



AURINKOPANEELIEN TESTAUSJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö

Ari Tanninen

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Hyväksytty: _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, VARKAUDEN YKSIKKÖ

Koulutusohjelma

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Ari Tanninen

Työn nimi

Aurinkopaneelien testausjärjestelmä

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Insinöörityö

15.9.2009

46+15

Työn valvoja

Yrityksen yhdyshenkilö

Yritys

Jorma Honkanen

Tero Jankko

Savonia-amk

Tiivistelmä

Tämä insinöörityö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikössä. Työn tavoitteena oli kehittää ja modernisoida aurinkopaneelien **testausjärjestelmä** käyttäen apuna National Instrumentsin FieldPoint -mittauslaitteistoa ja LabVIEW -ohjelmointiympäristöä. Testausjärjestelmän tavoitteena on saada luotettavia teho- ja energiamittauksia aurinkopaneelijärjestelmistä. Lisäksi testausohjelman on selviydyttävä mahdollisista virhe- ja häiriötilanteista.

Työssä rakennettiin mittausjärjestelmä, jolla voidaan testata rinnan ja sarjaan kytkettyjä aurinkopaneelistoja. Aurinkopaneelien jännite voidaan mitata mittausalueella 0-110 V ja niiden tuottama virta alueella 0-10 A. Pyranometri toimii mitta-alueella 0-2600 W/m². Aurinkopaneelit voidaan kytkeä sarjaan tai rinnan erillisen valintakytkimen avulla.

Mittausjärjestelmää varten rakennettiin LaSol -niminen tietokoneohjelma National Instrumentsin LabVIEW 8.5 -ohjelmointiympäristössä. Ohjelma mittaa aurinkopaneelilta tulevaa jännitettä ja virtaa sekä säteilyn intensiteettiä FielPoint -laitteistolla. Saaduista mittaustiedoista LaSol-ohjelma tekee kolme kuvaajaa, joista ensimmäinen näyttää vuorokauden aikana mitatut hetkelliset tehot ja auringon säteilyintensiteetit. Toinen kuvaaja näyttää vuorokauden aikana tuotetut energiat ja kolmas kuukauden aikana tuotetut energiat. Lisäksi LaSol-ohjelma näyttää online-mittauksena tämän hetkisen jännitteen, virran, tehon, säteilyn intensiteetin, kertyneen energian sekä auringonsäteilyn ja tehon suhdeluvun. LaSol -ohjelma tallentaa mittaukset Excel -tiedostoihin.

LaSol -ohjelman käyttöliittymässä on pyritty selkeyteen ja helppokäyttöisyyteen. Käyttöliittymässä tärkeimmät mittaukset on esitetty selkeästi ja aurinkopaneelijärjestelmän toimintakunto on havaittavissa siitä nopeasti. Mahdollisiin FieldPoint -laitteiston katkoksiin LaSol -ohjelma vastaa syyttämällä käyttöliittymässä olevan ledin kyseisen mittauksen virhetilanteista.

Avainsanat

Aurinkopaneeli, pyranometri, National Instruments, FieldPoint, LabVIEW, jännitteenmittaus, virranmittaus.

Luottamuksellisuus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, BUSINESS AND ENGINEERING, VARKAUS

Degree Programme

Automation Technology

Author

Ari Tanninen

Title of Project

Testing a System for Solar Panels

Type of Project

Final Project

Date

15.9.2009

Pages

46+15

Academic Supervisor

Jorma Honkanen

Company Supervisor

Tero Jankko

Company

SUAS

Abstract

This thesis was made at Savonia University of Applied Sciences. The main goal of the thesis was to develop and modernize the solar panel testing environment using FieldPoint measuring system of the National Instruments and the LabView programming environment. The objective of the testing system is to get accurate power and energy measurements from the solar panel systems. In addition, the testing program should cope with possible breakdowns and error conditions.

A measurement system was built in this project which can be used to test solar panels which are connected in series or in parallel. The voltage of the solar panels can be measured in the range of 0 - 110 V and the current in the range of 0 – 10 A. The intensity of sunlight can be measured with a pyranometer in the range of 0 - 2600 W/m². The solar panels can be connected in series or in parallel by using a separate switch.

A program called LaSol was made in LabView programming environment. The program measures the values of current, voltage and sunlight intensity by using the FieldPoint measuring system. LaSol program makes three different diagrams from the measurement values. The first diagram shows the present power and the present sunlight intensity. The second diagram shows the energy produced during 24 hours and the third diagram shows the energy produced during a month. The LaSol program saves the measurement data in Excel files.

The user interface of the LaSol program is designed to be simple and easy to use. The operation of the solar panels can be easily confirmed by checking the user interface. A LED in the interface of the LaSol program shows an error condition of a certain measurement.

Keywords

Solar panel, Pyranometer, National Instruments, FieldPoint, LabVIEW, Current measurement, Voltage measurement.

Confidentiality

1	Johdanto	4
2	Aurinkopaneelit	5
2.1	Aurinkopaneelin toimintaperiaate.....	5
2.2	Aurinkopaneelin ominaiskäyrä.....	7
2.3	Aurinkopaneelin teho ja energia.....	8
3	Virran ja jännitteen mittaaminen	9
3.1	Jännitteen mittaaminen	9
3.2	Virran mittaaminen.....	11
4	Mittausjärjestelmät	13
4.1	Signaalin kulku tietokoneelle.....	13
4.2	Tietokonepohjaiset mittausjärjestelmät.....	13
4.3	Modulaariset mittausjärjestelmät.....	14
5	Laitteisto ja ohjelmisto	15
5.1	NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduuli	16
5.2	NI FP-AI-110 -moduuli	17
5.3	UPAC ja EM-M11A -mittamuuntimet.....	17
5.4	Kipp&Zonen CM3 pyranometri.....	18
5.5	Aurinkopaneelit.....	19
5.6	LabVIEW.....	20
5.7	NI Measurement & Automation Explorer	20
6	Mittausten toteutus aurinkopaneelijärjestelmässä	21
6.1	Mittauskytkennät	23
6.2	Aurinkopaneelijärjestelmän sijainti.....	26
7	LaSol aurinkopaneelien testausohjelma	28
7.1	LaSol -ohjelman toimintaperiaate	29
7.2	Kuvaajat	29
7.2.1	Hetkellinen teho sekä auringonsäteilyn intensiteetti kuvaaja	30
7.2.2	Vuorokausittainen energiakuvaaja	31
7.2.3	Kuukausittainen energiakuvaaja.....	31
7.3	LaSol -ohjelman käyttöliittymä.....	32
7.4	LaSol -ohjelman rakenne.....	34
7.4.1	Mittaustiedon saaminen NI FieldPoint laitteistolta	34
7.4.2	Laitteiston vikatilanteiden käsittely.....	35
7.4.3	Excel -tiedostojen tallennus ja mittausten esittäminen.....	36
7.4.4	Valikon toiminnot	41
7.5	Virhetilanteet	41
8	Kalibrointi	42
8.1	Aurinkopaneelien jännitteen mittauksen kalibrointi.....	42
8.2	Aurinkopaneelien virran mittauksen kalibrointi	43
9	Yhteenveto	44

1 Johdanto

Eri kulttuureissa on auringolle ollut omat jumalansa ja auringon arvo maailmalle on tiedetty pitkään. Auringon tuottama energia on mahdollistanut elämän maapallolla ja jokainen ihminen voi tuntea sen ihollaan. Aurinkoenergiassa on myös suuri mahdollisuus energian tuottoon. Aurinkoenergiaa voidaan kerätä talteen sen tuottaman lämmön tai säteilyn avulla.

Aurinkopaneelien viimeaikainen kehitys on ollut nopeaa, ja markkinoilla on useiden eri valmistajien tuottamia aurinkopaneeleita. Tämän lisäksi on useita eri valmistusmenetelmään perustuvia aurinkopaneelityyppejä kuten yksikiteinen, monikiteinen ja amorfisesta piistä valmistetut mallit. Tämä aiheuttaa kuluttajalle ongelman: Suomen vaihtelevissa ja vaativissa olosuhteissa, aurinkopaneeleista ei ole käytännön tietoa. Aurinkopaneelien testaus on tarpeellista, jotta saadaan selville, soveltuuko aurinkopaneelityyppi olosuhteisiimme.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää aurinkopaneelien testausjärjestelmää Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikköön. Aikaisempi aurinkopaneelien testausjärjestelmä ei enää ollut toimintakunnossa, sillä National Instrumentsin LabVIEW -ohjelmisto oli päivittynyt versioon 8.5 eikä tämä ollut enää yhteensopiva versiolla 5 tehtyyn ohjelmistoon. Tämän lisäksi aurinkopaneelijärjestelmä on tarkoitus uusia modernimmaksi.

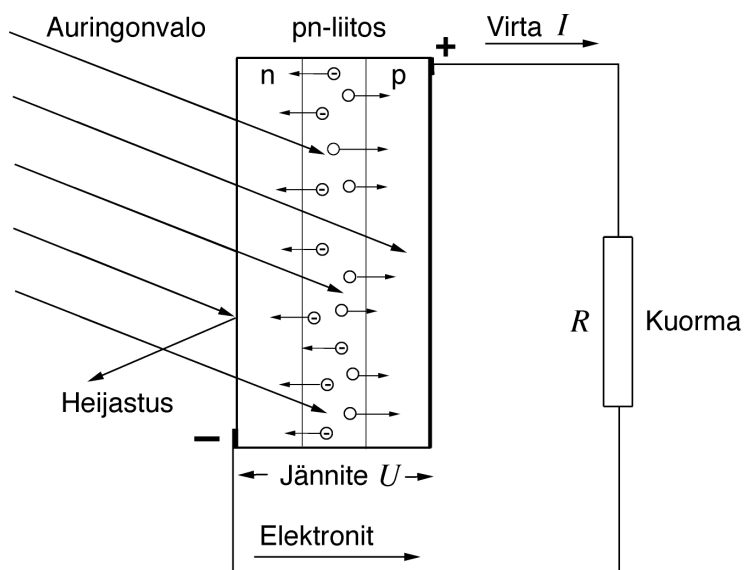
Aurinkopaneelien mittausjärjestelmä on tarkoitus toteuttaa National Instrumentsin mittausjärjestelmällä ja mittausohjelmisto tehdä LabVIEW -ohjelmointiympäristössä. Tavoitteena on saada joustava ja toimintavarma mittausjärjestelmä, jolla tiedonkeruu saadaan nopeasti aikaan ja kaikki tiedot talletettua myöhempää tarkastelua varten. Lisäksi käyttöliittymän pitäisi olla selkeä ja ilmaista helposti mittausten toiminta. Mittausjärjestelmän toteutuksessa on tarkoitus ottaa huomioon mahdolliset häiriötilanteet, kuten katkokset ja häiriöt FieldPoint -laitteistossa. Oma osansa häiriöitä ovat sähkökatkokset. Mahdolliset häiriöt eliminoimalla voidaan toteuttaa luotettava ja toimintavarma mittausjärjestelmä.

2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelijärjestelmiä suunnitellessa on syytä tutustua aurinkopaneelin toimintaan ja teoriaan. Luvussa 2 käsitellään pääpiirteittäin aurinkopaneelin toimintaperiaate ja yleisimmät ominaisuudet. Tämän lisäksi luvussa käsitellään keskeisiä aurinkopaneelin mitoitus- ja paneelilta mittaamiseen liittyviä asioita.

2.1 Aurinkopaneelin toimintaperiaate

Aurinkopaneeli on aurinkokennoista muodostuva kokonaisuus, jonka pääasiallinen tarkoitus on muuttaa auringon tuottama valo sähköksi. Valo on sähkömagneettisen spektrin ihmissilmällä nähtävä osa. Aalto-hiukkasdualismin vuoksi valolla on hiukkasten ja aaltojen ominaisuudet. Valo etenee valokvantteina eli fotoneina. [1],[2],[3]

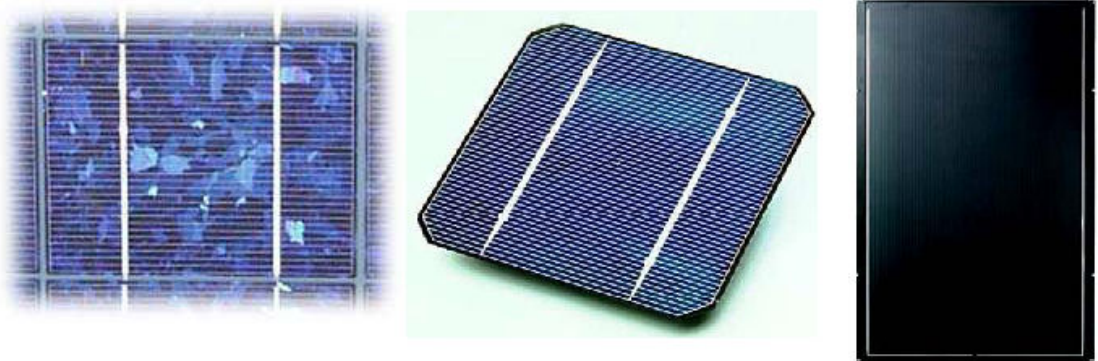


Kuva 1. Aurinkokennon toiminta. [1]

Aurinkokennossa saapuva auringonvalo eli fotonit synnyttävät absorboivaan puolijohteeseen varauksen kuljettajia eli elektroni-aukko pareja. Elektronit kerätään johtimiin ja ne voidaan viedä sähkölaitteeseen tai varastoida akkuun. [2]

Aurinkokennojen pääasiällisin valmistusmateriaali on pii (Si). Piitä käytetään aurinkopaneelien materiaalina yksi- ja monikiteisenä tai amorfisena muotona. Kiteiset piikennot ovat noin 0,2 – 0,3 mm paksuja ja pinta-alaltaan 90 -160 mm x 120 -160 mm. Yksikiteiset piikennot on sahattu yhtenäisestä pyöreistä piiaihioista. Koska raaka-aine on kallista, ei aihiota leikata neliskanttiseksi. Tämän vuoksi yksikideaihiossa on aukot kennojen kulmissa. [1]

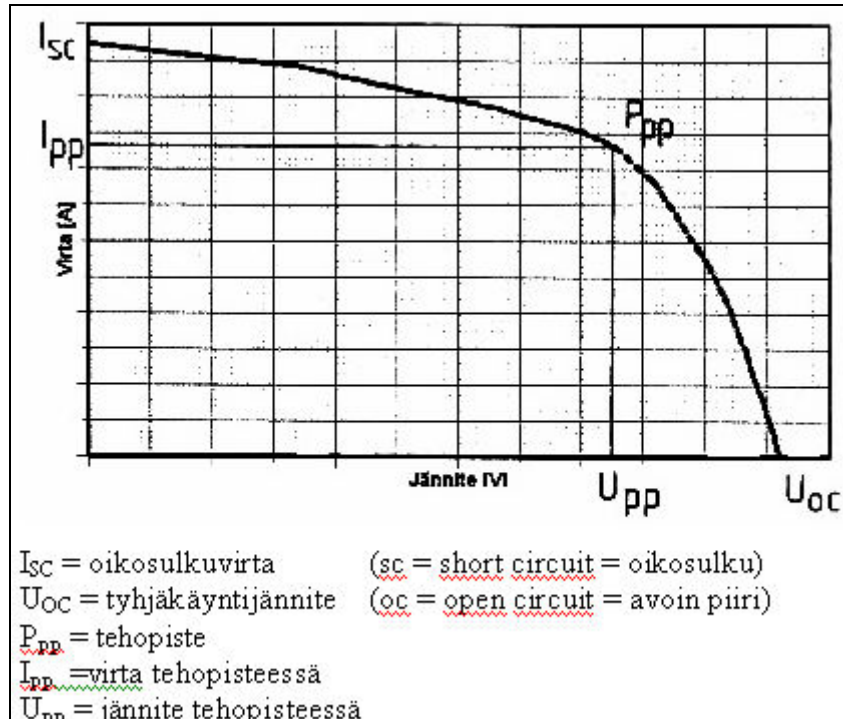
Monikiteisiä aihioita voidaan tehdä neliskulmaisista aihioista. Tällöin raaka-aine voidaan käyttää tarkemmin hyödyksi. Amorfisista piistä tehdyt kennot ovat taipuisia ja niiden valmistuskustannukset ovat edullisemmat. Haittana amorfisille piikennoille on hyötysuhteen jääminen pienemmäksi kuin kiteisissä kennoissa.[1]



Kuva 2. Kennot vasemmalta oikealla ovat: monikiteinen piikkenno, yksikiteinen piikkenno ja amorfisesta piistä valmistettu paneeli.

2.2 Aurinkopaneelin ominaiskäyrä

Aurinkopaneelin ominaiskäyrä ilmoittaa sen virran ja jännitteen arvon, jonka sisällä aurinkopaneeli voi toimia. Ominaiskäyrää tarvitaan tutkittaessa paneelien paremmuutta. [4],[5]



Kuva 3. Aurinkopaneelin ominaiskäyrä. [4,s.1]

Aurinkopaneelin tuottamaa enimmäisvirtaa kutsutaan oikosulkuvirraksi (I_{sc}), eli käytännössä tämä tarkoittaa sitä virtaa, mikä muodostuu, kun paneelin navat kytketään oikosulkuun. Tämä voidaan mitata yleismittarilla virta-asennossa kytkemällä yleismittarin johdot paneelin + ja – napoihin. Oikosulkuvirtaa mitattaessa ei paneeliin saa olla kytkettynä lataussäädintä tai muita oheislaitteita. [5]

Aurinkopaneelin tyhjäkäyntijännite (U_{oc}) on se jännite, minkä paneeli muodostaa silloin kun paneelia ei ole kytketty kuormaan. Tyhjäkäyntijännite mitataan yleismittarilla tasajännite asennossa kytkemällä mittari paneelin + ja – napoihin. Paneelin toimivuus on tällä tavalla helppo todeta. [5]

Tutkittaessa aurinkopaneelin ominaiskäyrää hyvin tärkeä piste on myös maksimitehopiste (P_{pp}) eli toimintapiste. Maksimitehopisteellä tarkoitetaan niitä virran ja jännitteen arvoja, joilla saavutetaan aurinkopaneelin maksimaalinen ulostuloteho. Tämän tehopisteen virta ja jännite on esitetty kuvassa 3 nimillä I_{pp} ja U_{pp} eli virta ja

jännite tehopisteessä. Käytännössä tehopistettä (P_{pp}) on hyvin vaikea saavuttaa, sillä vuorokauden valomäärät paneelin ympärillä vaihtelevat suuresti ja kirkkaalla auringonpaisteella aurinkopaneelin hyötysuhde alkaa tippua johtuen paneelin pinnan lämpenemisestä. Aurinkopaneelin hyötysuhteen alkaessa laskea pienenee myös paneelin ulostuloteho. [1]

2.3 Aurinkopaneelin teho ja energia

Aurinkopaneelin tuottama teho voidaan laskea joulenlain kaavasta seuraavasti.

$$P = UI,$$

missä P on teho (W), U on jännite (V) ja I virta (A). Paneelien tuottama energia voidaan laskea kertomalla teho ajalla. [1],[6]

$$E = Pt.$$

Energia ilmoitetaan yleensä wattitunteina (Wh) tai kilowatti tunteina (kWh).

Aurinkopaneelin hyötysuhde η on paneelin tuottaman tehon ja auringonsäteilyn intensiteetin suhde.

$$\eta = \frac{P}{SA} \times 100\%,$$

Missä hyötysuhde on prosentteja (%), P teho (W), S säteilynintensiteetti (W/m^2) ja A aurinkopaneelin pinta-ala (m^2). [1]

Paneeliin kytketyllä kuormalla tai akustolla on vaikutusta paneelin tuottamaan jännitteeseen, jota vastaavaan pisteeseen virta hakeutuu kulloistakin säteilyä ja lämpötilaa vastaavalla ominaiskäyrällä. Kuorman suuruus voidaan laskea ohmin laista.

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

Missä R on kuorman resistanssi (Ω), U paneelin napajännite (V) ja I virta (A). [1],[6]

3 Virran ja jännitteen mittaaminen

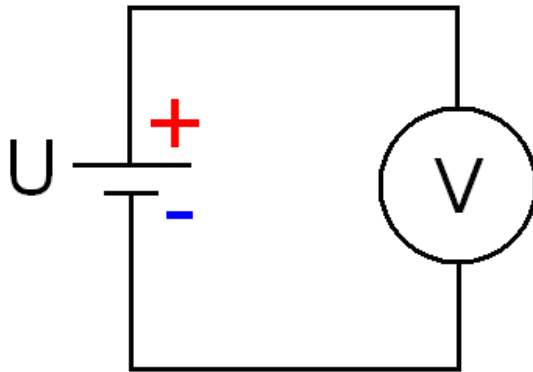
Toimiva ja hyvä aurinkopaneelijärjestelmä tarvitsee luotettavan sekä tehohäviöttömän mittausjärjestelmän. Aurinkopaneelilta mitattavat suureet ovat virta ja jännite.

Jännitteen ja virran mittaamiseen on useita eri mahdollisuuksia. Tässä luvussa on näistä käsitelty yleisimmät periaatteet.

3.1 Jännitteen mittaaminen

Yleisimmät jännitteen mittaamisen perustuvat menetelmät ovat digitaaliset jännitemittarit, oskilloskoopit tai analogiseen kiertokäämimittariin (galvanometri) perustuvat ratkaisut. Jännitemittarin sisäänmenoimpedanssi on hyvin suuri, useita megaohmeja, jotta mittaus ei häiritsisi mitattavaa kohdetta. Oskilloskoopilla voidaan mitata myös vaihtojännitettä, tällöin jännite nähdään signaalina ajan funktiona.

