
TUULITURBIINIEN TESTAUSJÄRJESTELMÄ

Ville Pietikäinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka			
Työn tekijä(t) Ville Pietikäinen			
Työn nimi Tuuliturbiinien testausjärjestelmä			
Päiväys	25.5.2011	Sivumäärä/Liitteet	34/19
Ohjaaja(t) Risto Niemi, Jorma Honkanen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä			
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikössä. Työn tavoitteena oli rakentaa tuuliturbiinien testausjärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena oli mahdollistaa tuuliturbiinien testaus sisätiloissa ilman häiriöitä. Järjestelmän pitäisi pystyä mittaamaan tuuliturbiinista jännite ja virta. Järjestelmässä piti olla tietokoneella ohjattava käyttöjärjestelmä. Järjestelmästä oli määrä tulla fysiikan laboratoriotyö opiskelijoille.</p> <p>Tuuliturbiinien testausta varten rakennettiin tuulitunneli, jonka päälaitteet ovat puhallin ja ilmanvirtausanturi. Käyttöjärjestelmä toteutettiin National Instrumentsin järjestelmällä ja ohjelma tehtiin LabVIEW-ohjelmointiympäristössä. Käyttöjärjestelmään saatiin näkyviin kaikki tarvittavat mittaukset ja arvot.</p> <p>Järjestelmästä saatiin toimiva kokonaisuus. Järjestelmällä voidaan testata erilaisia tuuliturbiineita ja niiden ominaisuuksia sisätiloissa. Omat mittauksemme olivat lähellä testaamamme tuuliturbiinin omia teoreettisia arvoja.</p> <p>Tuuliturbiinien testausjärjestelmää voidaan kehittää monella tapaa eteenpäin. Järjestelmän voidaan lisätä mm. toinen ilmanvirtausanturi; siten pystyisi laskemaan tuuliturbiinien hyötysuhteita.</p>			
Avainsanat Tuuliturbiini, tuulitunneli, National Instruments, LabVIEW, puhallin, virranmittaus.			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Automation Technology			
Author(s) Ville Pietikäinen			
Title of Thesis Wind Turbine Testing System			
Date	25.5.2011	Pages/Appendices	34/19
Supervisor(s) Risto Niemi, Jorma Honkanen			
Project/Partners SUAS			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made at Savonia University of Applied Sciences in Varkaus. The goal was to build a wind turbine testing system. The objective was to make it possible to test wind turbines indoors without problems. The system should be able to measure the voltage and current of wind turbines. The system was to be a computer-controlled system. This System is meant to be used as a physics laboratory exercise for students.</p> <p>For wind turbine testing a wind tunnel was built the main equipment of which is fan and air flow sensor. The Operating system was carried out by National Instruments and the program was made in LabVIEW programming environment. The Operating system displays all the necessary measurements and values.</p> <p>As a result of the study the wind turbine testing system works as it should. The system can test a variety of wind turbines and their properties indoors. Our measurements were close to the wind turbines own theoretical values.</p> <p>The Wind turbine testing system can be developed further in many ways. For example a second air flow sensor can be added to the System, which could be used to calculate the efficiencies of wind turbines.</p>			
<p>Keywords Wind turbine, wind tunnel, National Instruments, LabVIEW, fan, current measurement.</p>			

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 TUULIVOIMAN SYNTY	2
2.1 Tuulen synty	2
2.2 Tuulivoiman historia	2
3 TUULIVOIMA TEKNIikka	4
3.1 Tuuliturbiini	4
3.2 Potkurikäyttöiset tuulivoimalat	4
3.3 Tuulivoimaloiden koko	5
3.4 Hyötysuhde	6
3.5 Lavat	6
3.6 Tuulivoimalan pysäyttäminen	6
4 TESTAUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET	8
4.1 Puhallin 3G 800	8
4.2 Operaatiovahvistin LM124	9
4.3 NI USB-6008	11
4.4 LabVIEW	11
4.5 Ilmanvirtausanturi EE75	12
4.6 Rutland 504 tuuliturbiini	13
4.7 Regulaattori NC25A-12	14
4.7.1 Hakkuriregulaattori	15
4.8 Jännitteen ja virran mittaus	15
4.8.1 Jännite	15
4.8.2 Virta	16
4.8.3 Tehon laskeminen	17
5 JÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN	18
5.1 Tuulitunnelin rakentaminen	18
5.2 Puhaltimen kehikon hitsaaminen	19
5.3 Puhaltimen ohjaus	20
5.3.1 Vahvistin	20
5.4 Ilmanvirtausanturin asennus	21
5.5 Tuulitunnelin testaus	21
6 TUULITURBIININ KYTKEMINEN	23
6.1 Tuuliturbiinin vaikutus ilmanvirtausmittaukseen	23
6.2 Virranmittaus	24
6.3 Jännitteenmittaus	24
6.4 Järjestelmän siistiminen	25

7 LABVIEW-OHJELMOINTI.....	<u>26</u>
8 KOKO JÄRJESTELMÄN KYTKENTÄKAAVIO	<u>29</u>
9 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ.....	<u>30</u>
10 JÄRJESTELMÄN JATKOKEHITYS.....	<u>32</u>
11 YHTEENVETO.....	<u>33</u>

LIITTEET

- Liite 1 Puhallin
- Liite 2 Operaatiovahvistin
- Liite 3 Jännitelähde
- Liite 4 NI-USB 2008
- Liite 5 Ilmanvirtausanturi
- Liite 6 Tuuliturbiini
- Liite 7 Regulaattori

1 JOHDANTO

Kaikki tietävät minkälaista vahinkoa tuulet voivat saada aikaan. On hurrikaaneja ja hirmumyrskyjä, mutta voitaisiinko tuulenenergiaa käyttää hyödyksi sähköntuotannossa. Ihminen on osannut jo vuosisatoja käyttää tuulen voimaa hyväkseen purjeh-timisessa ja tuulimyllyissä. Tuulesta on osattu tehdä sähköä jo yli sata vuotta, mutta vasta nyt siitä puhutaan lupaavana sähköntuotannon menetelmänä.

Tuuliturbiinien viimeaikainen kehitys on ollut nopeaa, ja markkinoilla on useiden eri valmistajien tuottamia tuuliturbiineja. Tämän lisäksi on useita eri valmistusmenetelmiin perustuvia tuuliturbiinityyppejä, kuten pysty akseliset ja vaaka-akseliset tuuliturbiinit.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää tuuliturbiinien testausjärjestelmä Savo-nia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikköön. Aikaisempaa testausjärjestelmää ei kyseisessä yksikössä ollut. Testausjärjestelmään on tarkoituksena rakentaa tuulitun-neli, jotta järjestelmää pystyisi käyttämään ilman häiriöitä sisätiloissa. Järjestelmään on tarkoitus toteuttaa ilmavirranmittaus, jännitemittaus ja virtamittaus.

Testausjärjestelmän käyttöjärjestelmä on tarkoitus toteuttaa National Instrumentsin järjestelmällä ja ohjelma tehdä LabVIEW-ohjelmointiympäristössä. Käyttöliittymään pitäisi saada näkyviin kaikki tarvittavat mittaukset.

Tavoitteena on saada toimintavarma järjestelmä, jolla pystytään testaamaan tuuliturbiinien ominaisuuksia. Testausjärjestelmästä on tarkoitus tulla uusille energiateknii-kan opiskelijoille fysiikan laboratoriotyö. Testausjärjestelmää on tarkoitus myös kehit-tää eteenpäin, mm. hyötysuhdemittauksen lisäämisellä.

2 TUULIVOIMAN SYNTY

Tuulivoimalajärjestelmiä suunnitellessa on syytä tutustua tuulivoimaloiden toimintaan, teoriaan ja historiaan. Luvussa kaksi käsitellään pääpiirteittäin tuulen synty ja tuulivoiman historia.

2.1 Tuulen synty

Tuulet syntyvät kun aurinko lämmittää maapalloa epätasaisesti. Aurinko lämmittää päiväntasaajaa enemmän ja tämän seurauksena lämmin ilma pyrkii siirtymään kohti napoja. Mitä kauemmaksi päiväntasaajasta mennään, sitä suuremmin auringon lämpösäteily vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Auringon lämpösäteilyyn vaikuttaa myös pilvisyys. Auringosta tulevasta lämpösäteilystä noin 2 - 3 prosenttia muuttuu tuuleksi, mikä on energiamääränä noin 40-kertainen tämän hetkiseen sähkönkulutukseen.

[1,2]

Seuraava taulukko osoittaa miten me tarkastelemme tuulen nopeutta sääolosuhteiden mukaan. Kaikkien aikojen suurin mitattu tuulennopeus on 113,3 m/s. [3]

m/s	Kuvaus
0-3	Heikko tuuli
4-7	Kohtalainen tuuli
8-13	Navakka tuuli
14-20	Kova tuuli
21-24	Myrsky
25-28	Kova myrsky
29-32	Ankara myrsky
>32	Hirmumyrsky

Taulukko 1. Tuulennopeustaulukko. [3]

2.2 Tuulivoiman historia

Tuulivoimaa on hyödynnetty jo satoja vuosia, ennen sähköntuotantoa sitä hyödynnettiin mekaanisissa laitteissa. Tuulivoiman juuret johtavat 600-luvulle eKr. Persiaan, missä tuulivoiman avulla nostettiin vettä pelloille. Sieltä ne levisivät Välimeren maihin ja sieltä taas Eurooppaan. Tuulivoiman seuraava suuri kehitysaskel oli viljanjauhaminen, mistä tuli nimi "tuulimylly". Tuulimyllyt yleistyivät nopeasti, Hollannissa oli 1700-luvulla jo yli 100 000 tuulimyllyä. [2,4]

Suomessa tuulimyllyjen historia alkaa vuodesta 1463 Turun läheltä. 1500-luvun loppupuolella Suomessa oli jo noin 400 tuulimyllyä ja 1800-luvun lopulla jo noin 10 000

tuulimyllyä. Viimeisimmät käyttöön tarkoitetut tuulimyllyt rakennettiin Suomeen noin 1930-luvulla. Yksi tunnetuimmista suomessa valmistetuista tuulivoimaloista on 1920-luvulla valmistettu Savonius-roottori (S. J. Savonius 1884-1931). Sitä käytettiin paljon talojen ilmanvaihdossa ja on yleinen näky vanhojen kerrostalojen katoilla. [2,4]



Kuva 1. Vanhanajan tuulimylly. [5]

Sähköntuotantoon tuulivoima sai ensimmäiset askeleensa vuonna 1888, kun Charles F. Brush kehitti 12 kW tuulivoimalan Clevelandissa. Sähköntuotannossa tuulivoima yleistyi kumminkin nopeimmin Tanskassa. Tanskassa sähköntuottaminen tuulivoimalla alkoi jo 1890-luvulla, suurimpien laitosten teho oli jo 20 - 60 kW. Ensimmäisen maailmansodan loppuvaiheessa tuulivoimalat olivat levinneet ympäri Tanskaa. Toisen maailmansodan jälkeen fossiilisten polttoaineiden hinnat nousivat, mikä edesauttoi tuulivoimaloiden kehitystä. Suomen ensimmäinen sähköverkkoon kytketty tuulivoimala otettiin käyttöön vuonna 1986. [2,4]

3 TUULIVOIMA TEKNIikka

Järjestelmää rakentaessa on hyvä huomioida tuulivoimateknologian pääpiirteitä. Luvussa kolme käsitellään yleisesti tuulivoimatekniikkaa ja sen pääpiirteitä.

3.1 Tuuliturbiini

Yleensä tuuliturbiinista puhuttaessa tarkoitetaan sillä koko tuulivoimalaitosta. Tuuliturbiini muuttaa ilman liike-energiaa mekaaniseksi energiaksi. Tuuliturbiinin akseli pyörittää generaattoria ja näin tuottaa sähköä. Yleisin sähköntuotannossa käytettävä tuuliturbiinimalli on aksiaalinen eli ilma virtaa akselin suuntaisesti. Myös muita tuuliturbiinimalleja valmistetaan, mutta ne soveltuvat käytännössä vain pienille tehoille. [2,4]

Tuuliturbiinin lisäksi konehuoneessa sijaitsevat vaihteisto, generaattori sekä säätö- ja ohjausjärjestelmät. Erilliset moottorit kääntävät konehuonetta tuulen suuntaan suunta-anturin ja säätölaitteen avulla. Konehuoneen runko ja kuori valmistetaan yleensä teräksestä tai lasikuidusta. [2,4]

3.2 Potkurikäyttöiset tuulivoimalat

Potkurikäyttöiset tuulivoimalat ovat aksiaalisia. Potkurikäyttöisten tuulivoimaloiden pyyhkäisy-pinta-ala on potkurin kärjen piirtämän ympyrän pinta-ala ja napakorkeus on potkurin akselin korkeus maan pinnasta. Potkurin merkittävin etu on, että se peittää omaan pinta-alaansa verrattuna suuren alan, ja kykenee tuottamaan rakennepainoonsa nähden huomattavan paljon tehoa. Potkuri pyörii useimmiten pienehköllä nopeudella ja siksi generaattorin ja potkurin väliin tarvitaan useimmiten ylennysvaihte. Mitä suurempi potkuri on, sitä pienempi on pyörimisnopeus, sillä potkurin kärkinopeus halutaan rajoittaa lähinnä melusyistä alle melurajan, 70 m/s. Tasavirta-generaattorin tuottama sähkö muutetaan taajuusmuuttajalla vaihtosähköksi, tällöin roottorin pyörimisnopeus voi vaihdella. [2,4]

Tuulivoimalan potkuri on käännettävä kohti tuulta, jotta voimala toimisi. Tuuleen suuntaus tapahtuu joko moottorikäyttöisesti tai käyttämällä pyrstöä tai poikittaista kääntöpotkuria, joka toimii tuulen tullessa sivusta. [2,4]



Kuva 2. Potkurikäyttöisiä tuulivoimaloita [4]

Tuulivoimalaitoksia asennetaan yleensä lähekkäin niin sanotuiksi tuulipuistoiksi, joissa voi olla jopa satoja yksittäisiä tuuliturbiineja. Tuuliturbiinit eivät vaikuta toistensa toimintaan, kun ne sijoitetaan viisi kertaa potkurin pyörimiskehän halkaisijan päähän toisistaan. Tuulipuistoja on maalla, rannikolla ja merellä. [2,4]

3.3 Tuulivoimaloiden koko

Tuulivoimalan kokoa voidaan kuvata nimellisteholla, pyyhkäisyypinta-alalla, potkurin halkaisijalla, vuosituotolla, napakorkeudella tai painolla. Usein miten tuulivoimaloiden koosta puhuttaessa, puhutaan nimellistehosta. Nimellisteho on tuulivoimalalle määritetty suurin teho. Tuulivoimalan tuotto on kuitenkin suoraan verrannollinen pyyhkäisyypinta-alaan. Tuotto paranee myös napakorkeuden kasvaessa, koska tuuli on voimakkaampaa ja tasaisempaa korkeammalla. [2,4]

Tuulivoimaloiden koko on kasvanut moninkertaiseksi viimeisen 25 vuoden aikana. Uusien 5 MW:n koelaitosten potkurin halkaisija on jo jopa 130 metriä. Tornin korkeuttakin on kasvatettu 22 metristä 100 metriin, Euroopassa rakennetaan jo 130 metrin korkuisia torneja. Koska hyötysuhde on kasvanut parantuneen aerodynamiikan ansiosta ja tuulusuus parantunut korkeamman tornin ansiosta, vuosituotto on yli sata kertaistunut tänä aikana. [2,4]

3.4 Hyötysuhde

Tuulivoimalaitoksen roottorin läpi virtaavan ilmamassan tehosisällöstä saadaan teoriassa hyödynnettyä noin 59 %, joka näin ollen on tuulivoimalaitoksen teoreettinen maksimihyötysuhde. Häviöt johtuvat siitä, että tuulen nopeus roottorin takana on pienempi kuin ennen roottoria, ja nopeuden pienentyessä ilmamassa laajenee, koska massavirta säilyy vakiona. [2,4]

Käytännössä tuulivoimalaitosten roottorihyötysuhteet ovat maksimissaan 50 % luokkaa. Häviöitä syntyy mm. virtauksen turbulenttisuudesta, koska roottori pystyy hyödyntämään virtauksesta ainoastaan pyörimisakselin suuntaisen nopeuskomponentin. Myös lapaprofiili ja roottorin pyörimisnopeus vaikuttavat hyötysuhteeseen. Hyötysuhdehäviöitä syntyy roottorin lisäksi myös mekaanisessa voimansiirrosta, generaattorissa, muuntajassa ja kaapeleissa, mutta nämä eivät ole kokonaiskeskiarvo hyötysuhteen kannalta kovin merkityksellisiä. Hetkittäinen kokonaishyötysuhde on parhaimmillaan 45 - 50 %. [2,4]

3.5 Lavat

Kolmilapainen potkuri on pyörähdys symmetrisesti tasapainossa ja massahitusvoimat ovat tasapainossa kaikkien akseleiden suhteen. Jos potkurissa on vähemmän kuin kolme lapa, aiheuttaa se tuuleen käännettäessä koneistoon rasittavaa tärinää. Tärinä johtuu koriolisvoimasta, joka pyrkii kiertämään potkurin akselia joko ylös tai alaspäin. [2,4]

Tästä syystä käytetäänkin paljon kolmilapaisia potkureita. Kolmilapaisuus ei kuitenkaan estä koriolisvoimien vaikuttamista erikseen jokaiseen lapaan mutta kolmilapaisuus tasaa akseliin kohdistuvia kuormia. [2,4]

