjaus tapoja, kuten avoin vektorisäätö ja V/f- säätö. Riippuvat kuormat voidaan myös paikoittaa tarkkaan oikosulkumoottorilla ja pulssianturin takaisinkytkennällä (close loop)/4/

5.3 Kommunikointi ja verkot

FR-A700 taajuusmuuttaja voidaan liittää PC:hen USB liittimellä. Taajuusmuuttaja toimii myös erilaisten verkkojen avulla. Käytössä olevista verkoista FR-A700 taajuusmuuttajalla voidaan käyttää seuraavia verkkoja profibus-, DeviceNet,- CC-Link-, Modbus RTU-, CANopen- ja LONworks. Taajuusmuuttajan ohjaus onnistuu myös RS485-väylän avulla./4/

5.4 Ohjelmitava logiikka

FR-A700 taajuusmuuttajassa on vakio ominaisuutena ohjelmitava logiikka. Ohjelmitavalla logiikalla voi muuttaa kaikkia parametreja, sekä ohjata tulojen ja lähtöjen tilaa. Logiikkaa ohjelmoidaan GX Developer -ohjelmalla. Muistia logiikassa on 1 kilotavu. /4/

6 OIKOSULKUMOOTTORI

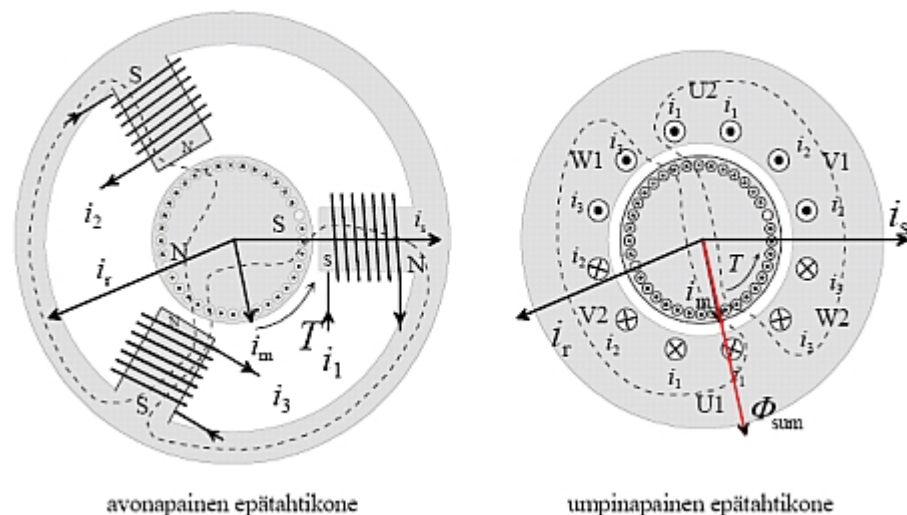
Oikosulkumoottori on yleisin teollisuudessa käytössä oleva sähkömoottori tyyppi. Oikosulkumoottorin yleistymiseen vaikuttaneita tekijöitä ovat yksinkertainen ja vankka rakenne, hyvä hyötysuhde ja pienet huoltokustannukset lisäksi se soveltuu myös vaativiin olosuhteisiin. Oikosulkumoottorit ovat erittäin laajasti standardoituja. Kilpailevia valmistajia maailmassa on kymmenittäin. Tämä takaa sen, että oikosulkumoottoreita löytyy aina asiakkaan haluamiin tarpeisiin. Kuvassa 5 on esitetty alle 1000V moottorien nimellistehot. /1/

Taulukko 2 Alle 1000V moottorien nimellistehot./1/

0,18 kW	2,2 kW	18,5 kW	90 kW	400 kW
0,25 kW	3,0 kW	22 kW	110 kW	450 kW
0,37 kW	4,0 kW	30 kW	132 kW	500 kW
0,55 kW	5,5 kW	37 kW	160 kW	560 kW
0,75 kW	7,5 kW	45 kW	200 kW	630 kW
1,10 kW	11,0 kW	55 kW	250 kW	
1,50 kW	15,0 kW	75 kW	315 kW	

6.1 Toimintaperiaate

Oikosulkumoottori toimii induktioperiaatteella, tämän takia sitä kutsutaan myös induktiomoottoriksi. Oikosulkumoottorin staattorikäämeissä kulkeva sähkövirta synnyttää staattoriin pyörivän magneettikentän. Oikosulkuroottorissa on käämitys, jonka sauvoja pyörivän staattorikentän vuoviivat leikkaavat. Kun roottorin käämitykseen kytketään kuormitus, roottorikäämitykseen syntyy roottorivirta. Roottorin virran aiheuttaman magneettikentän ja staattorin välille syntyy voimavaikutus, joka pyrkii saamaan roottorin pyörimään. Jos syntyvä vääntömomentti on suurempi kuin pyörimistä vastustavan kuorman mekaaninen vääntömomentti alkaa roottori pyöriä. Kun roottorin pyörimisnopeus kasvaa, pienenee staattorikentän ja roottorin sauvojen leikkausnopeus, jolloin myös roottorin sähköinen vääntömomentti pienenee. Roottorin pyörimisnopeus on aina staattorin pyörimisnopeutta pienempi. Jos roottori saavuttaisi staattorikentän pyörimisnopeuden, ei roottoriin syntyisi lainkaan sähkömotorista voimaa eikä vääntömomenttia, koska staattorikenttä pysyisi roottorin suhteen paikallaan, eikä vuoleikkausta tapahtuisi. Oikosulkumoottorit ovat epätahtikoneita (kuva 8), joiden pyörimisnopeus riippuu aina kuormittavasta vääntömomentista. /1/