Jännitteen mittauksessa mittalaite kytketään rinnan virtapiiriin. [7]

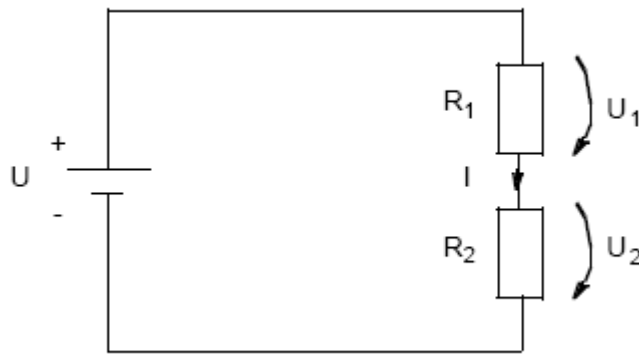


Kuva 4. Jännitemittari kytkettynä rinnan jännitelähteeseen.

Tilanteessa, jossa mitattava jännite on suurempi kuin mittalaite kykenee mittaamaan, on toimiva tapa toteuttaa mittaus jännitejakoavulla. Tällöin mitattava jännite saadaan pienennettyä. On huomioitava, että tällöin jännite tulee skaalata oikein jännitejakoavasta vastaavalla kertoimella, jotta tiedetään todellinen jännite.

Jännitejako perustuu kahden tai useamman vastuksen kytkemiseen sarjaan siten, että niiden läpi kulkee sama virta I ja molempien vastusten yli on jännitelähteen jännite U .

[8]



Kuva 5. Kahdella vastuksella toteutettu jännitteenjako. [8]

Molempien vastusten yli kulkee samansuuruinen virta I , joka voidaan ratkaista Ohmin lain avulla, kun tunnetaan vastusten R_1 ja R_2 resistanssi. [8]

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Vastuksien R_1 ja R_2 yli jää jännitehäviöt U_1 ja U_2 . Ohmin lain avulla pystytään selvittämään myös vastusten aiheuttamat jännitehäviöt seuraavasti: [8]

$$U_1 = R_1 \times I$$

$$U_2 = R_2 \times I$$

Sijoittamalla yllä oleviin yhtälöihin lasketun virran kaava saadaan jännitteille U_2 ja U_1 uudet yhtälöt. [8]

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

Edellä mainitusta kaavasta huomataan, että vastusten yli olevat jännitteet määräytyvät vastusten R_1 ja R_2 suhteesta. [8]

Jännitteenjakoa tehdessä on tärkeää huomioida vastusten tehonkestit. Jos vastuksien sopiva suhdeluku on toteutettu pieni ohmisilla vastuksilla, niin vastusten läpi kulkee suurempi virta. Suuri virta jännitteenjakovastusten läpi aiheuttaa tehohäviöitä eli vastus lämpenee. Jos vastusten tehonkestit on mitoitettu väärin suhteessa jännitteenjakoon, voivat vastukset tuhoutua.

Vastuksen kuluttama sähköteho voidaan laskea alla olevasta kaavasta: [7]

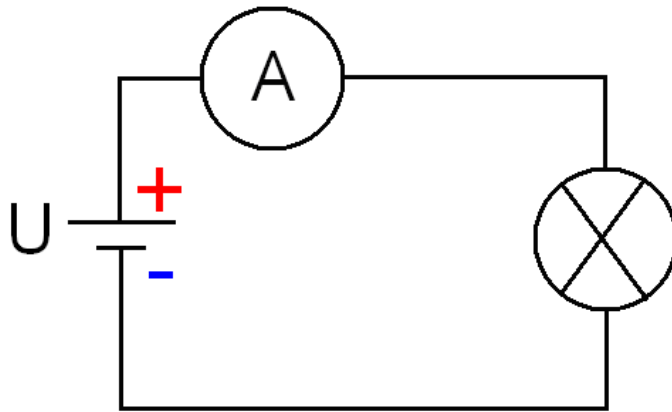
$$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2 .$$

3.2 Virran mittaaminen

Sähkövirran mittauksen yleisimmät työkalut ovat analoginen ampeerimittari (galvanometri) digitaalinen ampeerimittari tai pihtimittari. Analogiseen ampeerimittariin ja pihtimittarin toiminta perustuu sähkövirran johtimeen synnyttämään magneettikenttään. Magneettikentän voimakkuus määrää johtimessa kulkevan virran suuruuden. Digitaalisen ampeerimittarin, kuten esimerkiksi yleismittarissa oleva ampeerimittarin, toiminta perustuu sähkövirran johtamiseen mittarin sisällä olevan shunttivastuksen läpi. Shunttivastus on resistanssiltaan hyvin pieni, ja mittari mittaa tämän yli olevan jännitteen. Kun tiedetään vastuksen resistanssi R ja sen yli oleva jännite U pystytään selvittämään sähkövirta ohmin lain avulla. [9],[10]

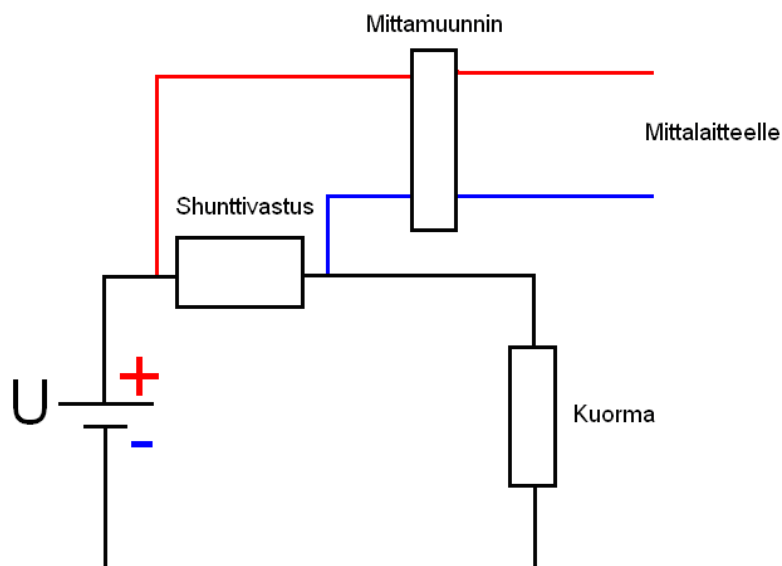
$$I = \frac{U}{R}$$

Mitattaessa analogisella tai digitaalisella ampeerimittarilla sähkövirran voimakkuutta tulee virtapiiri katkaista kohdasta, josta virta halutaan mitata, ja kytkeä ampeerimittari tähän väliin. Ampeerimittari on näin ollen kytketty sarjaan johtimeen, josta virta mitataan. Pihtimittarilla mitattaessa sähkövirtaa virtapiiriä ei tarvitse katkaista vaan pihtimittari kytketään johtimen ympärille mitaamaan sähkövirran. [10]



Kuva 6. Ampeerimittari kytkettynä mittaamaan kuorman virrankulutusta.

Kun halutaan toteuttaa automatisoitu virranmittaus, voidaan joutua toteuttamaan digitaalisen yleismittarin sisällä oleva shunttivastukseen perustuva mittaajärjestely käytännössä kokonaan itse. Tämä sen takia, että monet automaatiolaitteistot, kuten National Instrumentsin FieldPoint, eivät mittaa sähkövirtaa suoraan samalla lailla kuten yleismittarit ja muut kannettavat mittalaitteet. Shunttivastuksen yli oleva jännite on normaalisti hyvin pieni eikä tätä jännitettä sellaisenaan voi viedä automaatiolaitteistoon, johtuen laitteiston herkkyydestä tai mahdollisista häiriöistä. Shunttivastuksen yli oleva jännite muunnetaan suuremmaksi vahvistimella, mittamuuntimella tai muulla toimintaan sopivalla ratkaisulla. Mittamuuntimet ovat hyvä vaihtoehto shunttivastuksen yli olevan jännitteen muuntamiseen sillä näillä voidaan skaalata mittaussignaali automaatiojärjestelmään sopivaksi.



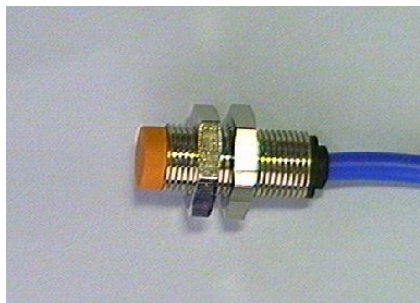
Kuva 7. Jännitteen mittauskytkeä shunttivastuksen ja mittamuuntimen avulla.

4 Mittausjärjestelmät

Puhuttaessa mittausjärjestelmistä on syytä tarkastella kuinka signaali etenee mitattavasta kohteesta tietokoneen monitorille. Mittausjärjestelmät voidaan jakaa kahteen osaan, tietokonepohjaisiin mittausjärjestelmiin ja modulaarisiin mittausjärjestelmiin.

4.1 Signaalin kulku tietokoneelle

Haluttua ilmiötä yleensä mitataan anturilla. Virtaa tai jännitettä mitattaessa anturi ei ole välttämättömyys. Anturilta viesti etenee lähettimelle, jossa lähetin muuntaa viestin haluttuun muotoon ennen viestin lähettämistä vastaanottimelle. Tavallista on myös se, että lähetin on jo itsessään anturissa. Elektronisten lähettimen muuntamat viestityypit ovat normaalisti virta- tai jänniteviestejä. Vastaanotin muuntaa analogisen viestin digitaaliseen muotoon ja lähettää tämän eteenpäin tietokoneelle. [11]



Anturi+lähetin



Vastaanotin
esim. NI FieldPoint



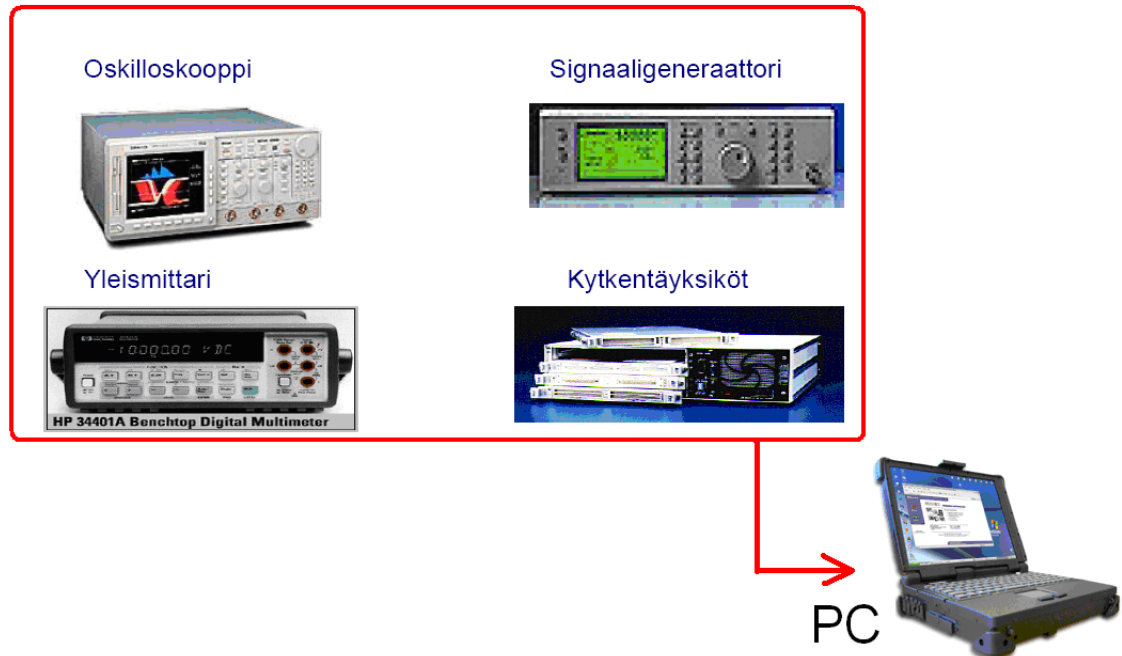
PC

Kuva 8. Esimerkki mittausjärjestelmän toteuttamisesta NI FieldPoint -laitteistolla.

4.2 Tietokonepohjaiset mittausjärjestelmät

Tietokonepohjaiset mittausjärjestelmät tarvitsevat toimiakseen nimensä mukaisesti tietokoneen. Tietokoneen päätehtävänä on hoitaa tulosten prosessointi, esittäminen, varastointi ja pitää yllä yhteyksiä mitattavaan kohteeseen. Vahvuuksia tälle järjestelmälle on se, että tietokoneet eli PC:t (Personal Computer) ovat nykyään volyymituotteita, joten hinta tietokoneelle jää alhaiseksi. Laskentateho näissä

järjestelmissä on myös omaa luokkaansa. Tietokonepohjaisia järjestelmiä ei kuitenkaan ole luotu vaativiin teollisuuden ympäristöihin, joissa kolhut, lika ja elektroniset häiriöt ovat arkipäivää. Myös tietokoneiden tulojen ja lähtöjen (I/O) ja väylien määrässä tulee aina raja vastaan, joten laajennettavuus on huono. [11]

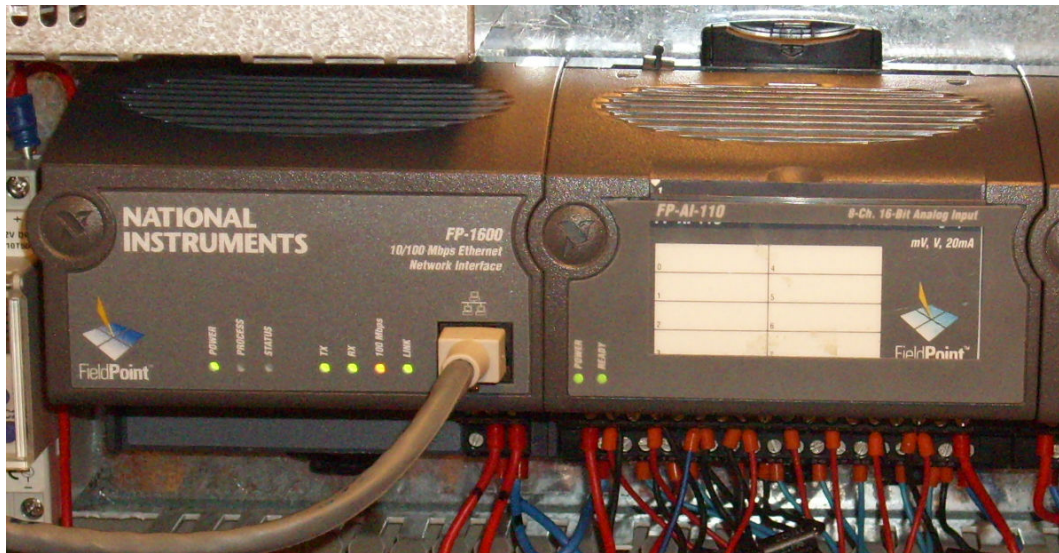


Kuva 9. Tietokonepohjainen mittaus/testausjärjestelmä.

Tietokonepohjaiselle mittausjärjestelmälle on ominaista se, että laitteisto koostuu useista eri mittalaitteista.

4.3 Modulaariset mittausjärjestelmät

Modulaariset mittausjärjestelmät ovat laitteistoja, joilla pystytään yksinkertaisesti toteuttamaan useita eri mittauksia ilman, että täytyisi rakentaa laajoja kokonaisuuksia, jotka koostuisivat useista erillisistä laitteista. Teollisuuden tarpeisiin modulaariset mittausjärjestelmät ovat paras mahdollinen ratkaisu, sillä nämä ovat helposti laajennettavissa ja asennettavissa. Modulaaristen järjestelmien etuna on myös se, että tällainen järjestelmä voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeisiin sopivaksi. [11]



Kuva 10. Hajautettuun I/O:hon perustuva modulaarinen FieldPoint -järjestelmä.

Modulaarisia järjestelmiä on useita erilaisia, jotka eroavat toisistaan käyttötarkoituksensa perusteella. Valittaessa modulaarista mittausjärjestelmää on syytä kiinnittää huomiota siihen, mihin järjestelmä on tulossa ja mitä sen tulisi tehdä. Laitteiden ominaisuuksilla on suuria eroja ominaisuuksissa kuten: nopeus, tarkkuus, analogisten ja digitaalisten I/O kanavien määrä, laajennettavuus, fyysinen koko, liitinten monipuolisuus ja hinta. [11]

5 Laitteisto ja ohjelmisto

Aurinkopaneelien mittauslaitteistona käytettiin National Instrumentsin (NI) valmistamia sovelluksia. Kyseessä on niin sanottu modulaarinen hajautettuun I/O:hon perustuva mittausjärjestelmä. Järjestelmä koostuu NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduulista sekä kahdesta analogisesta tulomoduulista FP-AI-110. Aurinkopaneelien virranmittauksessa käytetään mittamuuntimia UPAC ja EM-M11A. Aurinkopaneelien jännitteen mittaus tapahtuu jännitteenjaon avulla

Mittauksien tiedot käsitellään ja esitetään tietokoneelle tehdyllä LabVIEW -ohjelmalla. LabVIEW on suunniteltu toimimaan muiden National Instrumentsin tuotteiden kanssa saumattomasti, joten ohjelmisto on paras mahdollinen ratkaisu tähän tarkoitukseen.

5.1 NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduuli

NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduuli toimii tiedonkeruuyksikkönä modulaarisessa FieldPoint -järjestelmässä. FieldPoint 1600 Ethernet -moduulia jatketaan tarvittavilla I/O moduuleilla. National Instrumentsissa (NI) on tarjolla monia erilaisia I/O -yksiköitä. Ethernet moduulin tiedonsiirto nopeus on 100 Mb/s. Se tarvitsee toimiakseen 11-30 V käyttöjännitteen. Ethernet -moduulin tehon tarve on noin 7 W, mutta lopullisen tehontarpeen määrää kytkettyjen I/O -moduulien määrä. [12]

FieldPoint 1600 kommunikoi Ethernet -yhteyden avulla tietokoneen kanssa, johon on asennettu LabView, Measurement Studio tai jokin muu vastaava OPC -client ohjelmisto. OPC (*OLE for Process Control*) on avoimen tiedonsiirron standardi, jota käytetään teollisuuden automaatiosovellutuksissa. [12],[13]



Kuva 11. NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduuli.

FieldPoint 1600 Ethernet -moduuli on suunniteltu vaativiin kenttäolosuhteisiin. FieldPoint 1600 pystyy toimimaan maksimissaan -20 °C pakkasessa tai +55 °C kuumuudessa. Laitteiston ympärillä oleva kosteusprosentti saa olla välillä 5-90 %. [12]

Lisätietoja kuvassa 11 olevasta NI FieldPoint 1600 Ethernet -moduulista löytyy liitteenä olevista teknisistä tiedoista. [Liite1]

5.2 NI FP-AI-110 -moduuli

NI FieldPoint AI-110 on analogiatulomoduuli modulaarisessa FieldPoint -järjestelmässä. Moduulilla pystytään mittaamaan jännitteitä millivolteista lähtien aina 10 volttiin saakka. Virtojen mitta-alueet ovat 0...20 mA ja 4...20 mA. Moduulissa on 8 tuloliitäntää virran tai jännitteen mittaukselle. Moduulissa on myös diagnostiikka – toiminto, jolla pyritään takaamaan ongelmaton asennus ja ylläpito. Moduulin resoluutio on 16 bittiä ja päivitystaajuuDET ovat välillä 5 Hz – 0,66 MHz, riippuen moduulin suodatusasteesta. [14]



Kuva 12. NI FP-AI-110 –analogiatulomoduuli.

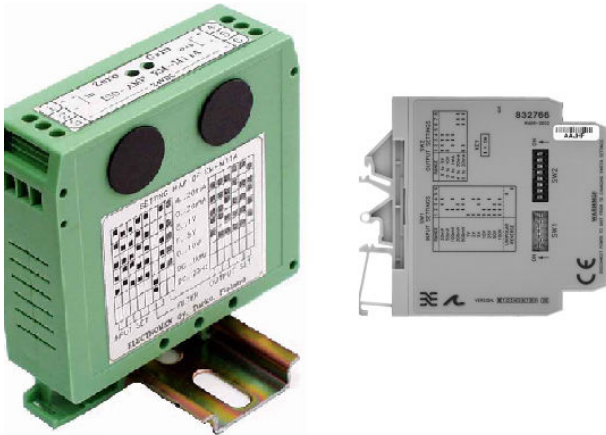
Tarkemmat lisätiedot kuvan 12 NI FP-AI-110 analogiatulomoduulista on liitteessä. [Liite2]

5.3 UPAC ja EM-M11A -mittamuuntimet

UPAC eli monivalintamittamuunnin tarjoaa yli 400 tulo/lähtökombinaatiota. Mitta-alueen ylä- ja alatasen säätö tapahtuu trimmeripotentioimetreillä. UPAC –monivalintamittamuuntimella voidaan käsitellä standardimittaviestejä tai täysin poikkeavia analogisignaaleita. UPAC -monivalintamittamuunnin on 3-piste-erotettu laite eli tulosignaali, lähtösignaali ja apujännite on erotettu toisistaan. 3-piste-erotettuna toteutettu laitteisto eliminoi mahdolliset häiriöt tehokkaasti. UPAC -monivalintamittamuuntimen haluttu toiminta valitaan DIP-kytkimistä. Toimiakseen UPAC tarvitsee 18-30 VDC apujännitteen. [15]

EM-M11A on Electromen Oy:n valmistama mittamuunnin. Toiminnoiltaan se on hyvin samanlainen kuin UPAC. EM-M11A mittamuuntimessa haluttu toiminta valitaan myös

DIP-kytkimillä ja muunnin on 3-piste-erotettu. Toimiakseen EM-M11A tarvitsee 20-32 VDC apujännitteen. [16]



Kuva 13. Vasemmalla EM-M11A -mittamuunnin ja oikealla UPAC

Kuvan 13 UPAC- ja EM-M11A -mittamuuntimista lisätietoja on liitteessä. [Liite3]

5.4 Kipp&Zonen CM3 pyranometri

Kipp&Zonen CM3 on auringonsäteilyn intensiteettiä mittaava pyranometri. Maksimi säteilynintensiteetti, jonka CM3 -pyranometri mittaa on 2000 W/m^2 . CM3-pyranometrin toimintalämpötila on $-40 \dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$, joten pyranometri kestää Suomen vaihtelevia sääolosuhteita hyvin. Pyranometrin ulostulosignaali on $0\text{-}50 \text{ mV}$ ja herkkyys $10\text{-}35 \text{ } \mu\text{V/W/m}^2$. [17]



Kuva 14. Kipp&Zonen CM3 pyranometri.