3.6 Tuulivoimalan pysäyttäminen

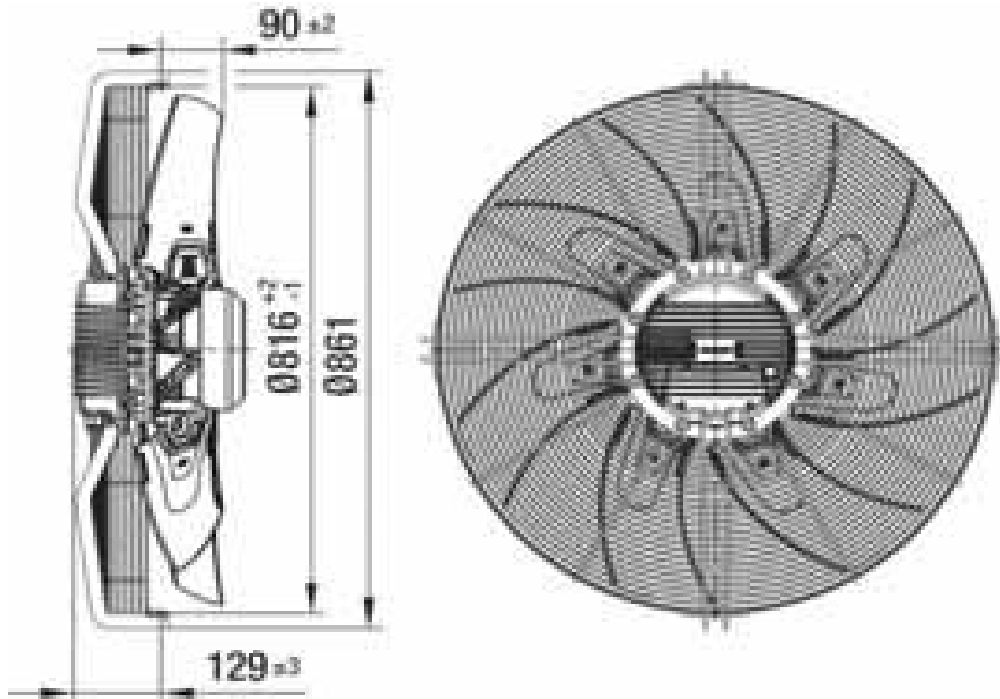
Tuulivoimalalle joudutaan asettamaan turvallisuussyistä suurin sallittu tuulennopeus, jonka jälkeen voimala on pysäytettävä. Sakkaurajoitettujen voimaloiden pysäyttämiseksi tarvitaan tehokas aerodynaaminen jarru. Yleisin malli on kokonaan kääntyvä lavan kärkiosa, joka kääntyy poikittain tuuleen silloin, kun voimala halutaan pysäyttää. Kärkijarrun pituus on vain alle 10% lavan pituudesta. Silti yksikin jarru riittää pysäyttämään koko voimalan. Jokaisen lavan kärjessä oleva jarru takaa pysähtymisen vaikka yksi tai jopa kaksi jarrua jäisi toimimatta. Tämä on katsottu tarpeelliseksi sen vuoksi, että myrskytilanteessa mahdollinen toimimattomuus saisi aikaan katastrofin ja johtaisi pahimmillaan koko voimalan hajoamiseen. [2,4]

Voimalassa, jossa on lapakulman säätö, käännetään lavat kokonaan kohti tuulta. Lapakulman kääntöä kohti tuulta jatketaan, kunnes lavan etureuna on kohtisuorassa tuulta vastaan ja voimala pysähtyy. Pysähtymisen jälkeiseen lukitukseen käytetään mekaanista jarrua. Mekaanisella jarrulla voidaan auttaa aerodynaamisen jarrun toimintaa jarrutuksen loppuosalla varmistamaan että lapa pysähtyy kokonaan. [2,4]

4 TESTAUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET

4.1 Puhallin 3G 800

Puhallin 3G 800 voi tuottaa 150 Pa paineen kierrosnopeudella 860 r/min. Puhallinta voidaan ohjata joko jänniteviestillä 0-10 V tai virtaviestillä 4-20 mA.[Liite 1]



Kuva 3. Puhallin 3G800 [Liite 1]

Puhaltimessa on integroitu taajuusmuuttaja. Moottorikäytössä taajuusmuuttajaa käyttämällä sähkömoottori saadaan pyörimään prosessin tarpeen mukaisella nopeudella, jolloin moottorilla suoritettava prosessi tehostuu usein huomattavasti. Jos sähkömoottori kytketään suoraan sähköverkkoon, moottori pyörii verkon taajuuden määräämällä nopeudella. Jos taajuusmuuttajaa ei käytetä, prosessin säädössä on käytettävä muita apukeinoja, esimerkiksi vaihteistoja tai puhallin- ja pumppukäytöissä kuristimia. Taajuusmuuttajan avulla päästään portaattomaan säätöön moottorille syötettävää taajuutta muuttamalla. [6]

Yhtenä suurimpana etuna taajuusmuuttajan käytössä on energian säästö, kun moottoria käytetään aina prosessin tarpeen mukaisella nopeudella. Energian säästö on erityisesti huomattava pumppu- ja puhallinkäytössä, joissa energian tarve pienenee suhteessa nopeuden kolmanteen potenssiin. Taajuusmuuttajien käyttö lisääntyikin voimakkaasti juuri tästä syystä. Taajuusmuuttajan lisäetuina saavutetaan sähköver-

kon ja käyttölaiteistojen rasitusten pieneneminen (esimerkiksi kiihdytys- ja hidastustilanteet). [6]

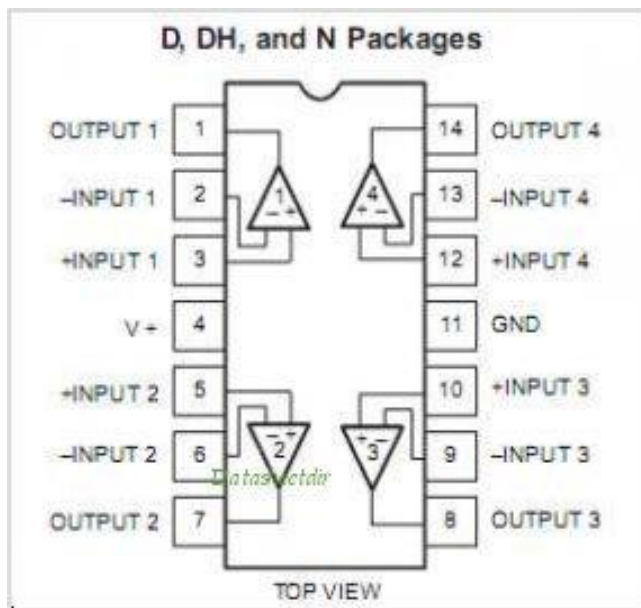
Puhaltimessa on integroitu PID-säädin. Säätimen suhdeosalla (P) tarkoitetaan siis sitä, että säätimen ohjaussuure on suoraan verrannollinen säätimen vahvistukseen. P -termille on tyypillistä se, että se ei pysty kompensoimaan eroisuutta kokonaan. Ilmiötä kutsutaan pysyvän tilan virheeksi. Tyypillisesti sisään menona käytetään eroisuutta e , joka on asetusarvon ja mittausarvon erotus, eli säädettävän suureen poikkeama halutusta arvosta. [7]

Integroiva osa (I) integroi eroisuutta ajassa. Sen ulostulo on siis suhteessa paitsi erosuureen suuruuteen, myös sen kesto aikaan. Integroivan termin vahvistuksena käytetään integrointivahvistusta K_i . [7]

Derivoiva osa (D) tarkastelee erosuureen muutosnopeutta, ja sen kohdalla puhutaan derivointivahvistuksesta K_d . Derivoivaa osaa kutsutaan myös ennakoivaksi säädöksi, koska se pyrkii kompensoimaan poikkeaman jo siinä vaiheessa, kun se vasta on muodostumassa. [7]

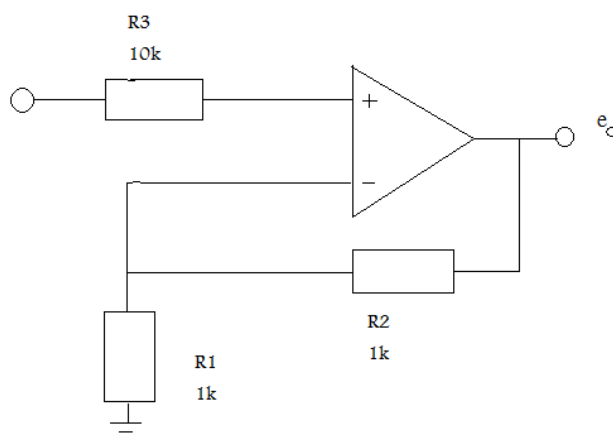
4.2 Operaatiovahvistin LM124

Operaatiovahvistin (OPA) on monikäyttöinen elektroniikan komponentti, jolla käsitellään analogisia signaaleja. Komponenttitasolla tarkasteltuna operaatiovahvistimet ovat mikropiirejä. Yhden operaatiovahvistimen sisältävällä mikropiirillä on viisi kappaletta pinnejä eli liittimiä. Signaaliliittimiä on kolme kappaletta: kaksi tuloa ja yksi lähtö. Jäljelle jäävät kaksi liittintä ovat operaatiovahvistimen syöttöjännitteitä varten. Suurin osa operaatiovahvistimista tarvitsee kaksipäisen tasajännitelähteen toimiakseen. [8]



Kuva 4. LM124 [9]

Lähes aina operaatiovahvistinta käytetään takaisinkytkemällä vahvistimen lähtöliitin jompaankumpaan tuloliittimeen. Operaatiovahvistimen tuloliittintä 1 kutsutaan invertoivaksi (merkitään -). Liittintä 2 kutsutaan ei-invertoivaksi (merkitään +). Nimitykset johtuvat siitä, että lähtöliittimen 3 jännite on samassa vaiheessa tuloliittimen 2 kanssa ja vastakkaisessa vaiheessa tuloliittimen 1 kanssa. Ideaalinen operaatiovahvistin ei ota sisään virtaa ollenkaan, eli tuloimpedanssi on ääretön. Lähtö toimii taas ideaalisena jännitelähteenä, joten ulostulon impedanssi on ideaalisella operaatiovahvistimella nolla. [8]



Kuva 5. Ei-invertoiva vahvistin.

Operaatiovahvistimella saadaan erisuuruisia signaalinvahvistuksia vastuksen kokoja muuttamalla. Kuvassa 5 on kaksinkertainen signaalinvahvistus.

Vahvistus voidaan laskea kaavasta:

$$A = 1 + \frac{R2}{R1}$$

4.3 NI USB-6008

NI USB-6008 on National Instrumentsin tiedonkeruuyksikkö, joka liitetään tietokoneen USB-porttiin ja näin ollen ei tarvitse erillistä virtalähdettä. Tiedonkeruuyksikössä on 8 analogista tuloa (1-20 V) ja kaksi analogista lähtöä (0-5 V). Yksikkö on 12-bittinen ja siinä on myös 12 digitaalista I/O porttia (Input/Output). [Liite 4,11]



Kuva 6. NI USB-6008 [10]

4.4 LabVIEW

LabVIEW on National Instrumentsin tekemä ohjelmointiympäristö, joka perustuu graafiseen G-kieleen. Siitä on saatavissa versiot Windowsiin, Linuxiin, Mac:iin, Solarikseen ja joillekin PDA-laitteille. LabVIEW-ohjelmat ovat suoraan siirrettäviä eri käyttöjärjestelmien välillä, pois lukien tietyt käyttöjärjestelmäkohtaiset rajoitukset kuten ActiveX-komponentit. Muut erot, esimerkiksi erilaiset tiedostopolut voi sovittaa käsin tai ohjelmallisesti tunnistamalla ajossa oleva käyttöjärjestelmä. [12,13]

Kieli on helppo oppia ja optimoitu riittävän tehokkaaksi. Käytettävissä ovat muun muassa tapahtumat (events), varmat jonot (semaphores, FIFOs), OpenGL-grafiikka, TCP/IP-tuki ja suuri aihekohtainen aliohjelmakirjasto. [12,13]

LabVIEW on lähes de-facto standardi mittaus- ja testaussovelluksissa, mutta kypsytyensä ja helppokäyttöisyytensä ansiosta se soveltuu usein myös yleisohjelmointikieliksi. Joitain operaatioita sillä on kuitenkin verrattain työläs tehdä, esimerkiksi mutkikkaita merkkijonojen käsittelyoperaatiota. [12,13]

Tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. PC-pohjaiset teollisuusautomaatio-sovellukset ja hyvinkin laajat ja hajautetut tiedonvarastointi ja analysointisovellukset. Tehokkuutensa vuoksi se kilpailee täysin esimerkiksi C/C++-ohjelmoinnin kanssa. [12,13]

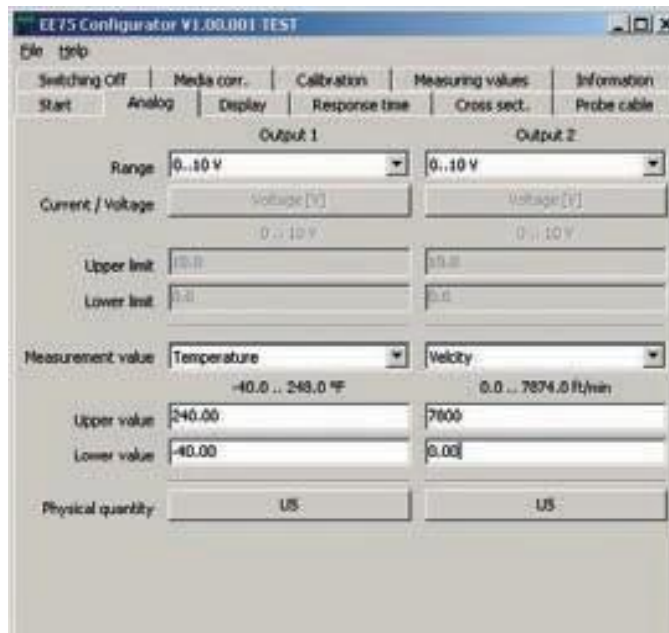
4.5 Ilmanvirtausanturi EE75

Ilmanvirtausanturi EE75 on terminen virtausanturi ja se mittaa ilman tai kaasujen normivirtausnopeutta riippumatta paineesta tai lämpötilasta. Anturi mittaa samalla myös lämpötilaa. Anturi soveltuu ilman ja kaasun mittauksiin. Anturi on erittäin tarkka mittaamaan myös pieniä ilmavirtauksia. Anturi pystyy mittaamaan ilmanvirtausta 0-40 m/s välillä ja lämpötiloja -40 - +120 välillä. [Liite 5]



Kuva 7. Ilmanvirtausanturi EE75. [Liite5]

Anturin mittausviesti on 0 – 10 V tai 0 – 20 mA, jos mittausviestiä halutaan muuttaa pitää anturin sisältä muuttaa hyppylankojen paikkoja. Anturin mukana tulee oma asennusohjelma, jossa voidaan määrittää anturin arvoja mm. mittausviesti.



Kuva 8. EE75 asennus ohjelma. [Liite5]

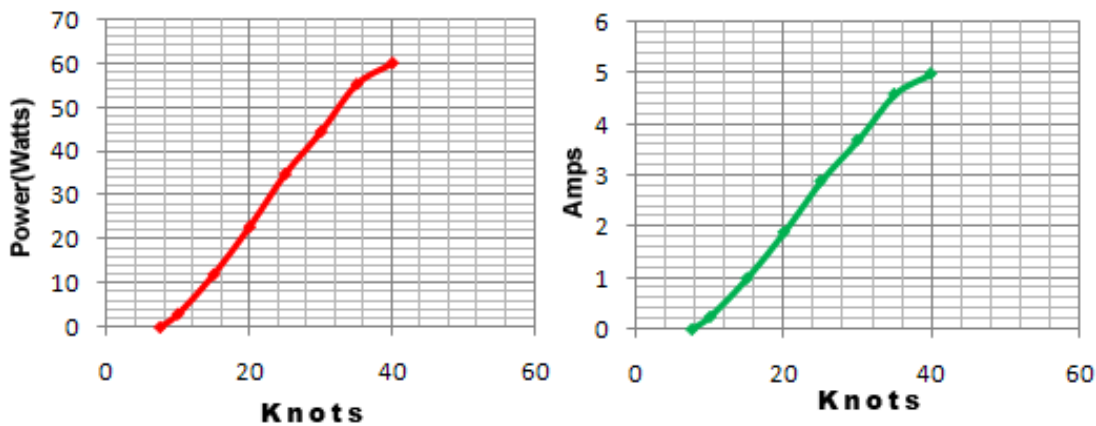
4.6 Rutland 504 tuuliturbiini

Rutland 504 tuuliturbiini on kuusilapainen kovien tuulien tuuliturbiini. Rutland 504 on tarkoitettu pääasiassa akkujen lataamiseen. Tehoa saadaan jo 5 m/s noin 6 W ja 10 m/s saadaan jo noin 25 W. Tuuliturbiinin maksimiteho on 80 W. [Liite 6]



Kuva 9. Rutland 504. [Liite 6]

Rutland 504 on tarkoitettu pääasiassa 12 V akkujen lataamiseen. Turbiini on tehty toimimaan yhdessä aurinkopaneelijärjestelmän kanssa. Turbiinia käytetään paljon veneilyssä. Kuvassa 13 on tuuliturbiinin teho- ja virtakäyrät. [Liite 6]



Kuva 10. Rutland 504 teoreettiset teho- ja virtakäyrät tuulennopeuden funktiona (1 solmu = 0,5144 m/s). [14]

4.7 Regulaattori NC25A-12

Regulaattorista puhutaan yleensä lataussäätimenä. Lataussäädin on säädin, jonka tarkoituksena on estää sähkögeneraattoria tai laturia lataamasta akkua liian täyteen tai vastaavasti akkua energialähteenään käyttäviä sähkölaitteita purkamasta akkua liian tyhjäksi. Lataussäätimiä käytetään mm. autoissa sekä aurinkopaneelien ja pientuulivoimaloiden virralla varattavien akkujen kanssa. [15]