Kuva 8 Oikosulkumoottorin toimintaperiaatteet /1/

6.2 Oikosulkumoottorin hyödyt ja haitat

Oikosulkumoottorin hyviä puolia ovat helppokäyttöisyys, vähäinen huollon tarve sekä taloudellisuus, yksinkertainen ja kestävä rakenne. Oikosulkumoottorin huonoja ominaisuuksia ovat mm. suuri käynnistysvirta, pieni käynnistysmomentti ja sulakkeen palamisvaara moottoria käynnistettäessä. /3/

7. PULSSIANTURI

Pulssianturi toimii takaisinkytkentäelimenä, joka muuntaa moottorin akselilta tulevan liikkeen digitaaliseen muotoon. Pulssianturi muistuttaa moottoria, jossa on pyörivä akseli, kotelo ja sähköinen liitäntä. Pulssianturi on pyörivä kytkin, jonka napojen ja asentojen määrä voi suurestikin vaihdella riippuen siitä, minkä tyyppinen pulssianturi on kyseessä. Pulssianturilla mittaaminen tapahtuu siten, että pulssianturin akseli liitetään vaihteella tai joustavalla kytkimellä moottorin akseliin. Mekaaninen liike saadaan tällä tavoin muutettua digitaaliseksi arvoksi. Mittaustieto riippuu anturityypistä, joista kaksi yleisintä ovat inkrementtianturi, jota kutsutaan yleisesti pulssianturiksi, ja absoluuttikulma-anturi. Kuvassa 7 on esitetty taaajuusmuuttajan testilaitteistossa käytössä oleva pulssianturi. /3/



Kuva 7 Pulssianturi /4/

7.1 Toimintaperiaate

Pulssianturin akselia pyöritettäessä anturi generoi lähtöihinsä pulssijonon. Yksi pulssi vastaa tiettyä jako-osaa täydestä akselin kierroksesta. Koska kaikki pulssit ovat samanlaisia, tieto käännetystä kulmasta muodostuu laskemalla pulseja niin, että laskurin arvo vastaa joka hetkellä sitä jako-osien (inkrementtien) määrää, jon

ka akseli on pyörinyt. Pulssien muodostus tapahtuu käyttämällä optista tekniikkaa. Pulssianturissa on tummennettuihin ja läpinäkyviin sektoreihin jaettu kiekko, joka pyörii pienen valonlähteen ja valontunnistimen välissä. Pulssit muodostuvat tummennetun alueen katkaistessa valon pääsyn tunnistimeen. /3/

7.2 Pulssien tunnistus

Pulssianturin akseliin on kiinnitetty koodiekko, jossa on samankokoisia läpinäkyviä ja tummennettuja alueita. Koodiekon toisella puolella on alumiiniarsenidi-valonlähde ja vastakkaisella puolella on valoherkkä vastaanotin. Pulseissa ei ole asematietoa, vaan pulssit on vietävä ulkopuoliseen laskuriin, joka laskee pulssien määrän. Laskuriin kertyneet pulssien määrät kertovat, kuinka paljon akseli on pyörinyt. Kun Koodiekko on paikoillaan valoherkän vastaanottimen lähde on joko aktiivinen tai passiivinen, eikä näin ollen pulsseja synny. /3/

7.3 Pulssianturin kanavavaihtoehdot

Pulssiantureista on valittavana sekä yksikanavainen että kaksikanavainen malli. Kaksikanavainen malli on monipuolisempi, koska kaksikanavaisessa pulssianturissa on mahdollista tunnistaa anturin pyörimissuunta. Anturissa on kaksi valoherkkää tunnistinta, jotka muodostavat 90° (sähköasteita) vaihesiirrossa olevat suorakaideaaltopulssit. Logiikkakytkennällä pystytään tunnistamaan, kummalta kanavalta pulssi tulee ensin, ja sen mukaan päättelemään akselin pyörimissuunta. /3/

Nollapulssi esiintyy kerran joka kierroksella, mikä on kiinteässä suhteessa muihin pulssikanaviin. Nollauspulssia voidaan käyttää kääntymiskulman referenssipisteenä tai laskurin automaattiseen nollaukseen. /3/