Tarkemmat tiedot Kipp&Zonen CM3 –pyranometrasta on liitteessä.. [Liite4]

5.5 Aurinkopaneelit

Järjestelmään kuuluu kaksi Solara AG:n valmistamaa SM 340 S aurinkopaneelia ja kaksi Gällivare PhotoVoltaic AB:n valmistamaa GPV-85 W aurinkopaneelia.

Solara AG:n valmistama aurinkopaneeli on teholtaan 85 W ja aurinkopaneeli on ns. monikideaurinkopaneeli. Paneelin oikosulkuvirta on 5,15 A. Tehollinen virta aurinkopaneelilla on 4,72 A. Tyhjäkäyntijännite aurinkopaneelilla on 21,9 V ja tehollinen jännite 18 V. [18]

Gällivare PhotoVoltaic AB:n GPV-85 W aurinkopaneeli on teholtaan nimensä mukaisesti 85 W. GPV-85 W aurinkopaneeli on ns. yksikiteinen aurinkopaneeli. Aurinkopaneelin oikosulkuvirta on 5,2 A ja tehollinen virta 4,9A. Tyhjäkäynti- ja tehollinen jännite paneelilla on 21,5 V ja 17,5 V. [19]



Kuva 15. Järjestelmässä käytettävät aurinkopaneelit; oikealla Solara AG:n ja vasemmalla Gällivare PhotoVoltaic:in valmistama paneeli.

Lisätietoja Solara AG:n ja Gällivare PhotoVoltaic:in aurinkopaneeleista löytyy liitteenä olevista teknisistä tiedoista. [Liite5]

5.6 LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) on National Instrumentsin suunnittelema ja tekemä ohjelmointiympäristö. LabVIEW perustuu graafiseen G-kieleen. LabVIEW -ohjelmasta on olemassa versiot Windows, Linux, Mac ja Solaris –käyttöjärjestelmille. Tämän lisäksi LabVIEWissä on versioita erilaisille kämmentietokoneille eli PDA-laitteille. LabViewin ohjelmat ovat suoraan siirrettävissä käyttöjärjestelmien välillä, kunhan vain ohjelmat on tehty LabVIEW:n samoilla kehitysversioilla. Ristiriitoja voivat myös tuottaa erilaiset käyttöjärjestelmäkohtaiset rajoitukset kuten ActiveX-komponentit. [20]

Ohjelmointikielenä LabVIEW on helposti opittavissa ja tämä on vuosien mittaan muuttunut lähes de facto standardiksi mittaus- ja testaussovellutuksissa. LabVIEWiä käytetään normaalisti PC-pohjaisissa teollisuuden automaatio-sovellutuksissa ja hyvin laajoissa sekä hajautetuissa tiedonvarastointi- ja analysointisovellutuksissa. Tehokkuutensa ansiosta LabVIEW kilpailee täysin C-ohjelmointikielten kanssa. [20]

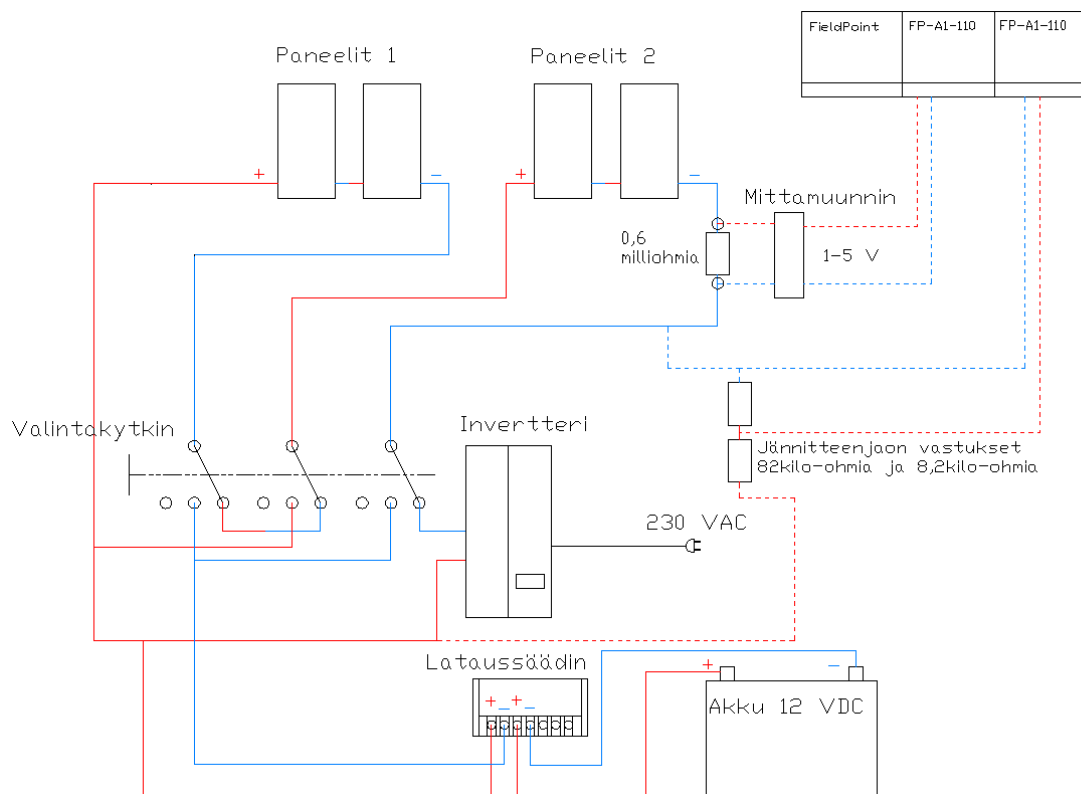
5.7 NI Measurement & Automation Explorer

NI Measurement & Automation Explorer on konfigurointiohjelma FieldPoint -laitteistolle. Ohjelman nimi nähdään monesti lyhennettynä nimellä MAX. Ohjelman avulla voidaan määrittää I/O asetuksia, lähiverkkoasetuksia ja testaamaan FieldPoint laitteiston toimivuutta. Measurement & Automation Explorer löytää automaattisesti lähiverkkoon kytketyt National Instrumentsin laitteistot. [21]

Measurement & Automation Explorer -ohjelman avulla voidaan luoda tiedosto (iak-tiedosto), joka sisältää sovelluksessa tarvittavat I/O tiedot, kanavien kuvaukset ja määrittäykset. LabVIEWin avulla on helppo ottaa käyttöön tarvittavat mittaukset, joita tarvitaan tulevassa sovelluksessa. [21]

6 Mittausten toteutus aurinkopaneelijärjestelmässä

Aurinkopaneelien mittausjärjestelmä sijaitsee Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikön A-rakennuksen ilmastointihuoneessa olevassa sähkökaapissa. Kaikki mittaukset on kytketty FieldPoint -laitteistoon.

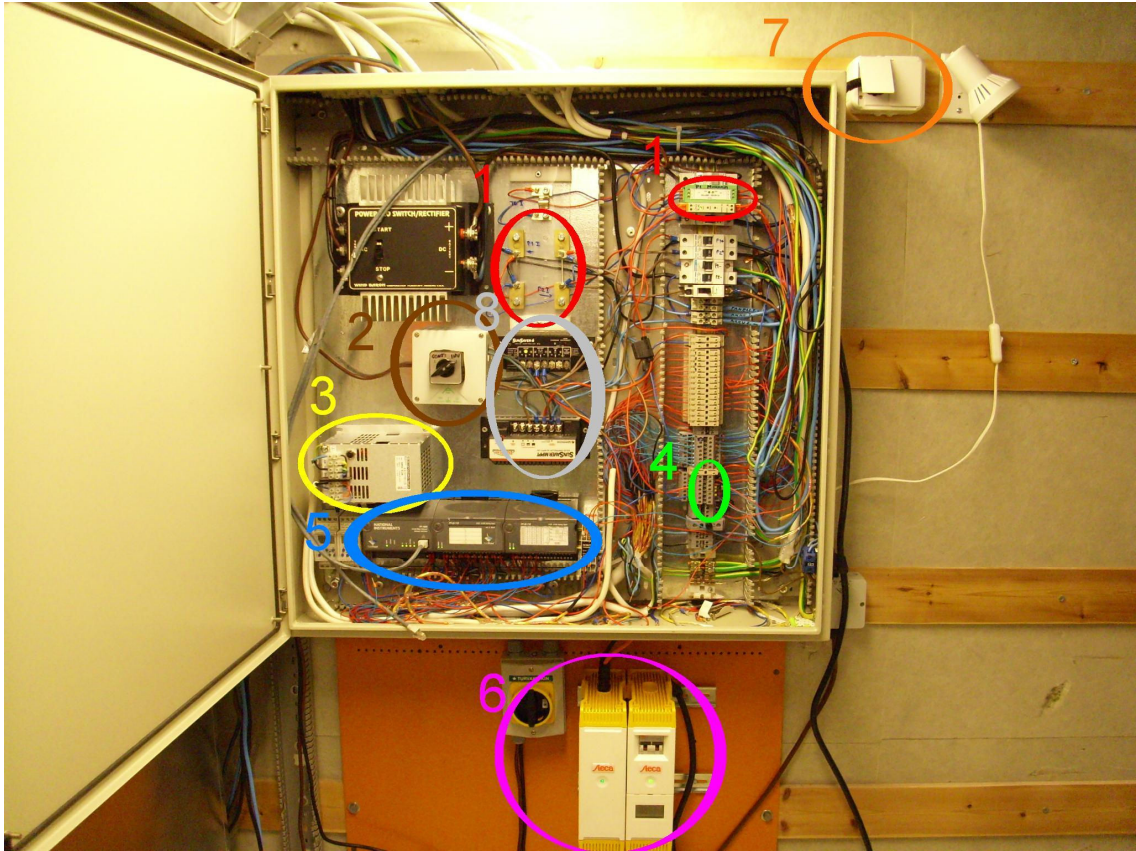


Kuva 16. Aurinkopaneelien testausjärjestelmä.

Kuvassa on esitetty, kuinka aurinkopaneelien testausjärjestelmä on toteutettu. Aurinkopaneelijärjestelmä on suunniteltu siten, että kytkimellä voidaan valita, ladataanko akkua lataussäätimen avulla vai syötetäänkö energia sähköverkkoon invertterin avulla. Kytkimen kääntäminen aiheuttaa sen, että akunlatausasennossa aurinkopaneeliparit ovat kytkettynä rinnan ja sähköverkkoasennossa sarjaan.

Aurinkopaneeleilta tuleva virta mitataan shunttivastuksien avulla. Virta voidaan selvittää, kun vastuksen resistanssi ja vastuksen yli kulkeva jännite tiedetään. Signaali voimistetaan mittamuuntimella, jonka jälkeen signaali vietään FieldPoint -laitteistolle. Aurinkopaneelien jännite mitataan jännitteenjaon avulla, vastusten arvot ovat 82 kilo-ohmia ja 8,2 kilo-ohmia. Näin ollen suhdeluvuksi saadaan jännitteenjaon 1:10. Jännitteenjako on välttämätöntä sillä FieldPoint laitteisto ei kykene lukemaan jännitteitä

kuin 10 V volttiin saakka. Sarjakytkennässä paneeliston jännite voi olla noin 90 V ja rinnankytkennässä 45 V.

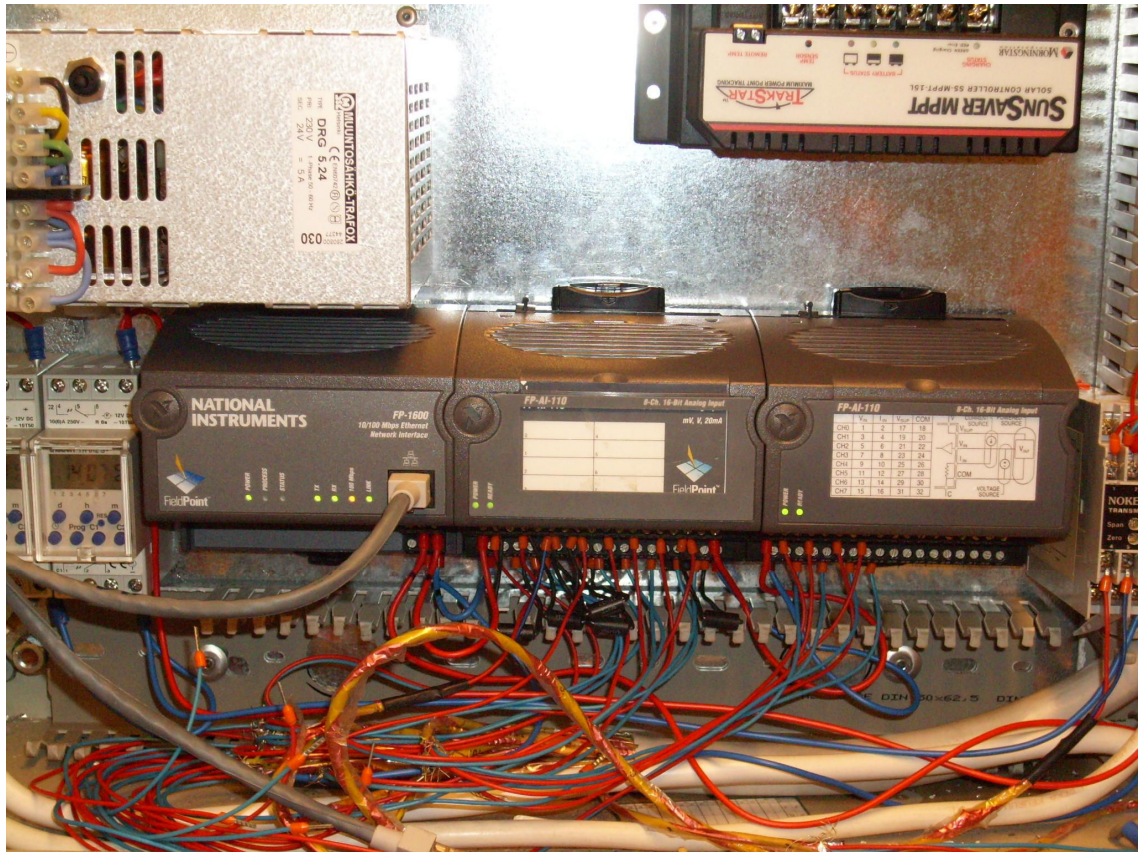


Kuva 17. Mittausjärjestelmän kannalta tärkeimmät komponentit sähkökaapissa.

Kuvassa 17 on esitetty aurinkopaneelijärjestelmän mittauksen kannalta tärkeimpien komponenttien sijainnit sähkökaapissa. Kuvassa 17 punaisilla ympyröillä (1) on esitetty virranmittauksen kannalta tärkeimmät komponentit eli shunttivastukset ja mittamuuntimet. Keltaisella (3) on merkitty laitteiston teholähde, joka syöttää apujännitteen mittamuuntimille ja käyttöjännitteen sinisellä (5) merkatulle FieldPoint -laitteistolle. FieldPoint -laitteistossa vasemmassa reunassa on Ethernet -moduuli ja sen oikealla puolella kaksi analogiatulomoduulia. Vihreällä (4) on esitetty jännitteenjaon vastukset. Tärkeä osa toiminnan kannalta on ruskealla merkitty kytkin (2), jolla voidaan valita onko aurinkopaneelit kytketty sarjaan vai rinnan. Kytkimen asennossa 1 paneelin teho ohjautuu harmaalla merkittyjen (8) lataussäätimen kautta akulle. Asennossa 2 teho syötetään vaaleanpunaisella merkityn (6) ohjausyksikön ja invertterin kautta maadoitettuun pistorasiaan (7) ja edelleen talon sähköverkkoon.

Aurinkopaneelijärjestelmään kuuluu oleellisesti auringonsäteilyn intensiteettiä mittaava pyranometri. Sen avulla saadaan selville tuotetun tehon suhde auringonsäteilyyn.

FieldPoint -yksiköltä mittaussignaalit etenevät kytkimelle ja kytkimeltä lähiverkkoon. Lähiverkosta käsin mittaukset voidaan käsitellä LabVIEW -ohjelmistolla.



Kuva 18. FieldPoint -laitteisto.

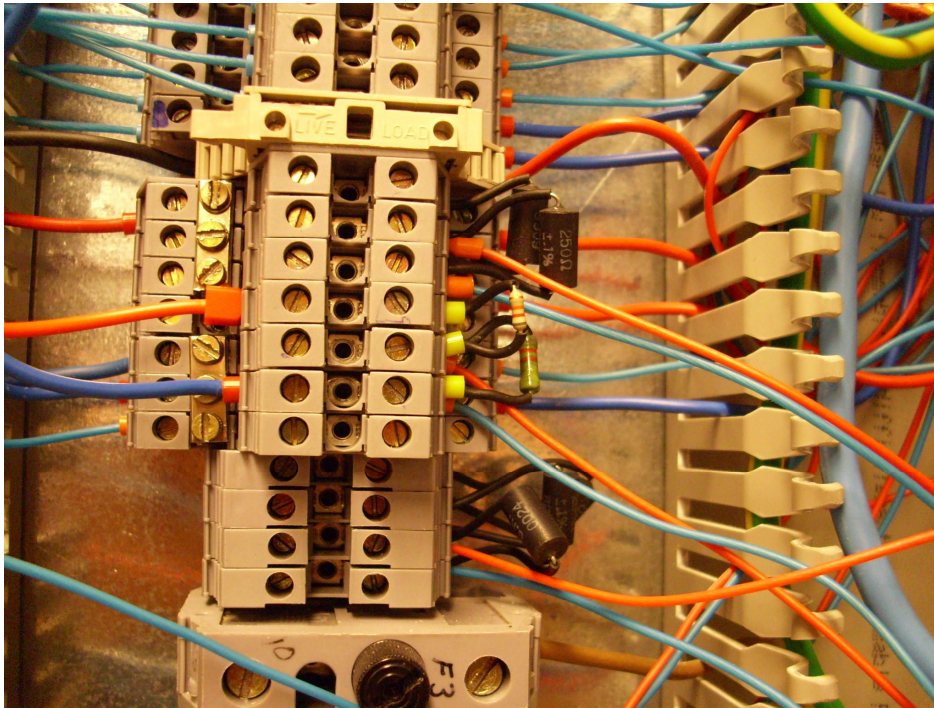
Kuvassa 18 oikealla analogiatulomoduulit ja vasemmalla Ethernet-moduuli. Ylhäällä on 28 V teholähde, joka syöttää käyttöjännitteen FieldPoint -laitteistolle sekä apujännitteen mittamuuntimille.

6.1 Mittauskytkennät

Jännitettä mitattaessa aurinkopaneelien yli oleva jännite tuodaan jännitteenjakovastuksille. Jännitteenjakovastuksina ovat 82 kilo-ohmin ja 8,2 kilo-ohmin vastukset.

Jännitteenjako pudottaa aurinkopaneelien jännitteen noin kymmenesosaan.

Jännitteenjaolla pudotettu mittausarvo viedään FieldPoint -laitteiston analogiatulo-moduuliin sellaisenaan. Vastusten suhdeluku on muistettava ohjelmakoodia tehdessä, jotta mittaukset saadaan skaalattua oikein. Kalibroinnin jälkeen tarkaksi suhdeluvuksi saatiin 11.066.



Kuva 19. Jännitteenjako vastuksien sijainti mittausjärjestelmässä.

Virran mittauksessa virta mitataan jännitteinä järjestelmässä olevan 0,60 milliohmin tarkkuusvastuksen eli shunttivastuksen yli. Shunttivastuksen yli oleva jännite on hyvin pieni eikä sitä voi sellaisenaan viedä FieldPoint laitteistoon. FieldPoint laitteiston ja shunttivastuksen väliin on kytketty mittamuuntimet. Kummallekin aurinkopaneeliparille on omat mittamuuntimet ja shunttivastukset.



Kuva 20. Virranmittauksen shunttivastukset.

Mittamuuntimet on kytketty laitteistoon siten, että se muuntaa aurinkopaneeleilta tulevan virran 1-5 V jänniteviestiksi. Mittamuuntimet tarvitsevat toimiakseen apujännitteen. Apujännitteen mittamuuntimet saavat 24 V teholähteestä. Virtamittauksen jännitesignaalin mittaa analogiatulomoduuli numero 1. Virtamittaus tapahtuu kyseisen analogiatulomoduulin kanavista 6 ja 7, (Taulukko 1).