NC25A-12 regulaattorin minimilataus on 0,005 A ja maksimi 25 A. Laitteen hyötysuhde on minimissään 98,9% ja maksimissaan 99,8%. Regulaattorin kytkentäkaavio on liitteessä 7 sivulla 3. NC25A-12 on hakkuriregulaattori. [Liite 7]



Kuva 11. Regulaattori NC25A-12 [16]

4.7.1 Hakkuriregulaattori

Hakkuriregulaattorit perustuvat yleensä käämien pyrkimykseen vastustaa virran muutoksia. Hakkuriteholähteessä sisään tulevaa tasavirtaa katkotaan suurella taajuudella (yleensä 10 kHz - 1 MHz) transistorilla. Hakkurin hyötysuhde on hyvä, yleensä noin 80%-95%. Hakkurin antojännite voi olla myös suurempi kuin tulojännite ja lähtö ja tulo voivat olla toisistaan galvaanisesti erotettuja. Hakkurien haittapuolia ovat muun muassa virran katkomisen aiheuttamat häiriöt ja monimutkaisuus, joskin nykyaikaisten pitkälle integroitujen hakkurimikropiirien avulla pienitehoiset hakkurit on helppo toteuttaa. [15]

4.8 Jännitteen ja virran mittaus

4.8.1 Jännite

Sähköinen jännite (tunnus U), eli sähköinen potentiaaliero kahden pisteen välillä, määritellään varatun hiukkasen, näiden pisteiden välillä valitsevan potentiaalienergian ja hiukkasen varauksen suhteena. Yhtäpitävästi kahden pisteen välinen potentiaaliero voidaan määrittellä sähkökentän voimakkuuden integraaliksi näiden pisteiden välillä vastakkaismerkkisenä. [17]

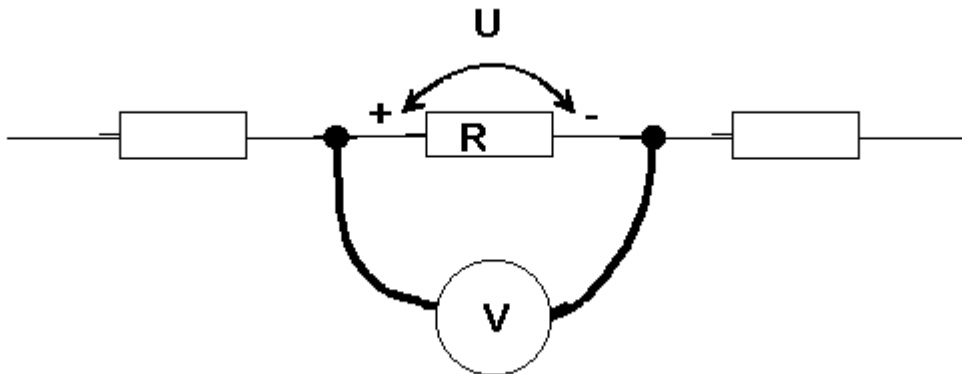
SI-järjestelmässä jännitteen yksikkö on voltti, jonka symboli on V. Yhden voltin jännite aiheuttaa yhden ampeerin virran yhden ohmin vastuksen läpi. Tämä riippuvuus tun-

netaan Ohmin lakina. Ohmin laki, jossa U on jännite, R on resistanssi ja I on virta.

[17]

$$U = R \cdot I$$

Jännitettä voidaan mitata muun muassa yleismittarilla. Kiertokäämimittarissa virta kulkee käämin läpi ja aiheuttaa kestopagneetin kentässä voiman, joka kääntää mittarin osoitinta. [17]



Kuva 12. Jännitteen mittaus vastuksen yli.

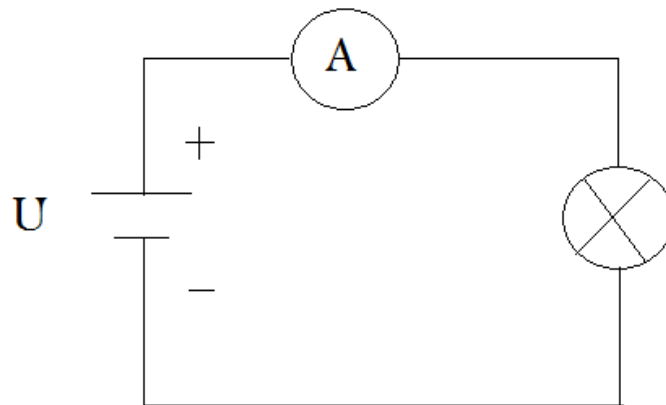
4.8.2 Virta

Sähkövirta on useimmissa materiaaleissa sähköisten varauksenkuljettajien liikettä. Eristeessä tai tyhjiössä sähkövirta voi kulkea myös sähkövuon siirtymävirtana eli kapasitiivisena virtana. Mittasuureena sähkövirran suuruus (tunnus I) tarkoittaa aikayksikössä siirtyvän sähkövarauksen määrää. [18]

SI-järjestelmässä sähkövirran yksikkö on ampeeri (tunnus A). Jos sähkövirran voimakkuus ja suunta pysyvät vakioina, on kyseessä tasavirta. Vaihtovirta on sähkövirtaa, jonka voimakkuus ja suunta vaihtuvat jatkuvasti, käytännön sovelluksissa yleensä sinimuotoisesti. Aineet voidaan jakaa johteisiin ja eristeisiin sen mukaan, missä määrin sähkövirta voi niissä edetä. Suprajohteita lukuun ottamatta kaikilla väliaineilla on kuitenkin resistanssia, minkä vuoksi sähkövirta kulkee vain, jos sitä ylläpitää jännite. Resistanssi määritellään jännitteen ja virran suhteeksi. Kun tiedetään vastuksen resistanssi R ja sen yli oleva jännite U pystytään sähkövirta selvittämään ohminlain avulla. [18]

$$I = \frac{U}{R}$$

Sähkövirtaa mitataan tavallisimmin ampeerimittarilla. Ampeerimittareita on analogisia, digitaalisia ja pihtimittareita. Analogisen ampeerimittarin ja pihtimittarin toiminta perustuu sähkövirran johtimeen synnyttämään magneettikenttään. Sähkövirta voidaan mitata tämän magneettikentän voimakkuudesta: kenttä vääntää mittarin viisaria suhteessa sen aiheuttaneen virran suuruuteen. Digitaalisen ampeerimittarin toiminta perustuu mittarin sisällä olevan shunttivastuksen läpi kulkevaan virtaan ja mittari mittaa sen yli olevan jännitteen. Yleismittarit ovat digitaalisia mittareita. Analogiset ja digitaaliset virtamittarit joudutaan kytkemään sarjaan osaksi sähköpiiriä. Pihtimittari kytketään vain johtimen ympärille. [18]



Kuva 13. Virranmittauspiiri.

4.8.3 Tehon laskeminen

Fysiikassa teho (P) on tehdyn työn tai käytetyn energian määrä aikayksikössä. Tehon SI-yksikkö on watti (W). Teho voidaan laskea kun tiedetään jännite U ja virta I . [19]

$$P = UI$$

5 JÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN

Toimin yhdessä toisen harjoittelijan Tuomas Rytkösen kanssa tiiminä. Rupesimme rakentamaan järjestelmää jo valmiiksi valitun Rutland 504 tuuliturbiinin ympärille, jonka halkaisija oli 510 mm. Tilasimme myös ilmanvirtausanturin EE75, jolla pystyttäisiin seuraamaan putken sisällä tapahtuvaa ilmanvirtausta. Ilmanvirtauksen aikaan saamiseksi tilasimme 3G800 puhaltimen. Ohjausjärjestelmä oli tarkoitus rakentaa National Instrumentsin NI USB-6008 I/O palikan ympärille ja ohjelma tehdä LabVIEW ohjelmalla. Ohjelmaan oli tarkoituksena tuoda kaikki tarvittavat mittaukset. Regulaattoriksi saimme NC25A-12, että voisimme tuuliturbiinilla ladata akkuja.

5.1 Tuulitunnelin rakentaminen

Työmme alkoi suunnittelulla ja sopivien osien etsimisellä. Ensimmäinen versiomme oli että laittaisimme vain viisi metrisen suoran 800mm ilmastointiputken pöydälle jonka toiseen päähän laittaisimme puhaltimen ja toiseen päähän tuuliturbiinin. Idea ei kumminkaan pystynyt toteuttamaan, koska ilmanvirtaus luokassa nousisi liian suureksi ja se vaikuttaisi työolosuhteisiin negatiivisesti. Tulimme siihen tulokseen että ainut vaihtoehto on rakentaa tuulitunneli suljetulla ilmankierrolla.

Suunnittelimme tuulitunnelin rakennettavaksi kahdesta kolme metrisestä ilmastointiputkesta, joiden päihin asentaisimme neljä 90 asteen mutkaa popniiteillä. Sen jälkeen mutkat liitettäisiin toisiinsa myös popniiteillä. Putket mutkineen oli tarkoitus kasata päällekkäin, joten järjestelmästä tulisi soikean ympyrän muotoinen. Tilasimme ilmastointiputkea jonka sisähalkaisija oli 800 mm ja mutkien myös. Saimme tuulitunneliin sopivat osat ilmastointitukku DAHL OY:ltä.

Suunnittelimme tuulitunnelille tukikehikon metallista ja sen jälkeen katkoimme ne oikean mittaisiksi. Aloitimme tuulitunnelin kokoonpanon tukikehikoiden hitsaamisella ja maalaamisella. Teimme molempiin päätyihin omat kehikot ja yhdistimme ne rautatangolla jotta tukikehikosta tulisi yhtenäinen. Hitsaus- ja maalaustöiden jälkeen alkoi tuulitunnelin varsinainen kokoonpano.

Rupesimme kokoamaan tuulitunnelia maata vasten kyljellään, koska osien nostaminen reilun kahden metrin korkeuteen oli käytännössä erittäin vaikeaa. Kiinnitimme mutkat toisiinsa popniiteillä ja työnsimme ne tukikehikoihin, tämän jälkeen kiinnitimme kolmemetrisen tuulitunnelin yläosan mutkiin popniiteillä ja pulteilla. Tuulitunnelin ylä-

osa oli nyt yhtenäinen. Kokoonpanon jälkeen nostimme viiden hengen voimin tuulitunnelin pystyyn. Tämän jälkeen tuulitunneli oli alaosaa vaille valmiina. Rakensimme tuulitunnelin alaosan pystytyksen jälkeen. Tuulitunneli näkyy pystytettynä kuvassa 14.



Kuva 14. Tuulitunneli.

5.2 Puhaltimen kehikon hitsaaminen

Puhaltimen asennus tuulitunneliin aloitettiin puhaltimen kehikon hitsaamisella ja maalaamisella. Halusimme kehikosta todella lujan ja painavan ettei suurilla ilmanvirtauksilla tärinää tai melua ilmenisi. Seuraavaksi puhallin kiinnitettiin pulteilla kiinni kehikoon. Tämän jälkeen liitimme puhaltimen kehikoineen osaksi tuulitunnelia. Tuulitunnelia pystyi tässä vaiheessa testaamaan ja rupesimme suunnittelemaan puhaltimenohjausta.



Kuva 15. Puhallin kehikossaan.

5.3 Puhaltimen ohjaus

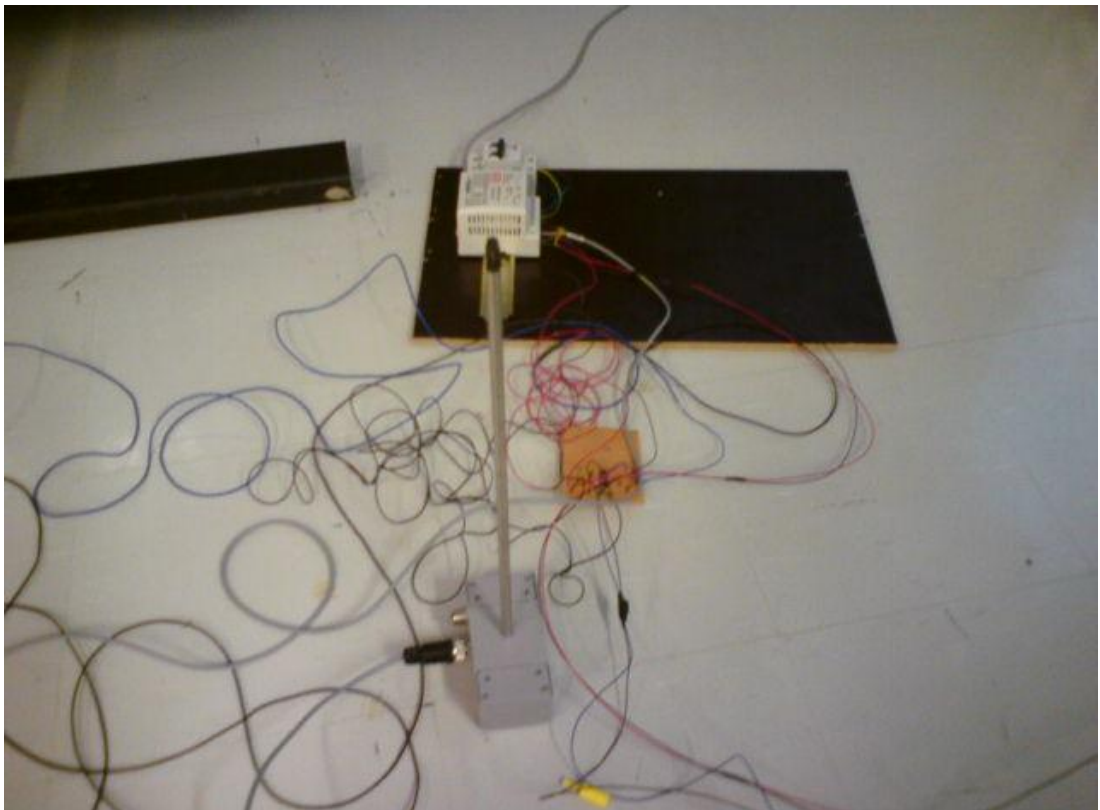
Puhaltimen ohjaukseen hankimme ensiksi tietokoneen jolla järjestelmänohjaus NI USB-6008 tiedonkeruuyksikön avulla tapahtuisi. Liitimme USB-6008 tiedonkeruuyksikön tietokoneen USB porttiin. Koneeseen asennettiin myös tässä vaiheessa LabVIEW ohjelma ja tarvittavat ajurit. Liitimme USB-6008 tiedonkeruuyksikköön puhaltimenohjauksen ja testasimme puhallinta.

5.3.1 Vahvistin

Koska puhallin tarvitsi ohjausjännitettä 0-10 V ja USB-6008 antoi ohjausjännitettä vain 0-5 V, jouduimme rakentamaan puhaltimen ohjaukselle vahvistimen. Suunnitelimme vahvistimen vahvistamaan signaalia tasan kaksinkertaiseksi. Vahvistimeen tarvitsi vain operaatiovahvistimen LM124 ja kaksi samankokoista vastusta. Vahvistimeen tuli kuvan 8 mukainen kytkentä. Vahvistin tarvitsi vielä erillisen 24V jännitelähteen ja sen datalehti on luettavissa liitteessä 3. Sen jälkeen testasimme puhallinta ja se toimi oikein.

5.4 Ilmanvirtausanturin asennus

Ilmanvirtausanturi tarvitsi myös oman jännitelähteen, käytimme samaa jännitelähdettä kuin vahvistimessa, koska siinä oli kaksi lähtöä. Halusimme anturista jänniteviestiä ulos, mutta se lähetti tehdasasetuksilla virtaviestiä. Jouduimme avaamaan anturin ja vaihtamaan hyppylankojen paikkoja että saisimme ulos jänniteviestiä (0 - 10 V). Ilmanvirtausanturin mukana tulleella ohjelmalla säädimme anturin mittaamaan ilmanvirtausta lämpötilan sijaan ja myös lähetettävä mittaustulos piti muuttua ohjelmassa jänniteviestiksi.



Kuva 16. Ilmanvirtausanturi.

Teimme sopivan testiohjelman LabVIEW-ohjelmistolla ja saimme puhaltimen ja ilmanvirtausanturin toimimaan oikein. Teimme tuulitunneliin reikiä ilmanvirtausanturille että pystyisimme testaamaan tuulitunneliä.

5.5 Tuulitunnelin testaus

Mittauksissa huomasimme että ilmanvirtaus oli maksimissaan 11m/s ja se ei riittänyt tuuliturbiinien testaamiseen. Sen jälkeen arvioimme että paljonko ilmanvirtaus muuttuu 800mm putkea supistaessa. Arvioimme että ilmanvirtaus olisi 17-18 m/s, jos su-

pistusosa olisi 630 mm jolloin tuuliturbiini vielä mahtuisi sen sisään. Saimme tilattua tarvittavat supistusosat ja putken paikallisesta Agrimarketista. Supistusosan asentamisen jälkeen ilmanvirtaus todella nousi noin 17-18 m/s, joka oli jo riittävä testauskäyttöön.



Kuva 17. Tuulitunneli supistusosalla

6 TUULITURBIININ KYTKEMINEN

Rakensimme tuuliturbiinille jalustan vanerilevyistä ja varren kovasta muoviputkesta. Laitoimme tuuliturbiinin tuulitunnelin sisään ja testasimme tuuliturbiinia sähkömoottorilla.



Kuva 18. Tuuliturbiini.

Kytkimme tuuliturbiinin regulaattoriin, kytkentäkaavio on liitteessä 7 sivulla 3. Testasimme tuuliturbiinia ja regulaattoria 12 V akku kuormana. Tuuliturbiinin jännitteen kasvaessa regulaattori rupesi katkomaan akulle menevää jännitettä niin kuin sen pitää. Kuormana tuuliturbiinille käytimme tästä eteenpäin 12 V akkua ja 50 W halogeenivaloa. Akku tosin meni pilalle koska sen jännite putosi liian alas, koska purimme sitä halogeenivalolla liikaa.

