

Akkujen testausympäristö

Ixonos Finland Oy

Eetu Lahti

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012

Elektroniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) LAHTI, Eetu	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 26.04.2012
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Akkujen testausympäristö		
Koulutusohjelma Elektroniikka		
Työn ohjaaja(t) Kotkansalo, Jouko		
Toimeksiantaja(t) Ixonos Finland Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli uudistaa Ixonos Finland Oy:n akkujen testausympäristö. Akkujen testausympäristön pääasiallisena vaatimuksena oli, että sillä kyettiin testaamaan mobiililaitteisiin tarkoitettujen akkujen kykyä lataantua, purkaantua sekä kykyä säilyttää toimivuutensa erilaisten purku- ja lataussykliä jälkeen. Yrityksessä päädyttiin valmiin akkutesterin hankintaan, jonka asennus, konfigurointi ja käyttöönotto kuului opinnäytetyöhöni.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin erityyppisten uudelleen ladattavien akkujen historiaan sekä tutustuttiin nykyaikaisten mobiililaitteiden erilaisiin akkutyyppisiin. Opinnäytetyössä selvitettiin erityyppisten akkujen oikeanlaiset lataus- ja purkumenetelmät. Työssä ohjeistetaan testausympäristön käyttöönotto, eri mittausmenetelmien käyttö sekä mittausdatan analysointi.</p> <p>Uusi testausympäristö korvasi yrityksen vanhan ympäristön. Ympäristöllä suoritettavat mittaukset ja niistä saadut tulokset olivat odotuksia vastaavat.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Akku, Akkujen testaus, Litium		
Muut tiedot		



Author(s) LAHTI, Eetu	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 26042012
	Pages 45	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title SYSTEM ENVIRONMENT FOR BATTERY TEST		
Degree Programme Electronics engineering		
Tutor(s) Kotkansalo, Jouko		
Assigned by Ixonos Finland Oy		
Abstract: <p>The purpose of this thesis was to renew the system environment for battery test at Ixonos Finland inc.. The main requirement for the battery test systems was that it had to be able to test the capabilities of the batteries of a mobile device to charge , discharge and maintain their functionality after different kinds of charge and discharge cycles. The company decided to buy a new battery test system the set up, configuration and introduction of which were the parts of my thesis.</p> <p>The thesis goes through the history of rechargeable batteries and introduces all battery types of modern mobile device types. The charge and discharge methods for the different types of batteries were also studied. The thesis guides how to set up the environment, how to use the different measurement types and how to analyze measurement results.</p> <p>The new battery test system replaced the old system in the company. The accomplished tests and the measurement results were just what the company was expecting.</p>		
Keywords Battery, Battery test system, Lithium		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	ASIAKASVAATIMUKSET.....	5
1.1	Testausympäristö	5
1.2	Mitattavat akkutyypit	6
1.3	Tarvittavat lisälaitteet.....	7
2	MOBIILIAKKUTYYPIT	7
2.1	Yleisiä käsitteitä	7
2.2	Historia.....	8
2.3	Litiumioniakku (Li-ion)	9
2.3.1	Yleistä	9
2.3.2	Valmistus	10
2.3.3	Ominaisuudet	10
2.3.4	Lataaminen	11
2.3.5	Purkaminen	13
2.4	Litiumionipolymeeriakku (Li-Poly).....	13
2.4.1	Valmistus	13
2.4.2	Ominaisuudet	14
2.4.3	Lataaminen ja purkaminen	15
2.5	Nikkeli-kadmiumakku (NiCd)	16
2.5.1	Valmistus	16
2.5.2	Ominaisuudet	16
2.5.3	Lataaminen ja purkaminen	17
2.6	Nikkeli-metallihydridi (NiMH).....	18
2.6.1	Valmistus	18
2.6.2	Ominaisuudet	18

2.6.3	Lataaminen ja purkaminen	19
2.7	Akkujen tulevaisuus	19
3	MITTALAITTEISTO	20
3.1.1	Mittalaitteiston valinta	20
3.1.2	Kokoonpano	21
3.1.3	Ominaisuudet	21
3.2	Käyttöönotto	22
3.3	Käyttöliittymä	22
3.4	Mittauskanavavalikko	25
4	TESTAUSMENETELMÄT	27
4.1	Menetelmien valinta	27
4.2	Vakiovirralla lataaminen (Constant Current Charge)	30
4.3	Vakiojännitteellä lataaminen (Constant Voltage Charge)	31
4.4	Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen (CC CV Charge)	33
4.5	Vakiovirralla purkaminen (Constant Current Discharge)	34
4.6	Vakiokuormalla purkaminen (Constant Resistance Discharge)	35
4.7	Vakioteholla purkaminen (Constant Power Discharge)	36
4.8	Muut menetelmävaihtoehdot	37
4.9	Omat purku- ja latausprofiilit	38
5	MITTAUSDATAN ANALYSOINTI	39
6	POHDINTA	43
	LÄHTEET	45

KUVIOT

KUVIO 1. Erilaisten mobiililaitteiden akkuja.....	6
KUVIO 2. Akun napojen sijoitteluesimerkki.	7
KUVIO 3. Litiumionien liike litiumioniakun purkautuessa ja latautuessa.	9
KUVIO 4. Litiumioniakkujen latausvaiheet.....	12
KUVIO 5. Neware Battery Test system TC53.....	21
KUVIO 6. Ohjelman käynnistyskuvakkeet.	22
KUVIO 7. Käyttöliittymä.....	23
KUVIO 8. Päävalikot.....	23
KUVIO 9. Mittauskanavat.	23
KUVIO 10. Mittauskanavien tilat.....	24
KUVIO 11. Välilehdet.....	24
KUVIO 12. Detail View.....	24
KUVIO 13. Kanavakohtaiset tiedot Detail View'ssä	25
KUVIO 14. Mittauskanavavalikko.	25
KUVIO 15. Mittausvaiheiden valintaikkuna.....	27
KUVIO 16. Mittausmenetelmät.....	28
KUVIO 17. Mittausmenetelmien parametrit.....	28
KUVIO 18. Mittauksen datan tallennus- ja suojatiedot.	29
KUVIO 19. Vakiovirralla lataaminen	30
KUVIO 20. Suojaparametrit Li-ion-akuille.	31
KUVIO 21. Vakiojännittellä lataaminen.....	32
KUVIO 22. Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen.	33
KUVIO 23. Vakiovirralla purkaminen.....	34
KUVIO 24. Vakio kuormalla purkaminen.....	35
KUVIO 25. Vakioteholla purkaminen.....	36
KUVIO 26. Muut menetelmävaihtoehdot.	37
KUVIO 27. Omat purku- ja latausprofiilit.	38
KUVIO 28. BTSDA-ohjelman käyttöliittymä.....	40
KUVIO 29. Graafinen kuvaaja.	41
KUVIO 30. Mittausdatapalsta.....	42

KUVIO 31. Mittausdatan tallentaminen .txt ja Excel-tiedostoksi.....	43
---	----

1 ASIAKASVAATIMUKSET

1.1 Testausympäristö

Opinnäytetön aiheena oli akkujen testausympäristön käyttöönotto ja sen käyttöohjeen tekeminen. Aiheeni tuli Ixonos Finland Oy:ltä, jolla oli tarve uudistaa heidän akkujen testausympäristönsä. Heillä oli myös halu tutkia, toisiko uusi ympäristö kenties joitain uusia palveluita yritykselle, joita se voisi myös tarjota asiakkailleen.

Akkujen testausympäristön pääasiallisena vaatimuksena on, että sillä kyetään testaamaan mobiililaitteisiin tarkoitettujen akkujen (ks. Kuvio 1.) kykyä latautua sekä kykyä säilyttää toimivuutensa erilaisten purku- ja lataussykliä jälkeen.

Vanhan testausympäristön ominaisuuksiin kuuluvat vakiojännitelataus, vakiovirtalataus, staattinen purku ja pulssitettu purku.

Uuden ympäristön mahdolliset testausmenetelmät ovat vakiovirralla lataaminen, vakiojännitteellä lataaminen, vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen, vakiovirralla purkaminen, vakiokuormalla purkaminen, vakioteholla purkaminen sekä itsemääritetyt lataus- ja/tai purkuprofiilit.

Tavoitteena oli saada uusi ympäristö korvaamaan vanha sekä mahdollisesti tuoda joitain uusia palveluita toimeksiantajalle. Opinnäytetyössä pyrittiin selventämään, kuinka testausympäristöllä voidaan testata akuista valmistajan spesifikaatioita vastaavat asiat ja kuinka ympäristöllä tehdään täysin uudenlaisia mittauksia, mikäli tulevaisuudessa tähän on tarvetta.



KUVIO 1. Erialaisten mobiililaitteiden akkuja. Yläriivi: Nokia Lumia 900 Li-ion 1450 mAh, Samsung Galaxy Note Li-ion 5000 mAh, Apple iPhone 4s Li-Poly 1432 mAh. Alarivi: Siemens Ni-MH 700 mAh, Apple the new iPad (2012) Li-Poly 11560 mAh.

1.2 Mitattavat akkutyypit

Tänä päivänä mobiililaitteissa käytössä olevat akut ovat pääasiassa lithiumpohjaisia akkuja, vanhemmista laitteista saattaa kuitenkin vielä löytyä myös nikkelpohjaisia akkuja. Asiakasryityksen akut ovat litiumpohjaisia, mutta on hyvä olla optio myös tarvittaessa testata myös muun tyyppisiä akkuja. Litiumakkujen jännite on tyypillisesti 3,2 V-3,7 V ja kapasiteetti vaihtelee 100 mAh-15000 mAh. Fyysisiltä mitoiltaan akut vaihtelevat suuresti, mutta mobiililaitteiden trendinä oleva jatkuvasti pienentyvä koko rajoittaa ainakin akun fyysisen koon kasvamista merkittävästi.