Kuva 21. Virranmittauksen mittamuuntimet.

Pyranometriltä tulevaa signaali on 0-50 mV ja signaali vastaa säteilyn kokoluokkaa 0-2612 W/mm². Pyranometri on kytkettynä analogiatulomoduuliin numero 1 kanavaan 5.

Taulukko1. Aurinkopaneelijärjestelmän mittaviestit.

Laite	Parametri	Signaali	Alue	Kytkenät
Aurinkopaneeli pari 1	Virta	1-5 V	0-10 A	A1-110@1 ch. 6
Aurinkopaneeli pari 2	Virta	1-5 V	0-10 A	A1-110@1 ch. 7
Aurinkopaneelit	Jännite	0-10.4 V	0-114,92 V	A1-110@2 ch. 1
Pyranometri	Säteily	0-50 mV	0-2612 W/mm ²	A1-110@1 ch. 5

Taulukkoon 1 on koostettu kaikki aurinkopaneelijärjestelmän mittausviestit. Siitä nähdään eri mittasignaalit ja niiden toiminta-alueet. Tämän lisäksi kuvasta voidaan nähdä mihin analogiatulomoduuliin ja sen kanavaan kytkennät on tehty

FieldPoint -laitteistossa on FP1600 Ethernet -moduuli ja kaksi FP-AI-110 -moduulia. Laitteisto tarvitsee toimiakseen käyttöjännitteen. FieldPoint -laitteiston tehontarve voidaan laskea seuraavasti:

$$\text{Tehontarve} = 7 \text{ W} + 1,15 \times (\text{I/O -moduulien tehontarve})$$

FieldPoint -laitteiston kokonaistehon tarpeeksi saadaan 7,805 W, koska Ethernet -moduuli kuluttaa tehoa 7 W ja I/O -moduulit kuluttavat 350 mW.

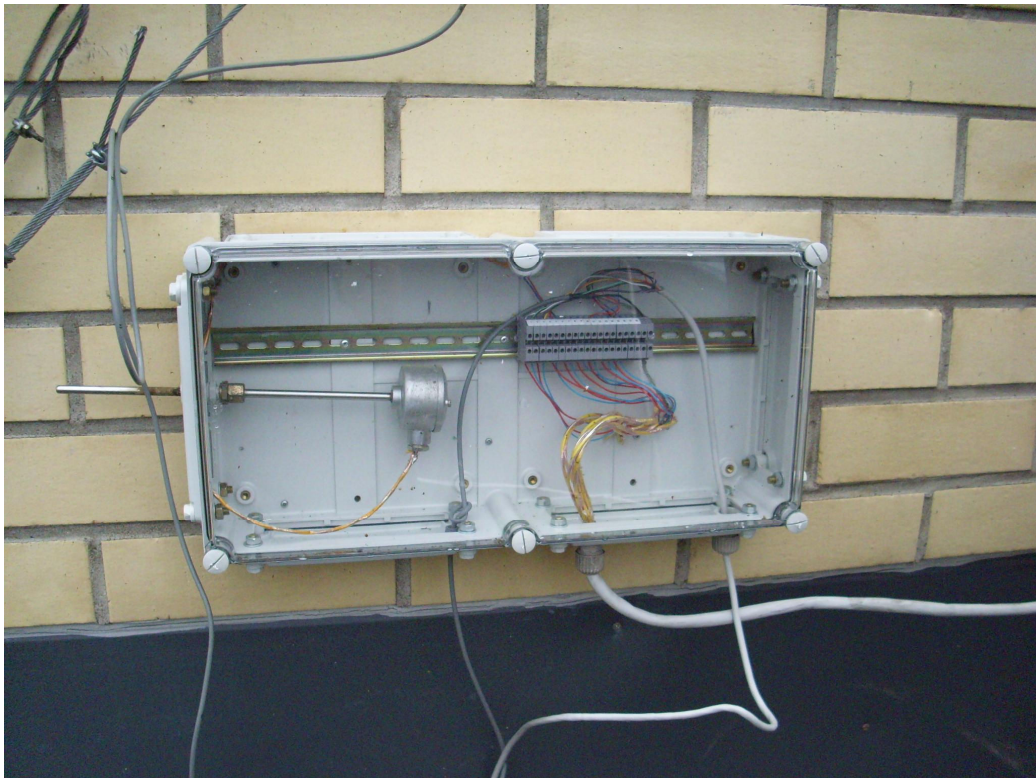
6.2 Aurinkopaneelijärjestelmän sijainti

Aurinkopaneelijärjestelmä ja pyranometri on sijoitettu Savonia-ammattikorkeakoulun A-rakennuksen katolle. Laitteisto ei vaadi juurikaan huoltoa tai ylläpitoa. Aurinkopaneelien tuottoon voi vaikuttaa kerääntyneet roskat ja muut epäpuhtaudet aurinkokennojen päällä. Aurinkopaneelien välittömään läheisyyteen on asennettu kamera, jonka avulla voidaan seurata suoraa kuvälähetystä aurinkopaneeleista.



Kuva 22. Aurinkopaneelijärjestelmä Savonia-amk:n Varkauden yksikön katolla.

Paneelit ovat 40° kulmassa pystysuuntaan nähden. Tarvittaessa paneelit saadaan kääntymään vaakasuunnassa. Aurinkopaneelit on johdotettu ilmastointihuoneessa oleviin aurinkoenergian keräysjärjestelmiin.



Kuva 23. Ristikytkentäkotelo.

Ristikytkentäkotelossa kootaan eri mittauspisteistä tulevat signaalit yhteen. Kotelossa on myös ulkoilman lämpötilan mittaukseen käytetty Pt100 -lämpötila-anturi.



Kuva 24. Pyranometri asennettuna.

Pyranometri on asennettu avonaiseen paikkaan paneelien taakse 40° kulmaan. Asennuskulma on sama kuin aurinkopaneeleilla. Mittaustieto pyranometriltä kulkeutuu katolla olevalle uusitulle ristikytkentäkotelolle. Ristikytkentäkotelolta mittaustieto etenee ilmastointihuoneessa olevaan FieldPoint -laitteistoon.

7 LaSol aurinkopaneelien testausohjelma

LaSol aurinkopaneelien testausohjelma on suunnittelemani ohjelma aurinkopaneelien mittaukseen ja testaukseen. LaSol -ohjelma on ohjelmoitu National Instrumentsin LabVIEW 8.5 -ohjelmointiympäristössä. LaSol -ohjelma on suunniteltu kokopäiväiseen ja keskeytymättömään aurinkopaneelien energian mittaukseen ja tiedonkeruuseen. Aurinkopaneelien ohella LaSol -ohjelma kerää informaatiota myös pyranometriltä.

LaSol -ohjelma mittaa FielPoint -laitteiston avulla aurinkopaneelilta tulevan virran ja jännitteen sekä auringonsäteilyn intensiteetin. Näitä tietoja käsittelemällä pystytään laskemaan paneelien tuottaman tehon ja energian luvussa 2 käsiteltyjen kaavojen avulla. LaSol -ohjelma luo kolme kuvaajaa. Ensimmäinen näyttää online-mittauksena tämänhetkisen aurinkopaneelien tuottaman tehon sekä säteilyn intensiteetin. Toinen kuvaaja näyttää pylväsdiagrammina päivittäiset energiatuotot ja kolmas kuvaaja kuukausittaiset energiatuotot. Kaikki mittaustiedot LaSol -ohjelma tallentaa Excel-tiedostoihin.

LaSol -ohjelmaa on suunniteltu mahdollisia virhetilanteita silmälläpitäen. Mahdolliset virhetilanteet voivat olla ohjelmallisia tai laitteistopohjaisia. Ohjelmalliset virheet on pyritty eliminoimaan ohjelmoinnin yhteydessä. Laitteistopohjaisia virheitä ovat sähkökatkokset tai muun mittauslaitteiston virhetilanteet ja laitteiden hajoamiset.

Ohjelman käyttöliittymä on suunniteltu mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Käyttöliittymässä ei ole turhia painikkeita ja käyttäjän on helppo omaksua ohjelma ilman LabVIEW -ohjelmointiympäristön käyttökokemuksia. Jos ohjelmaa kuitenkin halutaan muokata, on tämä helppoa sillä LaSol -ohjelma on ohjelmointirakenteeltaan ymmärrettävä ja modulaarinen. Ohjelmakoodi on pyritty kommentoimaan siten, että käyttäjä ymmärtää, mitä ohjelmakoodilla pyritetään tekemään. Tulevan kehitystyön on näin ollen helppoa.

Ohjelmaan on myös liitetty internetkamera. Kamera kuvaa aurinkopaneeleita katolla. Näin ollen on helppo katsoa, onko paneelit kunnossa ja paistaako paneelien pinnalle aurinko. LaSol -ohjelmaan on myös suunniteltu *HistoryReader* -aliohjelma, jolla pystytään selaamaan vanhoja mittaustietoja.

7.1 LaSol -ohjelman toimintaperiaate

Kun LaSol ohjelma käynnistetään, ohjelma tutkii C-aseman juuresta *LaSol_Mittaukset* kansion sisällön. Jos kansion sisällä on kansiot *Vuorokausikäyrät*, *Kuukausikäyrät*, *Vuosikäyrät* ja *JatkuvaData* niin ohjelma katsoo kansioista viimeisimmät tiedostot ja palauttaa niiden mukaiset arvot kuvaajiin. Jos kansioita ei ole, LaSol -ohjelma luo tarvittavat kansiot ja aloittaa mittaukset.

LaSol -ohjelma käynnistyy LaSol -nimisestä pikakuvakkeesta. Jos I/O asetukset ovat kunnossa, ei LaSol -ohjelma anna minkäänlaista virheilmoitusta. LaSol -ohjelma aloittaa energian mittaamisen välittömästi.

LaSol -ohjelma suorittaa toimintoja tietyin aikavälien. LaSol -ohjelma lukee mittaustietoja sekunnin välein ja laskee näistä keskiarvon. LaSol -ohjelma tallentaa energia ja teho tiedot 5 minuutin välein Excel -tiedostoon, *vuorokausikäyrät* -kansioon. Ennen vuorokauden loppumista LaSol -ohjelma lukee päivän aikana tallennetut energiatiedot ja laskee nämä yhteen. Yhteenlasketun tuloksen LaSol tallentaa omaan Excel-tiedostoonsa *kuukausikäyrät* -kansioon ja piirtää yhteenlasketusta tuloksesta pylvään kuvaajaan. LaSol -ohjelma tekee saman yhteenlaskuoperaation kuukauden eripäivinä tuotetuista energioista kuukauden loputtua. LaSol piirtää näistäkin pylvään omaan kuvaajaansa. Kuukausittaisen energian mittaustiedot tallennetaan Excel -tiedostoon *vuosikäyrät* -kansioon.

LaSol -ohjelma on suunniteltu käyttöliittymältään niin pieneksi kuin mahdollista. Tästä syystä kaikki kolme kuvaajaa ovat pieninä käyttöliittymän alareunassa.

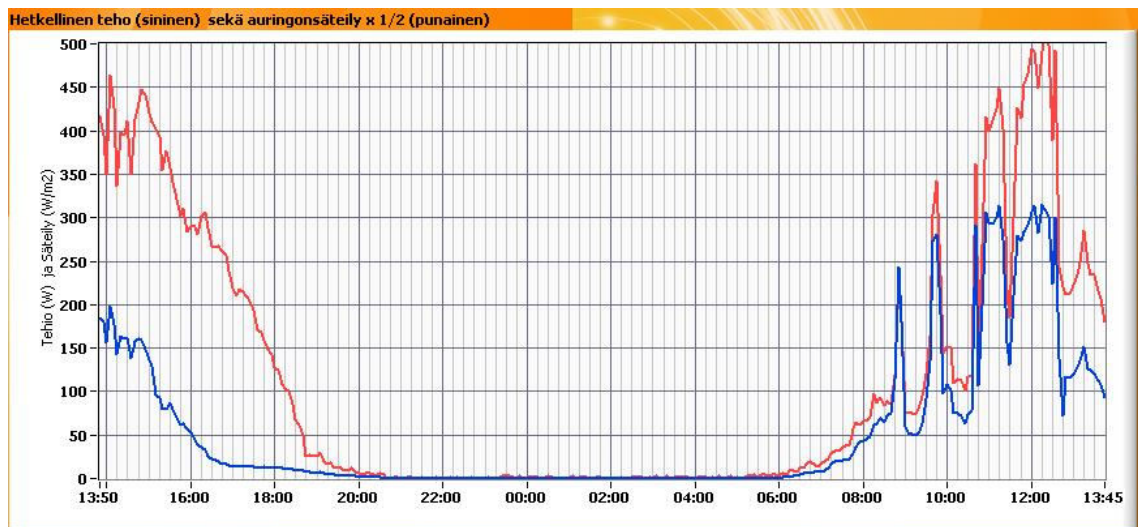
7.2 Kuvaajat

Aurinkopaneeleilta tulevan informaation tallentamisen lisäksi saatua mittausdataa täytyy kyetä myös esittämään järkevästi. LaSol -ohjelma näyttää käyttöliittymän pääikkunassa kolme erilaista kuvaajaa aurinkopaneeleista mitatuista tiedoista. Ensimmäinen kuvaaja näyttää aurinkopaneelien hetkellisen tehon sekä auringonsäteilyn intensiteetin. Toinen kuvaaja esittää vuorokautisia energiakertymiä pylväsdiagrammina

ja kolmas kuukautisia energiakertymiä. Kuvaajaa hiirellä klikkaamalla saadaan kuvaaja suurennettua ja toisen kerran klikkaamalla pienennettyä.

7.2.1 Hetkellinen teho sekä auringonsäteilyn intensiteetti kuvaaja

Hetkellinen teho sekä auringonsäteilyn intensiteetti kuvaaja näyttää mittaustulokset mitattuna 5 minuutin välein. Kyseinen mittaus tapahtuu online-mittauksena eli mittaustietoa kuvaajaan ei lueta mistään, vaan uusi mittauspiste kuvaajaan tulee aina viiden minuutin välein. Kuvaaja näyttää informaatiota maksimissaan vuorokauden ajalta. Jotta vuorokausi voidaan kuvaajassa esittää, täytyy laskea mittauspisteiden määrä LabVIEW:in kuvaajaan sopivaksi. Mittausvälin ollessa 5 minuuttia mittauspisteitä kuvaajaan tulee 288, jotta pystyttäisiin esittämään vuorokaudenmittainen ajanjakso. Viiden minuutin aikaintervallin LaSol -ohjelma laskee *timer* -aliohjelman avulla.



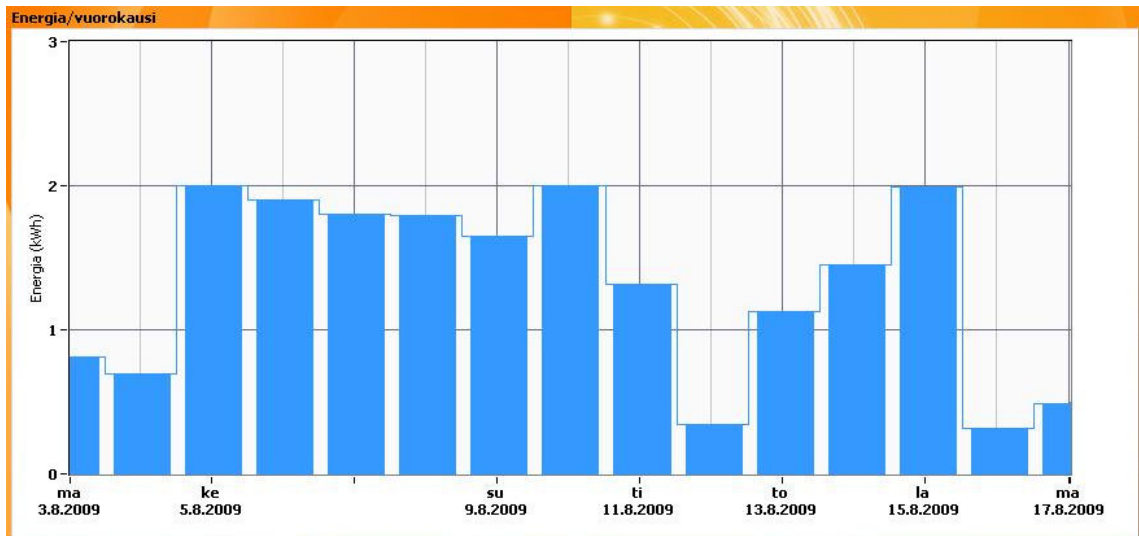
Kuva 25. Hetkellisen tehon sekä auringonsäteilyn intensiteetin kuvaajat.

Kuvaajan x-akselilla on aikatiedot ja y-akselilla teho tiedot, y-akseli esittää myös auringonsäteilyn intensiteetin Auringonsäteilyn intensiteetti on skaalattu pienemmäksi tekijällä kaksi, jotta kuvaajat saadaan paremmin samalle asteikolle. Aikatieto x-akselilla muuttuu 5 minuutin välein eli aina, kun uusimittaus tapahtuu. Näin tämä muodostaa liikkuvan käyrän.

7.2.2 Vuorokausittainen energiakuvaaja

Vuorokausittainen energiakuvaaja näyttää eri vuorokausien aikana kertyneet energiat pylväsdiagrammina. Kuvaajassa on x-akselilla viikonpäivä ja sen päivämäärä. Uusi mittaus tälle kuvaajalle tapahtuu minuuttia ennen vuorokauden vaihtumista, jolloin LaSol -ohjelma laskee vuorokauden aikana kertyneet energiat ja piirtää siitä pylvään kuvaajaan. y-akseli esittää kertyneen energian määrää kilowattitunteina (kWh).

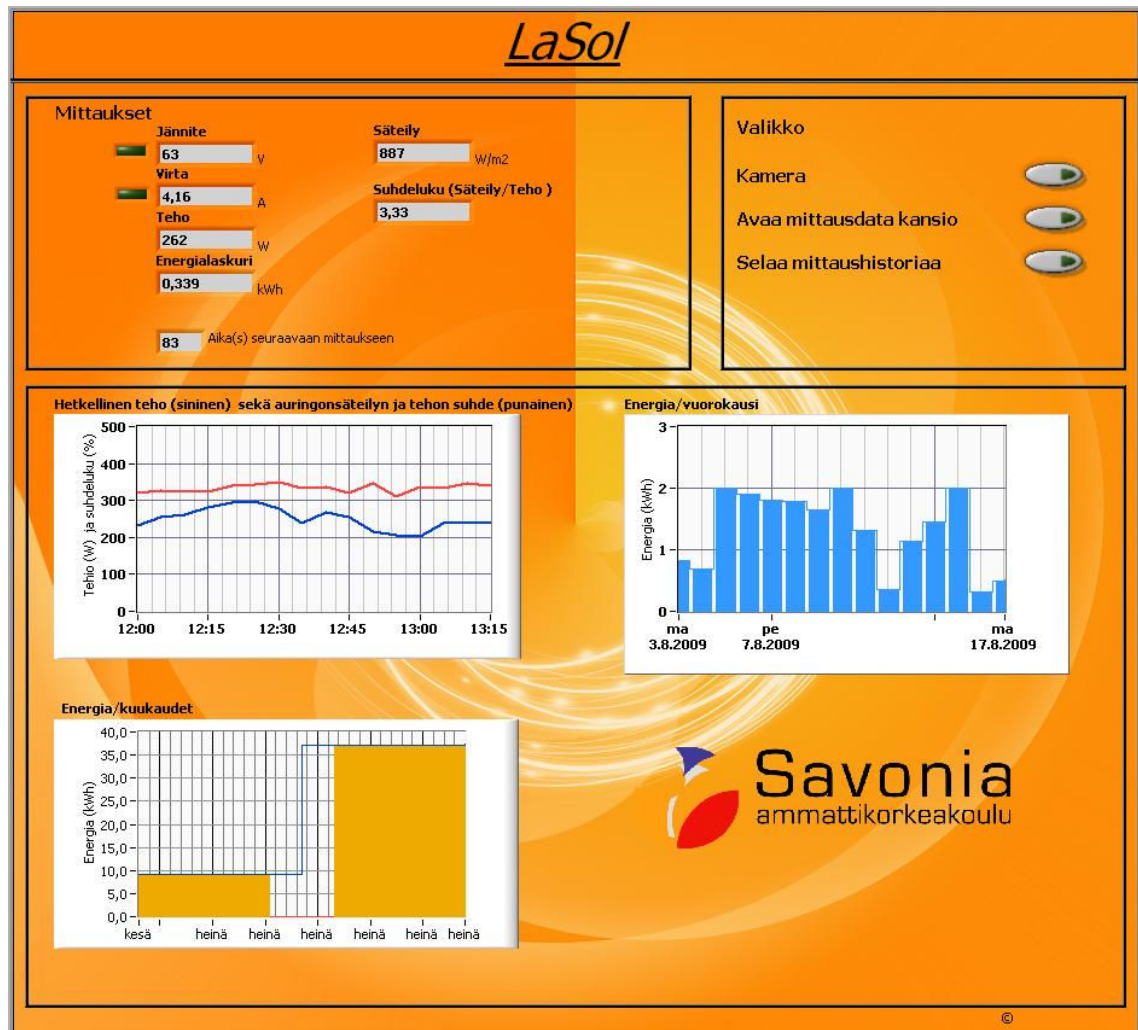
Mittaus vuorokausittaiselle energiakuvaajalle ei tapahdu online-mittauksena vaan mittaus joudutaan lukemaan ja laskemaan ohjelmallisesti Excel -tiedostosta *vuorokausikäyrät* -kansioista, jonne päivittäiset energia ja tehotiedot ovat tallentuneet. Vuorokautisen energian LaSol -ohjelma tallentaa Excel -tiedostoon, *kuukausikäyrät* -kansioon. Mittausvälin LaSol -ohjelmassa määrää *Timer-60s* aliohjelma. Vuorokautisen energian kuvaajalle laskee *Columnreader* -aliohjelma.



