

Sami Matala

## **HYBRIDIJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA KOKOAMINEN**

# **HYBRIDIJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA KOKOAMINEN**

Sami Matala  
Opinnäytetyö  
Kesä 2016  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma, sulautetut järjestelmät

---

Tekijä: Sami Matala  
Opinnäytetyön nimi: Hybridijärjestelmän suunnittelu ja kokoaminen  
Työn ohjaaja: Pertti Heikkilä  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kesä 2016  
Sivumäärä: 33 + 2 liitettä

---

Työn aiheena oli tutkia ja kehittää yhdessä Fineria Energyn ja Offcode Oy:n kanssa hybridigeneraattorin akkujen tarkkailujärjestelmä. Vaatimuksina oli, että laite tunnistaisi akkujen vähäisen varaustilan ja käynnistäisi generaattorin, tai myöhemmässä vaiheessa integroitavat aurinkokennot ja tuulimyllyt sähköenergian tuottamista varten. Tärkeintä oli käyttää mahdollisimman paljon uusiutuvia luonnonvaroja ja vastaavasti minimoida fossiilisen polttoaineen kulutus. Lisäksi akkujen hyötykäyttö piti optimoida siten, että niiden käyttöikä säilyisi mahdollisimman pitkänä. Lisäksi logiikan data piti saada talteen tutkimuksia varten.

Tutustuin lopputyöhön jo ennen opinnäytetyön aloittamista opiskeluun kuuluvassa harjoitteluprojektissa. Laitteena käytin Offcode Oy:n tarjoamaa Debian Linux ADG42-mikrokontrolleria, jolla pystyy mittaamaan muun muassa lämpötilaa, ilmanpainetta, kosteutta sekä paikkatietoa. Kontrollerin ohjelmointiin oli valittu C-kieli, joka soveltui laiteläheiseen ohjelmointiin hyvin.

Opinnäytetyön lopputuloksena ADG42 yhdistettiin antureiden avulla akkuihin ja mitattiin virrankulkua akkuihin ja niistä kuormaan. Työssä saadut tulokset antavat jatkokehitykselle hyvät mahdollisuudet, koska jatkuvakäyttöisessä järjestelmässä otetun ja luovutetun virran määrä kertoo akkujen kapasiteetin.

---

Asiasanat: hybridi, mikrokontrolleri, Fineria Energy, Offcode

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Information technology, Embedded Software

---

Author: Sami Matala  
Title of thesis: Designing and assembling a hybrid system  
Supervisor: Pertti Heikkilä  
Term and year when the thesis was submitted: Summer 2016  
Pages: 33 + 2 appendices

---

The subject of this thesis was to design and develop an intelligent controller for hybrid generator for Fineria Energy. Offcode Oy provided AGD 42- microcontroller device for this project. Main goal was to create an innovative cleantech-driven hybrid power generator which maximized the use of renewable energy sources. Also, the device had to maximize battery performance in both short and long term.

ADG42 runs Debian Linux software and is capable of measuring parameters like temperature, pressure, moisture, location, climate or capture video and is also capable of connecting to external sensors. It can be hooked up to cloud services. It supports wireless sensors and has an inbuilt GPS.

Actual test of connecting ADG42 to the power system for measuring current flows in and out of the batteries went as suspected. Results of this thesis give a good development ground for taking the next step in cleantech hybrid solutions.

---

Keywords: hybrid, microcontroller, Fineria Energy, Offcode

## **ALKULAUSE**

Tämän insinööriyön mahdollisti Offcode Oy ja yhteyshenkilöt Antti Takaluoma ja Toni Karhu. Työn ohjaavana opettajana toimi Pertti Heikkilä Oulun ammatti-korkeakoulusta.

Haluan kiittää henkilökohtaisesti avustanutta Jude Okwuibea kaikesta panostuksesta työni kanssa koko projektin ajan.

Oulussa 6.8.2016

Sami Matala

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	7
1 JOHDANTO	9
2 SÄHKÖENERGIA KEHITTYVISSÄ MAISSA	10
3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET	11
4 TOTEUTUS	15
4.1 ADG 42	15
4.2 Elektroniikka	17
4.3 Ohjelmointi	18
4.4 Hybridijärjestelmä	22
4.4.1 Akkujen purku ja tulokset	26
4.4.2 Akkujen lataus ja tulokset	27
5 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	33
Liite 1 D-1085 virta-anturi	33
Liite 2 Trojan T-105 akku	33

## SANASTO

<b>ADG42</b>	Advanced Data Gateway. Laite perustuu Debian Linux-ohjelmakoodiin, joka sisältää sisäänrakennetun 3G-modeemin. Offcode Oy:n rakentama mikroprosessori.
<b>adgio</b>	Edellä mainitun mikroprosessorin kirjasto.
<b>CAN-väylä</b>	Control Area Network. Automaatioväylä, jota käytetään koneissa ja teollisuuslaitteissa.
<b>Deep Cycle -akku</b>	Syväpurkausakku, jonka elinikä säilyy pitkänä, jos akku puretaan tasaisin väliajoin.
<b>Ethernet</b>	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu. Yleisin lähiverkko-tekniikka.
<b>GPS</b>	Global Positioning System. Satelliittipaikannusjärjestelmä.
<b>Hall-ilmio</b>	Ilmiö, jossa elektronien kulkusuunta muuttuu, kun johdin, jossa kulkee sähkövirta, tuodaan magneettikenttään kohtisuorassa kenttään nähden.
<b>Internet of Things</b>	lyhennys IoT, joka tarkoittaa mitattavien ja aistivien laitteiden ja koneiden liittämistä internetiin.
<b>Linux</b>	avoin ja vapaa käyttöjärjestelmä, jota voi käyttää monissa tietokonelaitteissa.
<b>nano</b>	Unix-käyttöjärjestelmässä toimiva tekstieditori.
<b>Putty</b>	Yhteysprotokolla pääteyhteyksiin Internetin ylitse.
<b>SOC</b>	State of charge, akkujen varaustila, jossa 100 % kuvaa täyteenvarattua akkua ja 0 % täysin tyhjää akkua.

**USB**

Universal Serial Bus. Laajennusväylä tietokoneessa.



# 1 JOHDANTO

Älykkäällä kontrollerilla tarkoitetaan ohjainyksikköä, joka ohjaa ja valvoo siihen kytketyn laitteiston toimintoja. Antureiden avulla se saa tietoa ympäristöstään ja pystyy tekemään loogisia päätöksiä ohjatakseen muuta laitteistoa. Tässä työssä suunniteltiin ja toteutettiin ohjelma, joka luki ja tallensi tulo- ja menoliittimien tietoa generaattorin ohjaamista varten. Käytännön toteutukseen suunniteltu suuri määrä erilaisia laitteita piti saada sovitettua yhteen.

Työn tilasi Fineria Energy Offcode Oy:n avustuksella. Fineria Energy on juuri perusteilla oleva yritys ja sen tehtävänä on tuottaa ja myydä ympäristöystävällisiä hybridiratkaisuja energian tuottamiseen. Työssäni johtavana ideana oli uusiutuvien ja fossiilisten energianlähteiden yhdistäminen luotettavasti ja kustannustehokkaasti mikrokontrollerin logiikan avulla. Ensisijaisena kohteena prototyypille on Nigeria ja siellä vallitseva polttogeneraattoreiden räjähdysmäinen käytön kasvu. (1.)

Offcode Oy on keskittynyt tuottamaan ohjelmakoodia asiakkaan tarpeisiin Linux-alustalla. Uusin laite ADG42, jota työssäni käytin, on kehitetty teolliseen ympäristöön ja se voidaan ohjelmoida sulautettuihin järjestelmiin älykkääksi ohjainyksiköksi.

Laitetta voitiin ohjata paikallisesti Linuxilla Unix-käyttöjärjestelmän kautta tai etänä 3G-yhteyden yli. Erityisesti laite soveltui hyvin myös pilvipalveluiden hyötykäyttöön Internetissä. Yhdyskäytäväksi oli valittavana useita eri tapoja, kuten esimerkiksi sarjaliittimet (RS232 ja RS485), CAN-väylä, Ethernet, USB-liitin sekä I/O-portit. Laitteessa oli myös sisäänrakennettu GPS.

Opinnäytetyössäni mikroprosessoria ohjattiin Unix-käyttöjärjestelmän avulla sarjaporttia käyttäen. Ohjelmointi tapahtui nano-tekstieditorilla laitteen ollessa kytkettynä sarjakaapelilla tietokoneeseen. Ohjaussignaalit lähetettiin mikroprosessorille C-kielellä. Työni tarkoitus oli tutkia, miten suunnitellaan ja toteutetaan hybridigeneraattorin prototyyppi.

## 2 SÄHKÖENERGIA KEHITTYVISSÄ MAISSA

Yli 1,3 miljardia ihmistä elää maailmassa ilman sähköä. Jo pelkästään Saharan eteläpuolisen Afrikan alueella ilman sähköä on yli 620 miljoonaa ihmistä. Tämä on kaksi kolmasosaa Afrikan väkiluvusta. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on ylivoimaisesti suurin tapa tuottaa sähköä, joten opinnäytetyöni aihe hybridiratkaisusta vähentäisi öljyn ja hiilen käyttöä. (2, s. 13–16.)