1.3 Tarvittavat lisälaitteet

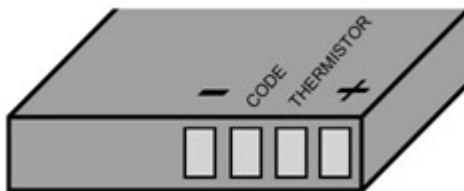
Akkutesteri sisältää jokaiselle kahdeksalle testauskanavalle universaalit mittakaapelit, joihin on kahdet hauenleukaliittimet. Toimeksiantoon liittyy yrityksen tarve saada nopeasti kytkettävä universaali akkuasema, johon saa liitettyä eri kokoisia ja napaisuudeltaan erilaisia akkuja vaivattomasti.

2 MOBIILIAKKUTYYPIT

Mobiililaitteiden akut ovat nykypäivänä litiumpohjaisia akkuja. Litiumpohjaisten akkujen valmistus on helppoa ja tehokasta, koska litium on metalleista kevein ja omaa erittäin korkean sähkökemiallisen potentiaalin. Joissakin vanhemmissa kannettavissa laitteissa on käytössä nikkelipohjaisia akkuja.

2.1 Yleisiä käsitteitä

Akkujen liittimissä on napoja yleensä kolme tai neljä. Positiivinen plus-napa, negatiivinen miinus-napa ja akusta riippuen kolminapaisessa akussa yksi napa on lämpötilan tarkkailuun ja nelinapaisessa akussa yksi lisänapa on datalinjana. Positiivinen napa sijaitsee yleensä akun ulkoreunassa ja negatiivinen keskemmällä akkua. Kuviosta 3 näkee erään vaihtehdon akun napojen sijoitteluun.



KUVIO 2. Akun napojen sijoitteluesimerkki. (Battery University. 2010c.)

1700-luvun lopulla Charles-Augustin de Coulomb totesi, että akkuun joka vastaanottaa latauksessa yhden ampeerin (1 A) virtaa menee sisään yhden coulombin (1 C) verran latausta jokainen sekunti. Kymmenessä sekunnissa akkuun menee siis latausta kymmenen coulombia. Purkautuessa käytetään samaa ilmoitustapaa käänteisesti. Nykypäivänä akkuuotannossa käytetään C-arvoa ilmoittamaan akun lataus- ja purkuvirtoja. (Battery University. 2010e.)

Jos akulle ilmoitetaan esimerkiksi 1 C purkuarvoksi tarkoittaa se, että purettaessa 1000 mAh akku 1 C arvolla (1000 mA:n virralla) akun tulisi tuottaa 1000 mA virran yhden tunnin ajan. Samalla 1000 mAh kapasiteetilla varustettu akku tuottaisi purettaessa 0,5 C:llä (500 mA:n virralla) 500 mA virran kahden tunnin ajan. 2 C:llä (2000 mA:n virralla) purettaessa aika olisi puoli tuntia ja virta 2000 mA. Ilmaisuu 1 C voi toisella merkityksellään tarkoittaa tunnin purkuaikaa, 0,5 C kahden tunnin purkuaikaa ja 2 C puolen tunnin purkuaikaa, ottaen tietenkin huomioon akun kapasiteetin. Esimerkiksi 2530 mAh akulle 0,5 C:n purkuaika tarkoittaisi purkamista sitä 1265 mA:n virralla, tällöin akun purkaminen tyhjäksi kestää 2 tuntia.

2.2 Historia

Uudelleen ladattavat akut keksittiin todistettavasti 1800-luvun lopulla. Vuonna 1859 ranskalainen fyysikko Gaston Planté keksi ensimmäisen uudelleen ladattavan lyijy-akun. Sen toiminta perustuu samaan mekanismiin, joka on käytössä vielä tänäkin päivänä lyijyakuissa. (Battery University. 2010f.)

Vuonna 1899 ruotsalainen Waldmar Jungner keksi uuden nikkeli-kadmium-akun (NiCd). Se käytti nikkeliä positiivisena elektrodina (katodina) ja kadmiumia negatiivisena (anodina). Kuitenkin kyseisen akun valmistus oli kallista ja täten rajoitti akkujen valmistusta, kunnes kaksi vuotta myöhemmin Thomas Edison kehitti akkua ja korvasi kadmiumin raudalla. Tällöin valmistus oli helpompaa ja halvempaa. Rauta ominaisuuksillaan teki kuitenkin akuista pienenergisiä, vähensi merkittävästi akun suorituskykyä kylmässä ja lisäksi akut purkautuivat nopeasti itsestään. Vasta vuonna

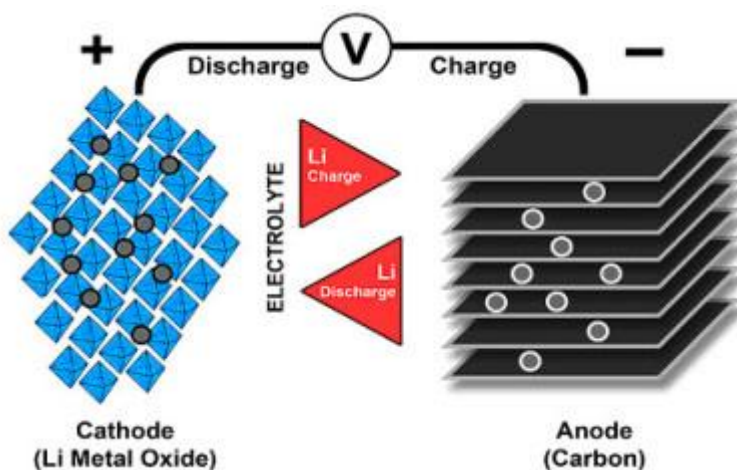
1932 Shlecht ja Ackermann saavuttivat korkeammat kuormitusvirrat ja pidemmän käyttöiän NiCd-akuille keksimällä sintratun napalevyn. Georg Neumann onnistui valmistamaan ensimmäisen suljetun akkukennon vuonna 1947. (Battery University. 2010f.)

Vuosia NiCd-akut olivat ainoita uudelleen ladattavia akkuja kannettaville ja mukana liikkuville laitteille. 1990-luvulla Euroopan ympäristöasiantuntijat alkoivat huolestumaan nikkeli-kadmium-akkujen ympäristön saastuttamisesta etenkin silloin, kun niiden hävittäminen ei tapahtunut oikeaoppisesti. NiCd-akkujen valmistus vaihdettiin valmistusmääräysten tiukentuessa ympäristöystävällisempään nikkelimetallihydridi-akkuun (NiMH). Uuden tyyppisen akun ajateltiin olevan ponnahduslautana kestävämmälle litiumioniakulle (Li-ion) . (Battery University. 2010f.)

2.3 Litiumioniakku (Li-ion)

2.3.1 Yleistä

”Litiumioniakku on akku, jossa litiumioni liikkuu anodin ja katodin välillä. Litiumioni liikkuu akun purkautuessa anodista katodiin ja ladattaessa katodista anodiin.” (Litiumioniakku 2012). Kuvio 3 esittää litiumionien liikkeen.



KUVIO 3. Litiumionien liike litiumioniakun purkautuessa ja latautuessa. (Battery University. 2010a.)

2.3.2 Valmistus

Metalleista kevyimmästä, litiumista, valmistetaan tämän hetken kulutuselektroniikkatuotteiden akuista suurin osa. Litiumilla on suurin sähkökemiallinen jännite ja täten suuri energiatiheys. Luonnossa litium on epävakaata. 1980-luvulla kehitetyt litiummetallirakenteiset akut olivat vaarallisia eikä niitä voitu turvallisuussyistä ottaa kaupalliseen käyttöön. (Akku. 2012.)

Akun kehittäminen jatkui kohti vakaampaa litium-ioniakkua, joka oli huomattavasti turvallisempi kunhan lataus, purkaminen ja akun käyttö suoritettiin oikein. Ensimmäisenä Li-ion-akun sai markkinoille Sony vuonna 1991. Akun positiivinen elektrodi (katodi) on usein valmistettu litiumoksidista ja negatiivinen (anodi) grafiitista tai muusta hiilipohjaisesta aineesta. Elektrolyyttinä akussa voi toimia esimerkiksi etyleenikarbonaatti. (Akku. 2012.)

Akun perusominaisuudet kuten jännite, kapasiteetti, käyttöikä ja turvallisuus riippuvat paljolti akun kemiallisista aineista. Materiaalivalinnat voivat siis dramaattisesti muuttaa akun ominaisuuksia ja tehdä siitä jopa vaarallisen. (Akku. 2012.)

2.3.3 Ominaisuudet

Litium-ioni-kennon nimellisjännite on huomattavasti korkeampi kuin muun tyyppisillä akuilla: 3,2 V-3,7 V. Korkean kennojännitteen vuoksi Li-ion-akuista voi tehdä yksi kennoisia, kun taas nikkeliakuissa saadakse yhta korkean jännitteen akku tulee rakentaa kolmesta sarjaankytketystä 1,2 V:n kennosta. NiCd akkuun verrattuna Li-ion-akun kapasiteetti sen painoon nähden on kaksinkertainen, NiMH-akkuun verrattuna Li-ion-akun virranantokyky on huomasti parempi. Pakkasessa akut eivät eroa käyttäytymiseltään toisistaan, kaikki menettävät tehoaan, mutta parhaiten kylmissä olosuhteissa toimii NiCd akku. (Akku. 2012.)

Li-ion-akkuja on ainakin kolmea eri tyyppiä, kun luokittelee ne negatiivisen elektrodin mukaan: litium-ioni, litium-ioni-polymeeri, litium-rautafosfaatti. Ominaisuudet vaih-

televat vain hieman tyypin mukaan. Litium-rautafosfaattiakkuihin törmää lähinnä sähköautoteollisuudessa. (Akku. 2012.)

Li-ion-akun ikä on rajallinen, ja sen itsestään purkaantumisen nopeus on noin 5 % kuukaudessa. Tämä tarkoittaa, että akku tyhjenee, vaikka sitä ei käytettäisikään lainkaan. Osittain tämä johtuu valmistuksesta, sillä valmistusprosessissa ole saavutettu täysin 0 %:n kosteuden omaavaa ympäristöä. Li-ion-akun raaka-aineet ovat arkoja kosteudelle tämän vuoksi akut alkavatkin ikääntyä jo heti valmistuttuaan. (Akku. 2012.)