8 TULOKSET

Tutkintotyön tuloksena on taajuusmuuttajan testilaitteisto ja 26-sivuinen raportti. Taajuusmuuttajan testilaitteiston suunnittelu ja valmistus onnistui melko hyvin, vaikka matkan varrella olikin hieman ongelmia osien kiinnityksissä. Alihankinnasta tulleissa osissa oli virheitä mm; moottorin pystytuet oli leikattu väärän vahvuisesta materiaalista ja pulssianturin kiinnitystuen levyistä toinen jäi tulematta. Osa, jolla pulssianturi oli tarkoitus kiinnittää moottoriin, tuli kahteen kertaan. Ajanpuutteen takia uutta osaa ei kerinnyt enää tilaamaan, joten jouduin muuttamaan pulssianturin kiinnitystä siten, että hitsasin korvakkeet pulssianturille ja tein lattaraudasta tuen johon pulssianturi kiinnitettiin. Tuen kiinnitin moottorin pystytuessa olleisiin reikiin. Ainevahvuuksien takia jouduin viilaamaan ja sovittamaan jokaisen kappaleen toisiinsa ennen hitsausta. Kappaleiden kokoonpano ja valmistus sujui ilman ongelmia, samoin kuin maalaus. Loppujen lopuksi työ onnistui siten kuin oli suunniteltukin.

9 YHTEENVETO

Päättötyön tuloksena oli taajuusmuuttajan testilaitteisto. Työ oli varsin monipuolinen, koska siihen kuului hyvin monenlaisia asioita, kuten osien suunnittelua, hitaamista, maalaamista ja laitteiston kokoonpanoa. Laitteiston testaaminen käytännössä ei ollut mahdollista, koska laitteiston sähkötyöt eivät kuuluneet päättötyöhön.

Taajuusmuuttajan testilaitteisto soveltuu erittäin hyvin käyttötarkoitukseensa. Laitteistoa voidaan liikutella erittäin helposti, mikä mahdollistaa sen käytön hyvin erilaisissa paikoissa. Testilaitteistoa voidaan hyödyntää myös opetus käytössä. Laitteistolla voidaan opettaa esim. taajuusmuuttajan toimintaa ja sitä kuinka oikosulkumoottorin nopeutta voidaan säädellä taajuusmuuttajalla. Laitteiston avulla on erittäin helppo tutkia oikosulkumoottorin energian kulutusta myös silloin, kun moottoria kuormitetaan. Tämän takia testilaitteistolla voidaan vertailla eri moottori tyyppien välisiä eroja energian kulutuksessa.

LÄHTEET

Sähköiset lähteet

- 1 Lappeenrannan teknillinen yliopisto[www- sivu]. Viitattu [7.5.2007]
saatavissa: www.ee.lut.fi/

- 2 Wikipedia [www- sivu]. Viitattu [10.5.2007] saatavissa:
www.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja

- 3 Wikipedia [www- sivu]. Viitattu [11.5.2007] saatavissa:
www.wikipedia.org/wiki/oikosulkumoottori

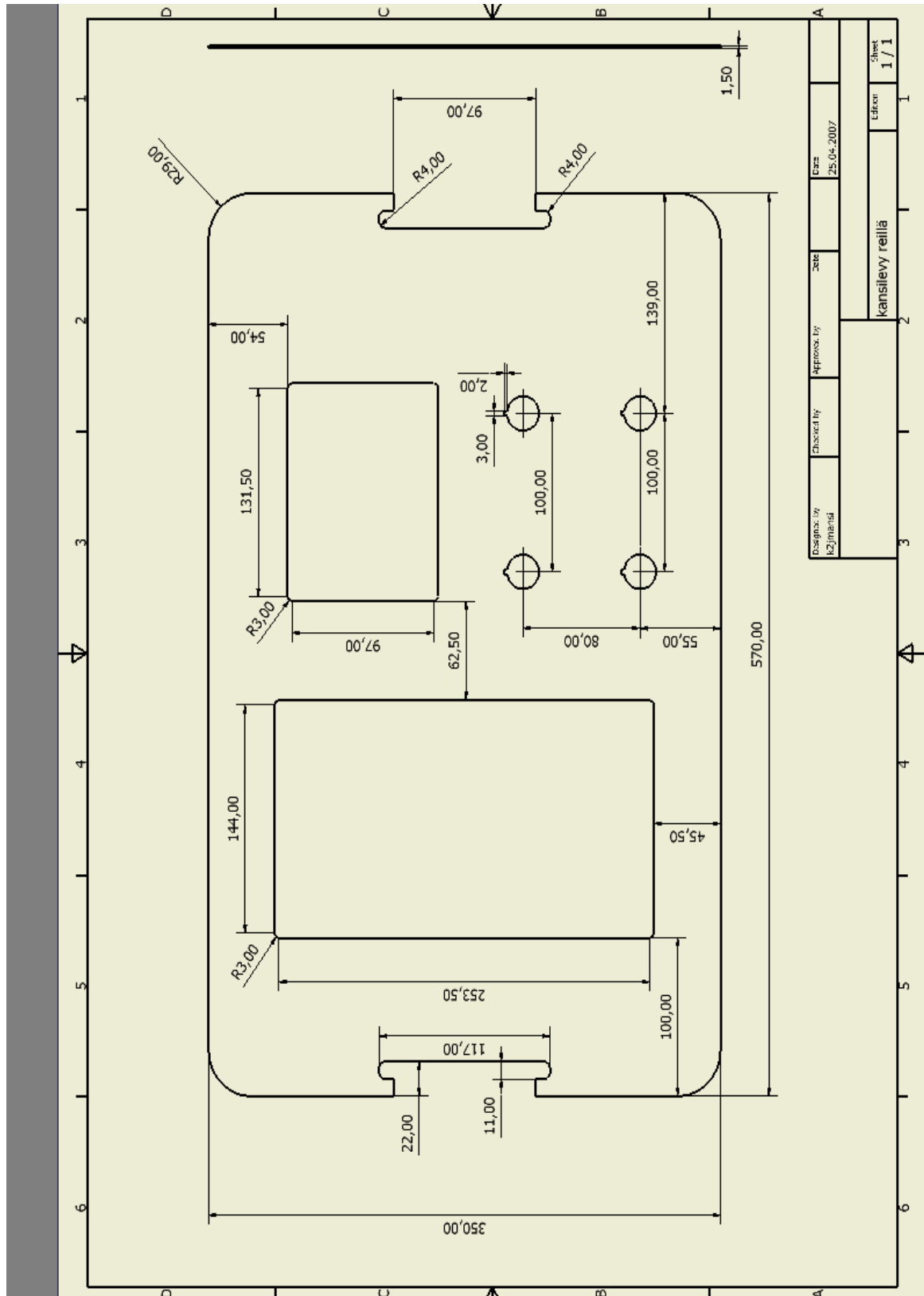
- 4 SKS Group [www- sivu]. Viitattu [16.5.2007] saatavissa:
www.sks.fi