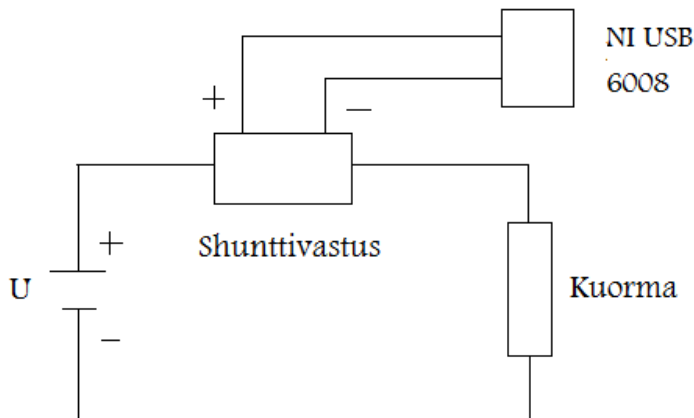
6.1 Tuuliturbiinin vaikutus ilmanvirtausmittaukseen

Testatessamme tuulitunnelia huomasimme että tuuliturbiini vaikuttaa merkittävästi tuulitunnelin sisällä olevaan ilmanvirtaukseen. Tuuliturbiini pudotti ilmanvirtausta melkein puolella. Mittasimme yleismittarilla tuuliturbiinin tuottamaa virtaa ja tarkistimme

sen tuuliturbiinin mukana tulleesta taulukosta (Kuva 10). Vaikka ilmanvirtaus pieneni anturin mukaan se ei vaikuttanut turbiinin virrantuotantoon, vaan tuulitunnelissa kiertävästä ilmasta osa muuttui tuuliturbiinin voimaksi. Tämä piti huomioida ohjelmaa tehdessä, että ohjelmasta pystyisi näkemään mikä on ilmanvirtaus ns. tyhjällä tuulitunnelilla. Joten otimme mittaustuloksia tyhjällä tuulitunnelilla ja silloin kun tuuliturbiini oli paikallaan. Laskimme tuloksista kulmakertoimen Excel ohjelmalla, mitä pystyisi käyttämään ohjelmassa hyödyksi.

6.2 Virranmittaus

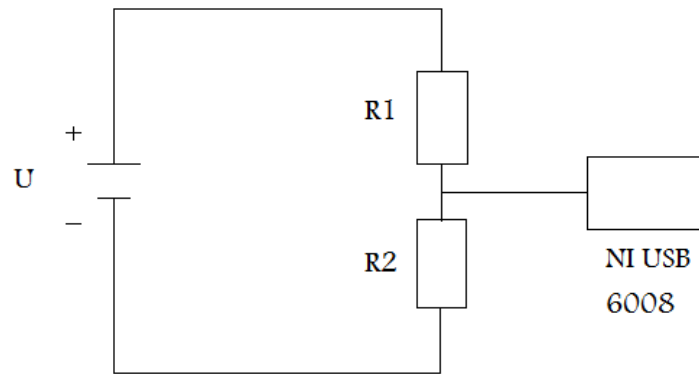
Virtamittauksessa ongelmaksi muodostui se että USB-6008:ssa ei ollut sisääntuloa virtamittaukselle, joten virta piti muuttaa jännitteeksi. Virtamittauksen teimme shunttivistuksella (5 A, 60 mV). Eli mitataan shunttivistuksen yli oleva jännite, jossa 5 A vastaa 60 mV. Samaa tapaa käytetään digitaalisissa yleismittareissa. Ohjelmassa jännite skaalataan taas virraksi. Koska shunttivistuksen yli oleva jännite oli vain millivolteja, aiheutti se omat haasteensa ohjelmoinnissa.



Kuva 19. Shunttivistuksen kytkentä.

6.3 Jännitteenmittaus

Teimme jännitteenmittauksen jännitejaolla kahden vastuksen välistä. Jännitteen jako tehtiin kahdesta syystä. Haluttiin estää virran pääsy USB-6008:lle ja haluttiin varmistaa että USB-6008:ssa riittäisi mittausalue (0-20 V). Käytimme kahta samankokoista vastusta eli ohjelmassa jänniteviesti kerrotaan vain kahdella. Pienennetty jännite skaalattiin oikean kokoiseksi ohjelmassa.



Kuva 20. Jännitteen mittaus.

6.4 Järjestelmän siistiminen

Laitoimme kaiken tekniikan muovisiin asennuskoteloihin siististi. Rakensimme myös pistokkeen mistä voi vaihtaa tuuliturbiinia ja kuormaa helposti. Lopuksi siistimme ja paransimme johdotuksia. Tuulitunneli ja tekniikka sen sisällä olivat nyt valmiina.

7 LABVIEW-OHJELMOINTI



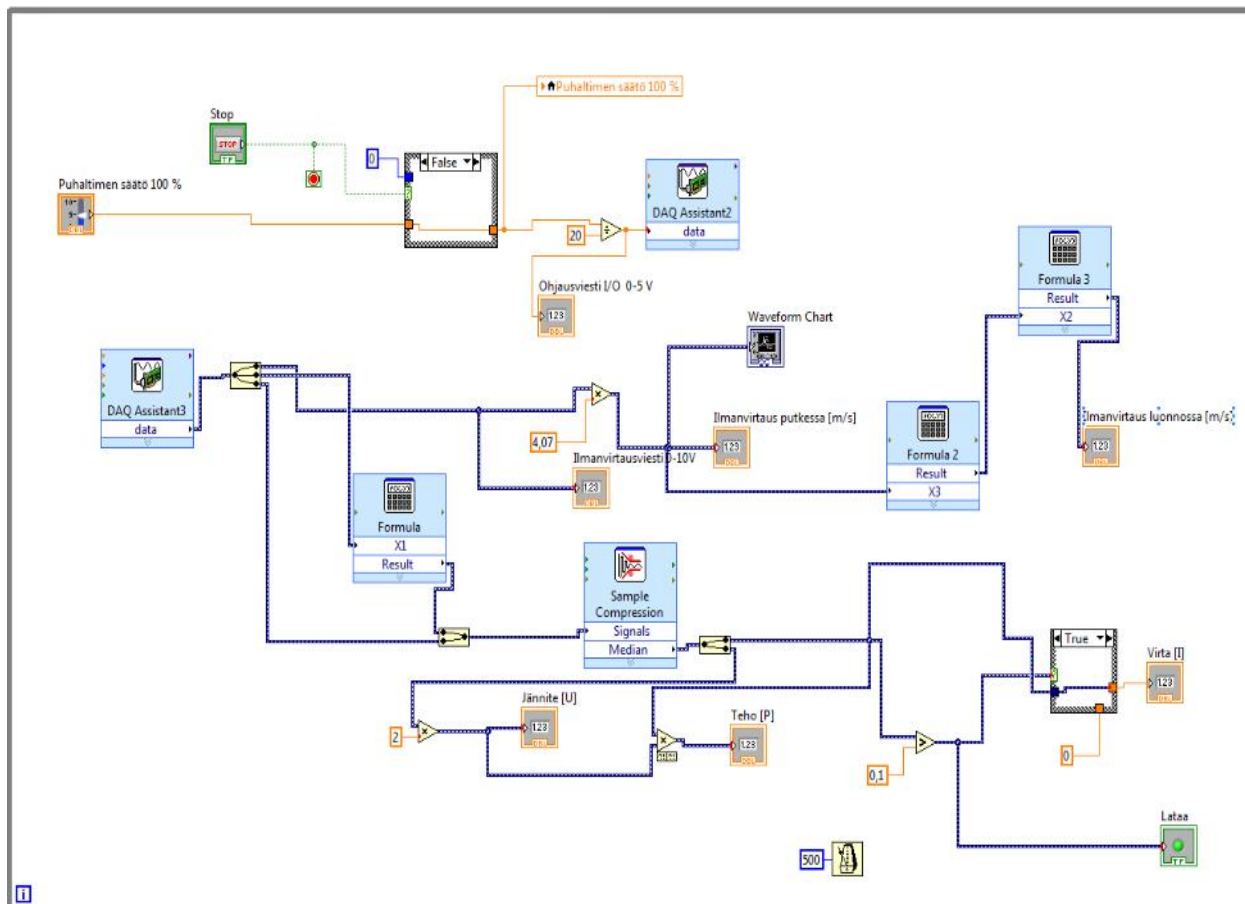
Kuva 21. LabVIEW-ohjelman etupaneeli

Kuvassa 21 on tekemämme LabVIEW-ohjelman etupaneeli eli mistä koko järjestelmää hallitaan. Vasemmalla ylhäällä on puhaltimen säätö (0-100 %), mistä ohjataan puhallinta.

Kuvassa oikealla alhaalla on virran, jännitteen ja tehon mittaus. Virta tulee virtamittauksesta, jännite jännitemittauksesta ja teho on laskettu ohminlain mukaan ohjelmassa.

Keskellä alhaalla on ilmanvirtaus putkessa, ilmanvirtaus luonnossa ja myös testivaiheessa ilmanvirtaus anturille menevä viesti. Ilmanvirtaus putkessa-arvo tulee suoraan ilmanvirtausanturilta.

Keskellä ylhäällä on näyttö ilmanvirtauksesta ajan funktiona. Se näyttää miten ilmanvirtaus käyttäytyy putkessa. Paneelissa on lisäksi myös pysäytysnappi ja latausvalo.



Kuva 22. Kuva LabVIEW-ohjelmasta.

Kuvassa 22 on tekemämme LabVIEW-ohjelma (block diagram). DAQ Assistantit kuvaavat USB-6008:sen tuloja ja lähtöjä. Laatikot joissa on tekstiä niiden päällä kuvaavat etupaneelin toimintoja esim. puhaltimen säätö 0-100 %. Kaikki muut laatikot ovat joko matemaattisia kaavoja tai signaalin käsittelyä.

Ylemmässä DAQ Assistanssissa ovat USB-6008:sen lähdöt. Kytkimme puhaltimen ohjauksen lähtöön. Ohjelman säädin 0-100 % on skaalattu 0-5 V jakamalla se kahdellakymmenellä. Ylemmässä DAQ Assistanssissa on vielä ohjelman pysäytys, jota kuvastaa stop-kuvake.

Alemmassa DAQ Assistanssissa on kaikki I/O palikan Inputit. Tilanne jossa signaaleja on useampia kuin yksi pitää signaalit haaroittaa siihen tarkoitetulla työkalulla. Olemme kytkeneet Inputtiin ilmanvirtaus anturin, virran mittauksen ja jännitteen mittauksen.

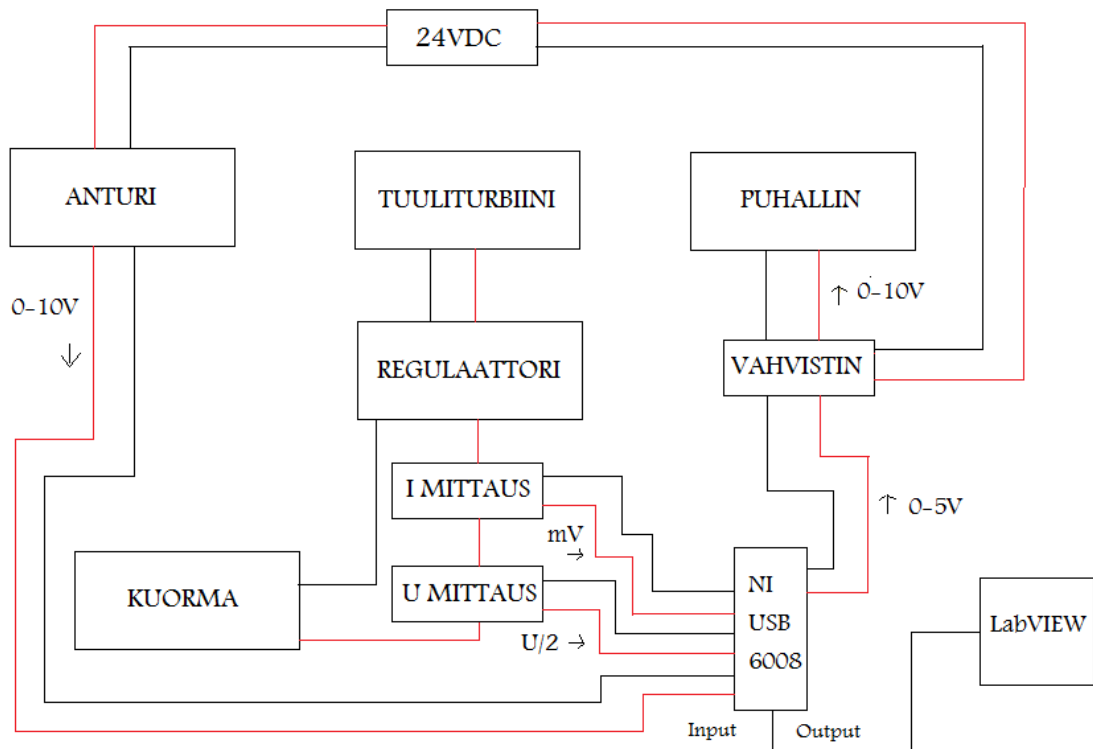
Ylin haara on ilmanvirtausanturi ja sen viesti 0-10 V on kerrottu neljällä että saadaan 0-40 m/s etupaneelissa. Ennen "ilmanvirtaus luonnossa m/s"-laatikkoa on tehty kulmakertoimella lasketut kaavat ("formula 2,3") joilla saadaan ilmanvirtaus näkymään

tuuliturbiinin kanssa oikein. Eli kaavat kertovat ilmanvirtausta kulmakertoimen mukaan.

Keskimmäinen haara on virranmittaus shunttivastuksen yli. Haara menee ensiksi "formula" laatikkoon jossa millivoltti viesti skaalataan taas virraksi (5A, 60 mV). Millivoltti viesti tuotti ongelmia koska se heitteli ohjelmassa nopeasti edes takaisin. Viesti saatiin tasaiseksi "sample compression" työkalun avulla. Työkalu ottaa mittausviestistä todella paljon näytteitä ja laskee niistä keskiarvon, näin saimme mittauksesta toimivan. Seuraavaksi viesti menee "Virta I" laatikkoon mistä se pääsee etupaneeliin. Samassa yhteydessä on vielä latausvalo, joka syttyy jos virtaa pääsee kuormaan.

Alimainen haara on jännitteen mittaus jännitteenjaolla. Se kerrotaan kahdella että saadaan jännitteenmittaus oikeaksi, sen jälkeen se menee "Jännite (U)" laatikkoon mistä se pääsee etupaneeliin. "Teho (P)" laatikko vie etupaneelin tehon ja siihen on vain kerrottu jännite ja virta.

8 KOKO JÄRJESTELMÄN KYTKENTÄKAAVIO



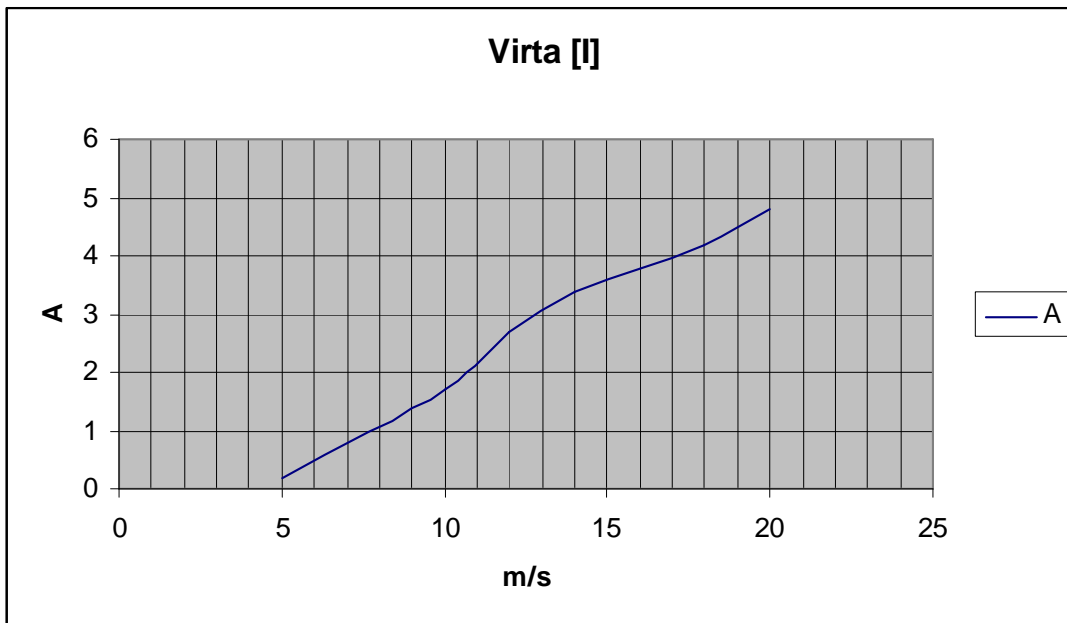
Kuva 23. Kyt Kentäkaavio

Kuvassa 23 on koko järjestelmän pelkistetty kytkentäkaavio. "I MITTAUS" laatikossa on virtamittaus shunttivistuksen yli, mistä mV-viesti lähtee NI USB 6008 I/O palikalle. "U MITTAUS" laatikossa on jännitteenmittaus jännitteen jaolla ja sieltä lähtee jännite puolitettona USB-6008:lle.

Kaaviossa on myös osoitettu nuolilla minne jänniteviestit menevät. Myös jänniteviestien suuruus ja miten ne muuttuvat matkalla on merkitty kaavioon.