Li-ion-akut poikkeavat muista akkutyypeistä hyvällä tavalla myös sen takia, että niissä ei esiinny muisti-ilmiötä. Muisti-ilmiö tarkoittaa sitä, kun akku oppii toimimaan sen käytön mukaan vain jollain pienellä kapasiteettivälillä. Esimerkiksi jos NiCd-akkua puretaan jatkuvasti samanmääräisesti eikä pureta välillä kokonaan tyhjäksi, sen sähkönvarauskyky eli kapasiteetti madaltuu käytettyyn purkausmäärään. Li-ion-akkuja voikin tämän vuoksi ladata ja purkaa aikaväliltään täysin epäsäännöllisesti eikä akku kärsi siitä. (Akku. 2012.)

2.3.4 Lataaminen

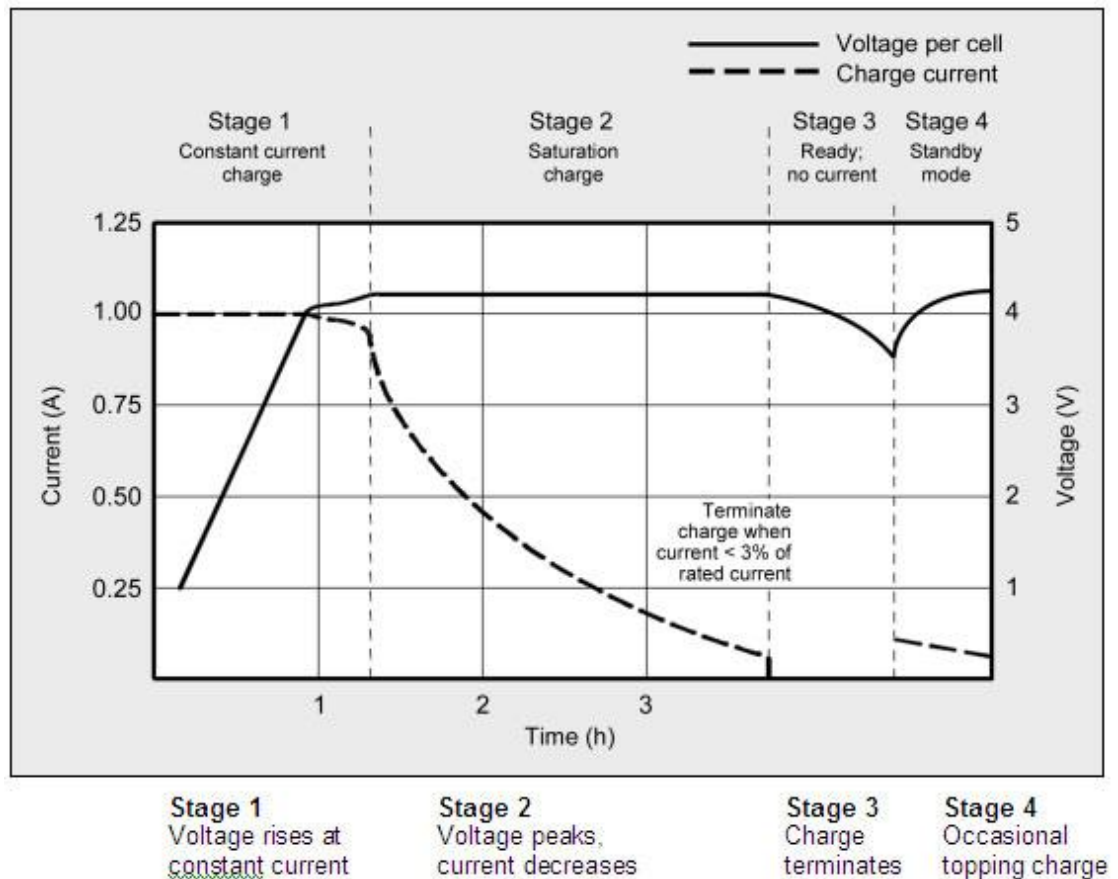
Li-ion-akkujen lataus on tarkkaan määritelty, sillä ne eivät siedä ylilatausta. Ylilataaminen johtaa litiumionien muuttumiseen epävakaksi, jolloin ne alkavat kehittää akun sisälle lämpöä ja painetta. Ylilataantuessa litiumionit alkavat muuttua metalliksi, ja tämä aiheuttaa räjähdysvaaran, koska litiummetalli reagoi hapen kanssa voimakkaasti. Yliladattu li-ion-akku voi räjähtää leimahtaen tuleen.

Tämän takia on tärkeä noudattaa annettuja latausjännitteitä ja -virtoja. (Akku. 2012.)

Useissa akuissa on sisäänrakennettu akunhallintajärjestelmä (BMS, Battery management system), joka katkaisee sähkösyötön akkuun, mikäli se havaitsee yli- tai alijännitettä tai huomattavaa kuumenemista. Tämän tulisi estää suurin osa akun väärinkäytöistä. Silti akkuä käsittelyssä tulee olla aina huolellinen. (Akku. 2012.)

Akkujen, joiden kennojännite on 3,7 V, latausjännite tulee olla tasan 4,2 V ja akkujen, joissa kennojännite on 3,6 V, tulee latausjännitteen olla tasan 4,1 V. Jo 1 %:n latausjännitteen ylittäminen voi laukaista litiumionien muuttumisen metalliksi ja aiheuttaa akun tuhoutumisen. (Battery University. 2010a.)

Litium-ioniakkujen lataaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa akkua ladataan vakiovirralla, kunnes akun jännite on saavuttanut nimellisjännitteen. Nimellisjännitteen saavutettuaan akkua ladataan toisessa vaiheessa vakiojännitteellä, kunnes akun latausvirta on noin 3 % akun nimellisvirrasta. Kuvio 5 esittää lataustilanteen. (Battery University. 2010a.)



KUVIO 4. Litiumioniakkujen latausvaiheet. Ensimmäisessä vaiheessa ladattaessa vakiovirralla jännite nousee. Toisessa vaiheessa jännite saavuttaa huippunsa ja virta alkaa laskea kohti 3 %:n nimellisvirtaa, jolloin lataus tulee lopettaa. Täydessä akussa kennojännite on latausjännitteen suuruinen ja virta lähes nolla. Jotkut laturit alkavat taas ladata akkua uudelleen, kun sen jännite putoaa 4.05 V:iin ns. Stand by -tilassa (vaiheet 3 ja 4). (Battery University. 2010a.)

2.3.5 Purkaminen

Li-ion-akkuja ei saisi koskaan purkaa liian tyhjiksi, ja niissä onkin sisäinen suojauspiiri, joka pyrkii estämään ylityhjenemisen. Suojauspiirin järjestelmä pysäyttää akun toiminnan yleensä, kun akun kennojännite putoaa 3.0 V/kenno. Jos kuitenkin akku pääsee tyhjenemään lisää noin 2.7 V/kenno, turvajärjestelmä laittaa akun nukkumistilaan. Akun syväpurkautuessa ja nukahtaessa sitä ei enää saa ladattua tavallisilla lataureilla, vaan siihen tarvitaan erityinen teholaturi tai akkuboosteri. Syväpurkautuessaan li-ion-akut menettävät suurimman osan kapasiteetistaan. (Battery University. 2010a.)

Akkuja varastoitaessa akkuihin tulisi jättää osittainen lataus, jotta ne eivät pääse purkaantumaan aivan tyhjiksi. Akkuvalmistajat toimittavat akut usein 40 %:n latauksella. Tämä ehkäisee akun ikääntymiseen liittyvää rasiutusta. Minimoidakseen akkujen turhan virrankulun suojauspiirille edistyneisiin li-ion-akkuihin on laitettu ominaisuus, jolla saa poistettua suojauspiirin käytöstä, kunnes akku saa ensimmäisen lyhyen latauksen tai purkauksen. Tämän jälkeen akku jatkaa toimintaansa aivan normaalisti eikä sitä saa enää palautettua ennalta määrättyyn unitilaan. (Battery University. 2010a.)

Jos akku on ollut tyhjentyneenä alle 1,5 V:n jännitteeseen yli viikon mittaisen ajan sitä ei saa enää yrittää ladata. Akun kemialliset osat ovat voineet tuhoutua tai mennä oikosulkuun, jolloin lataaminen tai purkaminen voi aiheuttaa ei-toivottuja tuloksia. (Battery University. 2010a.)

2.4 Litiumionipolymeeriakku (Li-Poly)

2.4.1 Valmistus

Litiumionipolymeeriakut ovat teknologialtaan kehittyneet li-ion-akuista. Erona on, että litiumelektrolyytit eivät ole enää orgaanisessa liuottimessa vaan kiinteässä polymeerikomposiitissa. Tällaisia ovat esimerkiksi polyetyleenioksidi tai polyakryylinitrii-

liä. Nimilyhenteitä kyseiselle akkutyypille on käytössä useampi: Li-Poly, Li-Pol, LiPo ja LIP.(Lithium-ion polymer battery. 2012.)

Li-ion-akkuihin verrattuna Li-Poly-akut ovat halvempi valmistaa, niitä voidaan muotoilla erittäin ohueksi ja eri muotoiseksi, kun taas li-ion-akut vaativat aina ympärilleen kovan suojakotelon. Nämä parannetut ominaisuudet voivat tehdä Li-Poly-akuista Li-ion-akkujen täydellisen korvaajan, koska käyttäjä ei huomaa toiminnassa eroa. Ainoastaan hyödyt ovat selkeästi havaittavissa, sillä tuotteista saadaan halvempia, entistä pienempiä ja yhä kevyempiä. Litium-ioni-polymeeri-akkuja alkoi ilmestyä kuluttajatuotteisiin vuonna 1995. (Lithium-ion polymer battery. 2012.)