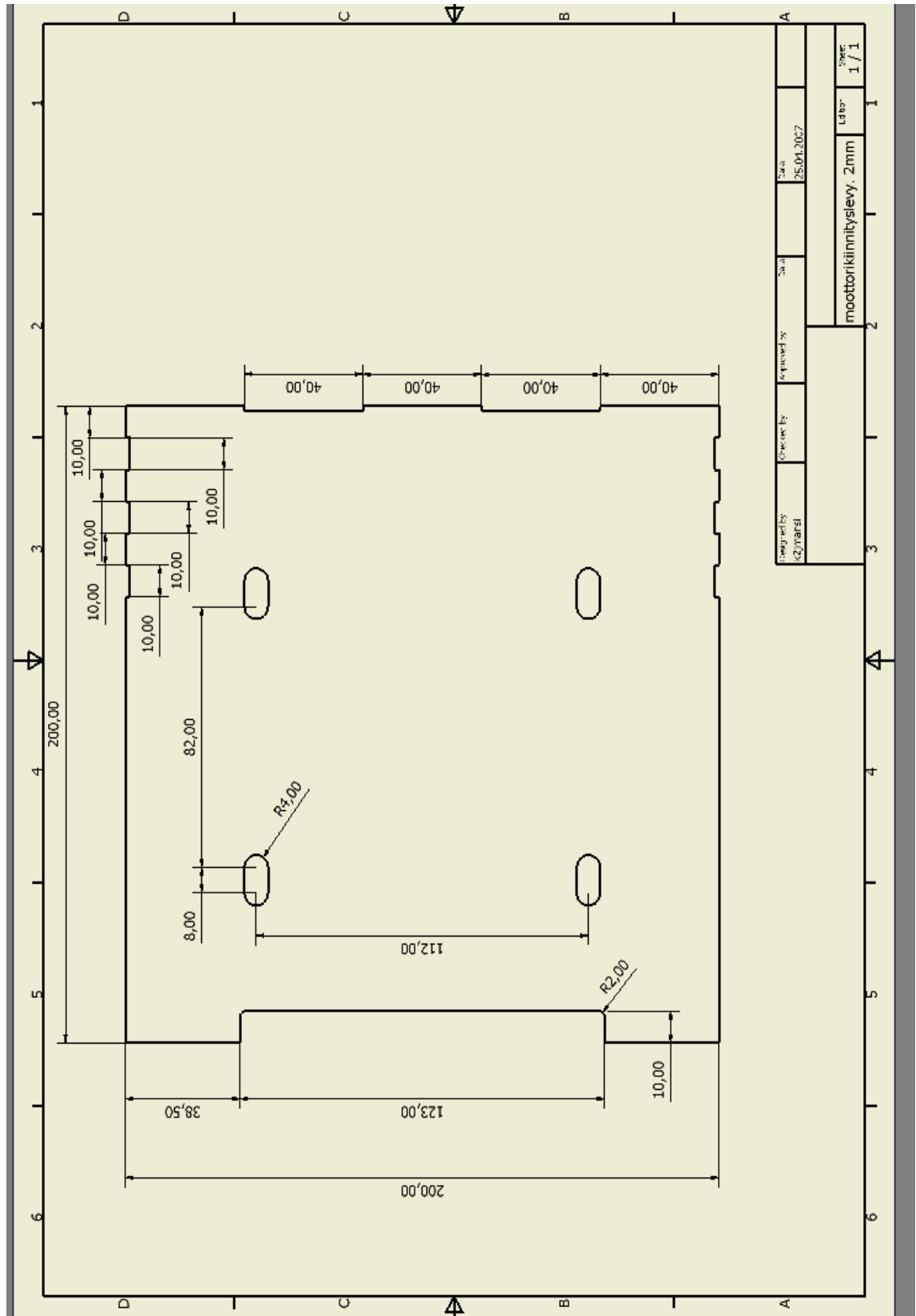
- 5 Beijer electronics Oy [www- sivu]. Viitattu [18.5.2007] saatavissa:
www.beijer.fi