9 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ

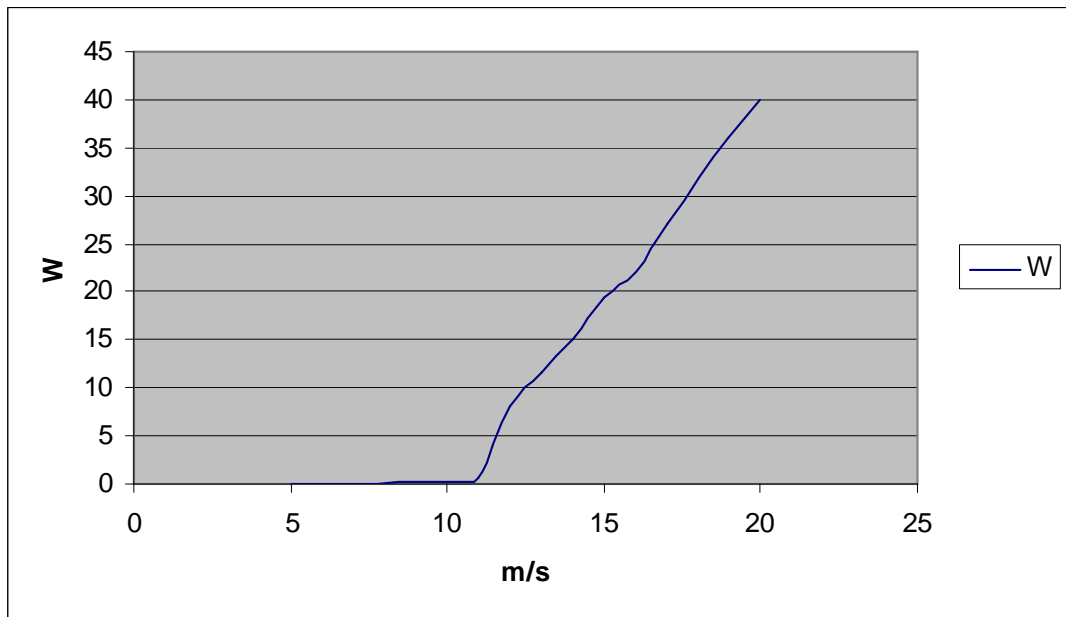
Tuuliturbiinien testausjärjestelmä oli nyt valmis ja oli aika aloittaa mittaukset. Aloitimme virranmittauksella. Saimme virtaa tuotettua kuvan 27 mukaisen käyrän tavoin. Saimme vIRRANTUOTON todella lähelle Rutland 504 mukana tullutta omaa teoreettista virtakäyrää, katso kuva 10.



Kuva 24. Virtakäyrä Rutland 504:lla.

Pienet poikkeavuudet käyrässä johtuvat ilmanvirtauksen turbulentsisuudesta ja koska regulaattorin hyötysuhde on alle 100 %. Sähköpiirissä syntyy muutenkin aina häviöitä. Mittaus oli erittäin onnistunut.

Seuraavaksi vuorossa oli tehonmittaus. Saimme tuotettua tehoa kuvan 28 mukaisesti. Kun verrataan mittauksissa saatua tehokäyrää ja Rutland 504:sen omaa tehokäyrää niin poikkeavuus oli huomattava, katso kuva 10. Poikkeavuus johtuu käyttämästämme kuormasta joka oli halogeenivalo, halogeenivalon vastus muuttuu kuumetessa. Joten tehomittauksta ei pysty mittaamaan kunnolla ilman kunnan stabiilia kuormaa, joka tässä tapauksessa olisi 12 V akku.



Kuva 25. Tehokäyrä Rutland 504:lla.

Mittaukset onnistuivat kuormaan nähden hyvin ja testit osoittivat että järjestelmä toimii. Tuuliturbiinien testausjärjestelmää voi nyt käyttää eri tuuliturbiinien testaamiseen.

10 JÄRJESTELMÄN JATKOKEHITYS

Tuuliturbiinien testausjärjestelmää voidaan kehittää monella tapaa eteenpäin. Järjestelmän voidaan lisätä mm. toinen ilmanvirtausanturi joka kytkettäisiin tuuliturbiinin jälkeen, sen avulla pystyisi laskemaan tuuliturbiinien hyötysuhteita.

Parannukset nykyiseen järjestelmään olisi virtamittaukselle mittamuunnin jolla saataisiin shunttinvastuksen yli tuleva mV-viesti vahvistettua. Regulaattorin voisi vaihtaa hakkuriregulaattorista lineaariseen regulaattoriin, se toimisi paremmin akkuja ladatessa. Lineaarinen regulaattori tosin laskee hyötysuhdetta merkittävästi.

Järjestelmään voisi laittaa nopeamman I/O palikan, järjestelmä toimisi nopeammin. LabVIEW-ohjelmaan voisi lisätä kunnolliset datankeräysohjelmat. Myös aliohjelmien lisäys selventäisi ohjelmaa.

11 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa Savonia- ammattikorkeakoulun Var-kauden yksikköön tuuliturbiinien testausjärjestelmä. Järjestelmää piti pystyä käyttämään sisätiloissa ilman häiriöitä. Testausjärjestelmään oli tarkoitus rakentaa tuulitunneli. Keskeiset laitteet testausjärjestelmään olivat puhallin, tuuliturbiini ja ilmanvirtausanturi. Järjestelmässä piti olla tietokoneella ohjattava käyttöliittymä. Järjestelmästä on tarkoitus tulla fysiikan laboratoriotyö opiskelijoille.

Tuuliturbiinien testausjärjestelmää varten täytyi kehittää tarkoitukseen sopiva käyttöliittymä. Käytimme National Instrumentsin laitteistoa ja ohjelmana oli saman valmistajan LabVIEW ohjelmointiympäristö. Käyttöliittymään täytyi saada puhaltimen ohjaus, ilmanvirtaus, jännitteen- ja virranmittaus.

Tämän opinnäytetyön tuloksena rakennettiin tuuliturbiinien testausjärjestelmä, järjestelmästä saatiin toimiva kokonaisuus. Rakensimme järjestelmään tuulitunnelin ja ilmaa siellä pyörittää 1,4 kW puhallin. Ilmanvirtaus tuulitunnelissa on korkeimmillaan n.18 m/s. Järjestelmällä voidaan testata erilaisia tuuliturbiineita ja niiden ominaisuuksia sisätiloissa. Tuuliturbiini voi pyörittää mitä tahansa kuormaa. Akkujen lataaminen tuuliturbiinilla on turvallista koska kuorman ja tuuliturbiinin väliin asennettiin regulaattori.

Ilmanvirtausmittauksen toteutimme ilmanvirtausanturilla. Virtamittauksen teimme shunttivastuksella (5A, 60 mV) ja jännitteenmittauksen jännitejaolla kahden vastuksen välistä. Ohjelmassa virrasta ja jännitteestä laskettiin teho ohminlain avulla.

Saimme Rutland 504 virrantuoton todella lähelle Rutland 504 mukana tullutta omaa teoreettista virtakäyrää. Tehonmittausta vaikeutti kuormana käytetyn halogeenivalon vastuksen muuttuminen kuumentuessa. Emme saaneet tehonmittausta aivan tuuliturbiinin mukana tulleen tehokäyrän tasolle.

Ongelmia tuotti virtamittauksen skaalaus ohjelmaan ja huonoksi mennyt akku. Suurimmat ongelmat olivat tavaroiden pitkissä toimitusajoissa, jotka viivästyttivät rakentamista.

Järjestelmä on hyvänä pohjana jatko kehittämiseksi. Parannukset nykyiseen järjestelmään olisi virtamittaukselle mittamuunnin jolla saataisiin shuntinvastuksen yli tuleva

mV-viesti vahvistettua. Regulaattorin voisi vaihtaa hakkuriregulaattorista lineaariseen regulaattoriin, se toimisi paremmin akkuja ladataessa. LabVIEW-ohjelmaan voisi lisätä kunnolliset datankeräys ohjelmat. Myös aliohjelmien lisäys selventäisi ohjelmaa.

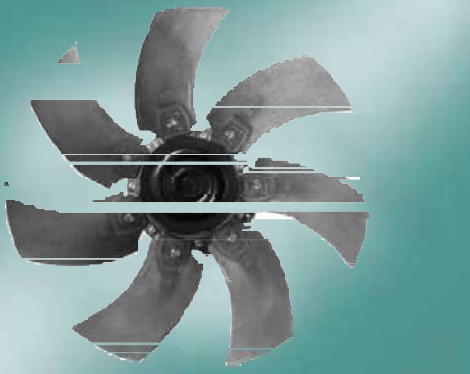
Lähdeluettelo

- [1] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Tuuli>
Hakupäivä 26.5.2011
- [2] Tuulivoimatieto. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.tuulivoimatieto.fi>
Hakupäivä 26.5.2011
- [3] Ilmatieteen laitos. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://ilmatieteenlaitos.fi/tuulet>
Hakupäivä 26.5.2011
- [4] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Tuulivoima>
Hakupäivä 26.5.2011
- [5] www.behm.fi [www-dokumentti]. Saatavilla:
http://www.behm.fi/manniku/nahtavyydet/eemun_tuulimylly.htm
Hakupäivä 26.5.2011
- [6] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>
Hakupäivä 26.5.2011
- [7] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/PID-säädin>
Hakupäivä 26.5.2011
- [8] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Operaatiovahvistin>
Hakupäivä 26.5.2011
- [9] LM124 datasheet [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://circuits.datasheetdir.com/37/LM124X-pinout.jpg>
Hakupäivä 26.5.2011

- [10] National Instruments. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://digital.ni.com/worldwide/finland.nsf/main?readform>
Hakupäivä 26.5.2011
- [11] National Instruments. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.duke.edu/web/isis/gessler/borland/ni-usb-6008.jpg>
Hakupäivä 26.5.2011
- [12] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
Hakupäivä 26.5.2011
- [13] LabVIEW manuaali [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf>
Hakupäivä 26.5.2011
- [14] Virta ja teho käyrä [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.windtrap.co.uk/ProductImages/504Graphs.gif>
Hakupäivä 26.5.2011
- [15] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Regulaattori>
Hakupäivä 26.5.2011
- [16] Regulaattori [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.windbluepower.com/v/vspfiles/photos/NC25-12V-2T.jpg>
Hakupäivä 26.5.2011
- [17] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4nnite>
Hakupäivä 26.5.2011
- [18] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6virta>
Hakupäivä 26.5.2011
- [19] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Teho> Hakupäivä 26.5.2011

EC axial fans

S-Range, Ø 800



- **Material:** stator and electronics housing made of die-cast aluminium, rotor made of sheet steel (black, KTL coated), impeller blades made of die-cast aluminium
- **Technical features:** control input 0-10 VDC / PWM, RS485 ebmBUS, alarm relay, integrated PID control, voltage supply for sensor, input for sensor 0-10 V respectively 4-20 mA, 0-10 V output for slave, PFC (passive), soft start, line undervoltage detection, phase failure detection, motor current limitation, over-temperature protected electronics and motor, locked-rotor protection
- **Type of protection:** IP 54 according to DIN VDE 0470, part 1 (EN 60 529) category 2
- **Insulation class:** "F"
- **Approvals:** UL, CE and GOST; with 380-480 VAC with VDE; CCC is planned

ebm-papst · Mulfingen

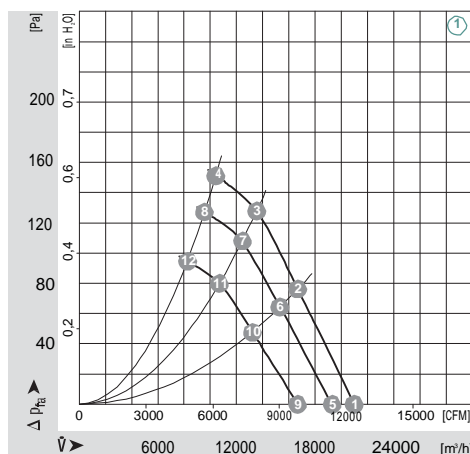
Nominal data ⁽¹⁾		Characteristic	Nominal voltage range	Frequency	Speed/rpm	Max. power input ⁽²⁾	Max. current draw ⁽²⁾	Max. back pressure	Perm. amb. temp.	Mass A3G...	Mass S3G...	Mass W3G...
Type	Motor	VAC	Hz	min ⁻¹	kW	A	Pa	°C	kg	kg	kg	
*3G 800	M3G150-FF	① 200-240	50/60	860	1,40	4,8	150	-25..+60	23,0	30,5	44,5	
	M3G150-FF	② 380-480	50/60	860	1,40	2,5	150	-25..+60	23,0	30,5	44,5	

subject to alterations ⁽¹⁾ at 230 resp. 400 VAC ⁽²⁾ in operating point with maximum load

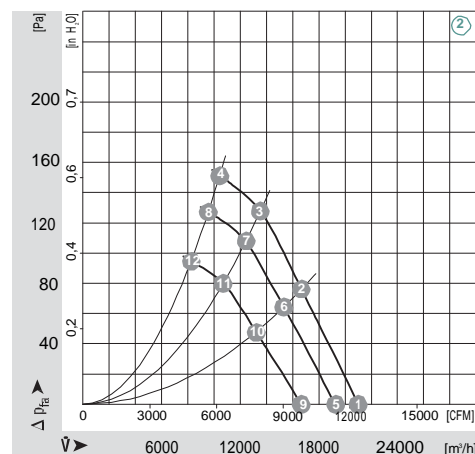
n [min ⁻¹]	P ₁ [kW]	I [A]	Lp _A [dBA]	Y _{IL} [%]
① ① 860	0,96	3,4	72	69
① ② 860	1,16	4,0	75	63
① ③ 860	1,21	4,0	77	58
① ④ 860	1,21	4,0	78	46
① ⑤ 790	0,75	2,6	70	69
① ⑥ 790	0,91	3,2	73	63
① ⑦ 790	0,95	3,4	76	58
① ⑧ 790	0,95	3,4	76	46

n [min ⁻¹]	P ₁ [kW]	I [A]	Lp _A [dBA]	Y _{IL} [%]
② ① 860	0,96	1,7	72	69
② ② 860	1,16	2,0	75	63
② ③ 860	1,21	2,0	77	58
② ④ 860	1,21	2,0	78	46
② ⑤ 790	0,75	1,3	70	69
② ⑥ 790	0,91	1,6	73	63
② ⑦ 790	0,95	1,7	76	58
② ⑧ 790	0,95	1,7	76	46

Characteristics



Characteristics





LM124 LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375 A
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max.
(for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max.)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
DUAL SUPPLIES : $\pm 1.5V$ TO $\pm 15V$

DESCRIPTION

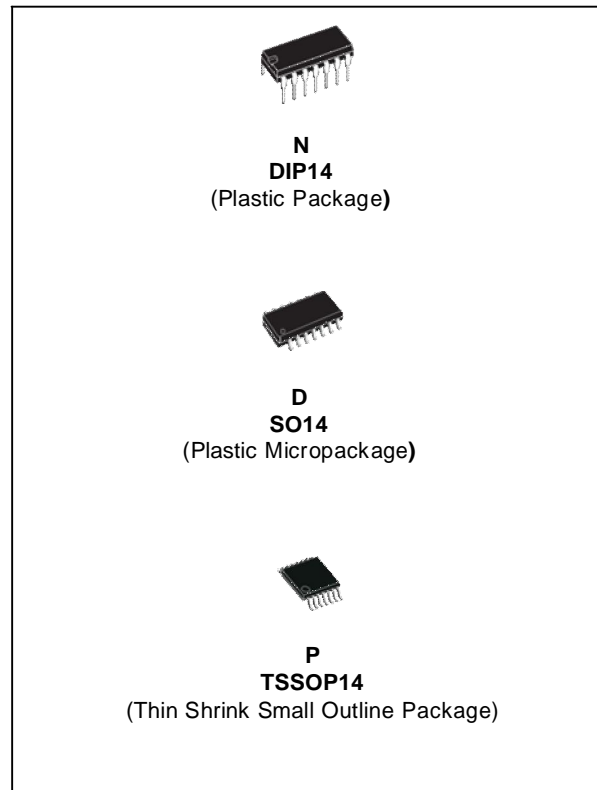
These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODE

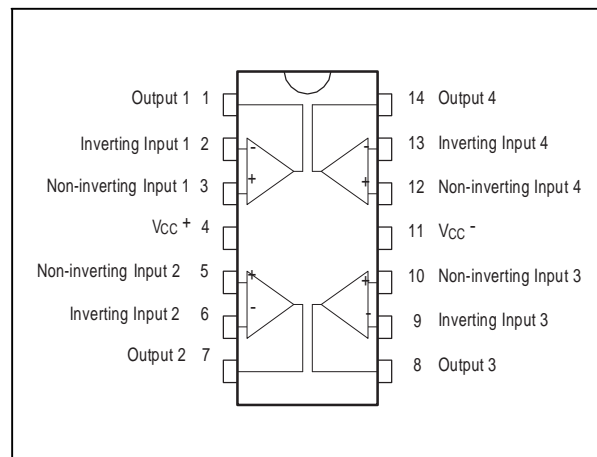
Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C			
LM224	-40°C, +105°C			
LM324	0°C, +70°C			
Example : LM224N				