Kuva 26. Vuorokautinen energiakuvaaja.

7.2.3 Kuukausittainen energiakuvaaja

Kuukausittainen energiakuvaaja on hyvin samankaltainen toiminnaltaan kuin vuorokautinen energiakuvaaja. Kuvaajan x-akselilla on esitetty kuukaudet ja y-akselilla kuukausittaiset energiakertymät kilowattitunteina. Uusi mittaus kuvaajalle tapahtuu minuuttia ennen kuukauden vaihtumista. Silloin LaSol -ohjelma lukee *kuukausikäyrät* -



Kuva 28. LaSol -ohjelman käyttöliittymä.

LaSol -ohjelman käyttöliittymässä oikealla ylhäällä on laatikko nimeltä valikko. Valikon sisältä löytyy kolme painiketta, jotka tekevät ohjelmasta entistä monipuolisemman. Ensimmäisestä painikkeesta voidaan avata näkymä internet kamerasta, joka on sijoitettu kuvaamaan aurinkopaneeleita. Toisesta painikkeesta päästään helposti käsiksi LaSol_Mittaukset -kansioon sisältöön ja kolmannesta painikkeesta voidaan avata mittaushistorian lukemiseen tarkoitettua *Historyreader* -aliohjelman.

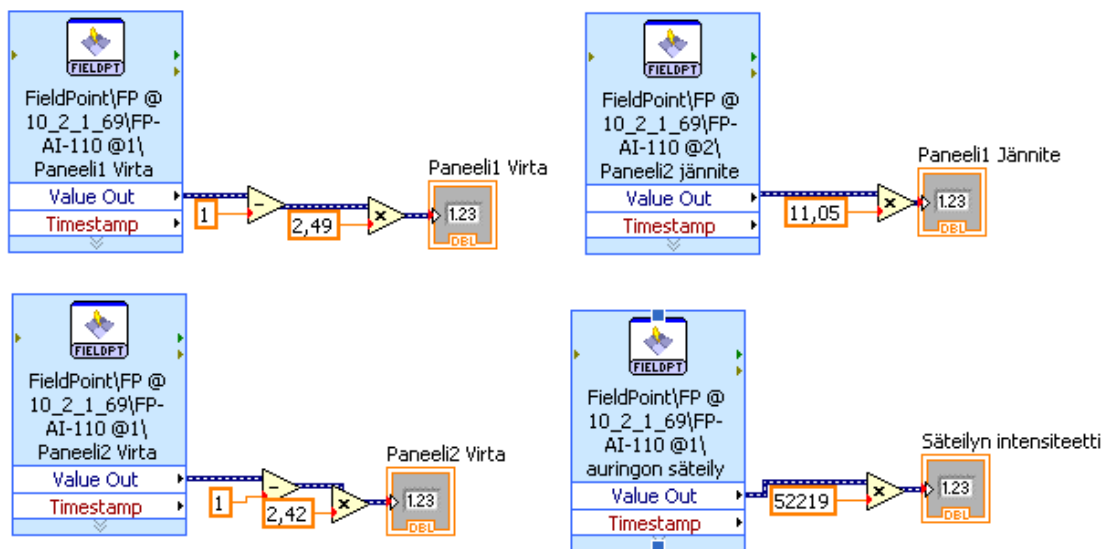
Käyttöliittymän alapuolella on kaikki mittaustiedon esittämiseen luodut kuvaajat pieninä kuvina. Kuvaajat voidaan suurentaa niitä klikkaamalla.

7.4 LaSol -ohjelman rakenne

LaSol -ohjelman ohjelmakoodi koostuu pääohjelmasta ja useista aliohjelmista, joita kutsutaan aina tarvittaessa. Aliohjelmat tekevät itse ohjelmakoodista paljon yksikertaisemman ja selkeämmän. Kaikki suuremmat ohjelmointi- ja laskukokonaisuudet on toteutettu aliohjelmilla.

7.4.1 Mittaustiedon saaminen NI FieldPoint laitteistolta

Pääohjelman sisällä mittaustulokset NI FieldPointilta mittaa *Measurements* -niminen aliohjelma. *Measurements* -aliohjelmassa mittaustiedot FieldPoint -laitteistolta luetaan käyttämällä *FieldPoint* -nimistä lohkoa. *Measurements* -aliohjelmassa on suoritettu myös mittaustietojen skaalaus. Aurinkopaneelien virtojen ja jännitteiden lopullinen skaalaus perustuu kalibroinnissa mitattuihin uusiin kalibrointi-arvoihin.



Kuva 29. Measurements -aliohjelma.

Jänniteviestin skaalaaminen perustuu jännitteenjakovastuksien suhteeseen, joka on 1:11, näin ollen karkeasti mittaustietoa voidaan kertoa kymmenellä, jotta saadaan totuudenmukaisempi mittaustulos.

Virranmittauksen skaalauksessa signaali FieldPointilta on 1-5 V ja tämä mittaussignaali vastaa mitattavaa aluetta 0-10 A. Skaalaaminen tapahtuu siten, että mitattavaa signaalia vähennetään luvulla 1, tällöin ohjelmallisesti mittaussignaali saadaan välille 0-4 V. Tämän jälkeen tarvitaan sopivakerroin mittasignaalille, jotta 4 V signaali vastaa maksimi mittauservoa 10 A. Jakolaskulla 10:4 saadaan karkeaksi kertoimeksi 2.5.

Aurinkopaneelien tehoon ja energiaan liittyvät laskutoimitukset suoritetaan aliohjelmassa *Power avg*. Aliohjelma laskee aurinkopaneelilta tehon ja tehosta keskiarvon halutulla mittausvälillä. Ohjelma myös laskee tuotettua energiaa. Lasketusta pääohjelmassa lasketaan energia kilowattitunneiksi jakamalla tulos ensin luvulla 3600 (sekunteja tunnissa) ja sitten vielä jakamalla luvulla 1000 (skaalaus kilowateiksi). Saatu energiätulos viedään *Shift Registeriin* ja palautetaan *Power avg* -aliohjelmalle, joka käsittelee viestin taas uudestaan.

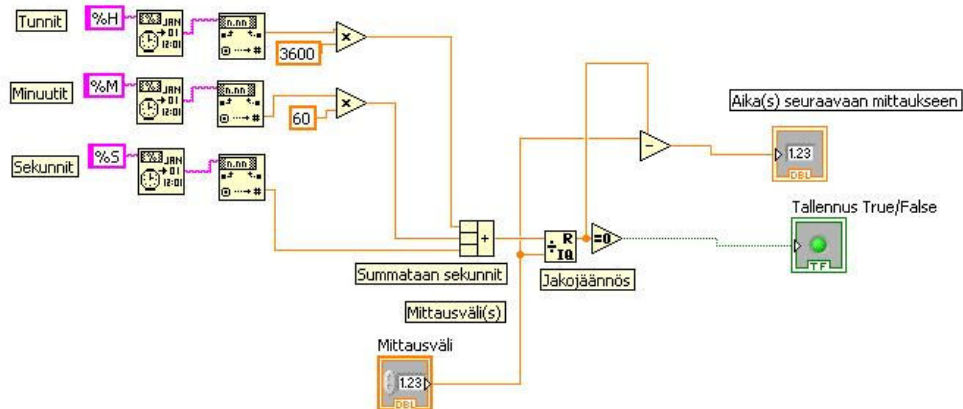
7.4.2 Laitteiston vikatilanteiden käsittely

Measurements -aliohjelmalta skaalattu virta- ja jänniteviesti etenee rakenteeseen, joka eliminoi mahdollisen viestikatkoksen (*Case Structuren* avulla voidaan toteuttaa erilaisia ehtolauseita), joka voi olla esimerkiksi aurinkopaneelijärjestelmässä oleva häiriö tai rikkoontuminen. Virta- ja jänniteviesti viedään kukin oman *Case Structuren* lävitse ja mittausviesti tallennetaan *Shift Registeriin*, eli eräänlaiseen muistiin, joka palauttaa edellisen mittaustuloksen. Tämän toiminnan ideana on se, että jos virta tai jännite tippuu hetkellisesti arvoon 0,001, niin silloin ohjelma antaakin ulos *Shift Registerissä* olleen edellisen mittaustuloksen niin pitkän aikaa, kunnes jännite tai virta on noussut yli halutun rajan. Luku 0,001 on tarkoituksella valittu erittäin pieneksi, sillä yöllä jännite ja virta paneeleilta on äärimmäisen pieni ja muutoin LaSol -ohjelma jää laskemaan energiaa virheellisesti.

Esimerkki kyseisen *Case Structuren* toiminnasta. Päivällä saadaan aurinkopaneelilta mitattua n. 60 V jännite, jostakin syystä jännite putoaa äkisti nolnaan eli viestiä paneelilta ei tule ollenkaan. Nyt *Case Structure* mahdollistaa sen, että seuraava mittausviesti onkin edellinen mittaustulos eli 60 V niin pitkän aikaan, kunnes vika saadaan korjattua.

7.4.3 Excel -tiedostojen tallennus ja mittausten esittäminen

Mittaustulokset käsiteltyinä viedään *Case Structureen*, joka tallentaa mittaustulokset aina viiden minuutin välein vuorokausikäyrät kansioon omaan tiedostoon, jonka nimi on kyseinen päivämäärä, jolloin tiedosto on tallennettu. Viidenminuutin tallennusvälin määrää *Timer* -aliohjelma.

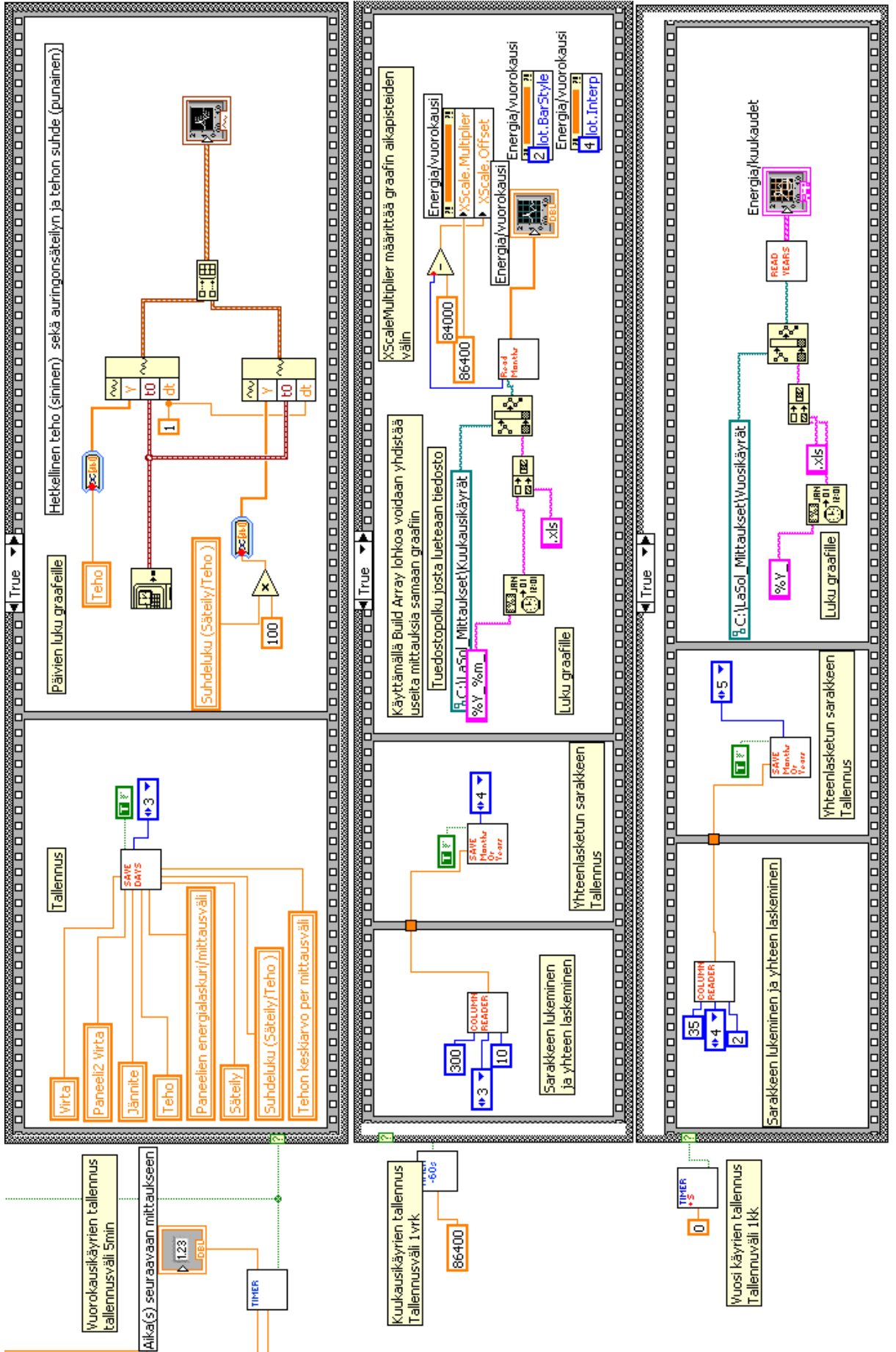


Kuva 30. *Timer* -aliohjelman rakenne.

Timer -aliohjelma toimi siten, että sen hetkinen kellonaika muutetaan sekunneiksi summaamalla tuntien, minuuttien ja sekuntien kellonaika. Saatua arvoa jaetaan mittaussvälin mukaisella ajalla sekunteina. Mittausvälin ollessa viisi minuuttia jakaja on 300 sekuntia. Ohjelmaan on lisätty komponentti, joka laskee jakojäännöstä. Kyseistä jakolaskutoimitusta suorittaessa kellon käydessä aina, kun jakojäännös on nolla, *Timer* -aliohjelma palauttaa arvon true eli luvun 1 ulos. Käyttämällä palautettua arvoa true *Case Structuren* toteutusehtona saadaan toteutettua rakenne joka toimii mittaussvälinä.

Case Structuressa mittaustulokset, virrasta, jännitteestä, energiasta, tehosta, säteilystä, säteilyn ja tehon suhdeluvusta sekä tehon keskiarvosta mittaussvälinällä viedään *SaveDays* -aliohjelmalle, jonka tehtävänä on suorittaa haluttu Excel -tiedostoon tallennus.

Tallentaminen tapahtuu *Write To Spreadsheet File* -funktion avulla. *Case Structuren* sisällä on myös *Flat Sequence Structure* eli rakenne, jolla voidaan määrittää suoritusjärjestys jollekin toiminnalle. Rakenne toimii siten, että *Flat Sequence Structureen* sisälle voidaan lisätä lokeroita. Nämä lokerot suoritetaan aina vasemmalta oikealle. Tämän avulla voidaan suorittaa toimintoja tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi on välttämätöntä tallentaa ensiksi tiedosto ennen kuin sitä voidaan lukea. Jos kyseistä rakennetta ei käytettäisi, tapahtuisi ohjelman kaatuminen.



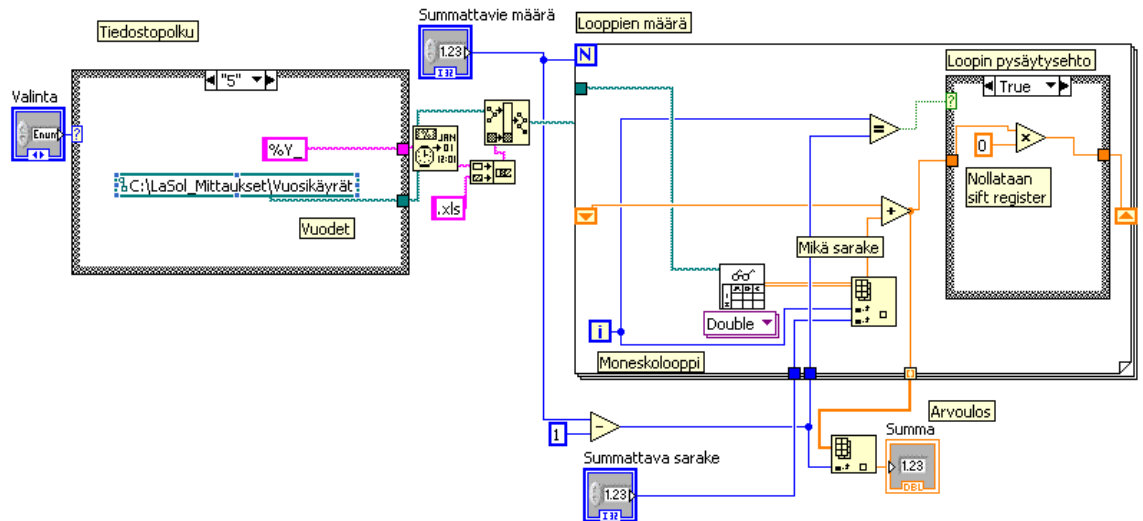
Kuva 31. Kuvaajien muodostaminen ohjelmallisesti.

Samassa *Case Structure*ssa suoritetaan kuvaajan toteutus päivittäiselle teholle sekä auringonsäteilyn ja tehonsuhteelle. Ohjelmakoodi toimii siten, että *get date/time in seconds* -funktion avulla saadaan tämän hetkinen päivämäärä, joka määrää *Waveform chartin* eli käytetyn kuvaajan aikaleiman. Mittaustulokset tehosta sekä säteilyn ja tehon suhdeluvusta saadaan *Localvariable* -funktioita apuna käyttäen. *Localvariable* -funktio mahdollistaa mittaustuloksen käsittelyn ilman johdotuksia alkuperäisestä mittauksesta. Tätä voisi kuvailla eräänlaisena pikakuvakkeena. Käyttäen vielä apuna *Build waveform* -funktioita voidaan yhdistää ajan ja raa'an mittaustulokset ja tehdä tästä mittausviestin, jossa on aikaleima mukana itsessään. Saatu viesti viedään seuraavaksi *waveform chart* graafiin, joka näyttää saadun mittaviestin y-akselilla ja aikaleiman x-akselilla. Käyttämällä *buildarray* -funktioita, voidaan samaan kuvaajaan laittaa useita eri mittausviestejä. Auringonsäteilyn intensiteetti on skaalattu pienemmäksi jakamalla se kahdella, jotta se tulee paremmin samalle skaalalle tehomittauksen kanssa.

Päivittäisien energioiden kuvaaja luodaan myös käyttäen sisäkkäistä *Case ja flat sequense structurea*. Rakenne suoritetaan aina minuuttia ennen vuorokauden päättymistä. Vuorokauden mittausvälin ohjelmaan tekee *Timer-60 s* -aliohjelma.

Timer-60s -aliohjelma toimii hyvin samankaltaisesti kuin *Timer* -aliohjelma. Mittausväli tähän aliohjelmaan on määritetty vuorokausi sekunteina eli 86400 sekuntia. *Timer-60s* -aliohjelma laskee myös vuorokauden tunnit, minuutit ja sekunnit yhteen sekä näistä jakojäännöksen. Ohjelman sisällä vuorokauden sekuntimäärästä eli 86400 sekuntia vähennetään 60 sekuntia eli minuutin verran pois. Tämä toimenpide mahdollistaa *Timer-60s* -aliohjelman palauttamaan arvon true eli 1 minuuttia ennen vuorokauden päättymistä.

Kun *Case Structure* on saanut arvon true eli käskyn suorittaa *Case Structure*, suoritetaan *Flat sequense structuren* määräämässä järjestyksessä seuraavat toiminnot. Ensiksi *Columnreader* -aliohjelma laskee vuorokauden aikana tuotetut ja viiden minuutin välein tallennetut energiat yhteen kansioista, jonne vuorokautiset mittaukset on tallennettu. Tämän jälkeen yhteenlaskettu tulos tallennetaan omaan tiedostoonsa kuukausittaiset mittaukset -kansioon. Ja lopuksi *Readmonths* -aliohjelma lukee tämän kuukauden tallennetut tiedot ja piirtää näistä pylväsdiagrammin kuvaajaan.



Kuva 32. *Columnreader* aliohjelma

Columnreader -aliohjelma toimii siten, että aliohjelmaan määritetään arvot: summattavien määrä, tiedostopolku ja summattava sarake. Summattavien määrä määrittää aliohjelmassa lukumäärän, kuinka monta yhteenlaskuoperaatiota suoritetaan. Tiedostopolku voi saada luvut yhdestä viiteen. Tällä voidaan määrittää mistä kansioista aliohjelma etsii tiedoston, jossa olevista lukuarvoista suoritetaan yhteenlaskuoperaatio. Summattava sarake -kohtaan tulee määrittää oikea sarake Excel -tiedostossa, minne haluttu ja yhteenlaskettava data on tallennettu.

Columnreader -aliohjelman sisällä on *for loop* -rakenne, joka suorittaa yhteenlaskuoperaatiot. *For Loop* kelaat läpi niin monta solua määritetystä Excel-tiedostosta alaspäin kuin on määritetty summattavien määrä -kenttään. Joka kerta, kun mennään uuteen soluun, edellinen arvo on tallennettu *Shift Registeriin* ja tämä summataan uuteen arvoon ja yhteen laskettu tulos korvaa edellisen *Shift Registerin* arvon. Tätä toimenpidettä toistamalla pystytään suorittamaan yhteenlaskuoperaatio. *Read From Spreadsheet File* -funktioilla pystytään lukemaan Excel -tiedostoja.