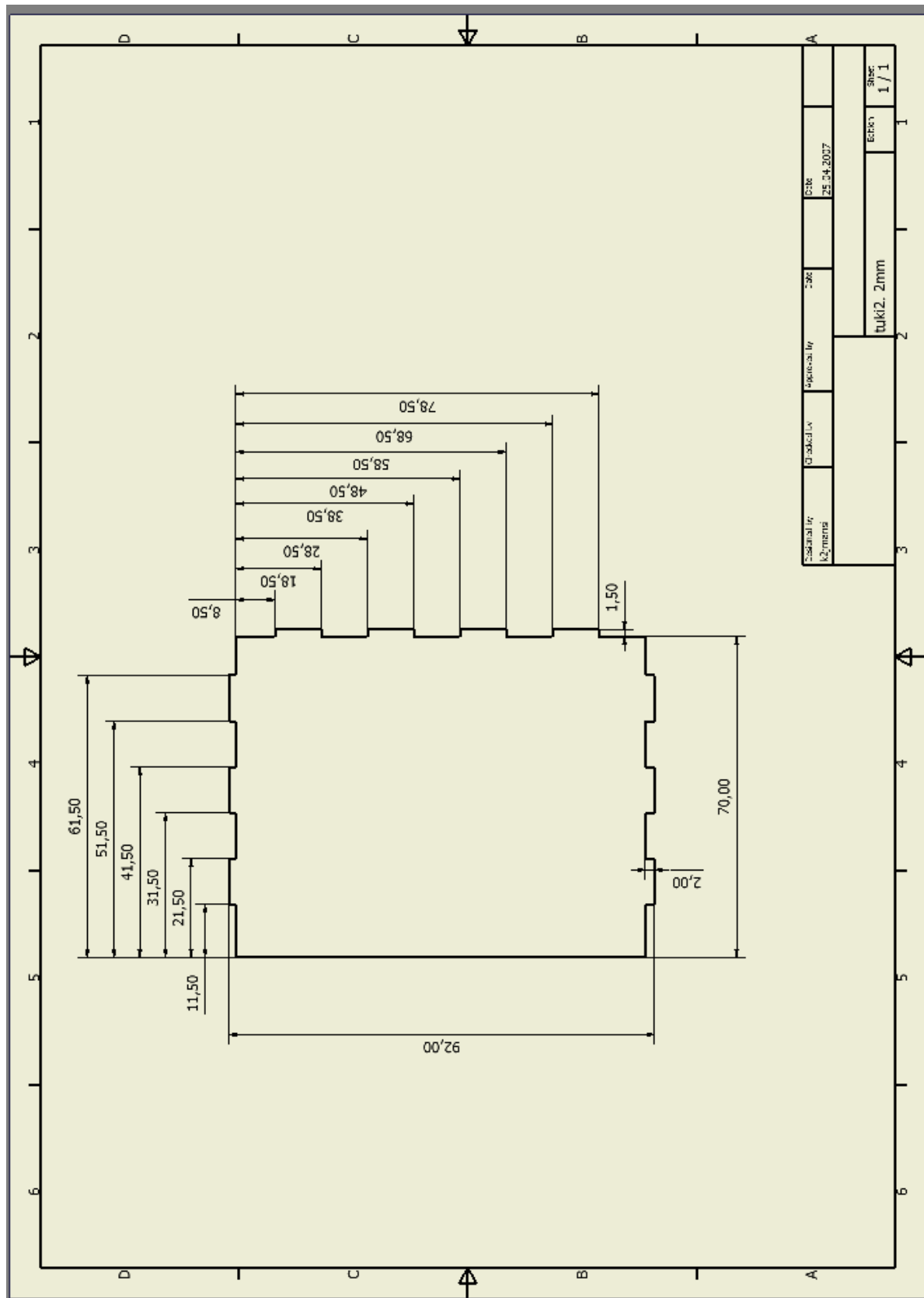
LIITTEET

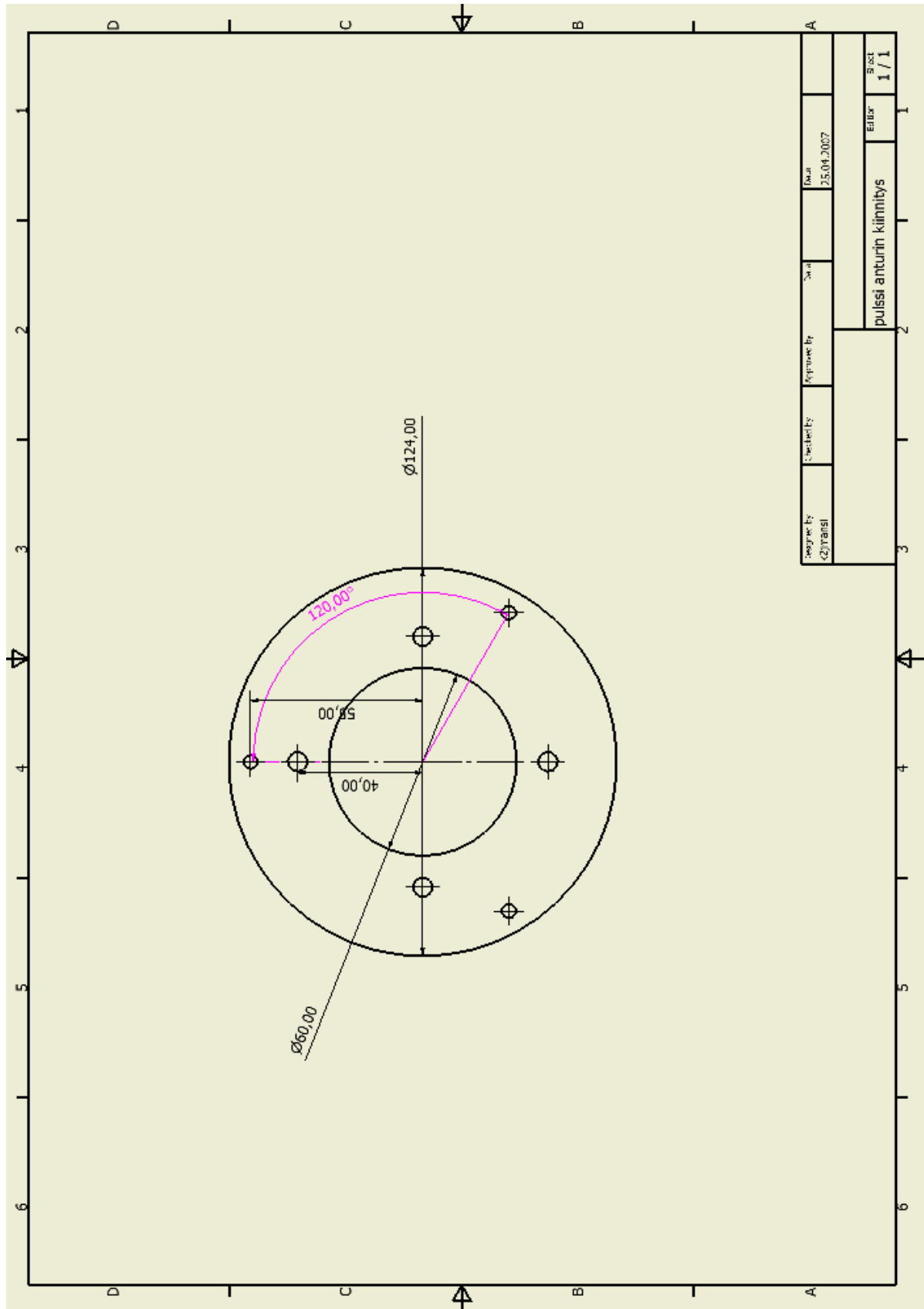
- 1 Kansilevy
- 2 moottorin kiinnityslevy
- 3 moottorin pystytuki
- 4 tuki 2
- 5 pohjalevy
- 6 pulssianturin kiinnitys
- 7 taajuusmuuttajan kiinnityslevy osa 2
- 8 taajuusmuuttajan kiinnityslevy
- 9 taajuusmuuttajan pohjatuki
- 10 taajuusmuuttajan pystytuki
- 11 taajuusmuuttajan pystytuki 2
- 12 pohjalevyn kokoonpanokuva