2.4.2 Ominaisuudet

Li-Poly-akut ovat ominaisuuksiltaan samankaltaisia li-ion-akkujen kanssa. Niiden kennojännite on tyhjänä 2.7 V/kenno ja täytenä 4.23 V/kenno. Kehityksen alkuvaiheilla Li-Poly-akut kärsivät korkeasta sisäresistanssista, toisena ongelma olivat akkujen pidemmät latausajat ja hitaampi maksimipurkaus. 2007 Toshiba julkaisi kuitenkin uuden tekniikan, jolla latausajat pienenevät merkittäväst (5 minuutin latauksella saavutettiin 90 %:n varaustaso). Tämä kehitys nosti Li-Poly-akkujen suosiota markkinoilla. Kehitys on viime vuosina myös kasvattanut maksimi purkuvirtoja jopa 90 kertaisiksi siitä mitä ne ensimmäisissä versioissa olivat. Akkujen lataus-purku syklimäärää on saatu kasvatettua jopa 10,000 sykliin, ennen kuin akun kapasiteetti putoaa 80 %:iin nimelliskapasiteetista. (Lithium-ion polymer battery. 2012.)

Houkuttelevimpana ominaisuutena valmistajat ovat huomanneet olevan mahdollisuus muokata akku lähes mihin muotoon tahansa. Tällöin asiakkaan ei tarvitse sovitaa tuotettaan akkua varten, vaan akku voidaan valmistaa tuotteen vaatimuksien mukaan. Lisäksi akuista saadaan tehtyä todella kevyitä, jolloin esim. radio-ohjattujen lentolaitteiden lentoonlähöpaino ei kasva merkittävästi akun kapasiteetin kasvaessa. (Lithium-ion polymer battery. 2012.)

Li-Poly-akut ovat vakuuttaneet suuret valmistajat maailmalla sillä Li-Poly-akkuja löytyy mm. uusimmista Applen MacBook-, iPod-, iPad- ja iPhone tuotteista, Amazonin Kindle laitteesta, Garminin GPS-laitteista, Sonyn PlayStation 3 langattomista ohjaimista yms. Tulevaisuudessa on mahdollista, että Li-Poly-akut antaisivat virran myös suurelle osalle maailman sähköautoista. (Lithium-ion polymer battery. 2012.)

2.4.3 Lataaminen ja purkaminen

Lataaminen ja purkaminen tapahtuu täysin samalla tavalla kahdessa vaiheessa kuin Li-ion-akuilla.

Latauksessa on oltava huolellinen asettaessa latausjännitettä ja latausvirtaa. Alkuun akku ladataan vakiovirralla, kunnes kaikkien kennojen jännite on 4,2 V. Sen jälkeen latausta jatketaan vakiojännitteellä vähentäen latausvirtaa kunnes akun latausvirta on enää pieni osuus nimellisvirrasta, noin 2-3 %. Tällöin akku on saavuttanut 100-prosenttisen latauksen.

Kuormalla purkaessa Li-Poly-akkuja ei saisi purkaa niin, että kennojännite laskee alle 3,0 V/kenno. Muuten akku saattaa menettää osan kapasiteetistaan eikä suostu lataamaan itseään enää täysin täyteen. Tämän jälkeen akun kyky pitää jännitettä varauksen alla huononee merkittävästi.

Li-Poly-akkuja varastoitaessa ne eivät menetä juuri ollenkaan lataustaan edes kahden kuukauden aikana. Kuitenkin mikäli akkuja halutaan varastoida pidempään, valmistajat suosittelevat akkujen varastoimista 50 %:n varauksella täyden varauksen sijaan. Tämä lisää akun käyttöikä. (Lithium-ion polymer battery. 2012.)

2.5 Nikkeli-kadmiumakku (NiCd)

2.5.1 Valmistus

NiCd-akkujen katodi on valmistettu kadmiumista ja elektroninikkelihydroksidista. Elektrolyyttinä toimii kaliumhydroksidiliuos. NiCd-ovat vanhimpia markkinoilla olevia uudelleenladattavia akkuja, mutta nekin ovat kehittyneet. Kapasiteettia on saatu kasvatettua ja muisti-ilmiötä on pystytty vähentämään. (Akku 2012.)

”Syksystä 2009 alkaen EU:n alueella direktiivin 2006/66/EY mukaan NiCd-akkuja ei ole saanut käyttää kuluttajatuotteissa. Käyttö on sallittua vai erikseen ilmoitetuissa käyttötarkoituksissa, koska kadmium (Cd) on ympäristölle ja ihmisille erittäin vaarallinen myrkky.” (Akku 2012.)

2.5.2 Ominaisuudet

NiCd-kennojen nimellisjännite on 1,2 V.

NiCd-akkujen omaavat pitkän iän, suuren virranantokyvyn ja pienen sisäisen resistanssin. Akkuja voidaan kuormittaa jopa kymmenkertaisella virralla nimellisvirtaan nähden, eli akkua voidaan purkaa 10 C:llä (esimerkiksi 1,0 Ah:n akkua 10 A:n virralla). Tämän vuoksi NiCd-akkuja on perinteisesti käytetty suuria virtoja vaativissa kannettavissa laitteissa, esimerkiksi porakoneissa. (Nickel-cadmium battery. 2012.)

NiCd-akut kestävät muita akkutyyppisiä paremmin väärin käyttöä kuten ylilatausta ja syväpurkausta. Akku ei juurikaan vahingoitu, vaikka sitä lataisi täyteen ja purkaisi aivan tyhjäksi useita satoja kertoja. (Nickel-cadmium battery. 2012.)

Kuitenkin NiCd-akut kärsivät muisti-ilmiöstä, mikäli akkua ladataan ja puretaan täysin samalla tapaa vajaan jatkuvasti useita kertoja peräkkäin. Tällöin akku näyttäisi tyhjentävän äkkinäisesti saavuttaessaan totutun varauksen alarajan. Muisti-ilmiön saa

ikään kuin nollattua, kun akun syväpurkaa ja lataa taas täyteen. (Nickel-cadmium battery. 2012.)

2.5.3 Lataaminen ja purkaminen

Nikkelipohjaisten akkujen lataus tapahtuu vain yhdessä vaiheessa vakiojännitteellä, joka tulee olla sama kuin akun nimellisjännite. Virtaa akkuun tulee syöttää pikalatauksessa ainakin akun kapasiteetin verran eli 1 C. Hidaslatauksessa käytetään 0.1 C:n latausta, tällöin yhden tyhjän kennon latausaika täyteen kestää noin 14 h.

NiCd-akuissa ei ole uutena täyttä kapasiteettia, koska niiden itsepurkaus on suuri, n. 10 % kuukaudessa. Ensimmäisen tyhjästä täyteen latauskerran kesto onkin yleensä 24 tuntia, jotta akku saataisiin mahdollisimman lähelle täyttä kapasiteettia. Hidaslatauksella varmistetaan myös, että monikennoisen akun kaikki kennot latautuvat saman verran, kennot voivat olla purkautuneet aivan eri tahtiin. Täyden kapasiteetin saamiseen yleensä menee 2-3 lataus- ja purkukertaa. Tämä on tuttua vanhoista matkapuhelimista, jolloin akku täytyi ensimmäisillä käyttökerroilla ladata täyteen ja purkaa aivan tyhjäksi muutaman kerran, jotta akun kesto saatiin mahdollisimman pitkäksi.

Akun latauksessa täyden latauksen tunnistamisessa käytetään kahta eri tekniikkaa: lämpötilan seurantaa ja jännitteen seurantaa. Lämpötilan seuranta on vanhempi tekniikka ja usein epätarkkuutensa vuoksi aiheuttaa turhaa ylilataantumista ja vähentää näin akun ikää. Lämpötila mitataan akun pinnasta, joka on aina hieman viileämpi kuin akun ydin. Tällöin akun todellinen lämpötila on korkeampi kuin mitattu, ja ylikuumentuminen aiheuttaa akulle haittaa. Latauksen lopettamislämpötilana usein pidetään 50°C:n lämpötilaa, vaikkakin altistuminen yli 45°C:n lämmölle pidemmän aikaa vahingoittaa akkua. (Battery University. 2010b)

Jännitteen seurannassa akkua ladattaessa 0.5 C:llä ja sitä suuremmilla virroilla napajännitteen notkahtaessa alaspäin (noin 10 mV/kenno), voidaan todeta akun olevan täysi. Pienemmillä virroilla, käyttäessä hidaslatausta, jännitteen notkahdusta on vai-

kea havaita. NiCd-akku voi ladata pikalatauksella tunnin ajan 5-45°C:n lämpötilassa. Akku voi ladata alhaisemmissakin lämpötiloissa, mutta tällöin akkuun alkaa kehittyä kaasuja, jotka nostavat painetta akun sisällä. Kylmemmissä olosuhteissa olisikin suositeltavaa käyttää hidaslatausta, jolloin täyteen latausajan tulisi olla 10 tunnin luokkaa, tällöin vältytään kaasuilta. Kuumemmissä olosuhteissa (yli +45°C) ladattaessa akku ei saavuta täyttä varausta. (Battery University. 2010b)

NiCd-akkuja varastoitaessa ne säilyvät parhaiten kun ne on purettu aivan tyhjiksi. Pitkän varastoinnin aikana akkuja on hyvä ladata ja purkaa silloin tällöin. Parhaiten akut säilyvät kuivassa ja viileässä ympäristössä.

2.6 Nikkeli-metallihydridi (NiMH)

2.6.1 Valmistus

NiMH-akut ovat samantyyppisiä nikkelpohjaisia akkuja kuin NiCd-akut. Erona on, että katodina niissä on käytetty metallihydridia elektrolyytin ollessa kaliumhydroksidia.

2.6.2 Ominaisuudet

Kennojännite on sama kuin NiCd-akuilla eli 1,2 V/kenno. Kuitenkin kapasiteetti on suurempi kuin NiCd-akuilla. NiMH-akkujen kestoikä on lyhyempi ja muisti-ilmiötäkin esiintyy jonkin verran.

Heikkouksina mainittakoon NiMH-akkujen matalampi virranantokyky verrattuna NiCd-akkuihin sekä myöskin suuri itsepurkaus, 20 % kuukaudessa. Kylmissä olosuhteissa NiMH-akku on huonompi kuin NiCd-akku. (Battery University. 2010b)

2.6.3 Lataaminen ja purkaminen

NiMH-akku lämpiää ladattaessa ja se latautuu hitaammin kuin NiCd-akku. Vähimmäis latausaikana pidetään yhtä tuntia.