Nigeriassa on noin 173 miljoonaa ihmistä ja sähköenergiaa tuotetaan vuosittain noin 6 GW. Vertailun vuoksi Suomessa on noin 5,4 miljoonaa ihmistä ja sähköenergian tuotto on noin 17 GW:n luokkaa. Nigeriassa kulutetaan vuosittain yli 5 miljardia euroa polttoaineella käyviin generaattoreihin, jotta sähkönsaanti turvataisiin päivittäisiin tarpeisiin. (2, s. 42.)

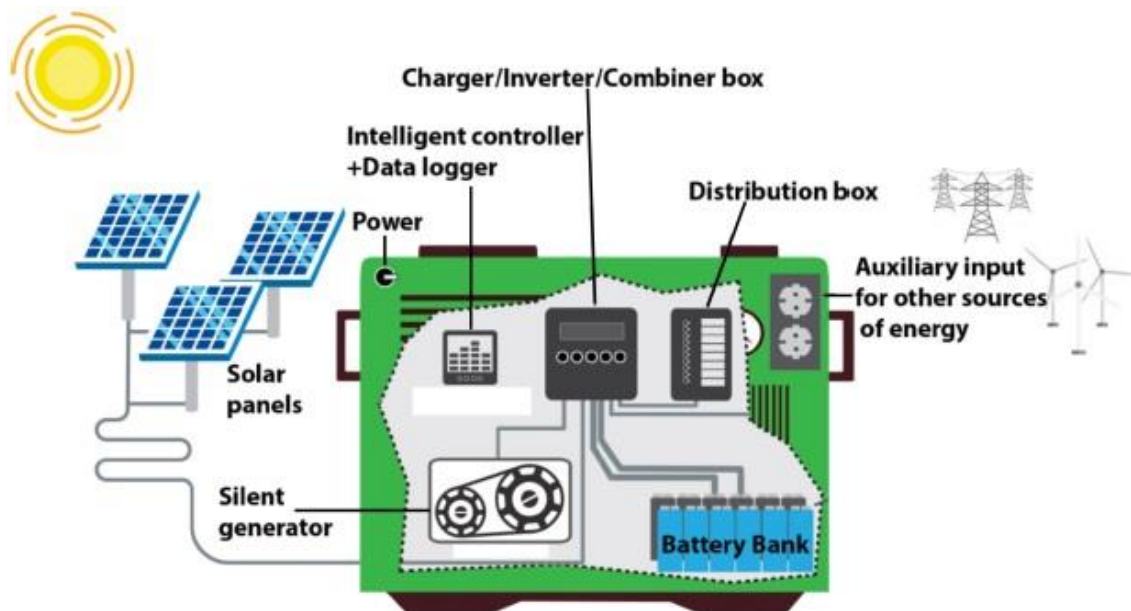
Opinnäytetyöni yhteyshenkilö Jude Okwuibe on yksi Fineria Energyn perustajista. Hän sai idean projektiin kotimaastaan Nigeriasta, jossa polttogeneraattoreiden käyttö on arkipäivää. Generaattoreiden maahantuonti on kasvanut vajaan kymmenen prosentin vuosivauhtia. Nigerian hallitus päätti marraskuussa 2015, että pienten dieselgeneraattoreiden maahantuonti kielletään terveysvaikutteiden sekä ympäristösaastuttamisen vuoksi. (3.) Yhteisenä tekijänä tarpeet ovat kaikkialla kehittyvissä maissa samat. Ihmiset tarvitsevat energiaa edullisesti, luotettavasti ja vähäpäästöisenä.

Aurinkoenergian, tuulivoiman ja geotermisen lämmön hyödyntäminen energiantuotannossa on arkipäivää. Aurinkopaneelien kustannukset ovat tällä hetkellä suhteellisen alhaiset, joten tämänkin option liittäminen opinnäytetyöni ratkaisuun saattaisi tulla kysymykseen myöhemmin. Mahdollisuuksia ratkaista energiansaanti on useita. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ratkaisemaan mikrokontrollerin logiikanohjauksella ympäristön kannalta paras tapa tuottaa sähköenergiaa asiakkaan käyttöön.

### 3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

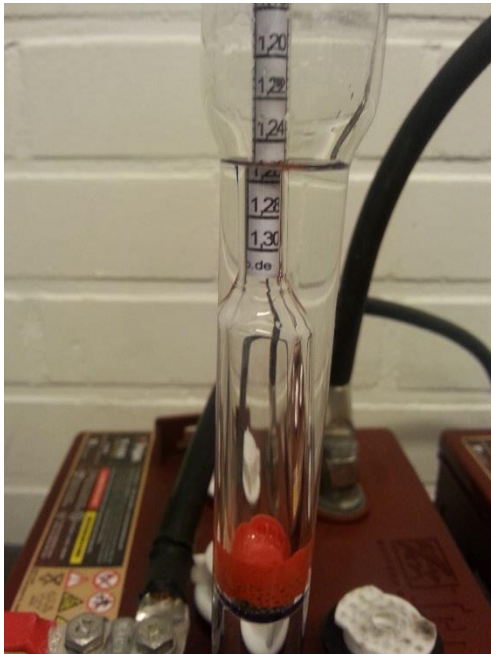
Työni kantavana ideana oli alusta alkaen toteuttaa virranseurantaa varten oma ohjelmakoodi. ADG42-laitteen tulisi lukea mukaan liitettäviä sensoreita ja tehdä niiden tulosten perusteella ohjauskomentoja muille hybridiratkaisussa oleville laitteille. Vaativuutta työhön toi se, että mikrokontrollerista ei ole olemassa vielä minkäänlaista dokumentaatiota, koska kyseessä oli prototyyppi.

Tässä työssä yhdistyi elektroniikan, mikrokontrolleriohjelmoinnin ja laitteisto-suunnittelun tasot käytännön toteutuksen avulla. Tärkein mitattava yksikkö oli luonnollisesti virta ja sen mittaus sekä ladattaessa akkupatteristoa että myös purettaessa varausta akuista virtaa käyttäviin laitteisiin. Koska generaattori käyttää polttoaineena bensiiniä, sen käyttö pyrittiin minimoimaan. Kuvan 1 kokonaisuudessa on mukana myös mahdollisuus liittää se sähköverkkoon akkujen latausta varten. Tämä ominaisuus vähentäisi myös generaattorin käyttöä.



KUVA 1. Hybridigeneraattorin yleiskuva Fineria Energyn posteria mukailten.

Suunniteltaessa kontrollerin logiikkaa huomasimme, että virran luotettavalla mittaamisella oli iso osa kokonaisuuden kannalta. Testasin useita erimallisia Hallantureita sekä ADG42:n että myös Arduino Unon kanssa. Hybridiratkaisussa oli käytössä neljä kappaletta 6 V:n ja 105 Ah:n Trojan Deep Cycle -akkuja. Akkujen varaustilan mittaamiseen oli käytössä ominaispainomittari, jolla pystyin tarkastamaan täyteen varatun akkuhapon ominaispainon +22,5°C lämpötilassa. Ominaispaino oli noin 1,245 g/cm<sup>3</sup> ja muuntotaulukon mukaan kerroin 1,023 antoi varaustilaksi 1,274 g/cm<sup>3</sup> (4), mikä vastaa hyvin täyden varauksen omaavaa akkua. Kaikissa neljässä akussa varaus oli sama. Kuvassa 2 oreometrillä toteutettu ominaispainon mittaus.

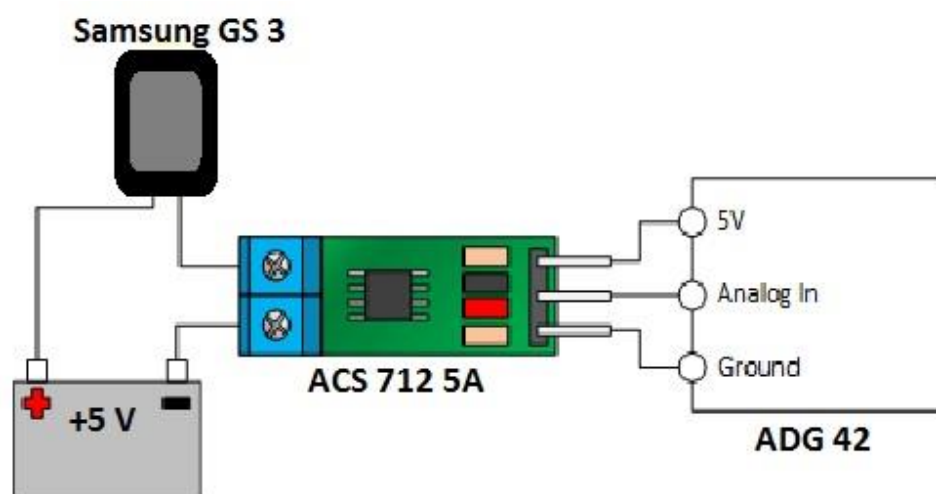


*KUVA 2. Ominaispainomittaus akkuhaposta.*

Ennen varsinaisen hybridin rakentamista suunnitelmissa oli ensin saada koeyhteyksialustalle tehtävällä kytkennällä selville, miten paljon virtaa kulkisi matkapuhelimen läpi 5 V:n jännitteellä. Pienempi virtamääräkin suunnitteluvaiheen testauksessa oli kannattava ja turvallinen ajatus. Mikrokontrollerin tehtävänä oli lukea kytkennän läpi kulkeva virtamäärä ja tulostaa se konsoli-ikkunaan tietokoneelle ja tallentaa tulokset paikallisesti mikrokontrollerin muistiin.