N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

December 2001

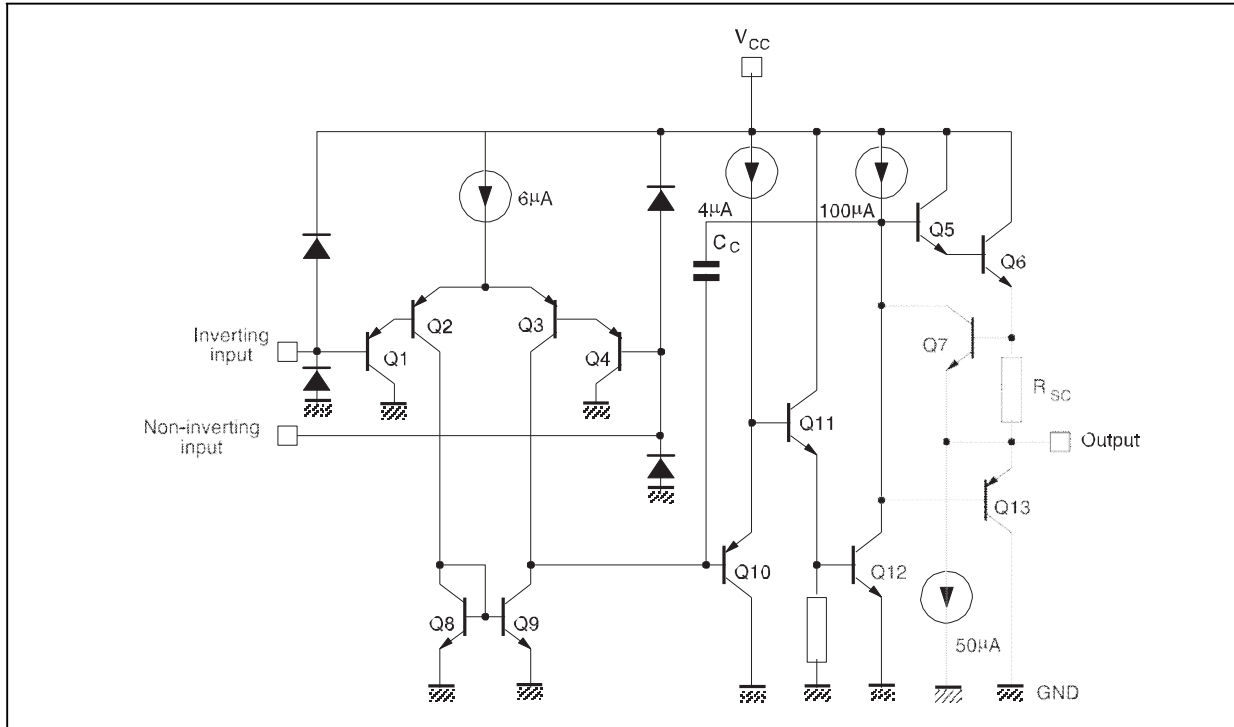


PIN CONNECTIONS (top view)



LM124-LM224-LM324

SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{CC}	Supply voltage	±16 or 32			V
V_i	Input Voltage	-0.3 to +32			V
V_{id}	Differential Input Voltage ¹⁾	+32			V
P_{tot}	Power Dissipation	N Suffix	500	500	mW
		D Suffix		400	400
	Output Short-circuit Duration ²⁾	Infinite			
I_{in}	Input Current ³⁾	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150			°C

1. Either or both input voltages must not exceed the magnitude of V_{CC}^+ or V_{CC}^- .

2. Short-circuits from the output to VCC can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.

3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

LM124-LM224-LM324

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
$V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)	Input Offset Voltage - note 1) V_{io} LM324 T_{min} T_{amb} T_{max} LM324		2	5 7 7 9	mV
	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}		2	30 100	nA
	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}		20	150 300	nA
	Large Signal Voltage Gain $V_{CC}^+ = +15V$, $R_L = 2k$ $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}	50 25	100		V/mV
	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s = 10k$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}	65 65	110		dB
	Supply Current, all Amp, no load $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}		$V_{CC} = +5V$ 0.7 $V_{CC} = +30V$ 1.5 $V_{CC} = +5V$ 0.8 $V_{CC} = +30V$ 1.5	1.2 3 1.2 3	mA
	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}	0 0		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$	V
	Common Mode Rejection Ratio ($R_s = 10k$) $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}	70 60	80		dB
	Output Current Source ($V_{id} = +1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$	20	40	70	mA
	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	10 12	20 50		mA A
	High Level Output Voltage $V_{CC} = +30V$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max} $R_L = 2k$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max} $R_L = 10k$ $V_{CC} = +5V$, $R_L = 2k$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ T_{min} T_{amb} T_{max}	26 26 27 27 3.5 3	27 28		V

LM124-LM224-LM324

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{OL}	Low Level Output Voltage ($R_L = 10k \Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \quad T_{amb} \quad T_{max}$		5	20 20	mV
SR	Slew Rate $V_{CC} = 15V, V_i = 0.5 \text{ to } 3V, R_L = 2k \Omega, C_L = 100pF, \text{ unity Gain}$		0.4		V/ s
GBP	Gain Bandwidth Product $V_{CC} = 30V, f = 100kHz, V_{in} = 10mV, R_L = 2k \Omega, C_L = 100pF$		1.3		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz, A_v = 20dB, R_L = 2k \Omega, V_o = 2V_{pp}, C_L = 100pF, V_{CC} = 30V$		0.015		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz, R_s = 100 \Omega, V_{CC} = 30V$		40		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV_{i0}	Input Offset Voltage Drift		7	30	$V/^\circ C$
DI_{i0}	Input Offset Current Drift		10	200	$pA/^\circ C$
V_{o1}/V_{o2}	Channel Separation - note 4) $1kHz \quad f \quad 20kHz$		120		dB

- $V_o = 1.4V, R_s = 0 \Omega, 5V < V_{CC^+} < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC^+} - 1.5V$
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC^+} - 1.5V$, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.



45W Single Output Industrial DIN Rail Power Supply

DR-45 series



■ Features :

- Universal AC input/Full range
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Cooling by free air convection
- Can be installed on DIN rail TS-35/7.5 or 15
- UL 508(industrial control equipment)approved
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- Fix switching frequency at 100FHZ
- 3 years warranty



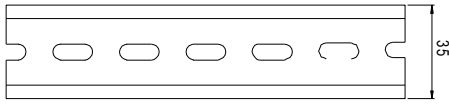
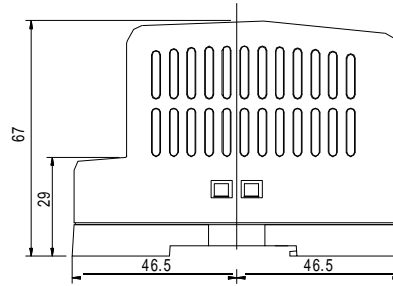
SPECIFICATION

MODEL	DR-4505	DR-4512	DR-4515	DR-4524	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	12V	15V	24V
	RATED CURRENT	5A	3.5A	2.8A	2A
	CURRENT RANGE	0 ~ 5A	0 ~3. 5A	0 ~ 2.8A	0 ~ 2A
	RATED POWER	25W	42W	42W	48W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p	200mVp-p	240mVp-p	480mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.75 ~ 5.5V	10.8 ~ 13.2V	13.5 ~ 16.5V	21.6 ~ 26.4V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	SETUP, RISE TIME	800ms, 60ms/230VAC at full load			
HOLD UP TIME (Typ.)	100ms/230VAC at full load				
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC 120 ~ 370VDC			
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz			
	EFFICIENCY (Typ.) AC	72%	77%	77%	80%
	CURRENT (Typ.)	1.5A/115VAC 0.75A/230VAC			
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 28A/115VAC 56A/230VAC			
	LEAKAGE CURRENT	<1mA / 240VAC			
PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 150% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed			
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	17.25 ~ 20.25V	27.6 ~ 32.4V
	OVER TEMPERATURE	Tj 135℃ typically (U1) detect on heat sink of power transistor Protection type : Shut down o/p voltage, re-power on to recover			
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +50℃ (Refer to output load derating curve)			
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing			
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85℃, 10 ~ 95% RH			
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/℃ (0 ~ 50℃)			
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes; Mounting: Compliance to IEC60068-2-6			
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	UL508, TUV EN60950-1 approved			
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC			
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms/500VDC			
	EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55011,EN55022 (CISPR22) Class B			
	HARMONIC CURRENT	Compliance to EN61000-3-2,-3			
	EMS IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, ENV50204, EN55024, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A			
OTHERS	MTBF	364.6K hrs min. MIL-HDBK-217F (25℃)			
	DIMENSION	93*78*67mm (L*W*H)			
	PACKING	0.31Kg; 48pcs/16.1Kg/1.3CUFT			
NOTE	<ol style="list-style-type: none"> 1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25℃ of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 				

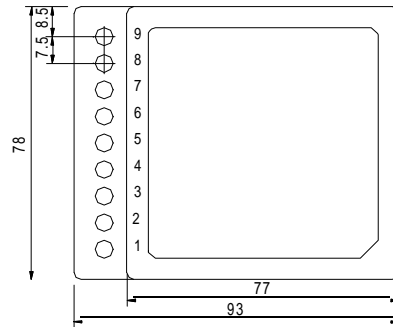


Mechanical Specification

Case No. 918A Unit:mm



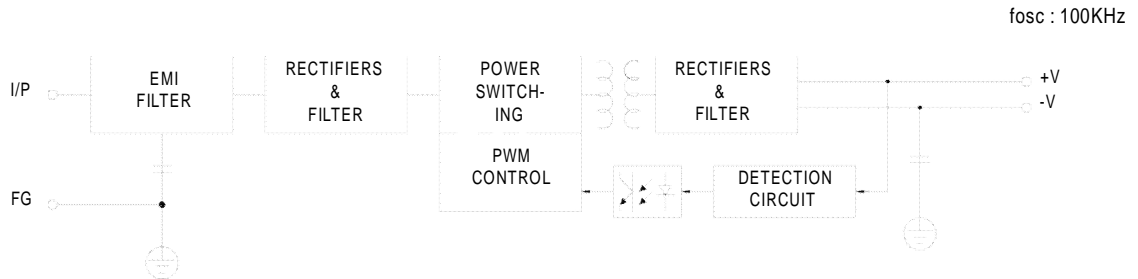
Install DIN rail TS35/7.5 or TS35/15



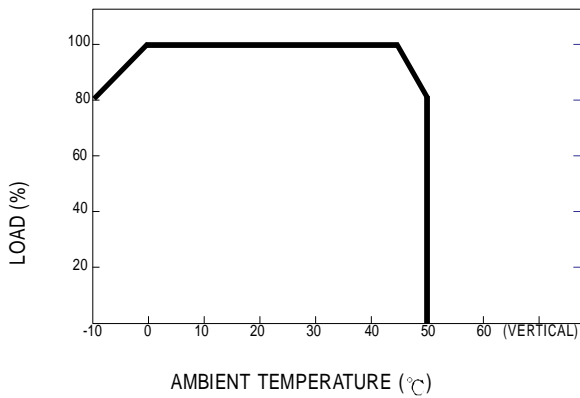
Terminal Pin No. Assignment

Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	6,7	DC OUTPUT+V
2	AC/N	8	LED
3	FG ⊕	9	+V ADJ.
4,5	DC OUTPUT -V		

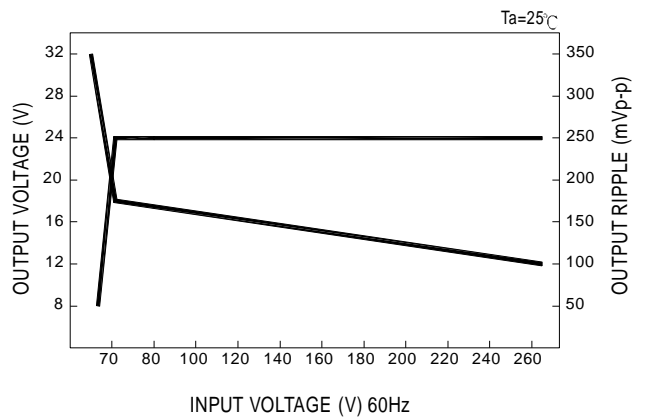
Block Diagram



Derating Curve



Static Characteristics (24V)



Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB – 12- or 14-Bit, up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs

NI USB-6008, NI USB-6009

- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

Operating Systems

- Windows Vista (32- and 64-bit)/XP/2000
- Mac OS X¹
- Linux^{®1}
- Windows Mobile¹
- Windows CE¹

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW SignalExpress
- LabWindows™/CVI
- Measurement Studio

Other Compatible Software

- C#, Visual Basic .NET
- ANSI C/C++

Measurement Services Software (included)

- NI-DAQmx driver software
- Measurement & Automation Explorer configuration utility
- LabVIEW SignalExpress LE

¹You need to download NI-DAQmx Base for these operating systems.



Product	Bus	Analog Inputs ¹	Input Resolution (bits)	Max Sampling Rate (kS/s)	Input Range (V)	Analog Outputs	Output Resolution (bits)	Output Rate (Hz)	Output Range (V)	Digital I/O Lines	32-Bit Counter	Trigger
USB-6009	USB	8 SE/4 DI	14	48	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital
USB-6008	USB	8 SE/4 DI	12	10	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital

¹SE = single ended, DI = differential ²Software-timed

Overview and Applications

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI USB-6008 and USB-6009 are low-cost entry points to NI flagship data acquisition (DAQ) devices. With plug-and-play USB connectivity, these modules are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

The USB-6008 and USB-6009 are ideal for a number of applications where low cost, small form factor, and simplicity are essential.

Examples include:

- Data logging – quick and easy environmental or voltage data logging
- Academic lab use – student ownership of DAQ hardware for completely interactive lab-based courses (Academic pricing available. Visit ni.com/academic for details.)
- OEM applications as I/O for embedded systems

Recommended Software

National Instruments measurement services software, built around NI-DAQmx driver software, includes intuitive application programming interfaces, configuration tools, I/O assistants, and other tools designed to reduce system setup, configuration, and development time. National Instruments recommends using the latest version of NI-DAQmx

driver software for application development in NI LabVIEW, LabVIEW SignalExpress, LabWindows/CVI, and Measurement Studio software.

To obtain the latest version of NI-DAQmx, visit

ni.com/support/daq/versions.

NI measurement services software speeds up your development with features including:

- A guide to create fast and accurate measurements with no programming using the DAQ Assistant.
- Automatic code generation to create your application in LabVIEW.
- LabWindows/CVI; LabVIEW SignalExpress; and C#, Visual Studio .NET, ANSI C/C++, or Visual Basic using Measurement Studio.
- Multithreaded streaming technology for 1,000 times performance improvements.
- Automatic timing, triggering, and synchronization routing to make advanced applications easy.
- More than 3,000 free software downloads available at ni.com/zone to jump-start your project.
- Software configuration of all digital I/O features without hardware switches/jumpers.
- Single programming interface for analog input, analog output, digital I/O, and counters on hundreds of multifunction DAQ hardware devices. M Series devices are compatible with the following versions (or later) of NI application software – LabVIEW, LabWindows/CVI, or Measurement Studio versions 7.x; and LabVIEW SignalExpress 2.x.

EE75 Series

High-Precision Air / Gas Velocity Transmitter for Industrial Applications

The EE75 series air velocity transmitters were developed to obtain accurate measuring results over a wide range of velocities and temperatures.

A high-quality hot film sensor element based on cutting-edge thin film technology ensures maximum sensitivity, even at lowest mass flows. At the same time, the innovative probe design produces reliable measuring results at high flow velocities of up to 40m/s (8000ft/min).

The integrated temperature compensation minimises the temperature cross-sensitivity of the EE75 series which, combined with the robust mechanical design, allows it to be used at process temperatures between -40 to +120°C (-40 to 248°F).

In addition to air velocity and temperature values, the transmitter calculates the volumetric flow rate in m³/min or ft³/min. The cross section of the duct needs to be determined for this purpose and the volumetric flow rate can be displayed and directed to one of the analogue outputs.

The configuration software included in the scope of supply allows to choose the appropriate output parameter and freely scale the display range and signal level of the two analogue outputs. In addition user-friendly calibration of the air velocity and temperature and the adjustment of key parameters (e.g. response time of the velocity measurement, low flow cut-off points, etc.) are supported as well.

An optional illuminated display with two control buttons integrated in the cover is available. In addition, this enables changes of the configuration to be made directly on the unit.

The EE75 series has a robust metal housing to protect against possible damage in rough industrial environments. There are five different models, providing a comprehensive range of mounting options:

- **Model A** for wall mounting
- **Model B** for duct mounting
- **Model C** with remote probe
- **Model E** with remote probe, pressure-tight up to 10bar (145psi)
- **Model P** for duct mounting, pressure-tight up to 10bar (145psi)

The EE75 series can be used to measure the velocity of other gasses as well, although a correction has to be applied to the unit at the factory.



Typical Applications

- monitoring incoming and outgoing air (energy management) in HVAC applications
- filter monitoring and laminar flow control in cleanrooms
- exhaust systems, exhaust hoods and glove boxes in the pharmaceutical, bio and semiconductor industries
- mass flow measurement during incineration processes
- monitoring and measurement of compressed air systems
- air conveying systems
- wind tunnels and climate simulators

Features

- high accuracy
- working range 0...40 m/s (0...8000ft/min) and -40...120°C (-40...248°F)
- measurement of air velocity and temperature
- calculation of volumetric flow rate
- low dependence on angle of inflow
- probe diameter 8mm (0.3")
- remote probe up to 10m (32.8ft)
- easy mounting and maintenance
- correction for pressure, humidity and media
- low flow cut-off
- pressure tight up to 10bar (145psi)
- SI and US units selectable

Technical Data

Measuring value

Air velocity

Working range	0... 2m/s (0...400ft/min)	
	0... 10m/s (0...2000ft/min)	
	0... 40m/s (0...8000ft/min)	
Accuracy ¹⁾ in air at 25°C (77°F) ²⁾	0.06... 2m/s (12...400ft/min)	± 0.03m/s / 6ft/min
at 45% RH and 1013hPa	0.15...10m/s (30...2000ft/min)	± (0.10m/s / 20ft/min + 1 % of measuring value)
	0.2... 40m/s (40...8000ft/min)	± (0.20m/s / 40ft/min + 1 % of measuring value)
Uncertainty of factory calibration ¹⁾	± (1% of measuring value, min. 0.015m/s (3ft/min))	
Temperature dependence electronics	typ. -0.005	% of measuring value / °C
Temperature dependence probe	± (0.1% of measuring value/°C)	
Dependence	of angle of inflow:	< 3% for $\alpha < 20^\circ$
	of direction of inflow:	< 3%
Response time t_{90} ³⁾	< 1.5...40s (configurable)	

Temperature

Working range	probe:	-40...120°C (-40...248°F)
	probe cable:	-40...105°C (-40...221°F)
	electronic:	-40...60°C (-40...140°F)
	electronic with display:	-30...60°C (-22...140°F)
Accuracy at 20°C (68°F)	±0.5°C (±0.9°F)	
Temperature dependence electronics	typ. -0.01°C / °C	
Response time t_{90} ³⁾	10s	

Outputs

output signals and display ranges are freely scaleable (see ranges below)

voltage	0-10V (e.g: 0-5V, 1-5V etc.)	-1mA < I_L < 1mA
current (3-wire)	0-20mA (e.g: 4-20mA etc.)	$R_L < 350 \text{ Ohm}$
v-scaling	0...2 / 10 / 40m/s (0...400 / 2000 / 8000ft/min)	
T-scaling	-40...120°C (-40...248°F)	
Vol-scaling	0...10000m ³ /min (0...353147ft ³ /min)	

General

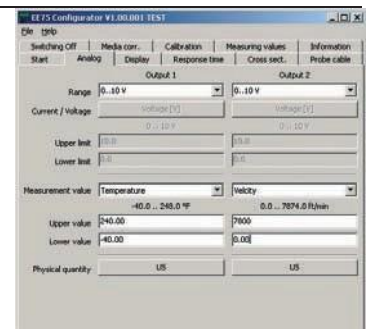
Supply voltage	24V DC/AC ± 20%		
Current consumption	max. 100mA; max. 160mA (with display)		
Connection	screw terminals max. 1.5mm ² (AWG 16)		
Electromagnetic compatibility	EN61326-1	EN61326-2-3	ICES-003 ClassB
	Industrial Environment		FCC Part15 ClassB
Pressure range	Model E and P pressure tight up to 10bar (145psi)		
Material	housing / protection class:	metal (AlSi3Cu) / IP65; Nema 4	
	measuring probe:	stainless steel	
	measuring head:	PBT (polybutylenterephthalat)	
System requirements	for configuration software Windows 2000 or Windows XP		
Interface	USB 1.1		

- 1) The accuracy statement includes the uncertainty of the factory calibration with an enhancement factor k=2 (2-times standard deviation). The accuracy was calculated in accordance with EA-4/02 and with regard to GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement).
- 2) Accuracy refers to measurement in air
- 3) Response time t_{90} is measured from the beginning of a step change to the moment of reaching 90% of the step.