Akun ikään vaikuttaa merkittävästi kuinka usein ja kuinka tyhjäksi akku puretaan. NiMH-akkuja kannattaa ladata ennenkuin ne pääsevät kokonaan tyhjäksi, tämä pidentää käyttöikä. Muisti-ilmiö kuitenkin vaatii että akku puretaan ajoittain kokonaan tyhjäksi.

Latauslämpötiloissa on syytä noudattaa samoja ohjeita kun ladattaessa NiCd-akkuja. Sama pätee myös varastoinnissa, NiMH akut säilyvät parhaiten kokonaan tyhjinä.

2.7 Akkujen tulevaisuus

Tarkastellaan ensin kuinka paljon akkutekniikka on kehittynyt viimeisen 150 vuoden aikana? Muihin elektroniikan ja tekniikan alan tuotteisiin verrattuna todella vähän, vertaa vaikka puhelimen kehitystä lankapuhelimesta mobiilitietokoneeksi. Akut ovat vieläkin kehitystä katsoessa suhteellisen isoja, painavia ja niiden käyttöikä on lyhyt. Akkusähkö on kallista, mitä pienempi akku sitä kalliimpi hinta yhdelle watille tulee. Siltikin ihmiskunta on riippuvainen akuista yhä lisääntyvien kannettavien laitteiden sähköistäjinä. (Battery University. 2010d)

Tahti jolla kannettavuus ja mobiililaitteiden kehitys etenee riippuu todella paljon akkujen kehittymisestä. Tästä kertoo se, että insinöörit suunnittelevat erilaisia mobiililaitteita uusien akkutyypien ympärille eikä toisin päin. Joka kerta kun akkuihin saadaan pienikin kehitys tehtyä parempaan suuntaan, aukeaa ovia uusille laitteille ja keksinnöille, joissa voidaan hyödyntää uusinta tekniikkaa. (Battery University. 2010d)

Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että erilaiset lithiumpohjaiset akkutyypit ovat myös tulevaisuudessa suosituimpia akkuja. Litiumin pohjaisia kehitteillä olevia akkuja ovat mm. Litium-ilma (Li-Air), Litium-metalli (Li-metal) ja Litium-rikki (Li-S). (Battery University. 2010d)

Lisäksi lukuisia uusia vaihtoehtoisia akkuratkaisuja on jatkuvasti kehitteillä ja yksi lupaavimmista on polttokennoakut. Ne eivät kuitenkaan ole saavuttaneet vielä sitä tasoa, että niiden teho riittäisi antamaan virran puhelimelle tai tietokoneelle. Tällä hetkellä polttokennoakut ovat hyviä tuottamaan sähköä sovelluksiin, joissa esimerkiksi ladataan akkuja, joilla hoidetaan sitten varsinainen raskas työ. (Battery University. 2010d)

3 MITTALAITTEISTO

3.1.1 Mittalaitteiston valinta

Mittalaitteistoa valittaessa suoritettiin pohjatutkimus markkinoilta löytyviin laitteistoihin sekä kartoitettiin niiden eri käyttömahdollisuudet. Referenssilaitteeksi valittiin markkinoiden kalliimmasta päästä oleva ylivarusteltu laitteisto ja sitten yritettiin karsia vaihtoehtoista mahdollisimman muokattavissa oleva laitteisto, joka ei kuitenkaan ole liian vähäisillä tai liian suurilla ominaisuuksilla varusteltu.

Asiakasyritys päätyi tutkimusten jälkeen Newaren valmistamaan Battery Test system TC53 -laitteistoon (ks. Kuvio 5), joka on hyvin muokattavissa yrityksen tarpeita varten. Laitteisto toimitetaan ilman yrityksen vaatimia mittausrakenteita, näiden tekeminen kuului opinnäytetyön tehtävänantoon. Laitteiston käytön sujuvoittamiseksi yritys halusi myös universaalien akkuadapterien, jonka suunnittelu ja toteutus kuului opinnäytetyöhön. Akkuadapterin tuli olla sopiva sekä mittalaitteistoon kytkettäväksi että eri tyyppisiin akkuihin. Akkuadapteri suunniteltiin niin, että siihen on helppo kytkeä

navoiltaan erityyppisiä akkuja ja adapterin saa kiinni laitteiston mukana tuleviin mittauskaapeleihin.



KUVIO 5. Neware Battery Test system TC53.

3.1.2 Kokoonpano

Akkujen testausympäristö käsittää Newaren Battery Testing System TC53 akkujen testauslaitteiston, Windows 7 käyttöjärjestelmällä varustetun tietokoneen sekä mittalaitteiston mukana tulevan ohjausohjelmiston. Akkujen testauslaitteisto on mahdollista kytkeä tietokoneeseen käyttäen sarjaporttia (serial port R232) tai usb-väylään käyttäen erillistä usb - serial port R232 muunninta.

3.1.3 Ominaisuudet

TC53-laitteistossa on paikat kahdeksalle akulle. Akut on mahdollista kytkeä kiinni testeriin mukana tulleiden mittauskaapeleiden avulla. Akkuja voidaan testata kanavakohtaisesti itsenäisinä yksilöinä tai sitten halutessaan saman testin voi asettaa yhtä aikaa usealle akulle. Mahdolliset testausmenetelmät ovat vakiovirralla lataaminen, vakiojännitteellä lataaminen, vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen, vakiovirralla purkaminen, vakiokuormalla purkaminen, vakioteholla purkaminen sekä itse määritellyt lataus- tai purkuprofiilit. Jänniterajana testattaville akuille on 0-15 V ja lataus-

/purkuvirta 3 A. Tämä kattaa kaikki nykyaikaisissa mobiililaitteissa käytettävät akut. Testerissä on jokaiselle kanavalle oma virta- ja jännitelähde. Tämä takaa laitteiston tarkan toimivuuden kanavakohtaisesti.

3.2 Käyttöönotto

Mittalaitteiston mukana tulee englanninkielinen opas, joka on pdf-muodossa. Opas opastaa, kuinka mittalaitteiston mukana tuleva ohjelmisto asennetaan tietokoneelle. Asentaminen ei eroa mitenkään tavallisen tietokoneohjelman asentamisesta. Asennusohjelma asentaa tietokoneelle kaksi ohjelmaa. BTS-nimisen ohjelman (Battery Testing System, BtsControl.exe), joka on varsinainen mittausohjelma sekä BTSDA-nimisen ohjelman (Battery Testing System data analysis software, BTSDA.exe), joka on mittausdatan tarkasteluun tehty ohjelma (ks. Kuvio 6). Mukana tulevasta oppaasta löytyy myös paljon hyödyllistä tietoa mittalaitteistosta sekä lyhyet ohjeet mittaus-ten tekemisestä. Opas kannattaa lukea ennen käyttöä.

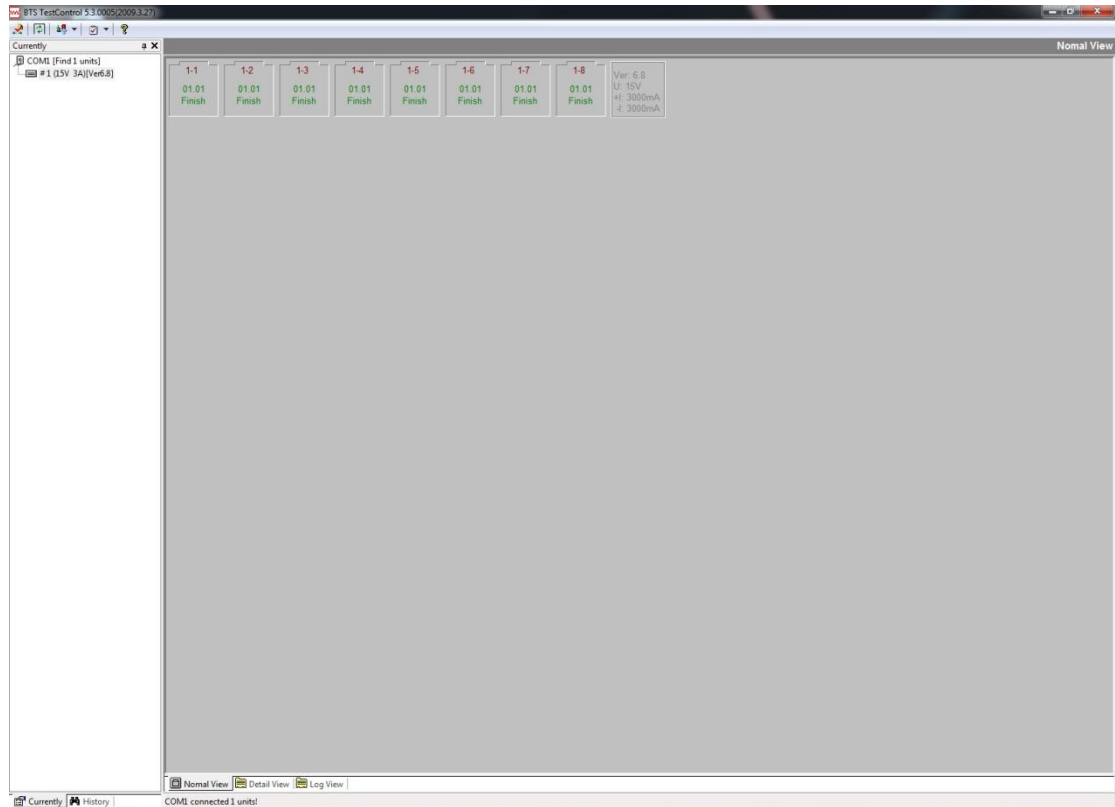


KUVIO 6. Ohjelman käynnistyskuvakkeet. Asennusohjelma luo työpöydälle pikakuvakkeet testiohjelmaan ja analyysiohjelmaan. TC53 on BTS-ohjelman versionumero.