Testausta varten tarvittavat laitteet tilattiin netistä. Virta-anturi ACS 712 5A oli spekseiltään (5) sopiva. Anturin toimintaperiaate perustuu Hall-ilmiöön (6, s. 233–234). Anturin napojen välisen jännite-eron perusteella voitiin laskea piirissä kulkevan virran määrä. Kytkennässä käytettiin lisäksi +5 V:n jännitelähdettä, Samsung GS 3 -matkapuhelinta, hyppylankoja ja mikrokontrolleria analysointia ja laskentaa varten. Jännitteen perusteella tehtävä akkuvarauksen mittaaminen on melko yksinkertaista, mutta se voi olla epätarkkaa johtuen akkukennojen materiaalista ja vallitsevasta lämpötilasta. Tarkimman tuloksen saa, kun antaa akkujen levätä ainakin kaksi tuntia tasaisessa lämmössä avoimessa virtapiirissä. (7.)

Koodi luki analogista jännite-erosignaalia, mikä tuli Analog IN -pinniltä mikrokontrolleriin. Jännite-eron avulla sain virran määrän laskettua kytkennässä. Sensitiivisyys eli anturin herkkyys on mallikohtaista. Testissä käytetyn mallin virtaherkkyys oli  $185 \text{ mV} / 1 \text{ A}$  mikä tarkoitti sitä, että anturin mittaushäiriön välisen jännite-eron ollessa  $185 \text{ mV}$  kulki piirissä silloin  $1 \text{ A}$ :n virta. Mittauksissa huomasin, että virran määrä oli hyvin paljon riippuvainen siitä, millainen varaus puhelimen akussa oli. Alle 75 %:n varauksella piirissä kulki  $428 \text{ mA}$ :n virta. Lähes täytenä, yli 90 %:n varauksella virta tippui  $230 \text{ mA}$ :iin. Tulosten perusteella pystyin vähän suunnittelemaan varsinaista neljän akun virran mittaamista. Testauksessa käytetty anturi ei virrankestoltaan tulisi riittämään jatkossa. Kuvasta 3 näkyy kytkennän periaate.



KUVA 3. Koekytkentä virranmittaustestiä varten.

Varsinaisessa prototyypissä akuista lähtevä maksimivirta oli noin 185 A, joten vaarana oli myös antureiden ja mikrokontrollerin rikkoutuminen. Suunnitteluvaiheessa piti ottaa huomioon myös se, miten ja milloin generaattori käynnistettäisiin. Käynnistykseen oli olemassa kauko-ohjain, jonka liittäminen mikrokontrolleriin katsottiin hyväksi ominaisuudeksi. Käynnistys toteutettaisiin siinä vaiheessa, jos ei ole sähköverkkoa saatavissa ja akkujen varaus olisi alle 60 % maksimista. Tällä raja-arvolla syväpurkausakkujen käyttöikä olisi paras mahdollinen. Ne kestävät noin 1000 latauskertaa ja elinikä on tällöin noin 8–10 vuotta.

Generaattoriin lisättäviä mahdollisia antureita harkitsin yhdessä Jude Okwuiben kanssa. Öljyn määrä, polttoaineen määrä, moottorin lämpötila olivat tärkeitä arvoja systeemin toiminnan kannalta. Päätimme suunnitteluvaiheessa keskittyä vain akkuihin ja niistä saataviin lukemiin virran mittauksessa. Generaattorin ohjelmallisessa käynnistyksessä oli mielenkiintoisia pulmia. Ohjelman pitäisi tarkastaa, käynnistyykö moottori ja jos ei, niin yrittää tietyn ajan kuluttua uudelleen. Tämän ratkaisin siten, että jännitesensorilla havaittaisiin vaihtovirran lähtö generaattorin jänniteulostulosta. Jos moottori ei käynnistyisi, niin virtaa ei havaittaisi. Moottorin käynnistyksestä meni noin 6 sekuntia vaihtovirran havaitsemiseen yleismittarilla. Täten oli järkevintä yrittää uudelleenkäynnistystä kymmenen sekunnin kuluttua, mikäli sensori ei havaitsisi virtaa.

Teoriassa ohjelman pitäisi vain tehdä tulo- ja lähtövirran vertailu tietyllä aikavälillä ja sen perusteella antaa signaali moottorin käynnistykselle. Käynnistämiseen riitti pieni 12 V:n jännitepulssi kestoaltaan 3 sekuntia. Tosin generaattorin käynnistyspaneeli piti purkaa ja tutkia viiden johdon tarkoitukset. Kuvan 4 mukaan oikeanväristen johtojen avulla moottori saatiin käyntiin ja myös pois päältä.

Position	Circuit	Wire Color code
Stop/OFF	M+G	PINK+BLACK
ON	B+L+S	RED+ORANGE+BLUE
START	B+S	RED+BLUE

KUVA 4. Generaattorin johdotusyhdistelmät

## 4 TOTEUTUS

Koska hybridijärjestelmä koostuu useista eri komponenteista, yhteensovittamisessa piti edetä mikrokontrollerin ehdoilla. Mikrokontrollerin vaatima käyttäjänite oli tarkoitus ottaa suoraan akuista vaihtosuuntaajan kautta. Langatonta laitteen ohjaamista en tähän työhöni sisällyttänyt, koska järjestelmän laajuus oli jo ilmankin valtava.

Työ toteutettiin Oulun ammattikorkeakoululla varatussa työtilassa, jonne sain tuotua kaiken jäljempänä luetellun laitteiston. Generaattoria käytin päällä ulkona lähellä työtilaani, jotta pystyin testaamaan laitteen käynnistämistä ADG42-laitteen avulla. Koodauksessa sensorien lukeminen ja tiedon käsittely tapahtuivat adgio-kirjaston ja C-kielen avulla. Toteuttaminen oli vaativaa ja hidasta johtuen ohjelmointialustan kankeudesta. Koodissa olevien virheiden etsintä oli aikaa vievää ja työlästä. Mikrokontrolleri itsessään oli kuitenkin ajan tasalla ja tunnisti kirjastofunktiot hyvin. Jäljempänä käyn yleisluontoisesti läpi työni eri osa-alueet pääpiirteittäin ilman mitään kronologista järjestystä.

### 4.1 ADG 42

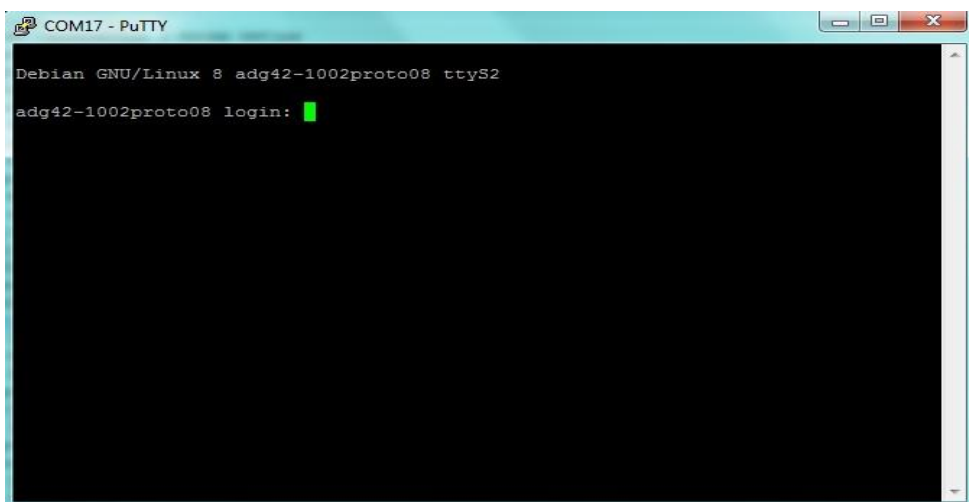
ADG eli Advanced Data Gateway 42 on teolliseen ympäristöön kehitetty mikrokontrolleri. Työni aikana laitetta ei ole vielä myytävänä, mutta aiempi versio ADN 42 on jo markkinoilla ja käytössä juuri teollisissa ympäristöissä tapahtuvissa mittauksissa.

Mikrokontrollerin prosessorina toimii Atmel ATSAMA5034 CU- yksikkö. Se on ARM-ytimellä varustettu A5-prosessori, joka toimii 536 MHz:n kellotaajuudella. ADG:ssa on tuki langattomalle 3G-yhteydelle. Laitteeseen voi yhdistää verkko-kaapelin suoraan Ethernet-liittimeen. Laite tarjoaa hyvän alustan Internet-of-Things-konseptiin. A/D-muunnin on 12-bittinen. Vertailun vuoksi Arduino Unossa on 10 bitin muunnin.

ADG42-mikrokontrollerin ominaisuuksia lyhyesti:

- Käyttöjännite 9–36 V
- Lepovirta 10 mA
- Analogisen jännitteen sisääntulo 0–5 V
- Virta sisääntulo 0–20 mA
- RAM-muistia 250 Mt
- A/D muunnin 12-bittinen
- Analogisen jännitteen ulostulo 0–5 V
- Analogisen virran ulostulo maksimissaan 6 mA
- Käyttölämpötila -40 °C – 85 °C
- Mitat 171 \* 121 \* 50 mm
- REF 5 V tarkkuus 2 %
- REF 5 V maksimi virtamäärä 50 mA
- Ethernet, RJ45, 1 Gbs
- Modeemi 3G
  - Protokollat: HTTPS, HTTP, FTP sekä SMS

Käyttöjärjestelmänä laitteessa on kesäkuussa 2015 julkaistu Linux Debian 8.1. Laite on liitettävissä ohjelmointitarkoituksiin suoraan Linux-käyttöjärjestelmällä toimivaan tietokoneeseen, mutta työssäni käytin Windows 7 -käyttöjärjestelmää ja siihen tarvittiin Aten UC-232A USB-to-Serial Converter -ajurit ja adapteri. Ajurien asentamisen jälkeen yhteys tietokoneen ja mikrokontrollerin välille otettiin Putty-ohjelmalla sarjaporttiyhteyttä käyttäen, kuten kuvasta 5 näkyy.