Vuorokautiset energiat -kuvaajan piirtäminen tapahtuu *Case Structuressa* rakenteen lopussa. Kuvaajaan piirtäminen tarvitsee aliohjelmaan *ReadMonths* -tiedostopolun. Tiedostopolku muodostuu kyseisen vuorokauden kellonajasta. Tämä tarkoittaa sitä, että kun kuvaajaan piirretään pylväs, tulee se suorittaa samana päivänä kuin tiedot on tallennettu tiedostoon. Käytännössä kuvaaja piirretään minuutin sisällä ennen vuorokauden vaihtumista. *ReadMonths* -aliohjelma etsii tiedostopolun määräämästä

osoitteesta Excel-tiedoston. Aliohjelma etsii ensimmäisen solun ja tälle määritetyn aikaleiman. Tätä tarvitaan, jotta voidaan määrittää kuvaajan ensimmäisen pylvään paikka ja aika. Loput mittaustiedot ohjelma lukee *Read From Spreadsheet file* -funktion avulla. *ReadMonths* -aliohjelmasta luetaan haluttu tieto kuvaajalle. Kuvaajaan on määritetty *PropertyNode* -funktiolla *XScale multiplier* ja *offset* -funktiot. *XScale multiplier* määrää kuvaajalla aikapisteiden välit ja *Offset* ensimmäisen aikapisteen paikan. *Xscale multiplierin* ollessa 86400 saadaan jokainen pylväs vuorokausien välein kuvaajaan. *XScale offset* määrittää näistä ensimmäisen pylvään paikan.

Kuukausittaisen energian kuvaajan piirto tapahtuu hyvin samalla lailla kuin vuorokausittaisen energian piirto. Ohjelma on sisäkkäisessä *Flatsequence* ja *Case Structuressa*. Rakenteessa ensimmäisenä suoritetaan *Columnreader* -aliohjelma, joka laskee vuorokautiset energiat yhteen. Tämän jälkeen laskettu tulos tallennetaan omaan tiedostoonsa *Savemonths* -aliohjelman avulla. Ja lopuksi *ReadYears* -aliohjelman avulla piirretään kuvaaja puoli minuuttia ennen kuukauden päättymistä.

Tallennusvälin määrää *Timer+s* -aliohjelma. Aliohjelman toiminta on poikkeava verrattain edellisiin *Timer* -aliohjelmiin. *Timer+s* -aliohjelmassa toiminta ideana on siirtää kelloa eteenpäin. Tähän ratkaisuun päätyminen johtuu siitä, että kuukaudessa päivien määrä vaihtelee. Näin ollen tallentaminen edellisten *Timer* -aliohjelmien periaatteella ei toimisi, sillä kuukaudessa on erimäärä sekunteja. Nyt kun siirretään *Timer+s* -aliohjelman kelloa puoliminuuttia silloin, kun kuukausi vaihtuu, vaihtuu yhteenlaskettujen kuukausien, tuntien, minuuttien ja sekuntien summa nolllaksi. Tämä mahdollistaa vertailu -funktiota apuna käyttäen arvon true eli 1 vielä samana päivänä tietokoneen kellon kanssa.

Pääohjelma tallentaa myös minuutin välein jatkuvaa dataa. Tätä dataa tallennetaan *SaveDays* -aliohjelman avulla omaan kansioonsa ja tiedostoonsa. Tiedoston tallennus sen takia että tätä dataa voidaan käsitellä tarvittaessa manuaalisesti.

7.4.4 Valikon toiminnot

Valikossa ovat selaa mittaushistoriaa -painike avaa aliohjelman *HistoryReader*.

HistoryReader -aliohjelmassa on oma pääikkuna ja kuvaajat vuorokautisista tehoista ja säteilyn intensiteetistä, vuorokautisista energioista ja kuukautisista energioista.

Aliohjelmassa voidaan *Combobox* -pudotusvalikoiden avulla selailta eri päivien tehoja ja intensiteettitietoja, vuorokautisia energiatietoja sekä kuukautisia energiatietoja.

Aliohjelman ohjelmakoodi koostuu *ListFolder* -funktioista, joilla voidaan luoda *Combobox* -pudotusvalikoita sekä jo ennalta mainituista *ReadDays* ja *ReadMonths* -aliohjelmista, joilla voidaan lukea tietoja Excel -tiedostoista. *ListFolder* -funktio lukee määrätyn polun päässä olevan kansion sisällön ja lisää sen *Comboboxin* sisälle.

WebCam -aliohjelma toimii siten, että painiketta painamalla ohjelma avaa *webcam* -kuvan aurinkopaneeleista käyttöliittymän yläkulmaan. Aliohjelman koodi perustuu *DataSocket read* -funktioon, jolla voidaan lukea määrätystä internet osoitteesta jpeg -kuva ja esittää se LabVIEW:issä

7.5 Virhetilanteet

LaSol -ohjelmaa on pyritty ohjelmoimaan mahdollisia virhetilanteita silmällä pitäen. Erilaisia vikoja ja virhetilanteita voivat aiheuttaa laitteisto, sähkökatkokset ja tiedon siirto ja LaSol -ohjelman osaamaton käyttö. Vaikka kaikkia virhetilanteita ei pystyttäisikään eliminoimaan, voidaan niitä kuitenkin minimoida.

LaSol -ohjelma mittaa sekunnin välein mittaustietoja FieldPoint -laitteistolta. Ohjelman yläkulmassa olevassa mittaukset lohossa näkyvä reaaliaikaisesti kaikki mitattavat suureet. Jos jostain syystä jännite tai virta tippuu nolnaan, niin LaSol -ohjelma jää mittaamaan edellistä mittausarvoa. Tällöin virran ja jännitteen mittauksen Ledi -ohjelmassa menee päällä. Jos näin tapahtuu, täytyisi mahdollisimman nopeasti pystyä palauttamaan tiedonsiirtoyhteys.

LaSol -ohjelmalla ei pystytä myöskään eliminoimaan käyttäjistä johtuvia virhetilanteita. Tällaisia tilanteita ovat ohjelman mittausten lukeminen Excel-tiedostoistaan

samaan aikaan, kun LaSol -ohjelma suorittaa mittausta. Tämä aiheuttaa ohjelman kaatumisen.

Kesä- ja talviaikaan siirtyminen aiheuttaa ohjelmassa virhetilanteen kuvaajiin. Vuorokausittaisessa energiakäyrässä aiheutuu tunnin siirtymä ja kuukausittaiseen käyrään aiheutuu tunnin verran ylimääräisen energian kertymistä. Ylimääräisen energian kertyminen tunnilla ei aiheuta suurta vaikutusta, sillä energian tuotto yöllä on hyvin pientä. Kuukausittaiseen energiantuottokäyrään tällä ei ole mitään vaikutusta.

8 Kalibrointi

Kalibrointi on toimenpide, jolla mitattava suure saadaan näyttämään taas todellista arvoa. Kalibroinnissa pyritään etsimään yhteys sovittuun vertailumittaan. Prosessisuureita mitattaessa lähetimet tulee virittää ennen käyttöönottoa ja tietyin väliajoin. Uudelleenvirityksen tarve riippuu pitkälti siitä, millainen mittaustyyppi tai mittauskohde on kyseessä. Kalibroinnin tuloksena pystytään esittämään mittaus tarkemmin ja samalla mittausrvirhe saadaan mahdollisimman pieneksi. [22]

Kalibrointi voi olla lineaarinen tai epälineaarinen. Linearisissa mittauksissa kalibrointi saadaan suoritettua käyttämällä korjauskerrointa mittauksessa. Epälineaaristen mittausten kalibrointi on hankalampaa, sillä esimerkiksi monet säteilynilmaisimet näyttävät pienillä laskentataajuuksilla oikeaa pulssimäärää, mutta laskentataajuuden kasvaessa yli lineaarisen alueen, ne näyttävät systemaattisesti liian pientä lukemaa. [22]

Aurinkopaneelijärjestelmän mittaukset ovat lähes lineaarisia, joten kalibrointi voidaan toteuttaa selvittämällä korjauskerroin mittauksiin.

8.1 Aurinkopaneelien jännitteen mittauksen kalibrointi

Aurinkopaneelijärjestelmän jännitteen mittaus suoritetaan jännitteenjaon avulla. Oikea mittausrarvo saadaan jännitteenjakovastusten resistanssien suhteesta. Järjestelmässä käytetyissä vastuksissa (82 kohm ja 8,2 kohm) resistanssien toleranssiksi on ilmoitettu 5 %, joten oikea kerroin täytyy selvittää kalibroimalla mittaus.

Aurinkopaneelijärjestelmän jännitteen mittauksen kalibrointi toteutettiin käyttämällä APPA 109N yleismittaria ja LabVIEW ohjelmaa. Kalibroinnissa APPA 109N yleismittari oli kytkettynä tietokoneeseen ja ohjelmaan, joka kerää mittaustietoja. APPA 109N yleismittarin tarkkuus mitattaessa tasajännitettä alueella 400,0 mV – 1000 V on +/- (0,06 % + 10d) . Kalibrointi toteutettiin siten, että LabVIEW ohjelmalla ja APPA 109N yleismittarilta mitattiin jännite lukemia/tuloksia sekunnin välein puolen minuutin ajan aurinkopaneelien ollessa kytkettynä rinnan ja sen jälkeen sarjassa. Tämän jälkeen mittauksista laskettiin keskiarvo ja sen perusteella pystyttiin määrittämään korjauskerroin mittaukseen.

Taulukko2. Jännitteenmittauksen kalibrointi.

	APPA	LabVIEW	Kerroin
Jännite sarjassa	64,16	5,795	11,059
Jännite rinnan	39,14	3,539	11,072
Kalibroitikerroin			11,066

Taulukosta 2 nähdään APPA 109N ja LabVIEW ohjelmalla mitatut puolen minuutin keskiarvolukemat mittauksista. Mittaustulosten keskiarvosta saadaan kalibroitikerroin 11,066.

8.2 Aurinkopaneelien virran mittauksen kalibrointi

Virtamittausten kalibrointi käytetyssä aurinkopaneelijärjestelmässä voidaan toteuttaa kahdella eritavalla. Kalibrointi voidaan toteuttaa samalla järjestelyllä kuin jännitteen mittausten kalibrointi tai toisena vaihtoehtona säätämällä ja kalibroimalla mittamuuntimet. Aurinkopaneelijärjestelmän virran mittauksen kalibrointi toteutettiin etsimällä oikea kalibroitikerroin samalla tavalla kuin jännitteen mittauksessa eli käyttämällä APPA 109N yleismittaria ja LabVIEW -ohjelmaa.

Kalibroinnissa mitattiin LabVIEW -ohjelmalla FieldPoint -laitteistolta mitattua jännitettä skaalattuna valmiiksi laskemaan virtaa, eli mittamuuntimet ovat vahvistaneet signaalin ja muuttaneet tämän 1-5 V jänniteviestiksi. Samaan aikaan aurinkopaneelien tuottama virta mitattiin myös APPA 109N yleismittarilla. LabVIEW -ohjelmalla saadut jänniteviestit skaalattiin näyttämään virran suuruutta. Virtaa mitattiin puolen minuutin ajan ja mittaustuloksista laskettiin virran keskiarvo. Saadun virrankeskiarvon perusteella

määritettiin virranmittauksen skaalauksessa käytettävä kerroin. Kertoimet virran mittaukselle mittamuuntimelle UPAC on 2,49 ja EM-M11A mittamuuntimelle 2,42. APPA 109N yleismittarin tarkkuus mitattaessa tasavirtaa alueella 40 mA – 10 A on +/- (0.2 %+40d).

9 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikön aurinkopaneelien testausjärjestelmää. Aurinkopaneelijärjestelmä oli myös uusittu modernimmaksi. Tarvittava mittauslaitteisto oli suurimmaksi osaksi valmiiksi asennettuna. Ainoa uusi toteutettu asia mittauslaitteiston osalta oli sopivaan jännitteenjakoon perustuva aurinkopaneelien jännitteen mittaaminen.

Aurinkopaneelien testausjärjestelmää varten täytyi kehittää uusi tarkoitukseen sopiva mittausohjelma. Paras ohjelmisto National Instrumentsin FieldPoint -laitteiston mittauksille on samaisen valmistajan LabVIEW -ohjelmointiympäristö. Aurinkopaneelien mittauksiin oli aikaisemmin luotu sovellus LabVIEW -ohjelmisto versioilla 5 eikä tämä ole enää yhteensopiva käytettävään versioon 8.5. Koska aurinkopaneelijärjestelmä oli paljon modernimpi, katsoin parhaimmaksi luoda ja kehittää täysin uuden mittaus- ja tiedonkeruuohjelmiston.

Tämän insinööriyön tuloksena kehitettiin National Instruments -laitteistolla jatkuva-toiminen aurinkopaneelien mittaus- ja testausjärjestelmä. Aurinkopaneelien mittaukseen ja tiedonkeruuseen luotiin ohjelma LabVIEW 8.5 -ohjelmointiympäristössä nimeltään LaSol. LaSol -ohjelma on helppokäyttöinen aurinkopaneelien mittausohjelma, joka ei vaadi käyttäjältä paljon kokemusta LabVIEW -ohjelmoinnista. LaSol -ohjelman tekemät kuvaajat esittävät aurinkopaneelien hetkellisen tehon ja auringonsäteilyn intensiteetin sekä vuorokausittaiset ja kuukausittaiset energiatuotot. LaSol -ohjelmaan mittaushistorian lukuun tehty *HistoryReader* -aliohjelma lukee vanhoja mittaustietoja. Ohjelman avulla käyttäjän ei tarvitse hakea haluamiaan tietoja manuaalisesti Excel -tiedostoista. Myös LaSol -ohjelman näyttämä kamerakuva aurinkopaneelilta on hyödyllinen, sillä kuvaa katsomalla voidaan todeta onko aurinkopaneelien päällä lunta tai muita roskia tai paistaako aurinko. Ainut ohjelmallinen heikkous on *HistoryReader* -aliohjelman käynnistys sillä pääohjelma ei suostu ajamaan aliohjelmaa

ellei käyttöliittymästä ole *sela* mittaushistoriaa -painike pohjassa. Tämä aiheuttaa sen että kun *HistoryReader* -aliohjelman haluaa sulkea, täytyy ensiksi käyttöliittymästä painaa sela mittaushistoria painike pois päältä.

Aurinkopaneelien testausjärjestelmän kannalta on oleellista, että saadut mittaustiedot pysytään tallentamaan myöhempää analysointia ja tarkastelua varten. LaSol -ohjelma tallentaa mittaustietoja 5 minuutin välein Excel-tiedostoihin. Ohjelma osaa laskea vuorokauden ja kuukauden aikana tuotetut energiat automaattisesti vuorokauden tai kuukauden vaihduttua. Ohjelmisto on suunniteltu silmälläpitäen mahdollisia häiriötilanteita. Jos FieldPoint -laitteistolta katkeaa mittaukset niin LaSol -ohjelma jää tallentamaan muistiin edellistä mittausta. Ainoa merkittävä virhetilanne on sähkökatkos, joka sammuttaa tietokoneen, jossa LaSol -ohjelma on käynnissä. Tämäkin virhetilanne pystytään eliminoimaan UPS – laiteella (United Pacel Service), joka takaa virran syötön tietokoneelle sähkökatkosten aikana.

Suurimmat ongelmat mittauksissa aiheutti jännitteenjakokytkennät silloin, kun aurinkopaneelit on kytketty rinnan tai sarjaan. Tämä johti mittausten kannalta FieldPoint 1601 Ethernet -moduulin hajoamiseen. Lopullinen syy ei johtunut kytkennässä vaan tietämättömyydestä FieldPoint -moduulien sisäisestä rakenteesta, sillä kaikilla moduulien tuloilla oli yhteinen maapotentiaali. Hajonnut FieldPoint Ethernet -moduuli korvattiin versiota vanhemmalla FieldPoint 1600 Ethernet -moduulilla. Alkuperäinen tarkoitus oli saada mitattua molempien aurinkopaneeliparien jännitteet ja virrat erikseen. Sarjaan kytkettynä paneeliparien lävitse kulkee sama virta mutta pareilla on eri jännitteet. Rinnan kytkettyinä aurinkopaneeli pareilla on samat jännitteet, mutta eri virrat. Tällä hetkellä jännitteenmittaus mittaa koko aurinkopaneelijärjestelmän yli olevaa jännitettä. Tämä heikentää aurinkopaneelien vertailua niiden ollessa kytkettyinä sarjaan.

LabVIEW -ohjelmointiympäristö antoi omat ongelmat ja haasteensa, sillä ohjelmoimissani LaSol -mittaus ja testausohjelmaa huomasin joitakin ns. bugeja eli virheitä LabVIEW -ohjelmointiympäristöstä. Esimerkiksi tehdessäni jostakin mittauksesta *Local Variable* -muuttujan ja tätä arvoa tallentaessani *Shift Registeriin* LabVIEW ei kyennyt enää toteuttamaan haluttua toimintoa oikein. Ongelma sinänsä on pieni mutta tekee ohjelma koodista huomattavasti epäselvemmän näköisen. Mielestäni myös LabVIEW -ohjelman kuvaajien esittämiseen tarkoitettut työkalut ovat vähintäänkin puutteellisia, jos haluttaisiin esittää jatkuvatoimisia mittauksia selkeästi. Esimerkiksi, jos haluttaisiin

tehdä kuvaaja, joka esittää kokonaisen vuoden aikana tehdyt mittaukset on aika-akselin skaalaaminen miltei mahdotonta.

LaSol -ohjelma on pyritty suunnittelemaan ohjelmallisesti siten, että ohjelman mahdollinen jatkokehitys olisi helppoa. Ohjelmakoodi on kirjoitettu kommentoiden, joten ohjelman toimintaan pääsee nopeasti sisälle vähäiselläkin LabVIEW tuntemuksella. Ohjelmakoodi on myös modulaarinen eli ohjelmassa käytetään paljon samoja aliohjelmaa tai niiden muunnoksia.

Lähdeluettelo

- [1] Aurinkopaneelit dokumentti, Jorma Honkanen
- [2] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokenno> Hakupäivä 21.8.2009
- [3] Wikipedia. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Valo> Hakupäivä 21.8.2009
- [4] Oulunseudun AMK:n oppimateriaalit [word-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.ratol.fi/fyslab/labratyot/labratyoesittelyt/aurinkoenergia/tyoohjeet/aurinkoenergia1.doc> Hakupäivä 21.8.2009
- [5] www.kilowatti.com [www-dokumentti]. Saatavilla:
http://www.kilowatti.com/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=74.Hakupäivä 21.8.2009
- [6] MAOL Taulukot. 2. Painos 2006. Sivu 124.
- [7] Wikipedia. [www.dokumentti]. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Jännite> Hakupäivä 21.8.2009
- [8] Tampereen teknillinen yliopisto, oppimateriaalit [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-2050/LV06-07/passiivikomponentit.pdf>
- [9] Wikipedia. [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Sähkövirta> Hakupäivä 21.8.2009
- [10] Wikipedia. [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ampeerimittari> Hakupäivä 21.8.2009
- [11] Teknillinenkorkeakoulu, instrumentointi tekniikka [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Elektroniikka/Kurssit/171/Materiaali-2001/Instrumentointitekniikka.pdf> Hakupäivä 21.8.2009
- [12] FP-1600 FieldPoint Quick Start Guide [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/322796a.pdf>
- [13] Wikipedia [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/OPC>
- [14] Analog input modules for compact FieldPoint and FieldPoint [pdf-dokumentti] Saatavilla:
http://www.ni.com/pdf/products/us/cpf_fp_ai.pdf
- [15] UPAC mittamuuntimen datalehti [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.besturingen.com/handleidingen/832766%20manual.pdf>
hakupäivä 21.8.2009
- [16] EM-M11A mittamuuntimen manuaali [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.electromen.com/commondata/vkem-m11.pdf> hakupäivä 21.8.2009

- [17] Kipp&Zonen CM3 pyranometrin manuaali [pdf-dokumentti] Saatavilla:
<http://www.csafrica.co.za/AllDocs/CampbellScientific/Manuals/cm3.pdf>
hakupäivä 1.8.2009
- [18] Solara aurinkopaneelit, SM340s paneelin manuaali [pdf-dokumentti]
Saatavilla:http://www.solara.de/uploads/media/db_sol_ngs_sm340s_de_en_20090218.pdf hakupäivä 21.8.2009
- [19] Gällivare pohoto voltaic, 75-85 W paneelien manuaalit [pdf-dokumentti]
Saatavilla:
http://www.gpv-solar.com/download/GPV_datablad_75_85w.pdf hakupäivä
21.8.2009
- [20] Wikipedia. [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/LabVIEW> hakupäivä 21.8.2009
- [21] National instruments [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4594> hakupäivä 21.8.2009
- [22] Wikipedia [www-dokumentti] Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kalibrointi> hakupäivä 21.8.2009

OPERATING INSTRUCTIONSNATIONAL
INSTRUMENTS**FP-1600****FieldPoint 10/100 Ethernet
Network Module**

These operating instructions describe the installation, features, and characteristics of the FP-1600. For more detailed information on using the network module, refer to the FP-1600 user manual.