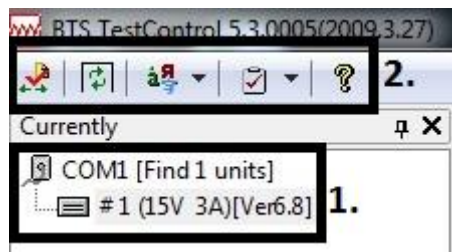
Mittalaitteisto sähköistetään ja kytketään tietokoneen sarjaporttiin mukana tulevilla kaapeleilla, tarvittaessa käytettävä usb – serial port muunninta. Tietokoneelle asennettu ohjelma tunnistaa kytketyn mittalaitteiston.

3.3 Käyttöliittymä

Käyttöliittymän yleisimmät toiminnot on selitetty kuvioiden 7-13 avulla. Mittausohjelman aloituskäyttöliittymä on kuvion 7 mukainen.



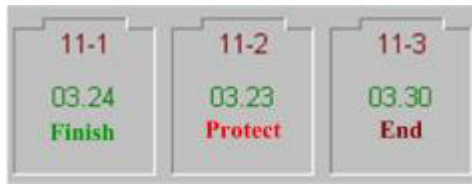
KUVIO 7. Käyttöliittymä



KUVIO 8. Päävalikot sijaitsevat vasemmassa yläaidassa. 1. Näyttää mihin tietokoneen sarjaporttiin mikäkin testauslaite on kytketty. 2. Ylämenu, josta löytyy set, search devices, language, show/hide ja help-painikkeet.

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	Ver: 6.8 U: 15V +I: 3000mA -I: 3000mA
4.200 40.4 2.9	01.01 Finish	01.01 Finish	3.728 700.1 7.6	01.01 Finish	01.01 Finish	01.01 Finish	3.284 -1000.0 2.8	

KUVIO 9. Mittauskanavat. Näkymässä näkyy kaikki mittalaitteen kahdeksan kanavaa, sekä oikealla mittalaitteen tiedot: versio, maksimi jännite, maksimi latausvirta ja maksimi purkuvirta. Kanavakohtaisesti tiedot: yläaidan nuoli alaspäin tarkoittaa lataustapahtumaa (kuvassa kanava 1-1 ja 1-4) ja nuoli ylöspäin purkutapahtumaa (kuvassa kanava 1-8), ylin numero on kanavan numero ja sitä seuraavat, tämän hetkinen jännite, tämän hetkinen virta, kapasiteetin muutos.



KUVIO 10. Mittauskanavien tilat: Mikäli mittausta ei ole kanavassa menossa lukee siinä jokin seuraavista tiloista: **Finish**, mittaus on valmis. **Protect**, mittaus on suojatilassa eli jokin mittaukseen asetetuista turvarajoista on ylitetty. **End**, mittaus on lopetettu kesken.



KUVIO 11. Välilehdet. Vasemmassa alareunassa sijaitsee välilehdet. Vasemmalta oikealle: tämän hetkiset kytketyt mittalaitteet (Currently), Historian selaus (History). Mittausnäkömää välilehdet: Normaalinäkömää (Normal View, KUVIO 7.), Yksityiskohtainen näkömää (Detail View KUVIO 12.) ja tapahtumaloginäkömää (Log View).

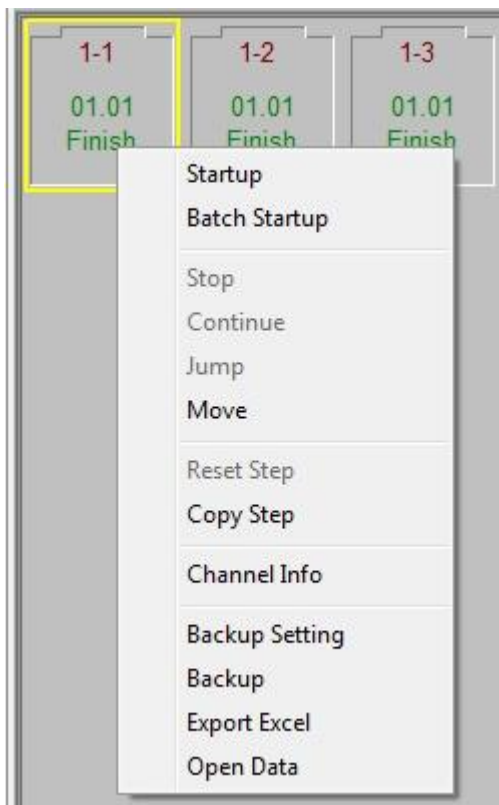
Unit-Ch	Status	Cycle Times	Step Time	Voltage(V)	Current	Capacity	Volt_Rang(V)	Curr_Rang(V)
#001-1	CC_CV_Charge	1	0:03:58	4.200	38.9	3.3	+15	+3000/-3000
#001-2	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-3	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-4	CC_CV_Charge	1	0:01:13	3.791	700.1	14.2	+15	+3000/-3000
#001-5	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-6	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-7	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-8	C_Curr Dischar...	1	0:00:44	3.244	-1000.0	12.2	+15	+3000/-3000

KUVIO 12. Detail View. Yksityiskohtaisessa näkymässä näkyvät kaikki kahdeksan mittauskanavaa ja kanavakohtaiset tiedot.

Unit-Chl	Status	Cycle Times	Step Time	Voltage(V)	Current(...)	Capacity...	Volt_Rang(V)	Curr_Rang(...)
#001-1	CC_CV_Charge	1	0:03:58	4.200	38.9	3.3	+15	+3000/-3000
#001-2	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-3	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-4	CC_CV_Charge	1	0:01:13	3.791	700.1	14.2	+15	+3000/-3000
#001-5	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-6	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-7	Finish	--	--	-----	-----	-----	+15	+3000/-3000
#001-8	C_Curr Dischar...	1	0:00:44	3.244	-1000.0	12.2	+15	+3000/-3000

KUVIO 13. Kanavakohtaiset tiedot Detail View'ssä: kanavanumero, kanavan tila, mitaussyklin numero, mittausaika, jännite, virta, kapasiteetti, mittalaitteen maksimi jännite, mittalaitteen virtarajat.

3.4 Mittauskanavavalikko



KUVIO 14. Mittauskanavavalikko. Valikon saa auki valitsemalla yhden tai useamman mittauskanavan ja sitten painamalla hiiren oikealla näppäimellä jonkun mittauskanavan päällä.

Mittauskanavavalikosta voi valita haluamilleen kanaville tai kanavalle seuraavat toiminnot: **Startup**, **Batch Startup**, **Stop**, **Continue**, **Jump**, **Move**, **Reset Step**, **Copy Step**, **Channel Info**, **Backup Setting**, **Backup**, **Export Excel**, **Open Data**.

Startup käynnistää mittausvaiheet-ikkunan, josta pääsee muokkaamaan mittauksen asetukset (ks. Kuvio 15).

Batch Startup käynnitystä käytetään mitattaessa eriä, muuten sama kuin Startup mutta mittaukseen voi lisätä tiedon mittauserästä.

Stop pysäyttää mittauksen.

Continue jatkaa pysäytettyä tai keskeytynyttä mittausta.

Jump hyppää seuraavaan mittausvaiheeseen joka on valittu kyseiseen mittaukseen.

Move siirtää kyseisen mittauksen toiseen mittauskanavaan, kanava johon mittaus siirretään tulee valita.

Reset Step resatoi kanavan mittauksen ja aloittaa sen alusta.

Copy Step kopioi valitun kanavan mittausvaiheet haluttuun kanavaan. Kanava johon mittaus kopioidaan tulee valita esiin tulevasta valikosta.

Channel Info näyttää valitun kanavan tiedot. Esimerkiksi mitä valitun kanavan käynnissä olevaan mittaukseen kuuluu.

Backup Setting määrittää asetukset kanavan varmuuskopioinnille, mikäli mittaus keskeytyy.

Backup varmuuskopioi kanavan tiedot määritettyyn kansioon.

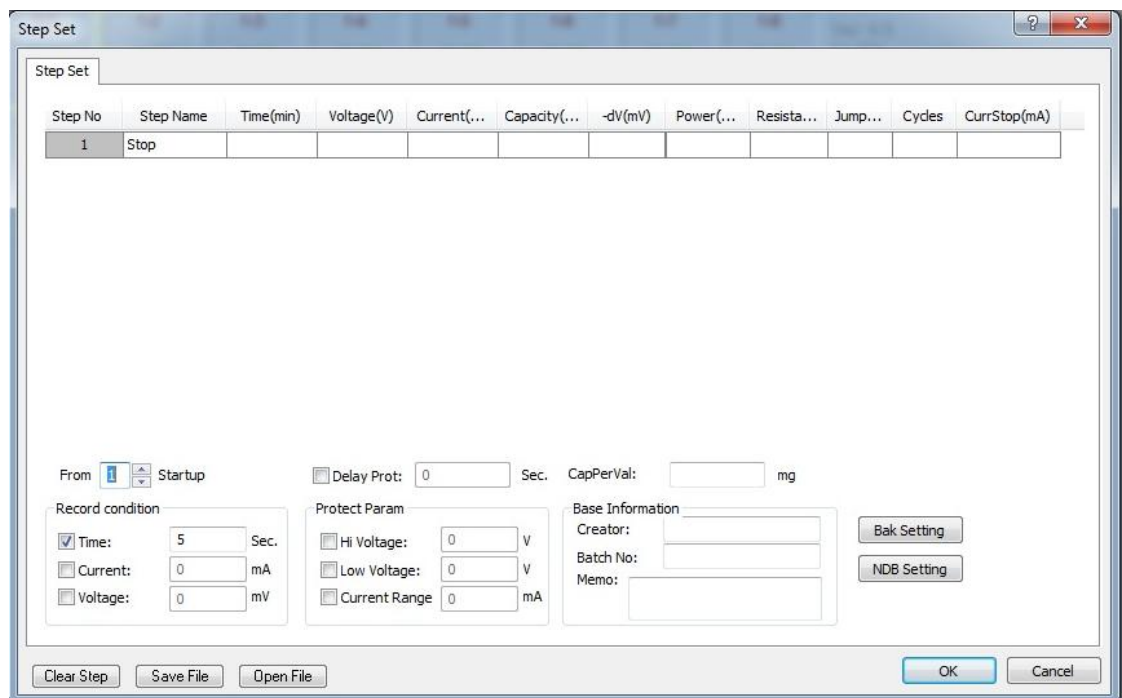
Export Excel tallentaa kanavan mittausdatan excel-taulukkoon valitsemaasi paikkaan.