KUVA 5. Kirjautuminen ADG 42- laitteeseen Puttyn avulla.

Ulkoisen näytön olisi voinut liittää mikrokontrolleriin asentamalla piirilevyyn lisämoduulin. Jätin tämän option kokonaan pois, koska se olisi vienyt liikaa aikaa. Laitteen sisäisen kellon kanssa tuli myös ongelmia. Kello ei pysynyt ajassa ilman nettiyhteyttä, joten koodissa tehtävä aikaleimaus ilman toimivaa yhteyttä on aika turha. Ajan pystyi toki asettamaan käsin ennen mittauksia, mutta jos mikrokontrollerista katkesi virta, niin kello meni sekaisin. Tarkoitus oli liittää mikrokontrolleri generaattorin käynnistysakkuun. Kuva 6 esittää mikrokontrollerin kaikki 32 liitintä.

9	10	11	12	13	14	15	16		25	26	27	28	29	30	31	32
RS232-TxD	RS232-RxD	GND	Maint Det.	Button 1	Button 2	Button 3	+5V Disp.		A/D IN 2	GND	A/D IN 3	GND	A/D IN 4	GND	+24 Vout	+12 Vout
24V IN	12Vin	GND	RS485 D+	RS485 D-	GND	CAN H	CAN L		M I/O 1	GND	M I/O 2	GND	A/D IN 1	GND	+5 Vref	+12 Vout
1	2	3	4	5	6	7	8		17	18	19	20	21	22	23	24

KUVA 6. Mikrokontrollerin liitinkartta.

Laitteen pinnit 9 (lähetys), 10 (vastaanotto) ja 11 (maa) ovat sarjaliitännäliittimet, jotka kytkettiin tietokoneeseen USB-adapterilla. Itse antureihin käytin pinnejä 16 (5 V käyttöjännite), 25 (anturin data akuista ulos) ja 26 (maa) sekä 21 (anturin data akkuihin), 22 (maa) ja 23 (5V käyttöjännite).

## 4.2 Elektroniikka

Osaltani tämä puoli projektista keskittyi alussa mikrokontrollerin testausvaiheeseen ja siihen kytkettäviin komponentteihin koekytentäalustalla. Mikrokontrollerissa on useita eri jännitelähtöjä (24 V, 12 V ja 5 V), joten sain helposti tunteman lähtöpinnien käsittelyyn toteuttamalla yksinkertaisia kytkentöjä vastusten, LED-valojen sekä hyppylankojen kanssa. Käytin erilaisia antureita ja potentiometrejä testaamisessa ja lukemien vertailussa. Lisäksi kokeilin rinnalla myös

Arduino Uno -mikro-ohjainta, mihin löytyikin paljon hyviä ohjelmointiesimerkkejä. Näistä esimerkeistä en kuitenkaan sisällyttänyt työhöni mitään, vaan hain ideoita sensoreiden kanssa olleisiin ongelmatilanteisiin.

Varsinaiseen virranmittaukseen käytetty ACS758-anturi sopi hyvin tehtäväänsä. Jatkuva virrankestoksi oli luvattu 100 A, mutta anturi kesti hetkellisesti jopa nelinkertaiset maksimivirtapiikit. (Liite 1.) Ennen mittauksia piti varmistaa se, ettei Hall-ilmioon perustuvan anturin lähellä ollut ulkoisia magneettikenttiä.

Anturia testattiin aluksi 0 A:n virralla, jolloin Fluken yleismittarilla saatiin anturin läpi kulkeva jännitteeksi puolet käyttöjännitteestä eli 2,5 V. Toisessa ääripäässä en pystynyt käyttämään enää yleismittaria, sillä virran määrä olisi hajotanut mittarin sulakkeen. Alle 5 A:n virtamäärissä sekä yleismittari että ACS758 olivat tarkkuudeltaan lähes identtiset.

### 4.3 Ohjelmointi

ADG42:seen on sisällytetty kaikki tärkeimmät kirjastot Linux Debianista. C-kielen kääntäjänä toimi GNU GCC Compiler. Se on vapaa ohjelmisto, jota on usein hyödynnetty myös kaupallisten kehitysympäristöjen kanssa (8.). Itse koodin kirjoitin nano-tekstieditorilla suoraan laitteen muistiin. Koodaus oli erittäin haastavaa ja opettavaista. Laiteläheinen ohjelmointityö vaati paljon testausta ja mikrokontrollerin speksien selvitystä Offcode oy:n kanssa. Laitteessa on oma käsykantakirjasto `adgio`, jonka avulla ohjattiin tulo- ja menoliittimien toimintaa.

```
adgio "5V_ref 1"
```

Edellä olevalla komennolla pystyi asettamaan 5 V lähtöjännitteen pinnan "1"-tilaan eli ylös suoraan terminaalissa. Laitteen datalehti lupaa jännitteen tarkkuudeksi 2 %, eli  $\pm 10$  mV. Mittasin Fluken yleismittarilla moneen otteeseen pinnan jännitteen ja tulos oli aina 5 V. C-koodissa tämä hoitui seuraavasti:

```
system ("adgio 5V_ref 1");
```

Ohjelman kääntäminen tapahtui komennolla "gcc", mikä aktivoi Linux Debianin C-kääntäjän.

```
gcc -ladgio -lpthread koodi.c -o koodi -Wall
```

Kääntämisvaiheessa kirjastot adgio ja pthread piti sisällyttää mukaan ylläolevalla tavalla. Komennolla "-o" luodaan "koodi.c"-tiedostosta toimiva ohjelma nimeltä "koodi". Lopussa oleva "-Wall" näyttää virheilmoitukset ja varoitukset kääntämisen yhteydessä.

```
nro_of_samples++;
```

```
time_diff = test_time - average_time;
```

```
if (time_diff > 60) {
```

```
float temp = 0; for (i = 0; i < nro_of_samples; i++){
```

```
temp = temp + amp_values[i];
```

```
}
```

```
average_over_time = temp / nro_of_samples;
```

Ylläolevalla if-lauseella laskettiin 60 sekunnin välein keskiarvo "average\_over\_time". Muuttuja "temp" oli väliaikainen muistipaikka, johon tallennettiin 60 sekunnin aikana kaikki virranmittausarvot "amp\_values[i]"-taulusta.

Oletukseksi päätin, että ohjelma käsittelee 6000 näytettä minuutissa. Tämä oli riittävä määrä laskea myös keskiarvo.

```
float *amp_values;
```

```
amp_values = (float*)malloc(sizeof(float)*6000);
```

Sulautetun järjestelmän ohjelmointi vaati paljon itsenäistä selvittelyä, josta sainkin paljon hyvää kokemusta. Erilaisia toteutustapoja löytyi ja otin käyttöön esimerkiksi virran mittauksessa keskiarvon laskemisen. Tällä tavalla hetkittäiset virtapiikit eliminoituisivat pois ja tavoitteena ollut seurantadata olisi pidemmällä

seurannalla hyvä. Tieto tallennettiin aikaleimalla varustettuna laitteen muistiin – .txt muotoon, josta sen voisi viedä eteenpäin käsiteltäväksi.

Suurimpana ongelmana oli saada riittävä tarkkuus anturin lukemiin. Tasavirtamittauksen testit antoivat hieman vaihtelevia lukemia lähellä maksimiarvoja, joten päätin ottaa anturista tietyn määrän näytteitä ja laskea määrästä keskiarvoa. Virranmittauksen tulosten perusteella piti selvittää akkujen varaustaso. Antureiden avulla mitattiin virran kulku laturista akkuihin ja akuista vaihtosuuntaajan läpi kuormaan.

Anturina käytin aluksi ACS748-versiota, jossa virrankesto oli 100 A (9). Ensimmäisissä testimittauksissa huomasin saman, mikä havaittiin puhelimen kanssa toteutetussa testimittauksessa. Akkujen varaustaso oli lähes maksimissa ja anturi mittasi lyhytkestoisia pulssipiikkejä virran kulussa laturista akkuihin. Maksimiarvot olivat 60 A:n luokkaa, mutta pääsääntöisesti arvot olivat alle 5 A. Tämän anturin sensitiivisyys oli 20 mV / A ja käyttöjännite oli sama 5 V kuin aiemmin. Koska ADG:n A/D-muunnin oli 12-bittinen, yhden bitin muutos käyttöjännitteessä oli  $2^{12}$  eli 1/4096. Jännitteenä tämä tarkoitti 0,00122 V / bitti. Saadakseni paremman kuvan virrankulusta latausvaiheessa piti akkujen varaustasoa purkaa.