Features

The FP-1600 is a FieldPoint network module with the following features:

- Autonegotiating 10/100 Ethernet network interface
- Built-in high efficiency power supply powers I/O modules
- Network watchdog timer
- SnapShot capability and programmable power-up state
- -40 to +55 °C operation
- Connects to an Ethernet network using the TCP/IP protocol
- Supports up to nine I/O modules
- Runs on 11 to 30 VDC power

Kit Contents and Optional Equipment

Your kit contains the following items:

- FP-1600 network module
- Accessories: protective connector cover, two DIN rail stops, Device Description diskette

You can order the following optional equipment from National Instruments:

- Panel mount accessory, part number 777609-01

Specifications

Network interface	10BaseT and 100BaseTX Ethernet
Compatibility	IEEE 802.3
Communications rate	10 Mbps, 100 Mbps, autonegotiated
Cabling distance	100 m
Power supply range	11 to 30 VDC
Power consumption	7 W + 1.15 * Σ (I/O module power requirements)
Maximum terminal bases per bank	9
Maximum number of banks	determined by network topology
Operating temperature	-40 to +55 °C
Storage temperature	-55 to +85 °C
Relative humidity	5% to 90% non-condensing
Weight	250 g (8.7 oz.)

Compliance

Electrical safety	designed to meet IEC 1010
EMI emissions/immunity	CISPR 11

CE Mark Compliance

This product meets applicable EU directive(s) as follows:

EMC directive	
Immunity	EN 50082-1:1994
Emissions	EN 55011:1991 Group I Class A at 10 meters

Mechanical Dimensions

Figure 8 shows the mechanical dimensions of the FP-1600. Dimensions are given in inches [millimeters].

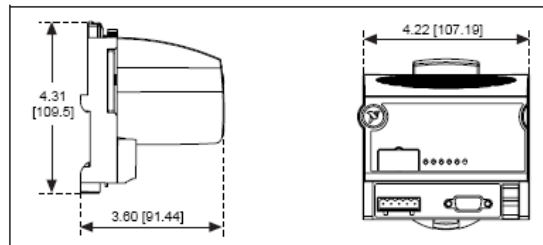


Figure 8. Mechanical Dimensions

Analog Input Modules for Compact FieldPoint and FieldPoint

NI [c]FP-AI-100, NI [c]FP-AI-102, NI [c]FP-AI-110, NI [c]FP-AI-111

- 8 or 16 voltage or current inputs
 - ± 120 V input range, maximum
 - 0 to 20, 4 to 20 mA input ranges
- Built-in signal conditioning
 - 50, 60, and 500 Hz noise rejection
- 12 and 16-bit resolution
- Software-configurable input ranges per channel
- $2,300 V_{rms}$ bank isolation for transient overvoltage protection
- Hot-swappable with autoconfiguration
- -40 to 70 °C operating range

NEW



Analog Input Modules

Module	Input Channels	Resolution	Input Type	Input Ranges	50/60 Hz Noise Filter	All-Channel Update Rate
				(Software Configurable per Channel)		
[c]FP-AI-100	8	12 bits	Voltage Current	± 1 V, ± 5 V, ± 15 V, ± 30 V, 0 to 1 V, 0 to 5 V, 0 to 15 V, 0 to 30 V 0 to 20 mA, 4 to 20 mA, ± 20 mA	–	360 Hz
[c]FP-AI-102	8	12 bits	Voltage	± 20 V, ± 60 V, ± 120 V, 0 to 20 V, 0 to 60 V, 0 to 120 V	–	360 Hz
[c]FP-AI-110	8	16 bits	Voltage Current	± 60 mV, ± 300 mV, ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V, 0 to 1 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V 0 to 20 mA, 4 to 20 mA, ± 20 mA	✓ (software selectable)	5 Hz to 0.66 Hz (rate varies with filter settings)
[c]FP-AI-111	16	16 bits	Current	0 to 20 mA, 4 to 20 mA, ± 20 mA	✓ (software selectable)	3 Hz to 0.83 Hz (rate varies with filter settings)

Overview

The National Instruments [c]FP-AI-1xx devices are versatile analog input modules for Compact FieldPoint and FieldPoint that can be used to measure voltages ranging from the millivolt level to the 120 V high-voltage level in applications such as battery-pack monitoring, fuel-cell testing, and general measurement from transducers. These modules can also measure 0 to 20 or 4 to 20 mA current loops from industrial sensors and transmitters. All the modules include overranging and onboard diagnostics to ensure trouble-free installation and maintenance. The modules measure and linearize signals on-board to return scaled values to your control or monitoring software. The [c]FP-AI-1xx modules come with NIST-traceable calibration certificates, ensuring accurate and reliable analog measurements.

Smart I/O Modules

With [c]FP-AI-1xx analog input modules, you can directly connect to your industrial sensors or units under test and get high-accuracy measurements. The I/O modules filter, calibrate, and scale raw sensor signals to engineering units, as well as performing self-diagnostics to

look for problems with the module or the wiring. With FieldPoint modules, your software application reads a linearized, calibrated, and scaled value from the I/O module, eliminating the error-prone step of converting binary values to voltage or current values. For increased accuracy and noise rejection, the [c]FP-AI-110 and [c]FP-AI-111 use a 16-bit delta-sigma ADC with an integrated lowpass filter on each channel, which you can configure for 50 Hz, 60 Hz, or no rejection. With high-accuracy 12-bit ADCs or 16-bit delta-sigma ADCs on the I/O modules, you also get instrument-quality measurements on an industrially rugged, distributed, embedded system.

[c]FP-AI-1xx modules offer a variety of update rates to fit your application, ranging from 0.66 to 360 Hz. These rates vary based on the module used and on the noise filter settings selected on the module. Overall data throughput depends on software loop speeds and network speeds. With overranging and underranging, the [c]FP-AI-1xx analog input modules can measure inputs or sensors that are not calibrated to standard ranges. For example, when configured for an input range of 4 to 20 mA, the modules actually measure inputs from 3.5 to 21 mA.

Industrial Control and Distributed I/O

Analog Input Modules for Compact FieldPoint and FieldPoint

Isolation

[c]FP-AI-1xx modules feature optical bank isolation with 2,300 V_{rms} of breakdown isolation. In addition, the [c]FP-AI-100, [c]FP-AI-102, and [c]FP-AI-110 modules provide double insulation for up to 250 V_{rms} of operational isolation. Compact FieldPoint can safely be used in applications where hazardous voltages are present with the cFP-CB-1 connector block. FieldPoint can safely be used in applications where hazardous voltages are present with the FP-TB-x terminal base. These Compact FieldPoint and FieldPoint modules do not have channel-to-channel isolation.

Field I/O Connections

Compact FieldPoint and FieldPoint modules include a built-in power distribution bus that provides multiple power connections on the module. A field-wired power supply connected to the voltage (V) and common (C) terminals is internally connected to a power distribution bus that provides additional breakout terminals for voltage supply (V_{SUP}) and common (COM). These terminals provide a convenient way to distribute power to field devices that require external power.

Each input channel on the AI-100 and AI-110 has four terminals:

1. Voltage input (V_{IN})
2. Current input (I_{IN})
3. Common (COM)
4. Power connection to power field devices or loop powered current loops (V_{SUP})

The AI-111 has:

- 16 current input terminals (I_{IN})
- 8 common terminals (COM)
- 8 power connections for field devices or current loops (V_{SUP})

The AI-102 module has:

- 8 voltage input terminals (V_{IN})
- 16 common terminals (COM)
- 8 power connections to power field devices (V_{SUP})

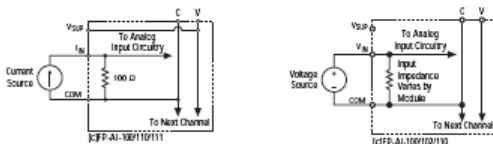


Figure 1. Schematics for the AI Module Wiring

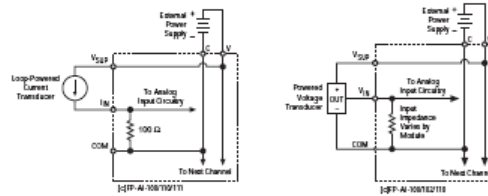


Figure 2. Schematics for the AI Module Wiring

Ordering Information

Compact FieldPoint

NI cFP-AI-100	777318-100
NI cFP-AI-102	777318-102
NI cFP-AI-110	777318-110
NI cFP-AI-111	777318-111

Recommended Compact FieldPoint System Products

NI cFP-2020	777317-2020
NI cFP-BP-4	778617-04
NI cFP-CB-1	778618-01
NI PS-5 Power Supply	778805-90
NI Developer Suite Professional Control Edition	777906-03

FieldPoint

NI FP-AI-100	777518-100
NI FP-AI-102	777518-102
NI FP-AI-110	777518-110
NI FP-AI-111	777518-111

Recommended FieldPoint System Products

NI FP-1601	777792-01
NI FP-TB-1	777519-01
NI PS-4 Power Supply	778586-90
NI Developer Suite Standard Control Edition	777905-03

BUY ONLINE!

Visit ni.com/info and enter *cfpai100*, *cfpai102*, *cfpai110*, *cfpai111*, *fpai100*, *fpai102*, *fpai110*, and/or *fpai111*.

Specifications

Typical for -40 to 70 °C unless otherwise noted.

Input Characteristics

Number of inputs

[c]FP-AI-100, [c]FP-AI-102, [c]FP-AI-110	8 single-ended
[c]FP-AI-111	16 single-ended

ADC resolution

[c]FP-AI-110, [c]FP-AI-111	16 bits, 1 in 65,536
[c]FP-AI-100, [c]FP-AI-102	12 bits, 1 in 4,096

Filters

[c]FP-AI-110, [c]FP-AI-111	50, 60, or 500 Hz, software configurable per channel
[c]FP-AI-100, [c]FP-AI-102	170 Hz, first-order analog filter
NMR ([c]FP-AI-110 and [c]FP-AI-111 only)	95 dB (at 50/60 Hz, with filter enabled)

Input impedance, voltage inputs

[c]FP-AI-100	1.5 M Ω
[c]FP-AI-102	1 M Ω
[c]FP-AI-110	100 M Ω

Input impedance, current inputs

100 Ω

Overvoltage protection (voltage inputs only)

[c]FP-AI-100, [c]FP-AI-102	250 V
[c]FP-AI-110	40 V

Overcurrent protection (current inputs only)

30 mA

EM-M11A GALVAANINEN MITTAVIESTIEROTIN / SOVITIN



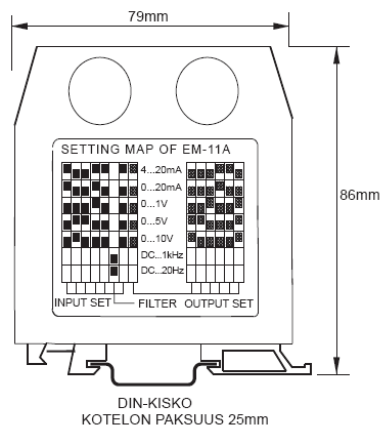
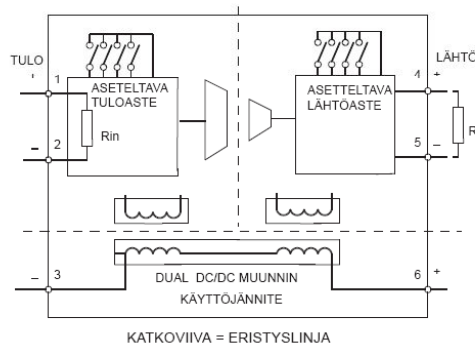
OMINAISUUDET:

- Kolmitie-erotus
- Monipuoliset alueet
- Helppo asetella
- Eristysjännite 1000V
- Sääd. Zero & Gain
- Oikosulkusuojattu
- Kiskoasennettava kotelo

EM-M11A on monitoimierotin yleisimmille automaatiomittaviesteille. Perusalueet ovat helposti valittavissa DIP-kytkimin, lisäksi ylärajataajuus on aseteltavissa. Kaikki laitteen lohkot ovat toisistaan galvaanisesti erotettu. Säädöt ovat helppokäyttöiset eivätkä vaikuta toisiinsa. Jokaisella tuloalueella voi valita minkä tahansa lähtöalueen ja päinvastoin.

TEKNISET TIEDOT:

Käyttöjännite	20...32 V
Virrankulutus	70 mA max
Lineaarisuusvirhe	< 0.1 %
Lämpöryömintä	< 50 ppm/°C
Lähtöalueet	
0...1 V	RL > 1 kohm
0...5 V	RL > 1 kohm
0...10 V	RL > 1 kohm
0...20 mA	RL < 700 ohm
4...20 mA	RL < 700 ohm
Tuloalueet	
0...1 V	Rin 50 kohm
0...5 V	Rin 250 kohm
0...10 V	Rin 500 kohm
0...20 mA	Rin 50 ohm
4...20 mA	Rin 50 ohm
Taajuusalueet	
0...1 kHz	
0...20 Hz	
Säätöalueet	
Gain ± 20 %	
Zero ± 20 %	
Eristysjännite	1000 V
Käyttölämpötila	0...60 °C



UPAC Analog DC Ultra SlimPak analogue transmitter DC

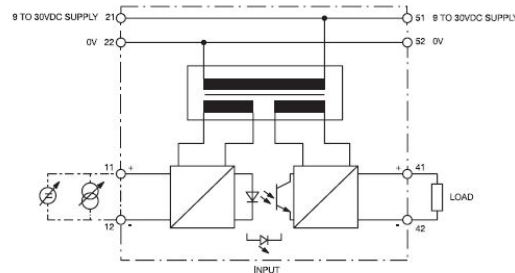
DC voltage or current input

DC voltage or current output

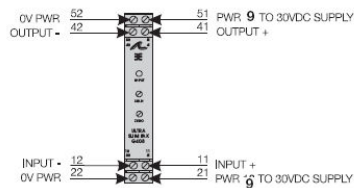
- User-configurable input and output ranges
- Supply voltage 9 ... 30 Vdc
- Setting via DIP switches
- Operating states indicated via LED
- Range of zero and span adjustable by 50 %
- 3-way isolation, 1800 Vdc



Circuit diagram



Connection diagram



Technical data

Input

Voltage input	Configurable from 0 ... 20 mV to 0 ... 100 Vdc, unipolar or bipolar
Maximum overvoltage	200 Vdc
Input impedance	≥ 100 kΩ for voltage inputs > 2 V, ≥ 10 MΩ for voltage inputs ≤ 2 V
Current input	Configurable from 0 ... 1 mA to 0 ... 100 mAdc, unipolar or bipolar
Maximum overvoltage	60 Vdc
Maximum overcurrent	170 mA _{eff}
Input impedance	typ. 20 Ω
Range of zero adjustment	0 ... 50 % of input range using potentiometer on the front
Range of span adjustment	100 ... 50 % of input range using potentiometer on the front

Output

Current output	0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA max. load < 600 Ω	0 ... 1 mA max. load < 7.5 kΩ
Voltage output	Unipolar Out: 0 ... 5 V, 0 ... 10 V, Bipolar Out: -10 ... 10 V, -5 ... 5 V, min. load > 1 kΩ	
Accuracy at 20 °C	typ. < ±0.1 %, max. ±0.2 %, of input range (20 mV and 2 mA in the range < ±0.5 %)	
Stability	< 0.025 % from end value/°C	
Response time	Typ. 200 ms (max. < 400 ms)	

Status indication

LED INPUT	Green, power ON
	Input > 110 %, 8 Hz blinking
	Input < 10 %, 4 Hz blinking

General

Supply voltage	9 ... 30 Vdc, 1.5 W typ. 2.5 W max.
Current consumption	< 65 mA permanent at 24 Vdc
Isolation voltage	1800 Vdc between input, output and voltage supply
Operating temperature	0 ... +50 °C
EMC norm	EN 50081-1/EN 50082-2
Mounting	12.6 mm width housing for TS 35 or TS 32
Connection technology	Screw connection 0.5 ... 2.5 mm ²
Leave gap between modules for dense applications.	

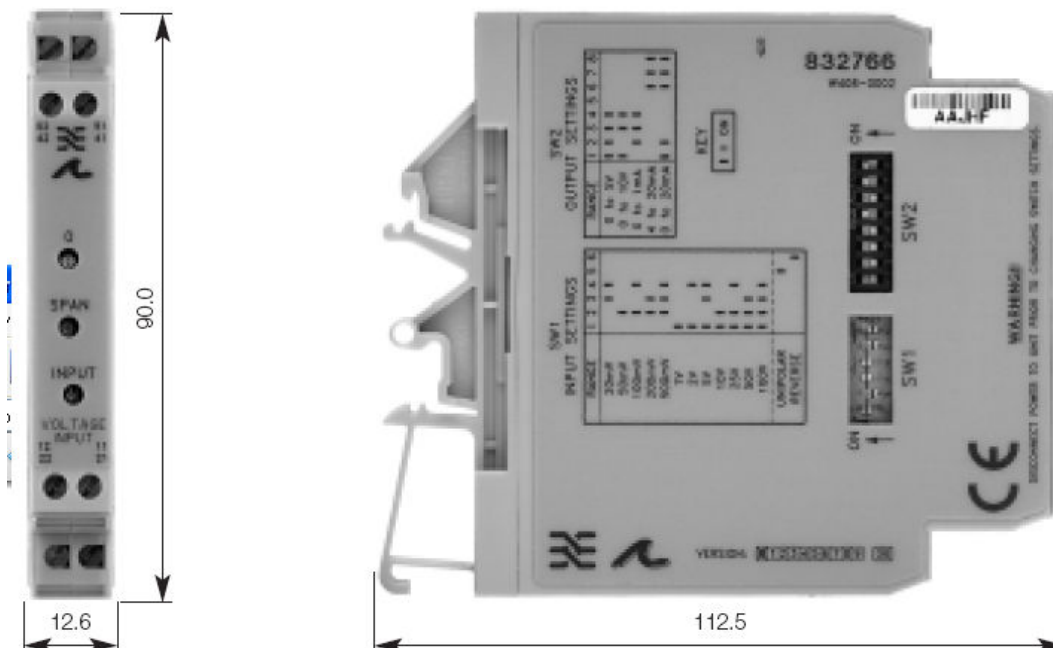
Ordering information

Module	Cat. No.
UPAC ANALOG U-IN / Unipolar OUT	832766
UPAC ANALOG I-IN / Unipolar OUT	832765
UPAC ANALOG U-IN / Bipolar OUT	833174
UPAC ANALOG I-IN / Bipolar OUT	833173

Preconfigured modules

Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
0 ... 10 V	0 ... 20 mA	0 ... 2 V	0 ... 10 V	0 ... 5 mA	0 ... 10 V	0 ... 20 mA	0 ... 20 mA
0 ... 50 mV	832749	0 ... 5 V	832755	0 ... 10 mA	832722	832739	832739
0 ... 60 mV	832751	-5 ... +5 V	832761	0 ... 50 mA	832759	832724	832741
0 ... 100 mV	832752	-10 ... +10 V	832762	-5 ... +5 mA	832763	832727	832745
0 ... 200 mV	832753	0 ... 20 mA	832747	-20 ... +20 mA	832764	832728	832746
0 ... 1 V	832754	4 ... 20 mA	832748				

Dimensions



Voltage input module

Input	SW1					
	1	2	3	4	5	6
0 ... 20 mV			x	x	x	
0 ... 50 mV		x			x	
0 ... 100 mV		x		x	x	
0 ... 200 mV		x	x		x	
0 ... 500 mV		x	x	x	x	
0 ... 1 V	x				x	
0 ... 2 V	x			x	x	
0 ... 5 V	x		x	x	x	
0 ... 10 V	x	x			x	
0 ... 25 V	x	x		x	x	
0 ... 50 V	x	x	x		x	
0 ... 100 V	x	x	x	x	x	
-20 mV ... +20 mV			x	x		
-50 mV ... +50 mV		x				
-100 mV ... +100 mV		x		x		
-200 mV ... +200 mV		x	x			
-500 mV ... +500 mV		x	x	x		
-1 V ... +1 V	x					
-2 V ... +2 V	x			x		
-5 V ... +5 V	x		x	x		
-10 V ... +10 V	x	x				
-25 V ... +25 V	x	x		x		
-50 V ... +50 V	x	x	x			
-100 V ... +100 V	x	x	x	x		
Reverse						x

Output range selection

Unipolar	SW2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0 ... 5 V	x	x	x	x				
0 ... 10 V	x		x	x				
0 ... 1 mA		x	x	x				
4 ... 20 mA						x	x	x
0 ... 20 mA	x	x				x	x	x
Bipolar								
-5 ... +5 V	x							
-10 ... +10 V								

Current input module

Input	SW1					
	1	2	3	4	5	6
0 ... 2 mA			x	x	x	
0 ... 5 mA		x			x	
0 ... 10 mA		x		x	x	
0 ... 20 mA		x	x		x	
0 ... 50 mA		x	x	x	x	
0 ... 100 mA	x					x
-2 ... 2 mA			x	x		
-5 ... 5 mA		x				
-10 ... 10 mA		x		x		
-20 ... 20 mA		x	x			
-50 ... 50 mA		x	x	x		
-100 ... 100 mA	x					
Reverse						x

x indicates ON

Adjustment of zero/span range

The zero potentiometer allows for offset adjustments from 0 ... 50 %, according to the settings table. The span potentiometer allows for adjustment of the final value from 100 ... 50 %, according to the settings table.

Example

With the selection range -500 ... +500 mV, 1 V span. The span can be adjusted down to give a 500 mV range. This can be offset by up to 500 mV with the zero potentiometer:

i.e. possible ranges

- 500 ... 0 V
- 300 ... +200 mV
- 50 ... +450 mV
- 0 ... +500 mV

CM3 Pyranometer

1. General Description

This manual provides information for interfacing Kipp & Zonen's CM3 Pyranometer to a CR10(X), CR510, CR23X, CR7 or 21X datalogger.