Open Data avaa BTSDA-ohjelman mittausdatan tutkimista varten.

4 TESTAUSMENETELMÄT

4.1 Menetelmien valinta

Akkujen testaukset aloitetaan valitsemalla kanava ja valitsemalla oikean hiiren näppäimen valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna (ks. Kuvio 15.).

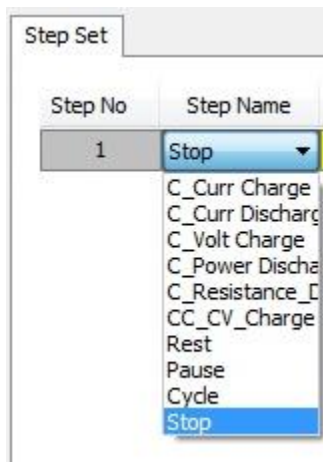


KUVIO 15. Mittausvaiheiden valintaikkuna.

Mittausvaiheiden valintaikkunassa on mahdollista valita mittaukseen jopa 63 eri mittausvaihetta. Mittausmenetelmän yhdelle vaiheelle saa valittua klikkaamalla oletuksena olevasta **Stop**-vaiheesta, josta aukeaa valikko (ks. Kuvio 16.).

Mittausmenetelminä vaiheille ovat: **C_Curr Charge**, **C_Curr Discharge**, **C_Volt Charge**, **C_Power Discharge**, **C_Resistance_Discharge**, **CC_CV_Charge**, **Rest**, **Pause**, **Cycle** ja **Stop**.

Vaiheita saa lisättyä ja poistettua valitsemalla hiiren oikean napin valikosta **In-**
sert(Lisää), **Delete**(Poista).



KUVIO 16. Mittausmenetelmät.

Menetelmiin on syötettävissä riippuen mittauksesta seuraavat (ks. Kuvio 17.) parametrit. Jokaiseen menetelmään on määritetty ainakin yksi pakollinen parametri. Parametrit määrävät mittauksen reunaehdot, joita mittaus noudattaa.

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(...)	Capacity(...)	-dV(mV)	Power(...)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
---------	-----------	-----------	------------	--------------	---------------	---------	------------	------------	---------	--------	--------------

KUVIO 17. Mittausmenetelmien parametrit.

Time menetelmän kesto minuutteina.

Voltage menetelmässä käytettävä jännite voltteina (V).

Current menetelmässä käytettävä virta milliampeereina (mA).

Capacity mitattavan akun kapasiteetti (mAh)

-dV jännitteen muutos millivolteina (mV)

Power teho (mWh), käytetään vain vakioteholla purkaessa.

Resistance vastus/kuorma (mΩ), käytetään vain vakio kuormalla purkaessa.

Jump hyppää menetelmään (numero määritettävä), käytetään **Cycle**-menetelmässä.

Cycles määrittää **Cycle**-menetelmälle syklien/kierrosten määrän.

CurrStop määrittää virralle alarajan, kun Li-ion akku saavuttaa latauksessa täyden kapasiteetin ja virta kääntyy laskuun voidaan tällä ilmoittaa 0.2 C:n/2 %:n raja kokonaiskapasiteetista.

Menetelmien ja vaiheiden lisäksi mittaukseen pitää syöttää tiedot datan tallennuksesta, suojarajoista sekä mittauksen tunnistetiedot (ks. Kuvio 18.).

KUVIO 18. Mittauksen datan tallennus- ja suojatiedot.

From__Startup valikosta valitaan vaiheen numero, josta mittaus lähtee käyntiin. **Record condition** kohtaan laitetaan datan tallennustiedot, data tallennetaan mikäli yksi tai useampi ehdoista täyttyy. **Time** määrittää datan tallennusvälin sekunteina. **Current** määrittää datan tallentumaan virran muutoksen välein ja **Voltage** jännitteen muutoksen välein.

Protect Param valikkoon laitetaan suojausparametrit mittaukselle. **Delay Prot__Sec** kohtaan voi määrittää suojausparametreille viivettä. **Hi Voltage** parametriin laitetaan mittauksen jännitteelle yläraja, **Low Voltage** parametriin laitetaan jännitteelle alaraja. **Current Range** parametriin asetetaan sekä lataus- että purkuvirralla suojaraja.

Base Information valikkoon laitetaan mittajaan tiedot (**Creator**), akun tiedot (**Batch No**) ja muita huomioita(**Memo**).

Bak Setting painikkeesta määritetään datan varmuuskopiointiin liittyvät asetukset.

NDB Setting painikkeesta määritetään datan tallentuminen ACCESS-tietokantaan.

Clear Step tyhjentää valinnat.

Save File tallentaa tekemäsi mittausprofiilin haluamaasi kansioon.

Open File voit avata tallentamasi mittausprofiilin uudelleen käyttöä varten.

4.2 Vakiovirralla lataaminen (Constant Current Charge)

Vakiovirralla lataaminen tarkoittaa sitä, että virta pysyy latauksen ajan asetetussa arvossa. Tällöin jännite pääsee muuttumaan, vapaasti asetetuissa suojarajoissa.

Vakiovirralla lataaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mittaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **C_Curr Charge** (ks. Kuvio 19.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power(...)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
1	C_Curr Charge	30	4.2	1000	1000	100					
2	Stop										

KUVIO 19. Vakiovirralla lataaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakiovirralla ladattaessa pakollinen parametri, joka on asetettava on **Current(mA)** eli latausvirta.

Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: latauksen kesto, jännite, kapasiteetin muutos ja jännitteen muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa. Kuitenkin esimerkiksi Li-ion-akkuja ladattaessa on hyvä asettaa maksimi latausjännite, jottei mittaus keskeydy **Protect**-tilaan jännitteen ylittäessä suojaparametrin. Suojaparametri on pakollinen Li-ion-akuille ylilataantumisen suojelemiseksi ja räjähdys vaaran välttämiseksi.

Kun haluamasi parametrit on asetettu menetelmälle, seuraavaksi pitää täyttää kuviossa 18. mainitut datan tallennustiedot sekä suojaparametrit. Li-ion-akkujen jännite, johon testatessa akku puretaan alimmillaan, on tyypillisesti 2,75 V ja latausjännite 4,2 V, joten kaikille Li-ion-akuille suojaparametreiksi on hyvä asettaa jännitteen alara-

jaksi **2,5 V** ja ylärajaksi **4,3 V** (ks. Kuvio 20.). Näin tekemällä vältetään akun yllilataantumiselta sekä syväpurkaantumiselta.

Protect Param		
<input checked="" type="checkbox"/> Hi Voltage:	4.3	V
<input checked="" type="checkbox"/> Low Voltage:	2.5	V
<input type="checkbox"/> Current Range	0	mA

KUVIO 20. Suojaparametrit Li-ion-akuille.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suojaparametrit määrittely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **Detail View**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.3 Vakiojännitteellä lataaminen (Constant Voltage Charge)

Vakiojännitteellä lataaminen tarkoittaa sitä, että jännite pysyy latauksen ajan asetetussa arvossa. Tällöin virta pääsee muuttumaan vapaasti, asetetuissa suojarajoissa.

Vakiovirralla lataaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mittaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **C_Volt Charge** (ks. Kuvio 21.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(...)	Capacity(...)	-dV(mV)	Power(...)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
1	C_Volt Charge	30	4.2	1000	1000						
2	Stop										

KUVIO 21. Vakiojännittellä lataaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakiojännitteellä ladattaessa pakollinen parametri, joka on asetettava on **Voltage(V)** eli latausjännite.

Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: latauksen kesto, virta ja kapasiteetin muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa. Kuitenkin esimerkiksi Li-ion-akkuja ladattaessa on hyvä asettaa jokin maksimi latausvirta esimerkiksi 2 C riippuen akusta, muuten latausvirta saattaa nousta aina 3,0 A:n asti.

Kun haluamasi parametrit on asetettu menetelmälle, seuraavaksi pitää täyttää kuviossa 18. mainitut datan tallennustiedot sekä suojaparametrit. Li-ion-akkujen jännite, johon testatessa akku puretaan alimmillaan, on tyypillisesti 2,75 V ja latausjännite 4,2 V, joten kaikille Li-ion-akuille suojaparametreiksi on hyvä asettaa jännitteen alarajaksi **2,5 V** ja ylärajaksi **4,3 V** (ks. Kuvio 20.). Näin tekemällä vältytään akun ylilataantumiselta sekä syväpurkaantumiselta.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suojaparametrit määritely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **Detail View**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.4 Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen (CC CV Charge)

Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen on lataus menetelmä, jossa jännite ja virta pysyvät määritetyssä arvossa. Tämä latausmenetelmä on optimaalinen esimerkiksi Li-ion-akuille.

Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mitaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **CC_CV_Charge**(ks. Kuvio 22).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power...	Resist...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
1	CC_CV_Ch...	30	4.2	1000	1000						20
2	Stop										

KUVIO 22. Vakiovirralla ja vakiojännitteellä lataaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakiovirralla ja vakiojännitteellä ladattaessa pakolliset parametrit, jotka on asetettava ovat **Current(mA)** eli latausvirta, **Voltage(V)** eli latausjännite ja **CurrStop(mA)** eli latausvirran päättymisraja (Li-ion-akun latautuessa saavuttaessaan täyden kapasiteetin sen latausvirta pienenee).

Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: latauksen kesto ja kapasiteetin muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa.

Optimaalinen Li-ion-akkujen lataamiseen tämä menetelmä on siksi, että latauksessa on määritelty maksimijännite ja latausvirta. Tällöin lataus tapahtuu automaattisesti Li-ion akkujen kahden latausvaiheen tekniikalla. Ensimmäisessä vakiovirralla kunnes jännite saavuttaa määritetyn rajan ja tämän jälkeen vakiojännitteellä kunnes latauksessa määritelty virran alaraja 0.2 C saavutetaan.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suojaparametrit määrittely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **Detail View**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.5 Vakiovirralla purkaminen (Constant Current Discharge)

Vakiovirralla purkaminen on menetelmä, jossa akkua puretaan asetetulla virralla kunnes jokin määrätty rajaparametri saavutetaan. Kun tiedetään jonkin laitteen virrankulutus voidaan vakiovirralla purkamalla simuloida kyseisen laitteen toimintaa.