Kahden anturin yhtäaikaista mittausta tutkiessani päätin kokeilla hoitaa mitausta säikeiden avulla. Pthread-kirjaston avulla C-kielessä pystyi hoitamaan pääohjelmasta (main) erillään, mutta samanaikaisesti tärkeää datan käsittelyä. Pidin silti loop-rakenteen mukana, koska mittauksen piti olla jatkuvaa.

```
struct data {  
  
    int nro_of_samples;  
  
    int target;  
  
};  
  
void* loop(void *data) {
```

```
struct data thread_data = *((struct data*)data);

int nro_of_samples = 0; // lasketaan samplet per loop
```

```
float uvolt;
```

```
float volt;
```

```
float amp;
```

```
float volt_diff;
```

Struct eli tietue "data" kannatti esitellä ennen main-funktiota, sillä näin tyyppi oli käytössä koodin joka osassa. Koodin tärkein muuttuja oli "uvolt", joka oli suoraan virta-antureilta tullutta jännite-erotietoa. ADG42 otti 80–100 näytettä sekunnissa. Koska mikrokontrollerissa oli rajallinen määrä muistia käytössä, pelkän minuutin välein otettavan keskiarvon kerääminen talteen oli mielestäni riittävä. Akkuihin saapuvan virran (target 1 ja ad1) ja akuista lähtevän virran (target 2 ja ad2) säikeet toimivat samanaikaisesti ja tulokset näkyivät reaaliaikaisesti konsolissa.

```
if (thread_data.target==1) {
```

```
    printf("ad1: %3.2fV ad1: %fV ad1: %3.3fA\n", volt, volt_diff, amp);
```

```
}
```

```
if (thread_data.target==2) {
```

```
    printf("ad2: %3.2fV ad2: %fV ad2: %3.3fA\n", volt, volt_diff, amp);
```

```
}
```

Riittävän tarkkuuden sain käyttämällä float-tyypin liukulukuja muuttujissa. Selkeyden vuoksi laitoin ulospäin menevän virran arvoksi negatiivisen, jotta datan lukeminen jälkeinpäin olisi helpompaa. Tämä tapahtui kytkemällä anturiin menevät napajohdot toisinpäin. Minuutin välein koodi laski molempien säikeiden keskiarvon, josta näki selkeästi virran määrän. Reaaliaikaisessa lukemisessa

arvot vaihtelivat johtuen akkujen varaustilasta. Lähellä akkujen kapasiteettimaksimia laturi pystyi antamaan noin 15 A:n virtaa. Akkujen ollessa lähes tyhjiä laturi antoi hetkittäin yli 50 A:n virtaa. Tämä oli odotettavissa, sillä akut pyrkivät vastustamaan virran tuloa sitä mukaa, kun ne lähestyivät maksimikapasiteettiin.

#### 4.4 Hybridijärjestelmä

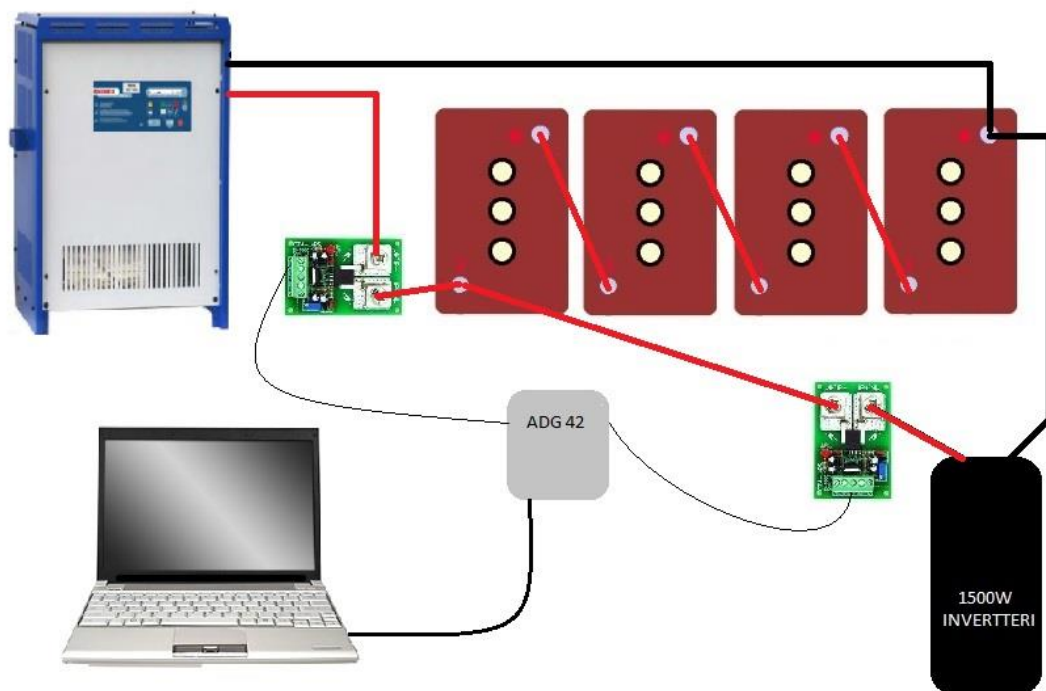
Generaattori oli 2200 W:n Hyundai HY2000SEi (kuva 7). Kone tuottaa 230 V / 240 V:n vaihtojännitettä ja 12 V:n tasajännitettä. Generaattorissa oli kolme käynnistystapaa: mekaaninen käynnistys vetämällä, starttaaminen avaimella laitteen käynnistyspaneelista tai kauko-ohjainkäynnistys, joka oli tarkoitettu liittämään mikrokontrollerin hallintaan. 12 V:n paristolla toimivassa ohjaimessa oli käynnistys- ja sammutusnapit ja sen kantomatka oli noin 10 metriä. Painoa generaattorilla oli kuivana 27 kilogrammaa.



*KUVA 7. Generaattori.*

Vaihtosuuntaajana eli invertterinä oli DoPowerin GYPS 1,5 kW. Laite muuntaa akuista tulevan 24 V:n tasajännitteen 230 V:n vaihtojännitteeksi. Toimintaperiaate on tuttu hakkureista. Huonona puolena invertterissä on se, että häviöt lisääntyvät. Hyötysuhteeksi laite lupaa yli 85 %.

Akkulatureita oli alkuun kahta eri mallia; molemmat olivat Hawker-merkkisiä ja samoin ominaisuuksin varustettuja. 230 V:n vaihtojännite muunnetaan 24 V:iin ja 60 A:iin. Nämä olivat sopivat arvot akkujen lataamista varten. Erona laitteissa oli koko ja nopeus. Kevyempi keltainen malli oli huomattavasti sirompi ja liikutel- tavissa helpommin paikasta toiseen. Painavampi sininen laite on tarkoitettu py- syvään kohteeseen ja sen etuna oli nopeampi lataaminen. Ongelmana näissä molemmissa oli, että ne aloittivat akkujen latauksen heti, kun varaustaso oli alle 80 %. Tämä ei olisi ollut energiatehokas eikä myöskään akkujen kannalta kes- tävä ratkaisu. Akkujen oli määrä alkaa latautua vasta, kun varaustaso olisi 60 %. Kuitenkaan järjestelmä ei ollut aikakriittinen latauksen suhteen. Latureissa oli ominaisuutena ylläpitävä lataus, mikä huomattiin mittauksissakin. Vaikka akut olivat lähes täynnä, laturi antoi aina välillä virtapulsseja pitääkseen akut täy- dessä varaustilassa. Kuvassa 8 näkyy kytkentä, jolla mittaus toteutettiin.



KUVA 8. Järjestelmän periaatekuva.

Mittauksissa oli tärkeintä saada anturit lähelle latureita ja kuormaa, jotta tulokset olisivat mahdollisimman totuudenmukaisia. Antureiden sijoituspaikaksi määräytyi kiinnitysten vuoksi akkunavat (sisääntuleva virta) ja invertterin tulopäät (poislähtevä virta). Ylläolevassa kuvassa vasemman yläkulman 60 A:n laturi sai kokeiden aikana käyttövirtansa suoraan verkkovirrasta. Järjestelmä oli mahdollista kytkeä myös suoraan polttoaineella toimivaan generaattoriin.

Mikrokontrolleri ADG42 luki kahta anturia ja vei arvot tietokoneen konsoliin. Kuvasta poiketen anturilta ADG42:seen kulki kolme johdinta; 5 V:n käyttöjännite, maa ja datasiinaali. Akut olivat kytketty sarjaan. Invertteri muutti 24 V:n järjestelmän tasavirran vaihtovirraksi, jolloin siihen pystyi kytkemään normaaleja sähkölaitteita kuten esimerkiksi vedenkeittimen tai radion. Kuvassa 9 ovat molemmat testissä käytetyt laturit.





KUVA 9. Akkulaturit. Vasemmalla kevyempi malli, oikealla raskaampi ja nopeampi malli.

Akut olivat 6 V:n Trojan Battery Company:n T-105 Bayonet Deep Cycle huoltovapaita lyijyakkuja. Paino yhdelle yksilölle oli 28 kg ja 5:n tunnin jaksolla kapasiteetti oli 185 A. (Liite 2.) Akkujen arvoitu kestoikä oli noin 1000 latausta normaalikäytöllä (mikäli akkujen varaustaso ei laske alle 50 %:n). Hybridiratkaisussa akkujen kapasiteettia pyrittiin tarkkailemaan koko ajan. Jos akut menettäisivät kaiken varauksensa, systeemi ei toimisi oletetulla tavalla. Jatkuva lataaminen, purkaminen ja akkujen huoltovapaus vaikuttivat syväpurkausakkujen valintaan. Empiirisessä testissä myös invertteri huomasi akkujen varaustilan alhaisuuden ja katkaisi virran kulun kuormaan.