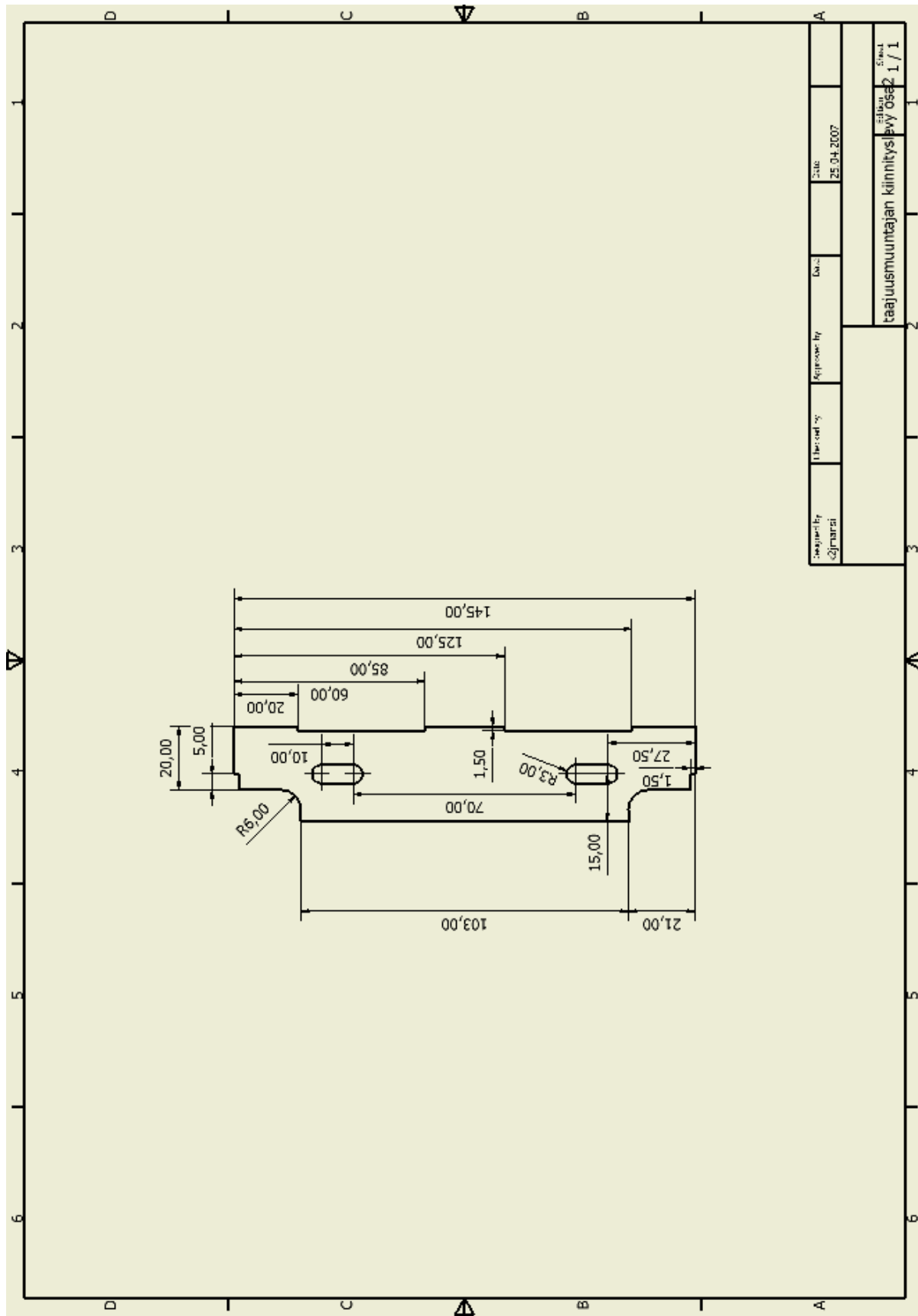
Liite 1

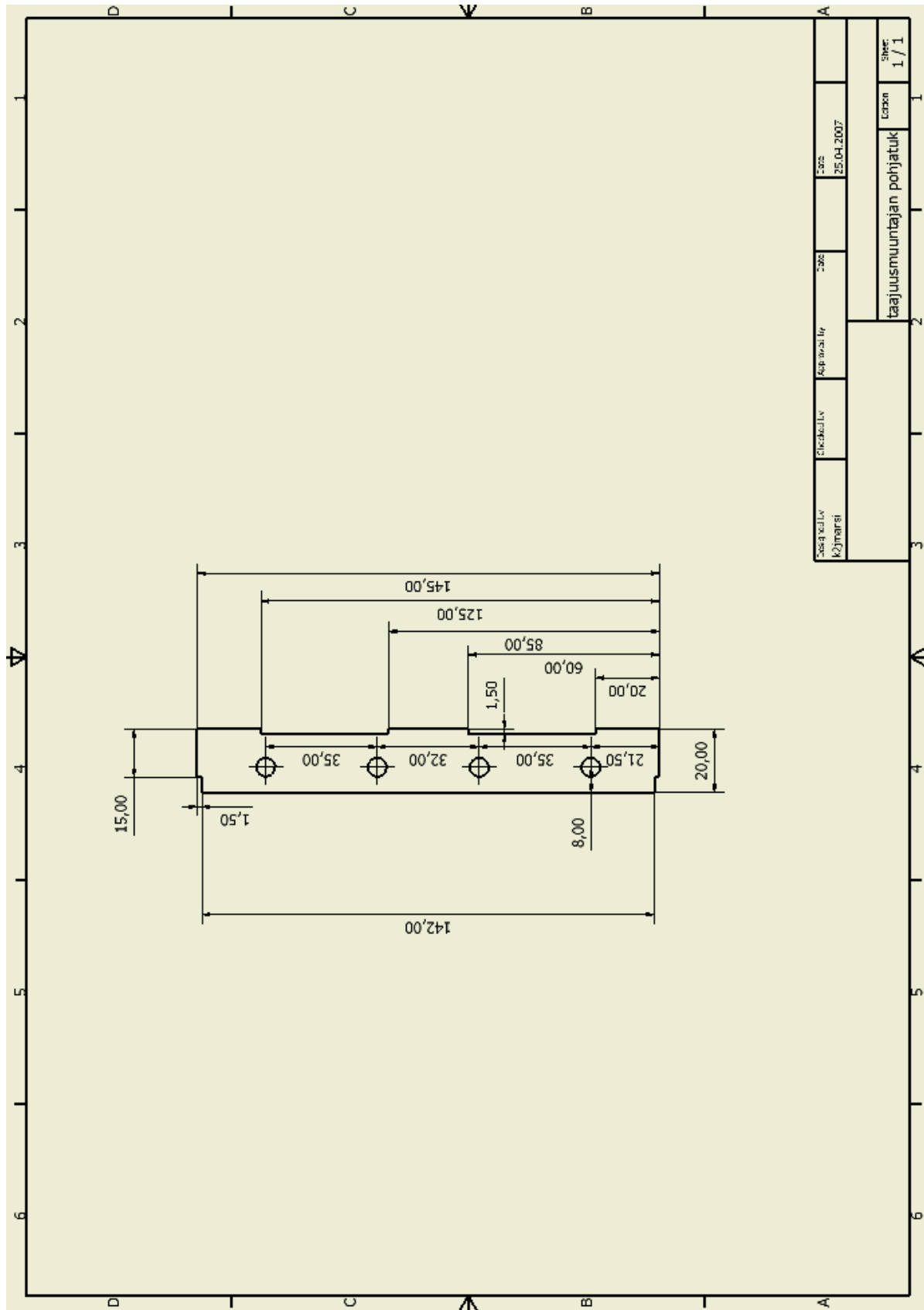


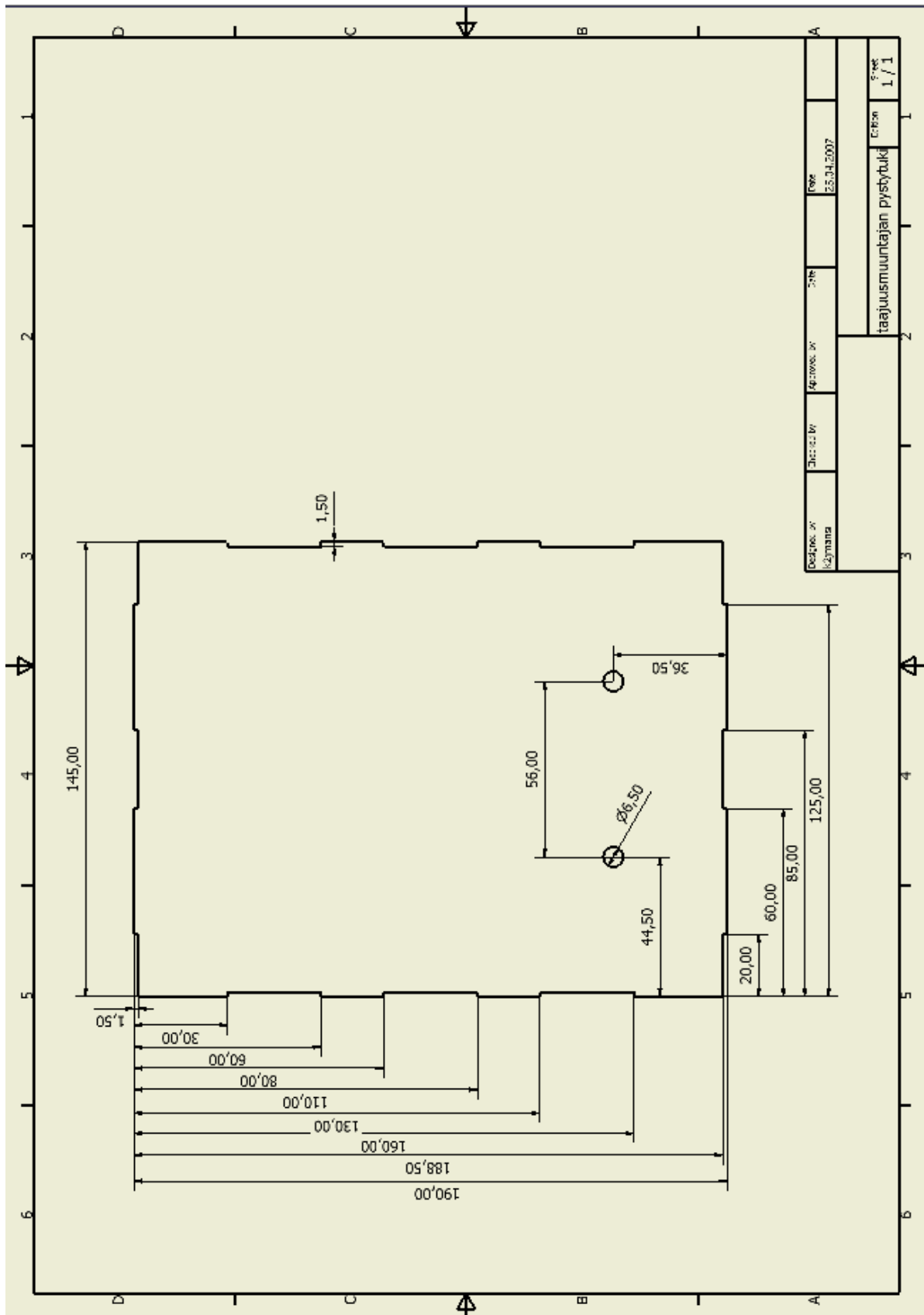












Projekti nro	Käynnä	Ensimmäinen	Alustava	2:n	3:n	4:n	5:n	6:n
taajuusmuuntajan pystytys								1 / 1
Elin								1 / 1
Pvm								25.04.2007