Configuration Software

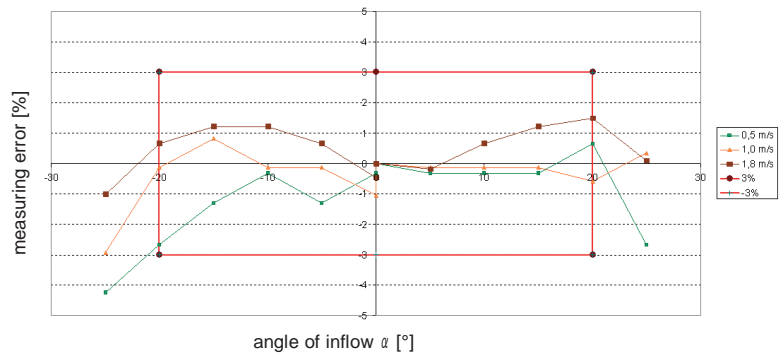
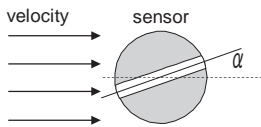
An easy setup of the EE75 can be made via standard USB interface and the software included in the scope of supply.

The user can easily set the response time, correct for the gas (air) pressure, perform an one or two point adjustment and define the duct cross section for the volumetric flow rate.



Angular Dependence

The innovative design of the probe head minimises the effect of the angle of inflow on the measuring result. The deviation of the measuring value remains < 3% up to an angle of inflow (α) of $\pm 20^\circ$ between the direction of inflow and the sensor element's longitudinal axis.



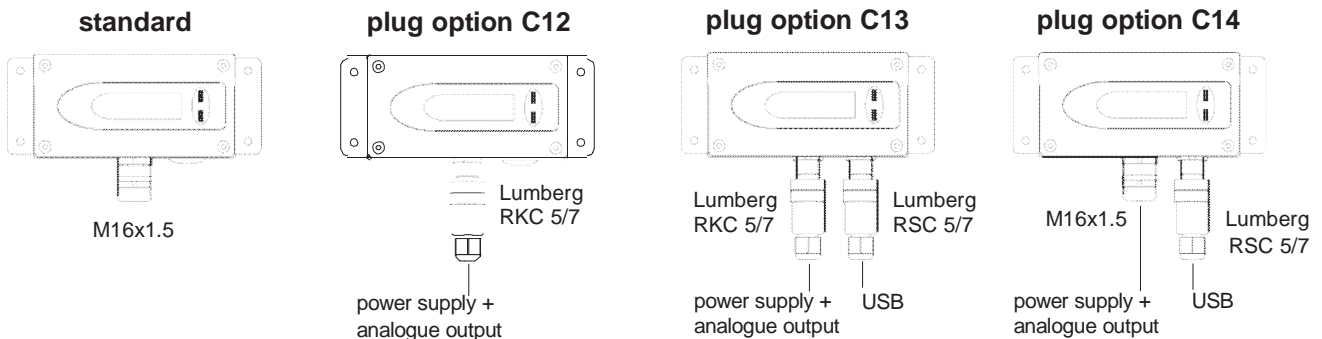
Low flow cut-off

Small temperature differences in shut-off pipes and ducts can cause minimal flows. Even these would be detected and measured by the EE75. The resulting fluctuations in the output signal can be suppressed by the low flow cut-off. Cut-off point and switching hysteresis can be specified using the configuration software.

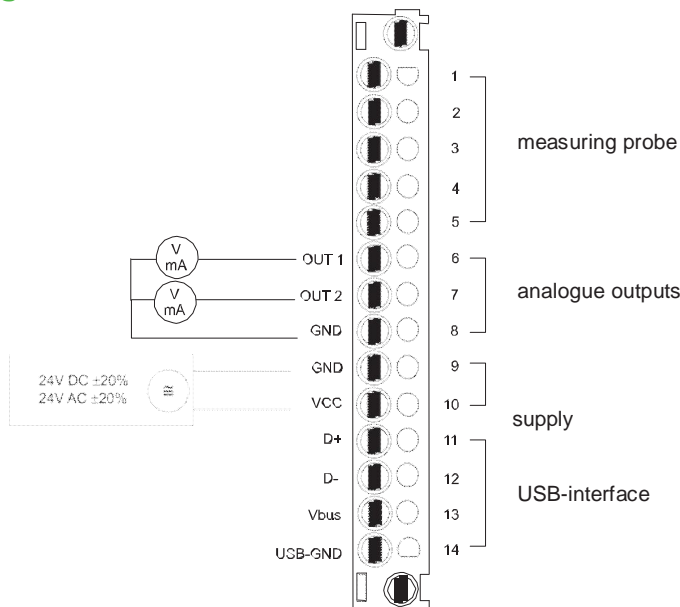
Calculation of volumetric flow

The EE75 measures air velocity in m/s or ft/min. The configuration software can be used to enter the cross-section. This enables the transmitter to calculate the volumetric flow rate in m³/min or ft³/min. The data can be displayed and directed to one of the analogue outputs.

Connection versions



Connection Diagram



New Rutland 504!

The Rutland 504 Windcharger

Free and abundant wind power keeps your batteries topped up and ready to start....



Rutland Windchargers simply convert the free and abundant power in the wind to power stored in your batteries. The 12V power is ready to use for engine starting, lights, coolers, essential navigation equipment and other low energy appliances. With a Rutland 504 installed on board weekend sailors will experience the convenience of fully charged batteries for engine starting.



What's new in the Rutland 504?

- The Rutland 504 features new aerodynamic styling.
- A sharper nose dome to improve the flow of wind to the turbine
- A longer tail fin to improve the orientation of the turbine to wind and maintain stability.
- Higher grade body and nose material with improved UV stability and durability.



The Rutland 504 Windcharger is ideal for trickle charging on board.



Rutland Windchargers are renowned for their quiet and continuous operation.

Rutland Windchargers are a popular sight in marinas, thousands are in use worldwide and boat owners like their particularly quiet operation coupled with clean, aerodynamic lines.

Without doubt the unique Rutland alternator design accumulates more energy than any other comparable wind generators available and you'll always see a Rutland spinning in the lightest of breezes!

The Rutland 504 model continues to incorporate the “safety turbine” found on its highly successful predecessor the Rutland 503. The blade tips are protected by the outer ring making this windcharger ideal for trickle charging on board where space is at a premium. Weekend yachts and sailboats up to 10m benefit from its compact size and charging capacity and in particular where batteries up to 100Ah are in regular use.

Motor home and touring caravan owners will find the Rutland 504 conveniently portable and ideal for topping up the battery when parked.

When you fit a Rutland Windcharger on board you will experience:

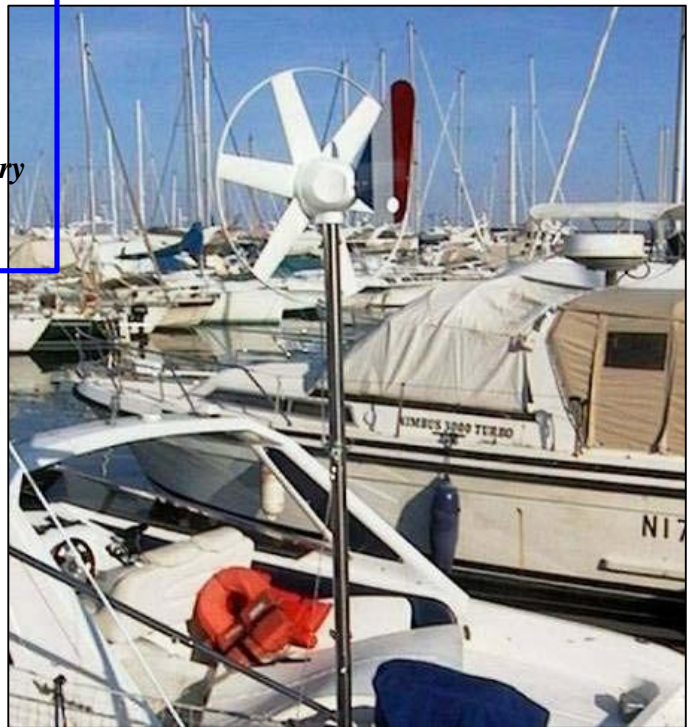
- Direct savings on fuel costs and engine maintenance owing to reduced engine running time
- Security of power for essential appliances on-board, eg. navigation equipment
- Fully charged batteries for engine starting on returning to your boat.

.....and don't forget that by keeping your battery trickle charged its life will be extended too!

Rutland 504 Windchargers are also found on:

- Inland boats
- Motor Cruisers
- Caravans
- Motor homes

Modern, durable materials for reliability on the high seas accompany the very high manufacturing standards employed in our ISO9002 certified factory.



Rutland 503 keeping a motor cruiser's battery topped up and ready to start.



Solar Power too!

Windchargers are complemented by solar panels for power generation. Hybrid systems offer a reliable solution for providing a balanced supply of power throughout the seasons and to take advantage of the various climates around the world.

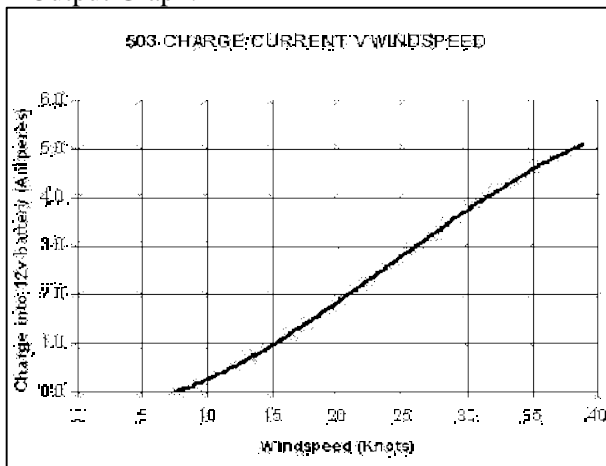
Marlec has two types of semi-flexible panels designed for use on board in a range from trickle charging to powerful enough for live-aboards. To discuss your power requirements call Marlec, we have been active in renewable energy since 1979 and our expert advice is second to none!

Features & Benefits

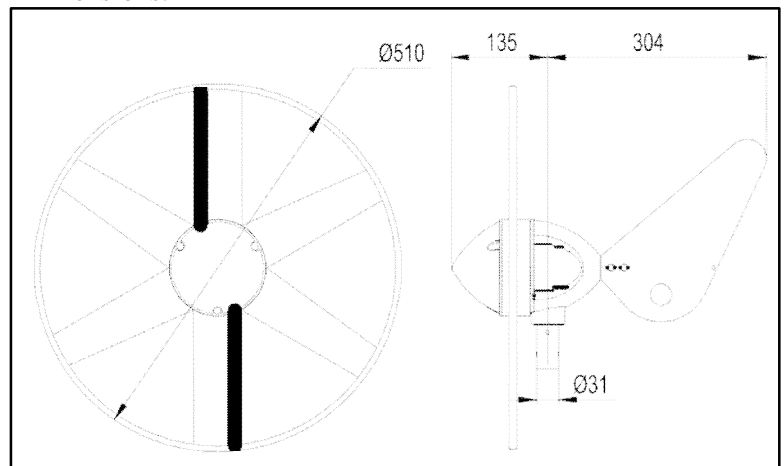
- Efficient power conversion – Rutland Windchargers generate greater ampere-hours in real wind conditions than turbines of equal and often larger diameter! That's because between gusts, our unique high inertia alternator designs maintain momentum with a flywheel effect where other units stall. This adds up to more free power generated and stored for you.
- Rutland Windchargers are the lowest cost per watt of power generated. Not only is the generator efficient but volume production for our worldwide customers and in-house manufacturing here at Marlec ensures that we deliver a consistently high quality at an affordable cost.
- Our low friction 3-phase alternator gives a smooth and silent output. The low wind speed start up means power is almost continuously produced and certainly in the most typical conditions as well as being powerful in higher winds.
- Rutland 504 turbines are made from computer designed efficient aerofoil blades whose tips are joined by an outer protective ring.
- No radiated interference. Complies with EEC Directive 89/336/EEC

Specifications:

Output Graph:



Dimensions:



Low wind speed start up of just 5 Knots.
Generates 25W @ 19 knots,
6W @ 10 knots and up to 80W.

Net Weight: 3.5Kg Gross Weight: 6Kg
Packing Specifications: 550x550x260mm
Part No: CA-05/02 (12V)

What else is needed to complete a system?

Marine Mounting Kit – a stainless steel mounting kit with deck bracket and guy fasteners (guys not included) is available or a mount may be constructed using a tube of 31mm internal diameter (max external diameter 37mm). Short sections of tube to affix to user's own pole are also available.

Land Tower & Rigging Kit – a 4m tower made of 2 sections, ground spike and rigging kit for temporary land installation. Ideal for temporary installation on motor homes and caravans. NB. There are other Rutland Windchargers designed for professional land uses, contact Marlec to discuss.

Voltage Controller – To avoid overcharging choose from the HRS503 Regulator, the HRSi Regulator or the HRDX Controller which has a digital display and dual charging facility and inputs for both windcharger and solar panels. See individual datasheets for more details.

Cable – for installations using less than a 20m run of cable we recommend 2.5mm² cable, available from Marlec.

Batteries – Deep cycle or leisure batteries are recommended. Gel and Absorbed Glass Matt ranges are available from Marlec.

For expert system advice and to discuss your power requirements call our technical sales team.

Available from:

Manufactured in the UK by:

Marlec Eng Co Ltd

Rutland House, Trevithick Rd, Corby, NN17 5XY
Tel: +44 (0)1536 201588 Fax: +44(0)1536 400211
sales@marlec.co.uk www.marlec.co.uk

Peak Charge Voltage Adjustment
 Factory Calibrated for use with Lead acid and Gel Battery Technologies. Look for the small calibration dent in the case
 Do not move this adjustment unless you have special battery voltage requirements.

System Voltage
 12= 12V, 24=24V, 36=36V, etc

Multi Function Indicator
 See the table on page 7 for description of operation

Call Direct to the Manufacturer. Technical Questions, Warranty info, etc
 NEW AREA CODE (231)

MODEL: NC25A-12

Flexcharge USA
 CHARLEYOIX, MI
 (616) 547-9430
 PATENTED

ULTRA HIGH EFFICIENCY, ENERGY STATE TAPER CHARGER FOR 12V SYSTEMS, 0.1 TO 25A
CHARGE CONTROLLER
 FOR LEAD ACID-GEL-NICAD BATTERIES

Factory calibrated to 14.25V
 Ideal Peak Voltage Settings

BATTERY TYPE	LEAD ACID		10 CELL
	WET	GEL	NICAD
Peak Chg. Voltage	14.35	14.15	15.50

CHARGING EFFICIENCY > 88.5%
 INPUT VOLTAGE : 0 TO 150V
 INPUT TRANSIENT POWER Max. 1500 VA for 20uS Duration
 MAX. CONTINUOUS CHG. : 25A
 OPERATING CURRENT : 4mA

READ INSTRUCTIONS BEFORE INSTALLING

POWER CONNECTIONS			CHARGE INDICATOR (OPTIONAL)	BATTERY SENSING	
INPUT+	BATTERY	DIVERT		To: Bat +	To: Bat -
25A MAX.	+	+		18V MAX	(GND)

Quick Reference for custom voltage settings. (Optional)

General Specifications

CONNECT DIRECTLY TO THE BATTERY'S NEGATIVE (-) TERMINAL

Charging Input
 Connect the Positive Wire from the Charging Source here.