Akkujen napajännitettä mitattaessa arvot olivat vaihtelevia. Tämän perusteella tehdyt johtopäätökset eivät olleet kovin merkittäviä, koska kuorman ollessa kiinni akuissa arvot olivat maksimiarvojen yli. Akkujen piti antaa levätä

useamman tunnin, ennen kuin jännitearvot olisivat totuudenmukaisia. Kuvasta 10 nähdään 24 V:n akkupatteriston jännitemäärä suhteessa varaukseen:

Varaus	Jännite / U	Ominaispaino / g/cm <sup>3</sup>
100 %	25,46	1,277
90 %	25,24	1,258
80 %	25	1,238
70 %	24,74	1,217
60 %	24,48	1,195
50 %	24,2	1,172
40 %	23,92	1,148
30 %	23,62	1,124
20 %	23,32	1,098
10 %	23,02	1,073

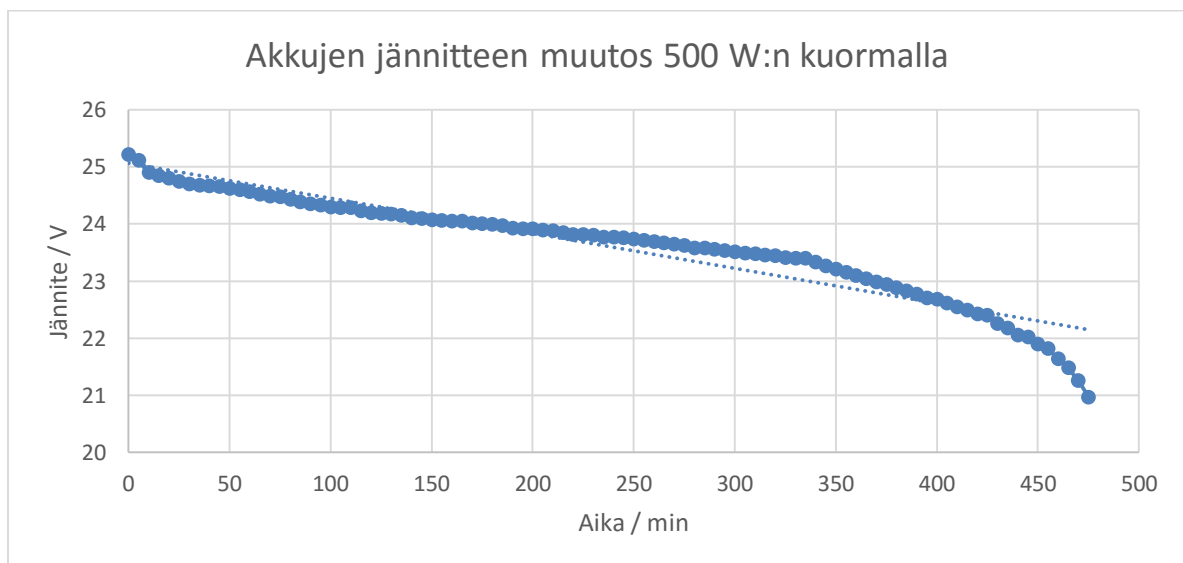
*KUVA 10. Akun teoreettinen prosentuaalinen varaus ja ominaispaino suhteessa akkujen napajännitteeseen levossa.*

#### 4.4.1 Akkujen purku ja tulokset

Purin akkuja 500 W:n tehoisella tasaisella kuormalla. Kuorman koko tuli valittua sopivasti, koska yleisesti pidetään 500 W:n päivittäistä energiantarvetta riittävänä. (10. s. 14.) Erillinen mittari näytti tehoksi 486 W, joten virranmittaustulosten perusteella pystyin vahvistamaan tulokset oikeiksi. Melkein kahdeksan tunnin tasaisen purkamisen aikana minuutin virtakeskiarvot olivat hyvin tasaista 20 A:n luokkaa. Virran keskiarvo laskettiin minuutin välein jakamalla kokonaisvirta näytteidenottomäärällä. Akkujen yhteisjännite oli 24 V, joten tehonlaskentakaavalla  $P = U * I$  tulos oli noin 480 W. Mittasin myös viiden minuutin välein akkujen napajännitettä. Menetelmän tarkoitus oli havainnoida, millä nopeudella jännite tippui kuormaan kytkettynä. Oikea menetelmä olisi ollut antaa akkujen levätä ilman kuormaa yli tunnin, mutta siihen ei jatkuvakäyttöisessä systeemissä ollut mahdollisuutta.

Testi käynnistettiin, kun akkujen SOC oli 100 %. Akkujen lepojännite oli 25,51 V. Ensimmäisten kolmenkymmenen minuutin aikana jännite laski 0,1 V / minuutti. Tämän jälkeen jännitteen lasku hidastui, mikä näkyy myös kuvaajassa. Testin 50 minuutista 220 minuuttiin jännitteen pieneneminen seurasi trendisuuraa aika hyvin. 330 minuutin kohdalla jännite alkoi laskea jyrkemmin ja lopullinen syöksy tapahtui 450 minuutin kohdalla.

Invertterin sisäänrakennettu anturi ilmoitti merkkiäänellä, kun akkujen jännite oli liian pieni kuorman tarpeeseen. Aikaa tähän rajapyykin saavuttamiseen meni 475 minuuttia. Annoin akkujen levätä puoli tuntia ja ilman kuormaa napajännite oli 23,14 V. Ominaispainomittauksessa tyhjät akut antoivat arvoksi 1,122 g/cm<sup>3</sup>. Tästä pystyin päättelemään, että kuorman kanssa ei jännitteen mittaamisella ole kuin havainnollistava merkitys. Areometrillä tapahtunut ominaispainomittaus oli luotettava tapa saada staattisen systeemin varaustila selville. Kuvassa 11 olevasta kuvaajasta näkyy jännitteen väheneminen ajan kasvaessa.

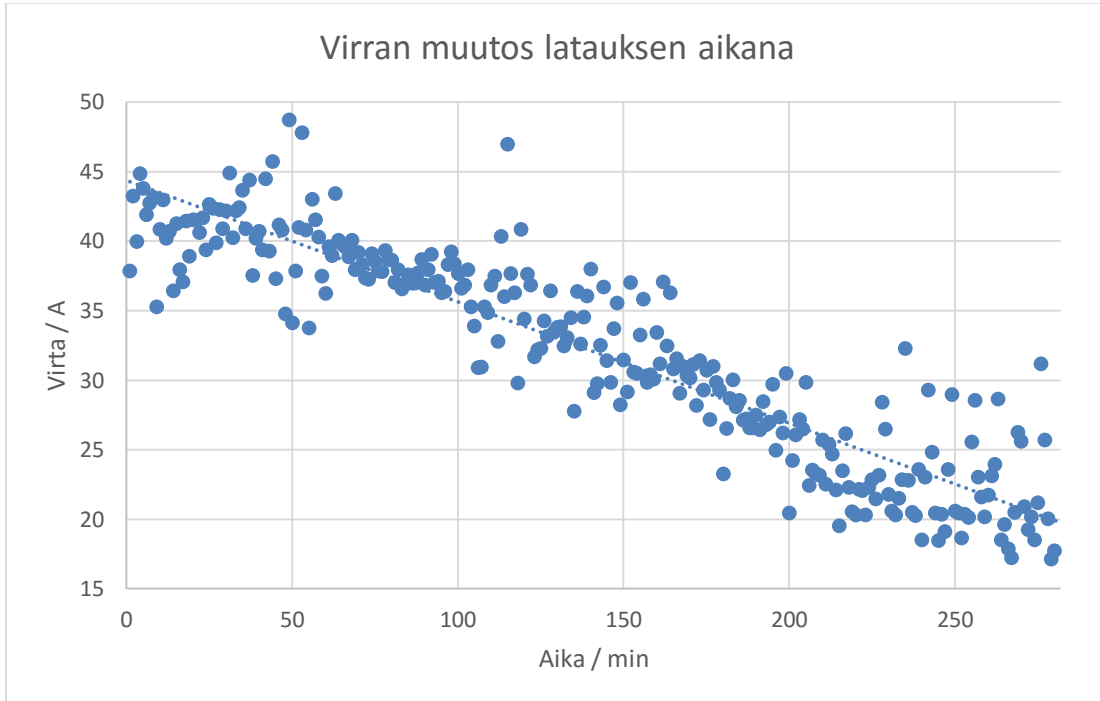


KUVA 11. Jännitteen muutos purettaessa suhteessa aikaan.

#### 4.4.2 Akkujen lataus ja tulokset

Seuraavaksi halusin tietää, kauanko menee aikaa akkujen lataamiseen. Lepojännite akkujen navoissa oli 23,07 V. Akut olivat levänneet yön yli eli noin 9

tuntia. Kun akkuja alettiin ladata, jännite kohosi 25,5 V:iin. Laturista tullut virtamäärä oli pysyi alussa noin 40 A:n tasolla lukuunottamatta muutamia virtapiikkejä mittauksen aikana. Oletuksena oli, että lataus olisi puolet nopeampi kuin purkaminen, koska virran määrä oli aika tarkalleen puolet suurempi latausvaiheessa kuin purettaessa. Kuvassa 12 näkyy latausvaiheessa olleen akuston virransaanti.