The CM3 is shipped with an instruction manual provided by Kipp & Zonen that contains information concerning the CM3's construction, spectral sensitivity, cosine response, and a simple sensor check out procedure. Included with the sensor and manual is a calibration certificate with the sensor calibration constant and serial number. Cross check this serial number against the serial number on your CM3 to ensure that the given calibration constant corresponds to your sensor.

The CM3 pyranometer is designed for continuous outdoor use. Due to its flat spectral sensitivity from 300 to 3000 nm, it can be used in natural sunlight, under plant canopies, in green houses or buildings, and inverted to measure reflected solar radiation. Two CM3s can be used in combination with an albedometer fixture (K&Z's CAF 1) to measure albedos. The CM3 can also be used to measure most types of artificial light (Xenon lamps, Halogen lamps, etc.).

The CM3 pyranometer consists of a thermopile sensor, a housing, a dome, and a cable. The thermopile is coated with a black absorbent coating. The paint absorbs the radiation and converts it to heat. The resultant temperature difference is converted to a voltage by the copper-constantin thermopile. The thermopile is encapsulated in the housing in such a way that it has a field of view of 180 degrees and the angular characteristics needed to fulfill the cosine response requirements.

2. Specifications

The CM3 is an ISO Second Class pyranometer. While the worst case accuracy for daily sums given by Kipp & Zonen is $\pm 10\%$, the typical accuracy is $\pm 5\%$. Tests at Campbell Scientific on one CM3 indicated an accuracy of $\pm 2\%$ when compared to a recently calibrated Eppley PSP.

ISO SPECIFICATIONS:

Response Time 95%:	18 seconds
Zero offset due to 200 W/m ² thermal radiation:	< 15 Wm ⁻²
Zero offset due to temperature change of 5°K / hr:	< ± 4 Wm ⁻²
Non stability (% change/year):	< $\pm 1\%$
Non linearity (at 1000 W/m ²):	< $\pm 2.5\%$
Directional error (at 1000 W/m ²):	< ± 25 Wm ⁻²
Temperature Dependence of sensitivity:	$\pm 6\%$ (-10 to + 40°C)
Tilt response ($\pm 80^\circ$) (at 1000 W/m ²):	< $\pm 2\%$

OTHER SPECIFICATIONS

Expected accuracy for daily sums:	$\pm 10\%$
Spectral range (50% points, nm):	305-2800 nm
Sensitivity:	10 - 35 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$
Expected signal output in atmospheric application:	0 - 50 mV
Impedance:	79 - 200 (Ω)
Operating Temperature:	-40 to +80°C
Max. irradiance:	2000 Wm ⁻²
Detector:	Copper-constantin multi junction thermopile
Cable length:	15 feet (5 m)
Level accuracy:	1 degree

DIMENSIONS / SHIPPING DIMENSIONS

CM3:	3x3x3 in / 6x6x6 in
CM3MT:	1x5x5 in / 6x6x6 in

WEIGHT/SHIPPING WEIGHT

CM3:	0.8 lbs / 3 lbs
CM3MT:	0.6 lbs / 3 lbs

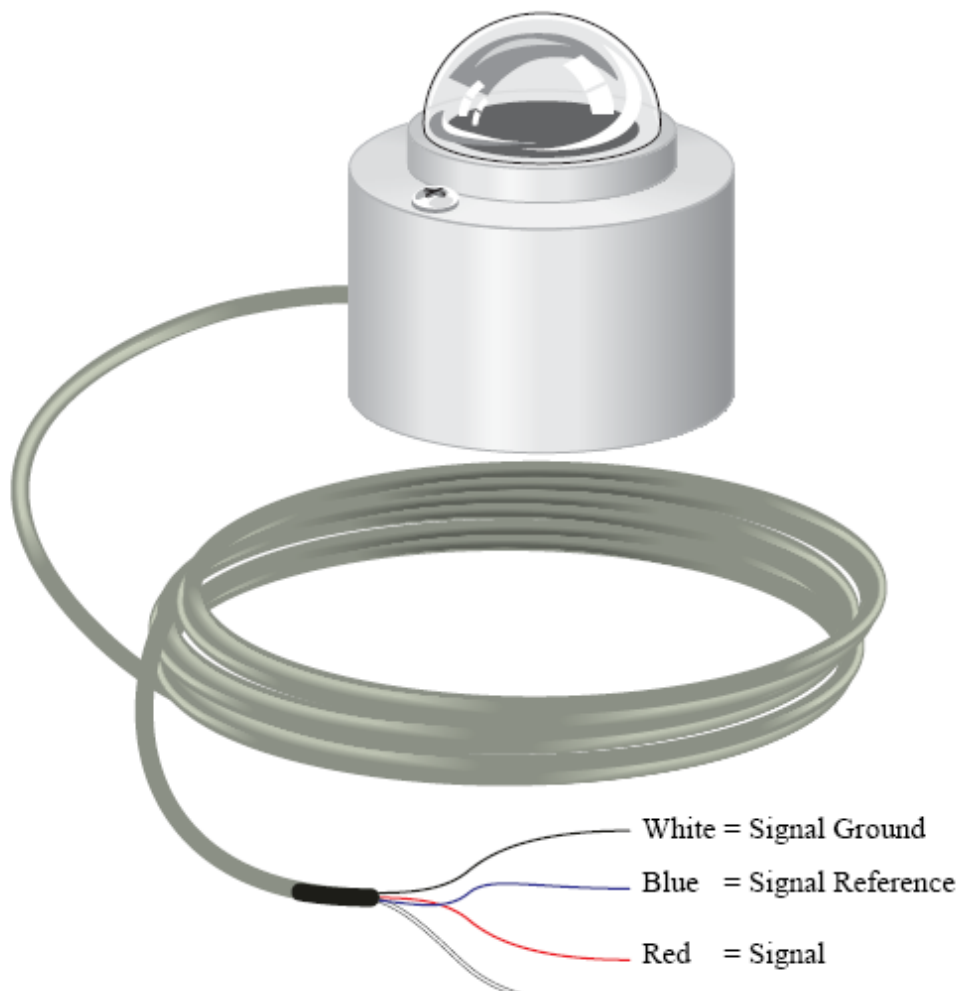
4. Wiring

Use Differential Voltage measurement instruction 2 to measure the CM3. The CM3 wiring diagram is shown in Figure 4-1.

The red lead is connected to the high side (H) of any differential channel. The blue lead is connected to the corresponding low (L) side of the differential channel. On a CR10(X) or CR510, the white lead is connected to an analog ground (AG) and the clear to ground (G). On the CR23X, 21X or CR7 both the white and clear leads are connected to ground (\oplus).

While a differential measurement is better and preferred, the CM3 can be measured on a single-ended channel using Instruction 1 if the power induced voltages discussed in the following paragraph are prevented.

If a 21X is used to measure the CM3 and it powers a 12 VDC sensor or 12 VDC radio, the current drawn off the 12 VDC supply may cause a difference in ground potential between the 21X ground terminals and the reference ground point in the datalogger. This ground potential results in an offset on single ended measurements. This offset can be as large as ± 60 mV. Thus, single ended measurements should be avoided. The offset does not, however, affect differential measurements. While the 21X is the logger most susceptible to this condition, the other dataloggers can be affected if the amount of power is too large or the power return line is connected to analog ground (AG).

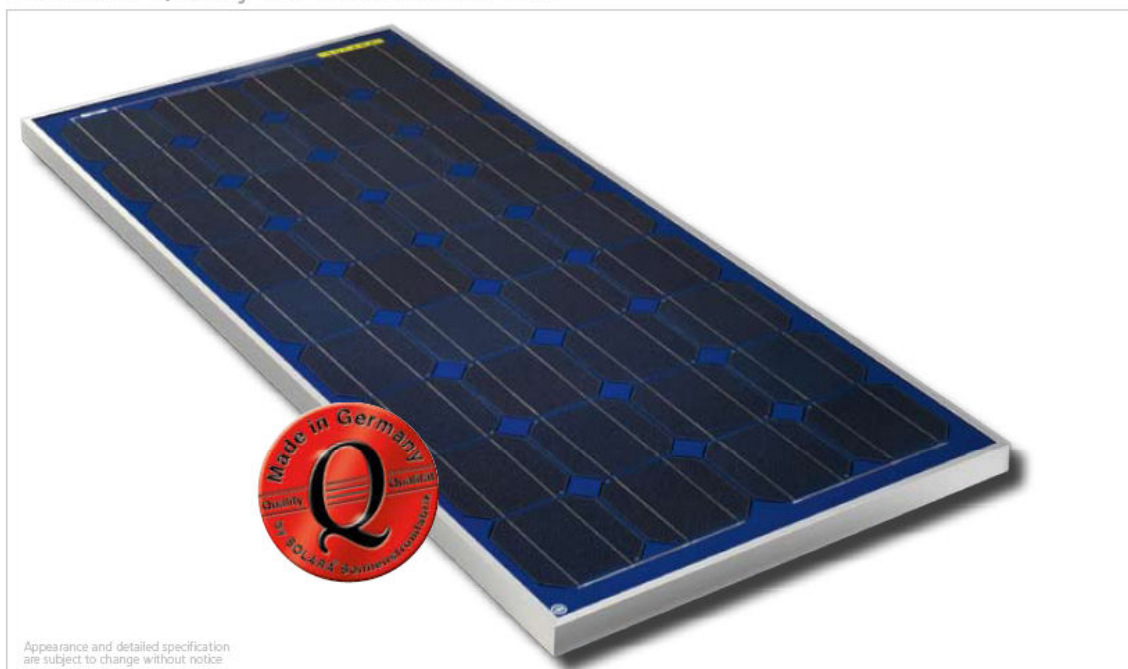




SOLARA S-Serie/s

SOLARA SM340S

Spitzenqualität – für den professionellen Einsatz
Premium Quality for Professional Use



SOLARA SM340S

Solarmodule der SOLARA S-Serie

Solarmodule mit Hochleistungs-Solarzellen. Extra texturierte Oberflächen reduzieren Reflektionen des Sonnenlichtes und sorgen für höchste Lichtausbeute. Eine wetterfeste und wasserdichte Schutzfolie gewährt höchste Lebenserwartung auch unter extremen Klimabedingungen: Eis, Hagel, Schnee, Sturm, extreme Luftfeuchtigkeit sowie Hitze oder Kälte können den Solarmodulen nichts anhaben.

Qualitätskontrolle

Jedes Solarmodul wird während und nach der Produktion nach strengen Qualitätsnormen unter ISO-Bedingungen geprüft und zertifiziert. Nach Fertigstellung wird jedes Solarmodul einzeln nach dem internationalen Protokoll (STC) vermessen und per EDV erfasst. Jedes Solarmodul hat eine unveränderliche Seriennummer.

Solar Modules from the SOLARA S-Series

Solar modules with high-efficiency solar cells. Textured surface reduces sunlight reflection and provides highest output. Weather and water proof foil provides highest life expectancy even under extreme climatic conditions: ice, hail, snow, storm, extreme humidity as well as heat and cold have no effect on the solar modules.

Quality Control

Each solar module is individually measured during and after the manufacturing process under highest quality standards and ISO conditions. Every module is tested under STC conditions. All modules feature an unchangeable serial number and are certified.



SOLARA SM340S

Hoher Wirkungsgrad und Leistungsgarantie

Die leistungsfähige Siliziumtechnologie und die Anti-Reflexions-Schicht ermöglichen optimale Wirkungsgrade. Dies garantiert hohe Leistungen auch bei diffusem Licht und in lichtarmen Monaten. Die Solarmodule der SOLARA S-Serie verfügen über eine Garantie von bis zu 26 Jahren.

Montage

Die Module der SOLARA S-Serie haben einen sehr robusten und seewasserbeständigen Aluminium-Profilrahmen. Dies erhöht die Stabilität und die Montagefreundlichkeit. Zudem verfügen die Solarmodule über eine große, wasserdichte Anschlussdose.

High efficiency and performance guarantee

The efficient silicon technology and the anti-reflective layer allow for optimum efficiency. This guarantees high performance also during low irradiation and months with diminished light. The solar modules of the SOLARA S-Series come with up to 26 years guarantee.

Mounting

The modules of the SOLARA S-Series have a robust and sea-water resistant aluminium frame. The frame profile provides stability and makes the modules easy to install. Furthermore, the solar modules feature a waterproof junction box.

Technische Daten SM340S / Technical Data SM340S

Art.-Nr	SM340S
Durchschnittlicher Tagesertrag im Sommer average daily output in summer (Germany)	340 Wh/d
Maximale Leistung (P _{max}) peak power P _{max}	85 Wp
Systemspannung system voltage	12 V
Spannung Maximalleistung voltage at peak power	18 V
Leerlaufspannung open circuit current	21,9 V
Strom bei Maximalleistung current at peak power	4,72 A
Kurzschlussstrom short circuit current	5,15 A
Anzahl der Solarzellen number of cells	36
Abmessung der Solarzellen cell dimension	125 x 125 mm
Maße in mm (L x B x H) dimension in mm	1237 x 557 x 35
Höhe mit Anschlussdose height incl. junction box	35 mm
Anschluss connection	Dose/ junction box
Gewicht/Glasstärke weight/thickness of glass	7,9 kg/3,2 mm
Leistungsgarantie* performance guarantee*	25 J auf 80% der Leistung/25 yrs at 80% performance.

* Nach Maßgabe der Centrosolar AG-Garantiebedingungen (inkl. Produkt- und Leistungsgarantie)/ According to the CENTROSOLAR guarantee conditions (incl. product and performance guarantee).

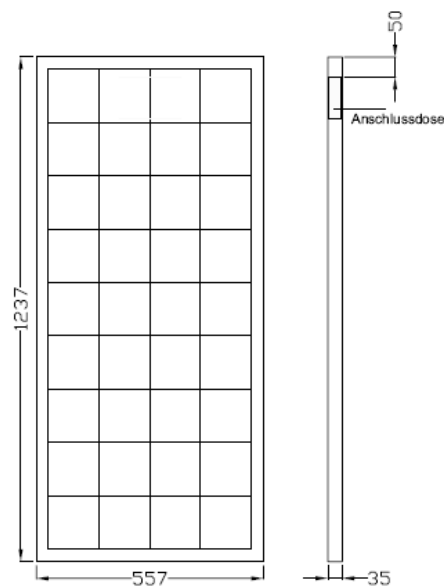
Unter anderem wurden folgende Tests erfolgreich durchgeführt: elektrische Isolation, Temperaturbeständigkeit, Luftfeuchtigkeitsbeständigkeit, Hitzebeständigkeit, Salzbeständigkeit, statische Belastbarkeit. Alles gemäß Protokoll IEC 61215.

The following tests were realised successfully: electrical isolation, temperature stability, humidity stability, heat stability, salt stability, static impact. According to IEC 61215.

Die hier angegebenen Daten, Tests und Zertifikate können je nach Modul abweichend sein.

All data, tests and certificates can vary depending on module type.

Nach STC (Standard Testbedingungen), AM 1,5, 1 kW/m², 25 °C, P_{min} -10%. Änderungen auf Grund ständiger Weiterentwicklungen vorbehalten.
According to STC (Standard Test Condition), AM 1.5, 1 kW/m², 25 °C, P_{min} -10%. Subject to change due to permanent development.



gefertigt nach deutschen und internationalen Normen:
produced according to German and international standards:

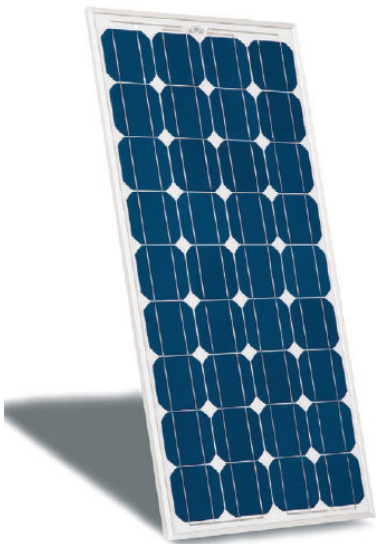


gesetzl. nicht vorgeschrieben
not legally required

Ihr Fachhändler/Your Dealer

SWEDMODULE GPV75-GPV85

Monocrystalline Solar Power Modules



TOP SWEDISH QUALITY

Swedish technology you can trust is one of the cornerstones in Gällivare PhotoVoltaic's philosophy. The SwedModule product range is produced using only high quality raw materials from leading European suppliers. The SwedModule is ideal for individual houses or buildings, on facades or rooftops but also for large scale solar power systems.

DESIGN OF THE SWEDMODULE

The cells are encased in high transmission low-iron tempered glass, multi-layers of ethylene vinyl acetate (EVA) as well as Tedlar film. This provides the modules with top-quality protection against external environmental effects. GPV's Solar Power Modules also have bypass diodes to minimise power loss in case of shading and protect against hot spot effect.

QUALITY CONTROL

During the production process the modules pass through several quality control check points and they are carefully checked and tested prior to delivery. The final test takes place in a solar simulator, where the modules are tested under Standard Test Conditions (STC 1000W/m²). Every modules serial number and its test data are stored in our database.

Gällivare
PhotoVoltaic

We connect you to the sun



SwedModule on a lighthouse at Laus Holmar in Gotland, Sweden

WARRANTY

GPV offer a product guarantee of five years and a 25 year performance guarantee for an 80 % power output on all standard products.

In order to further guarantee the quality of our products we are certified in accordance with:

- SS EN ISO 9001:2000 (Quality Management System)
- SS EN ISO 14001:2004 (Environmental Management System)

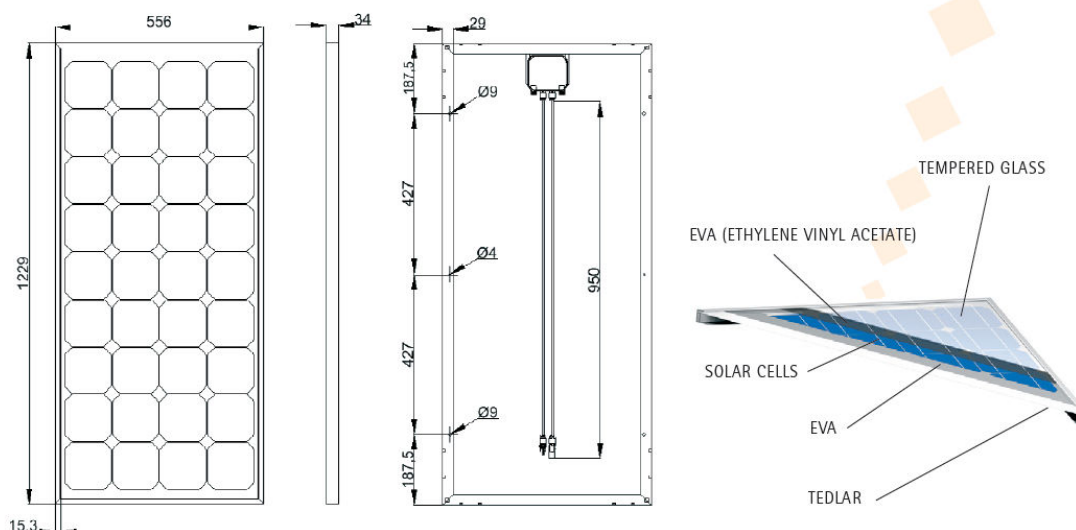
All GPV's Solar Power Modules are in compliance with the essential requirements of IEC 61215:04.1993, EN 61215:04.1995, TÜV Spec TZE/2.572.09 (Safety Class II).



SWEDMODULE GPV75-GPV85

Monocrystalline Solar Power Modules

CONSTRUCTION FRONT TO BACK



POWER SPECIFICATIONS

Performance under standard test conditions
1000 W/m², 25°C, 1.5 AM

	GPV75	GPV85
Maximum power (P _{max})	75 Wp	85 Wp
Open circuit voltage (V _{oc})	21.5 V	21.5 V
Maximum power voltage (V _{mpp})	17.0 V	17.5 V
Short circuit current (I _{sc})	4.70 A	5.18 A
Maximum power current (I _{mpp})	4.41 A	4.86 A

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT 46°C

TC I_{sc} 0.036 %/K

TC V_{oc} -0.33 %/K

SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

Maximum system voltage: SC II 1000 V_{DC}

Maximum reverse current: Do not apply external voltages larger than V_{oc} to the module

Gällivare PhotoVoltaic AB reserves the right to make specification changes without prior notice. Please contact your nearest stockist/distributor or visit our website to obtain the latest specification sheet.

Performance at
800W/m², NOCT, AM1.5

	GPV75	GPV85
Maximum power (P _{max})	53.4 Wp	60.8 Wp
Open circuit voltage (V _{oc})	19.5 V	19.5 V
Maximum power voltage (V _{mpp})	15.2 V	15.7 V
Short circuit current (I _{sc})	3.88 A	4.28 A
Maximum power current (I _{mpp})	3.51 A	3.87 A

All values with a tolerance of ±5%

Reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200W/m², 95% (± 3 %) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

PHYSICAL SPECIFICATIONS

Cell type	monocrystalline
Cell dimension (+/- 0,5mm)	125mm x 125mm
Cells per module	36
Module weight	7,5 kg
Module size (+/- 2mm) (L x H x W)	1229 mm x 556 mm x 34 mm
Frame	Anodized aluminium

Gällivare PhotoVoltaic AB Företagscentrum, Box 840, SE-982 28 Gällivare, Sweden
T +46 970 158 30 F +46 970 158 98 info@gpv-solar.com www.gpv-solar.com