Controller Output to Battery
 Connect to Fuse then to Battery +

Divert Output
 Connect to a Fuse then to Divert Load Positive (Optional)

See Installation Drawings.
 Using the charge Indicator is optional

CONNECT DIRECTLY TO A FUSE THEN TO THE BATTERY'S POSITIVE (+) TERMINAL

Description of Status Indicator Operation

Indicator Function Description	Charge Indicator Not Used	Charge Indicator Used
Charging (Battery Voltage Is Above 11V)	none	STEADY Green
Charging (Battery Voltage Is Below 11V)	FLASHING Red	FLASHING- Green to Orange
Not Charging (Battery Voltage Is Below 11V)	FLASHING Red	FLASHING Red
Charge Divert	STEADY Red	STEADY Orange
Not Charging (Charging Source is NOT Making Power & Battery is Above 11V)	none	none

Operating Characteristics

Flexcharge NC25A-12 (24,36,48)	Min.	Max.
Charge Input Voltage	0Vdc	140Vdc
Allowable Battery Voltage on Sense Wires 12V Systems (Multiply by 2, 3, or 4 for 24V, 36V, or 48V Systems)	0Vdc	16Vdc
Standby/Operating Current of the Controller	2mA	7mA
Charging Amperes	0.005A	25A
Short Term Over-Current (1/2 Second Maximum)	-	50A
Total Charging Efficiency	98.9%	99.8%
Insertion Loss Resistance (Ohms)	0.001Ω	0.004Ω
Charge Divert Current	0A	25A
Charge Divert Over Current (1/2 Second)	-	50A
Transient Surge Protection (20uS)		1500VA
Operating Temperature	-40°C	+60°C
Storage Temperature	-55°C	+60°C
Case Dimensions	4"W x 3.75"H x 1.5" D	

HOOKUP WIRE SIZE CHART

This chart provides the minimum wire size to minimize power loss. Larger wires would be always better for operating efficiency

Max Charging Capacity	WIRE SIZE FOR 1 TO 10FT LENGTHS	WIRE SIZE FOR 10 TO 20FT LENGTHS
0A TO 3A	#14 AWG	#12 AWG
3A TO 6A	#12 AWG	#12 AWG
6A TO 12A	#10 AWG	#10 AWG
12A TO 18A	#10 AWG	#8 AWG
18A TO 25A	#8 AWG	#8 AWG

WIND CHARGING SYSTEM WITH ONE BATTERY BANK

CAUTION STATEMENTS:

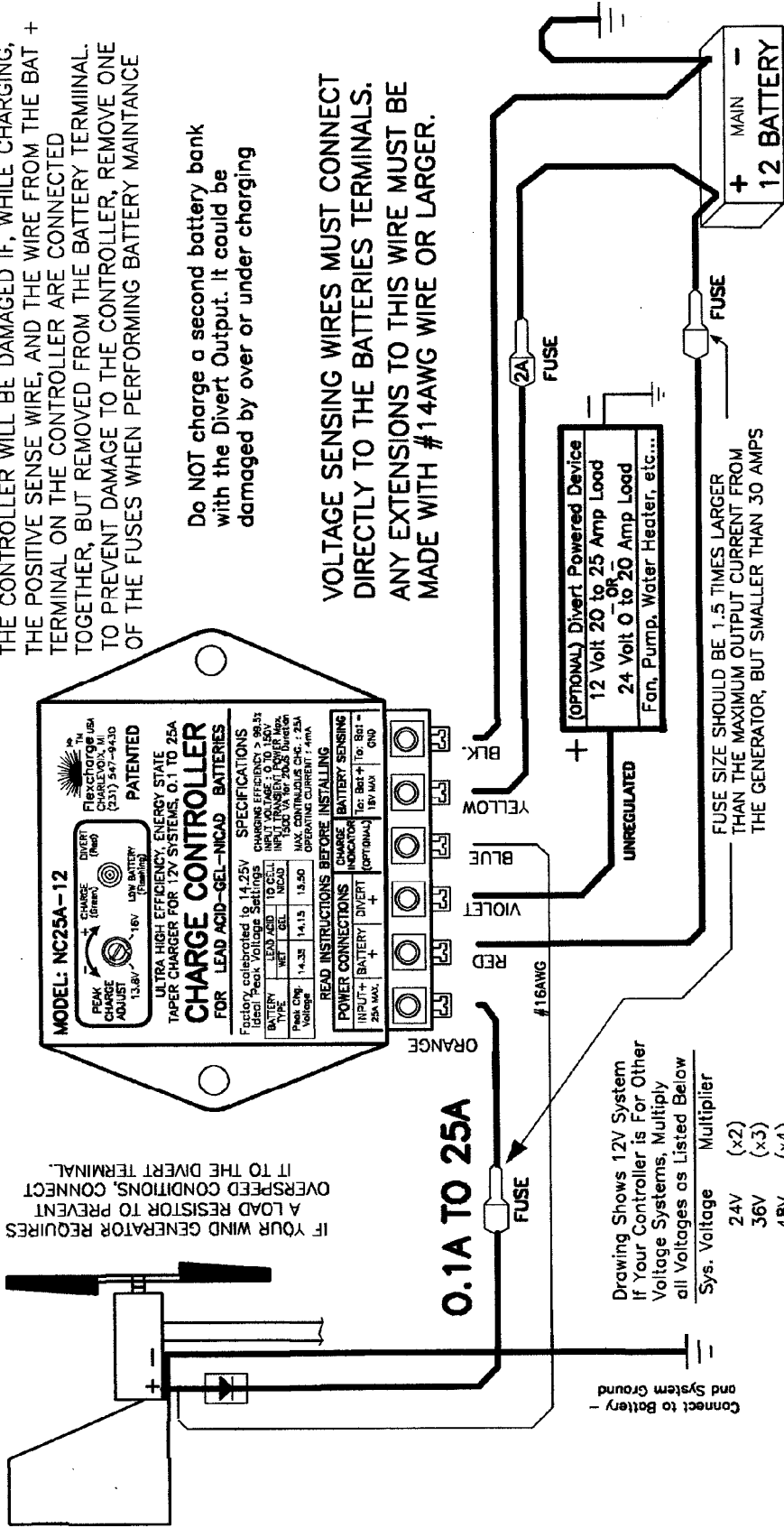
THE CONTROLLER WILL BE DAMAGED IF, WHILE CHARGING, THE POSITIVE SENSE WIRE, AND THE WIRE FROM THE BAT + TERMINAL ON THE CONTROLLER ARE CONNECTED TOGETHER, BUT REMOVED FROM THE BATTERY TERMINAL. TO PREVENT DAMAGE TO THE CONTROLLER, REMOVE ONE OF THE FUSES WHEN PERFORMING BATTERY MAINTANCE

Do NOT charge a second battery bank with the Divert Output. It could be damaged by over or under charging

VOLTAGE SENSING WIRES MUST CONNECT DIRECTLY TO THE BATTERIES TERMINALS. ANY EXTENSIONS TO THIS WIRE MUST BE MADE WITH #14AWG WIRE OR LARGER.

IF YOUR WIND GENERATOR REQUIRES A LOAD RESISTOR TO PREVENT OVERSPEED CONDITIONS, CONNECT IT TO THE DIVERT TERMINAL.

DWG_3.PCS Scale: 75%



CHARGE INDICATOR OPTION

AN ISOLATION DIODE SHOULD BE INSTALLED IN THE GENERATORS POSITIVE WIRE TO PREVENT FLOW OF ELECTRICITY FROM THE BATTERY BACK INTO THE GENERATOR. SIMPLY CONNECT THE CHARGE INDICATOR WIRE TO THE ANODE SIDE OF THE BLOCKING DIODE (WIND GENERATOR SIDE). SOME GENERATORS INSTALL THE DIODES IN THE HOUSING. YOU WILL NOT BE ABLE TO USE THE CHARGE INDICATOR WITH THESE TYPES OF GENERATORS.

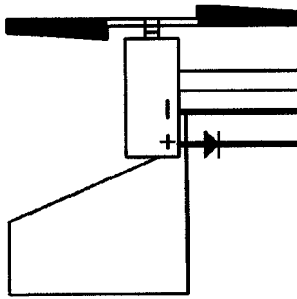
Drawing Shows 12V System
If Your Controller is For Other
Voltage Systems, Multiply
all Voltages as Listed Below

Sys. Voltage	Multiplier
24V	(x2)
36V	(x3)
48V	(x4)

WIND CHARGING SYSTEM WITH TWO OR MORE BATTERY BANKS

DWC_4.PCB Scale: 75%

IF YOUR WIND GENERATOR REQUIRES A LOAD RESISTOR TO PREVENT OVERSPEED CONDITIONS, CONNECT IT TO THE DIVERT TERMINAL.

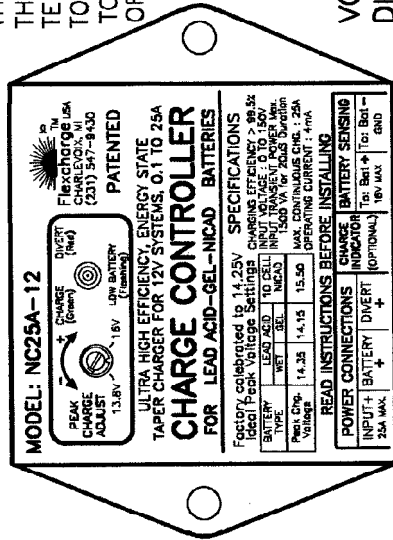


CAUTION STATEMENTS:

THE CONTROLLER WILL BE DAMAGED IF, WHILE CHARGING, THE POSITIVE SENSE WIRE AND THE WIRE FROM THE BAT + TERMINAL ON THE CONTROLLER ARE CONNECTED TOGETHER, BUT REMOVED FROM THE BATTERY TERMINAL. TO PREVENT DAMAGE TO THE CONTROLLER, REMOVE ONE OF THE FUSES WHEN PERFORMING BATTERY MAINTAINANCE

Do NOT charge a second battery bank with the Divert Output. It could be damaged by over or under charging

VOLTAGE SENSING WIRES MUST CONNECT DIRECTLY TO THE BATTERY'S TERMINALS. ANY EXTENSIONS TO THIS WIRE MUST BE MADE WITH #14AWG WIRE OR LARGER.



0.1A TO 25A

Connect to Battery - and System Ground

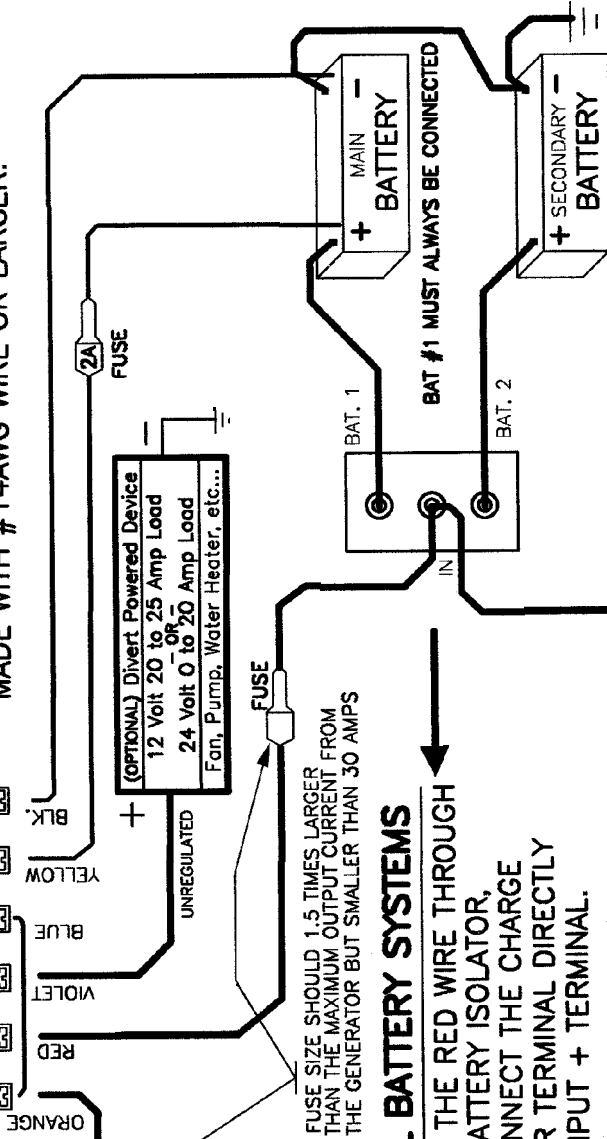
Drawing Shows 12V System. If Your Controller is For Other Voltage Systems, Multiply all Voltages as Listed Below

Sys. Voltage	Multiplier
24V	(x2)
36V	(x3)
48V	(x4)

IN DUAL BATTERY SYSTEMS

CONNECT THE RED WIRE THROUGH A DUAL BATTERY ISOLATOR, ALSO, CONNECT THE CHARGE INDICATOR TERMINAL DIRECTLY TO THE INPUT + TERMINAL.

OTHER REGULATED CHARGING SYSTEMS (ALTERNATOR, GENERATOR, Etc...)

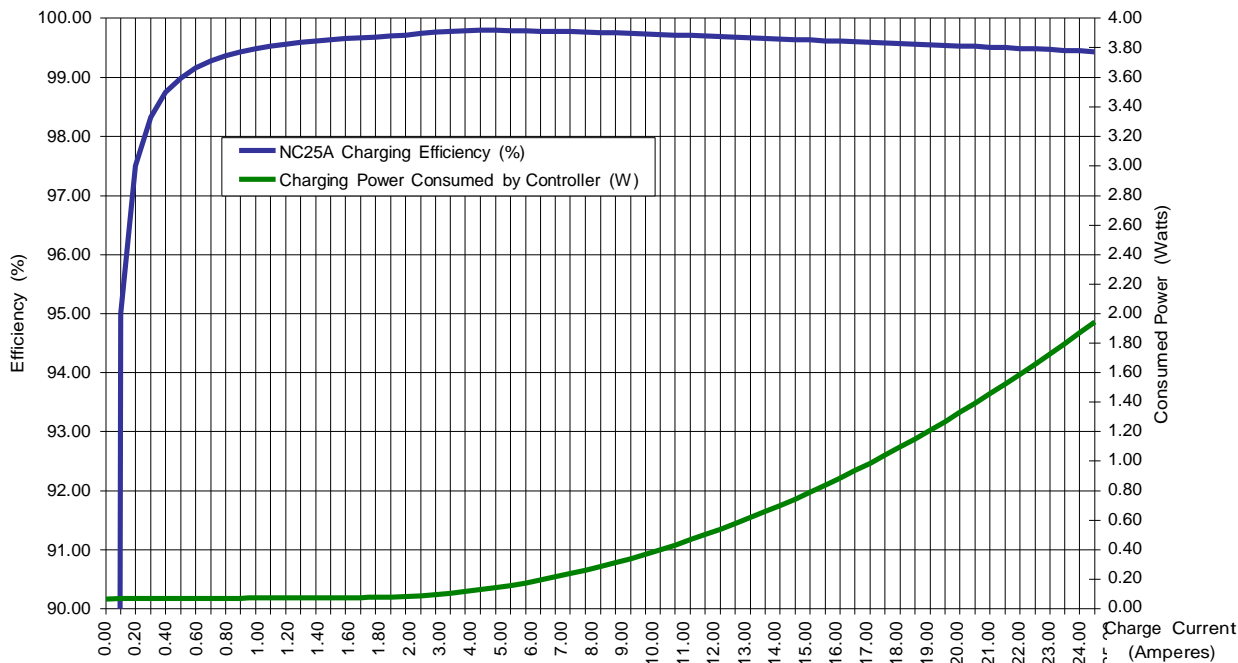


FUSE SIZE SHOULD BE 1.5 TIMES LARGER THAN THE MAXIMUM OUTPUT CURRENT FROM THE GENERATOR BUT SMALLER THAN 30 AMPS

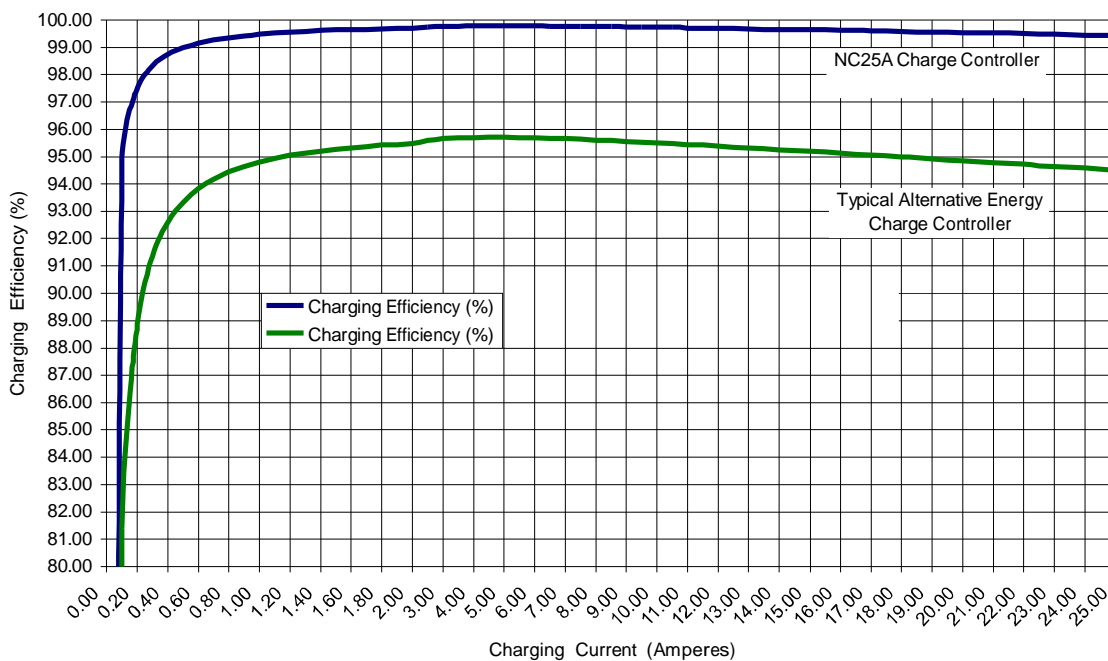
Flexcharge™ USA NC25A

Charge Controller Operating Efficiency Graphs

NC25A Charging Efficiency & Power Consumption



Efficiency Comparison: Flexcharge NC25A -to- Typical Alternative Energy Charge Controller



www.savonia.fi