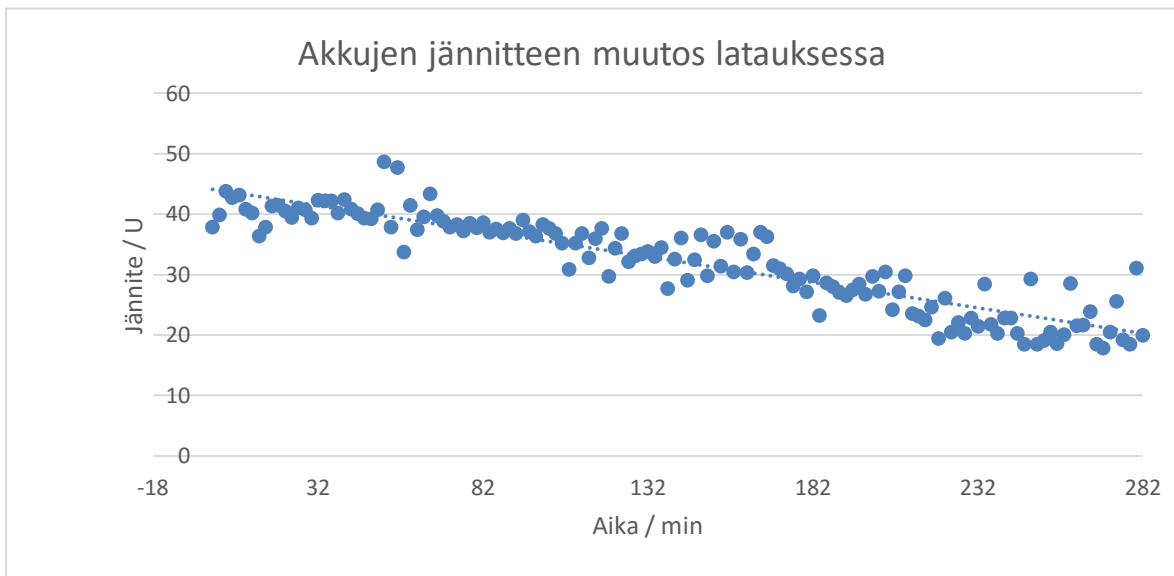


*KUVA 12. Virran muutos latausvaiheessa.*

Vajaan kahden tunnin lataamisen jälkeen havaitsin latausvirrassa selkeää pienenemistä. Latausvirta asettui noin 30 A:n tasolle. Akkujen napajännitteen ja kapasiteetin kasvaessa virran sisäänmeno ”vaikeutuu”, joten tämä pudotus oli odotettavissa. Vajaan neljän tunnin lataamisen jälkeen Hawker MotionLine 24V/60A alkoi ilmoitella, että akut ovat lähellä maksimikapasiteettia. Akkunapojen jännite oli noussut yli 30 V:iin ja sisäänmenevä virta laskenut 20 A:n tasolle. Virransyöttö muuttui pulssimaiseksi, mistä merkkinä näkyi laturissa palanut latauspulssi-merkkivalo. Tämä esti akkujen ylilatautumisen. Lataus kesti 282 minuuttia, joka oli noin 50 minuuttia yli arvioidun ajan. Testin aikana selvisi, että loppuvaiheessa latausta kapasiteetin kasvatus muuttuu hitaammaksi.

Mainittakoon, että molemmissa testeissä akuista vapautui vetykaasua, mikä oli normaalia lyijyhappoakuille.

Akkujen sykli eli purku-latauskierron on olennainen osa akkujen tehokkuuden ja kunnan seuranta. Akkujen kesto mitataan sykleissä. Satojen syklien käytön jälkeen lyijyakkujen maksimikapasiteetti pienenee ja näin ollen myös syklin pituus lyhenee. Akkujen käyttöön loppuvaiheessa maksimikapasiteetti on enää 80 % maksimikapasiteetista. Kuvasta 13 näkyy jännitteen pieneneminen ajan kuluessa.



*KUVA 13. Jännitteen muutos latausvaiheessa.*

Lisäksi lämpötilalla olisi suuri vaikutus itse suorituskykyyn. Ääriolosuhteissa akku menettää toimintakykyään, esimerkiksi alhaisissa lämpötiloissa akkujen sisäinen vastus eli resistanssi kasvaa ja akkujen varaustila heikkenee. Korkeissa lämpötiloissa päinvastaisesti resistanssi pienenee ja akut voivat syttyä palamaan ja sulaa. Optimilämpötilana akkujen käyttöympäristössä pidetään +25 °C:ta. Asteen muutos lämpötilassa vaikutti 0,005 V akun jännitteeseen joko laskevana tai nostavana, kuten aiemmin lämpötiloista esitin.

## 5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia, soveltuisiko ADG42 hybridigeneraattorin ohjainyksiköksi. Työn laajuus oli opinnäytetyöksi suuri ja toteutuksessa piti tehdä kompromisseja. Olennainen osa, ulkoinen näyttö jäi ADG42-mikrokontrolleriin vielä tässä vaiheessa liittämättä, mutta jatkossa sen liittäminen kokonaisratkaisuun on mahdollista. Erilaisten antureiden liittäminen ja koodin sovittaminen niiden spekseihin vei aikaa. Vaikka mitattavat virtamäärät olivat suuria, anturit ja mikrokontrolleri toimivat hyvin koko työn ajan. Testien perusteella ADG42 soveltuu hyvin tarkkuutta ja nopeutta vaativiin mittauksiin sulautetuissa järjestelmissä.

Uusien toteutustapojen suunnittelu oli pääpainona koko työni ajan. Tutkin jo olemassa olevia patenteja akkujen varauksen määrittelystä virran ja jännitteen avulla. Ohjelmoinnissa käytetty tapa hoitaa antureiden mittaukset omissa säikeissään oli järkevä ratkaisu. Mikrokontrollerin muistiin talletettu .txt-tiedosto ei vienyt liikaa tilaa muutettuani koodin kirjoittamaan vain minuutin välein luetut keskiarvot. Tilattavien komponenttien kanssa oli pieniä toimitusongelmia, mutta oululainen Akkutalo Esko Markuksela oli suurena apuna laitehankinnoissa. Mikrokontrollerin ominaisuuksiin tutustuin antureiden ja ohjelmoinnin kautta. Paljon jäi vielä laitteen ominaisuuksista testaamatta, esimerkiksi sovitukset pilvipalveluihin.

Opinnäytetyössäni opin sulautetun järjestelmän suunnittelun, testaamisen sekä kokoamisen. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja työskentelin sen parissa itsenäisesti. Materiaalit hankittiin omien toiveiden mukaan ja suunnittelussa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaiseen ratkaisuun. Työhöni varaama aika ei riittänyt jokaisen toiveen täyttämiseen, mutta tuloksista on jatkoon kannalta hyötyä jatkokehittämissä Fineria Energyn toimesta. Tämän työn tärkein kohde oli virran mittaaminen. Tiedon kerääminen onnistui hyvin ja antaa mahdollisuuden kehittää ratkaisua pidemmälle.

## LÄHTEET

1. Tiwari, Ritesh 2016. Nigeria, 6 Major Diesel Generator Markets to Grow 19,7%. Press Release Nigeria. Saatavissa: <http://pressrelease-nigeria.com/nigeria-6-other-major-diesel-generator-markets-to-grow-19-7/>. Hakupäivä 24.5.2016.
2. Africa Energy Outlook, A focus on energy prospects in Sub-Saharan Africa. International Energy Agency IEA 2014. Saatavissa: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo2\\_014\\_africaenergyoutlook.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo2_014_africaenergyoutlook.pdf). Hakupäivä 15.5.2016.
3. Awodipe, Tobi – Godwin, Ann 2015. When powerless Government Banned Powerful Generator. The Guardian. Saatavissa: <http://guardian.ng/sunday-magazine/when-powerless-government-banned-powerful-generator/>. Hakupäivä 24.5.2016.
4. Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications. 1997. IEEE Std 485-1997. Saatavissa: <http://www.pantechengr.com/Assets/White-Papers/cell%20sizing.pdf>. Hakupäivä 25.5.2016.
5. Allegro Microsystems 2012. ACS712 Datasheet. Saatavissa: <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx>. Hakupäivä 25.5.2016.
6. Wilson, Jon S. 2004. Sensor Technology Handbook. United States of America: Elsevier.
7. Chang, Wen-Yeau 2013. The State of Charge Estimating Methods of Battery: A Review. Hindawi. International Scholarly Research Notices. Saatavissa: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/953792/>. Hakupäivä 1.6.2016.

8. GCC, Gnu Compiler Collection 2016. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/GCC>. Hakupäivä 30.5.2016.
9. Allegro Microsystems 2015. ACS758xCB Datasheet. Saatavissa: [www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS758-Datasheet.ashx](http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS758-Datasheet.ashx). Hakupäivä 31.5.2016.
10. Jain, A. – Ray, S. – Ganesan, K. – Aklin, M. – Cheng, C.-Y. – Urpelainen J. 2015. Access to Clean Cooking Energy and Electricity. Council on Energy, Environment and Water (CEEW), India. Saatavissa: <http://ceew.in/pdf/CEEW-ACCESS-Report-29Sep15.pdf>. Hakupäivä 21.6.2016.



## **LIITTEET**

Liite 1 D-1085 virta-anturi

Liite 2 Trojan T-105 akku

# CZH-LABS Electronics-Salon

**Model: D-1085 series**

**50A / 100A / 150A Current Sensor Module**

**Based on ACS758 Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC**



### Features:

- The item of current sensor module provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing. Typical applications include motor control, load detection and management, power supply and DC-to-DC converter control, inverter control, and overcurrent fault detection.
- Optimized current range 50A, 100A or 150A version to choose.
- Output voltage proportional to AC or DC currents.
- Panel mount or DIN rail mount types to choose. DIN rail mount version can support width 35 / 32 / 15mm rails.

### Electrical Parameters:

- Load Maximum Current:  $\pm 50A$ ,  $\pm 100A$  or  $\pm 150A$  three version.
  - Load Frequency Bandwidth: DC ~ 120 kHz.
  - Isolation Voltage: 4800V AC.
  - Sensitivity: 50A version ---- 40mV/A.  
100A version ---- 20mV/A.  
150A version ---- 13.3mV/A.
  - Operating Voltage: **Regulated 5VDC**, or 8 ~ 35VDC.
  - Operating Current: 20mA(max).
  - Load No Current Output Terminal Voltage: 2.5VDC. \*
- \* When the load current IP+ to IP-, sensing output voltage >2.5V. when the load current IP- to IP+, sensing output voltage <2.5V.  
For example 100A version: 100A current from IP+ to IP-, output signal is 4.5V. 100A current from IP- to IP+, output signal is 0.5V.
- [Other more detailed electrical specifications, you can read Allegro AC3758 datasheet.](#)

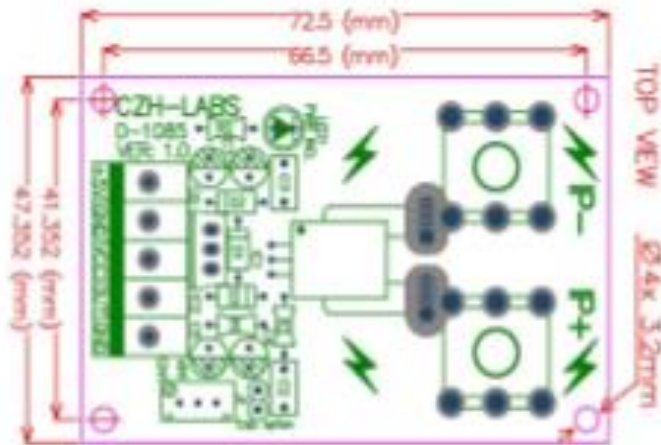
### Size:

- Panel mount version: 72.5 x 47.35 x 24mm (L x W x H)
- DIN rail mount version: 83 x 50 x 48mm (L x W x H)

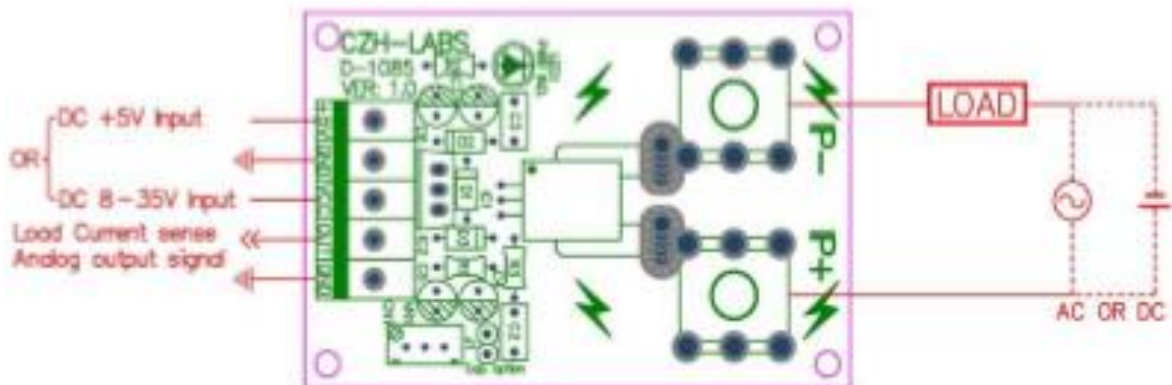
### Choose Version List:

1. MD-D1085/50A, panel mount, maximum  $\pm 50A$  current.
2. MD-D1085/100A, panel mount, maximum  $\pm 100A$  current.
3. MD-D1085/150A, panel mount, maximum  $\pm 150A$  current.
4. MD-D1085T/50A, DIN rail mount, maximum  $\pm 50A$  current.
5. MD-D1085T/100A, DIN rail mount, maximum  $\pm 100A$  current.
6. MD-D1085T/150A, DIN rail mount, maximum  $\pm 150A$  current.

**PCB Dimension:**



**Terminal Blocks Connection Diagram:**



IP+, IP- : connect load.

OUT : sensing signal output.

VCC : Operating voltage power supply Input, 8 ~ 35VDC.

Note: If use the mode, +5V terminal cannot connect any other circuit or wires.

+5V : Operating voltage power supply Input, 5VDC, the 5VDC must be accurate and regulated voltage.

Note: If use the mode, VCC terminal cannot connect any other circuit or wires.

GND: two GND is output signal and power supply neutral terminal, or you can call it is 0V or Ground. but the connection to the earth is not necessary.

**Terminal Block Characteristic:**

Wire range 26-12AWG

Strip length 7mm

Screws M2.5

**Load Terminal (IP+, IP-):**

M6 Screws, thread diameter 6mm, you can connect Metric M6 or USA 1/4 (Inside diameter) ring crimp terminal.

Note, the item not include ring crimp terminal.



## DATA SHEET

T-105

**MODEL** T-105 with Bayonet Cap  
**VOLTAGE** 6  
**MATERIAL** Polypropylene  
**DIMENSIONS** Inches (mm)  
**BATTERY** Deep-Cycle Flooded/Wet Lead-Acid Battery  
**COLOR** Maroon  
**WATERING** HydroLink™ Watering System



## PRODUCT + PHYSICAL SPECIFICATIONS

BO Group Size	Type	Terminal Type <sup>6</sup>	Dimensions <sup>7</sup> Inches (mm)			Weight Lbs. (kg)
			Length	Width	Height <sup>8</sup>	
GC2	T-105	1, 2, 3, 4	10.30 (262)	7.13 (181)	11.15 (283)	62 (28)

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Cranking Performance		Capacity <sup>4</sup> Minutes		Capacity <sup>5</sup> Amp-Hours (AH)				Energy (kWh)	Internal Resistance (mΩ)	Short Circuit Current (amps)
CCA <sup>3</sup> @ 0°F (-18°C)	CA <sup>3</sup> @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 75 Amps	5-Hr	10-Hr	20-Hr	100-Hr	100-Hr	—	—
—	—	447	115	185	207	225	250	1.50		

## CHARGING INSTRUCTIONS

Charger Voltage Settings (at 77°F/25°C)					
System Voltage	6V	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge	7.4	14.8	29.6	44.5	59.3
Float Charge	6.7	13.5	27.0	40.5	54.0
Equalize Charge	8.1	16.2	32.4	48.6	64.8

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

## CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

Add	Subtract
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

## OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

## STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

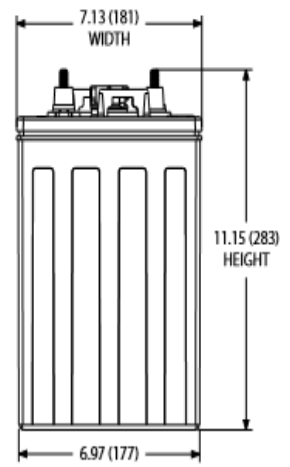
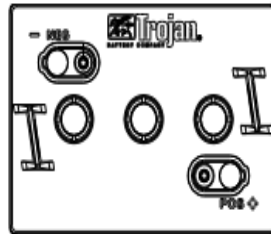
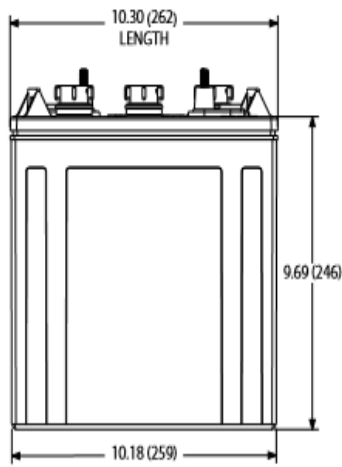
Percentage Charge	Specific Gravity	Cell	6 Volt
100	1.277	2.122	6.37
90	1.258	2.103	6.31
80	1.238	2.083	6.25
70	1.217	2.062	6.19
60	1.195	2.040	6.12
50	1.172	2.017	6.05
40	1.148	1.993	5.98
30	1.124	1.969	5.91
20	1.098	1.943	5.83
10	1.073	1.918	5.75



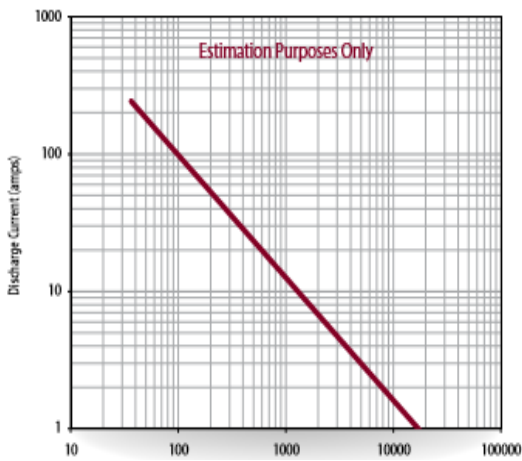
Designed in compliance with applicable BCL, DIN, BS and IEC standards.  
Tested in compliance to BCI and IEC standards.



**BATTERY DIMENSIONS** (shown with EHPT)



**TROJAN T-105 PERFORMANCE**



**PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE**