Vakiovirralla purkaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mittaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **C_Curr Discharge** (ks. Kuvio 23.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power(...)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
1	C_Curr Disc...	30	3.0	1000	1000						
2	Stop										

KUVIO 23. Vakiovirralla purkaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakiovirralla purkaessa pakollinen parametri, joka on asetettava on **Current(mA)** eli purkuvirta. Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: purun kesto, alin jännite ja kapasiteetin muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suojaparametrit määritely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemasasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **DetailView**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.6 Vakiokuormalla purkaminen (*Constant Resistance Discharge*)

Vakio kuormalla purkaminen on menetelmä, jossa akkua puretaan asetetulla kuormalla/vastuksella kunnes jokin määrätty rajaparametri saavutetaan.

Vakio kuormalla purkaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mittaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **C_Resistance Discharge** (ks. Kuvio 24.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power(mW)	Resistance(mOHM)	Jump...	Cycles	C
1	C_Resistanc...	30	4.2	1000	1000			1000			
2	Stop										

KUVIO 24. Vakio kuormalla purkaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakio kuormalla purkaessa pakollinen parametri, joka on asetettava on **Resistance(mOHM)** eli kuorma/vastus. Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: purun kesto, alin jännite, virta ja kapasiteetin muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suoja-parametrit määritely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemassasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **DetailView**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.7 Vakioteholla purkaminen (Constant Power Discharge)

Vakio teholla purkaminen on menetelmä, jossa akkua puretaan asetetulla teholla kunnes jokin määrätty rajaparametri saavutetaan.

Vakioteholla purkaminen aloitetaan valitsemalla kanava, jolle mittaus halutaan tehdä. Valitaan hiiren oikean napin valikosta **Startup**. Tällöin aukeaa mittausvaiheiden valintaikkuna. Mittausmenetelmä-valikosta valitaan **C_Power Discharge** (ks. Kuvio 25.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power(mW)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(m
1	C_Power Dis...	30	4.2	1000	1000		500				
2	Stop										

KUVIO 25. Vakioteholla purkaminen. Menetelmään on kuvassa täytetty kaikki kyseisen menetelmän parametrit.

Vakioteholla purkaessa pakollinen parametri, joka on asetettava on **Power(mW)** eli purku teho. Muita mahdollisina rajaparametreinä toimivia ovat: purun kesto, alin jännite, virta ja kapasiteetin muutos. Rajaparametrejä ei ole pakko asettaa.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmän parametrit ovat asetettu ja suojaparametrit määrittely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemasi kanavassa alkavat näkyään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **Detail View**-välilehden.

Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

4.8 Muut menetelmävaihtoehdot

Muita menetelmävalikosta löytyviä vaihtoehtoja ovat **Rest**, **Cycle** ja **Pause** (ks. Kuvio 26.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(mA)	Capacity(mAh)	-dV(mV)	Power...	Resist...	Jump To	Cycles	CurrStop(mA)
1	Rest	10									
2	Cycle								1	9999	
3	Pause										
4	Stop										

KUVIO 26. Muut menetelmävaihtoehdot. Kuvaan on täytetty kaikki mahdolliset arvot eri menetelmiin.

Rest on vaihe, jossa testeri ei tee mitään määrätyn ajan aikana. Pakollinen ja ainut parametri on **Time(min)** eli lepoaika.

Cycle on menetelmä, jolla voidaan syklata/kierrättää **Cycle**-menetelmän yläpuolella olevia menetelmiä asetetun syklimäärän verran. Pakolliset kaksi parametria ovat **Jump to** eli tähän laitetaan vaihenumero (**Step No**) johon mittaus hyppää takaisin tultuaan **Cycle**-vaiheeseen. Sekä **Cycles** johon merkitään syklien/kierrosten määrä, maksimi syklien määrä on 9999.

Pause pysäyttää mittauksen, jota voi sitten jatkaa valitsemalla manuaalisesti **Continue** kanavakohtaisesta hiiren oikean napin valikosta.

4.9 Omat purku- ja latausprofiilit

Ohjelmisto mahdollistaa myös täysin omien purku- ja latausprofiilien teon. Tämä tarkoittaa sitä, että mittauksessa on mahdollista yhdistellä edellä esiteltyjä purku- ja latausmenetelmiä ja näin luoda niistä esimerkiksi jonkinlaisen simulaation laitteen oikeasta päivittäisestä toiminnasta ja näin tutkia akun kestävyyttä ja toimintaa.

Opinnäytettyönäni tein asiakasyritykselle heidän käyttöönsä tarvittavat profiilit valmiiksi. Ne tallennettiin jatkuvaa käyttöä varten valmiiksi siten, että käyttäjä pääsee pienillä muutoksilla nopeasti mittaamaan akkua. Valmiisiin mittausprofiileihin ei tarvitse täyttää muuta kuin akun spesifikaatioita vastaavat tiedot.

Omien mittausprofiilien teko onnistuu samalla tavalla kuin minkä tahansa purun tai mittauksen luonti ainoastaan pienellä lisäyksellä. Kun ollaan valittu haluttu kanava ja avattu mittausvaiheiden valintaikkuna valitsemalla **Startup**.

Tämän jälkeen valitaan haluttu ensimmäinen mittausmenetelmä ja asetetaan siihen tarvittavat parametrit. Kun menetelmän parametrit on asetettu lisätään samaan mittaukseen toinen menetelmä valitsemalla oikean hiiren napin valikosta **Insert** eli lisää (ks Kuvio 27.).

Step No	Step Name	Time(min)	Voltage(V)	Current(...)	Capacity(...)	-dV(mV)	Power(...)	Resista...	Jump...	Cycles	CurrStop(mA)
1	CC_CV_Charge		4.2	1000	1000						20
2	Cycl...								1	2	
3	Res...										
4	C_C		3.0	1000	1000						
5	Stop										

KUVIO 27. Omat purku- ja latausprofiilit. Kuvassa näkyy miten uusi menetelmä lisätään mittaukseen valitsemalla Insert ja poistetaan valitsemalla Delete.

Mittaukseen voi halutessaan listätä maksimissaan 63 menetelmää ja näin luoda toimivan simulaation akun todellisesta käytöstä.

Valmiin mittausprofiilin voi tallentaa painamalla **Save File**-painiketta.

Kun menetelmien parametrit ovat asetettu ja suoja-parametrit määritely, mittaus käynnistetään valitsemalla **OK**. Mittaus käynnistyy ja valitsemassasi kanavassa alkavat näkymään reaaliaikaiset latausjännite, latausvirta ja kapasiteetin muutos (ks. Kuvio 9.).

Voit tarkistella mittauksen etenemistä valitsemalla kanavasta hiiren oikean napin valikosta **Open Data** tai selailemalla käyttöliittymän välilehdistä esimerkiksi **Detail View**-välilehden.

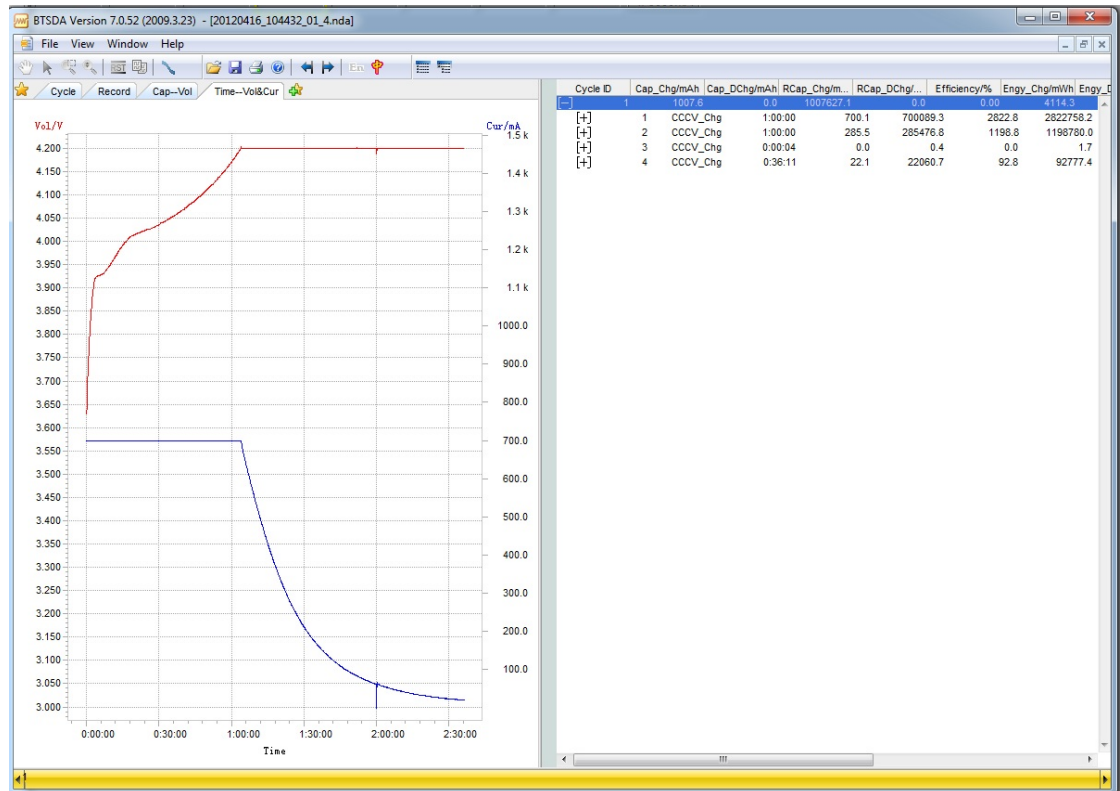
Mittaus on valmis kun kanavaan ilmestyy teksti Finish.

5 MITTAUSDATAN ANALYSOINTI

Mittausdataa voi tarkastella joko kesken mittauksen, mittauksen valmistuttua tai myöhemmin mikäli mittausdata on tallennettu tietokoneelle.

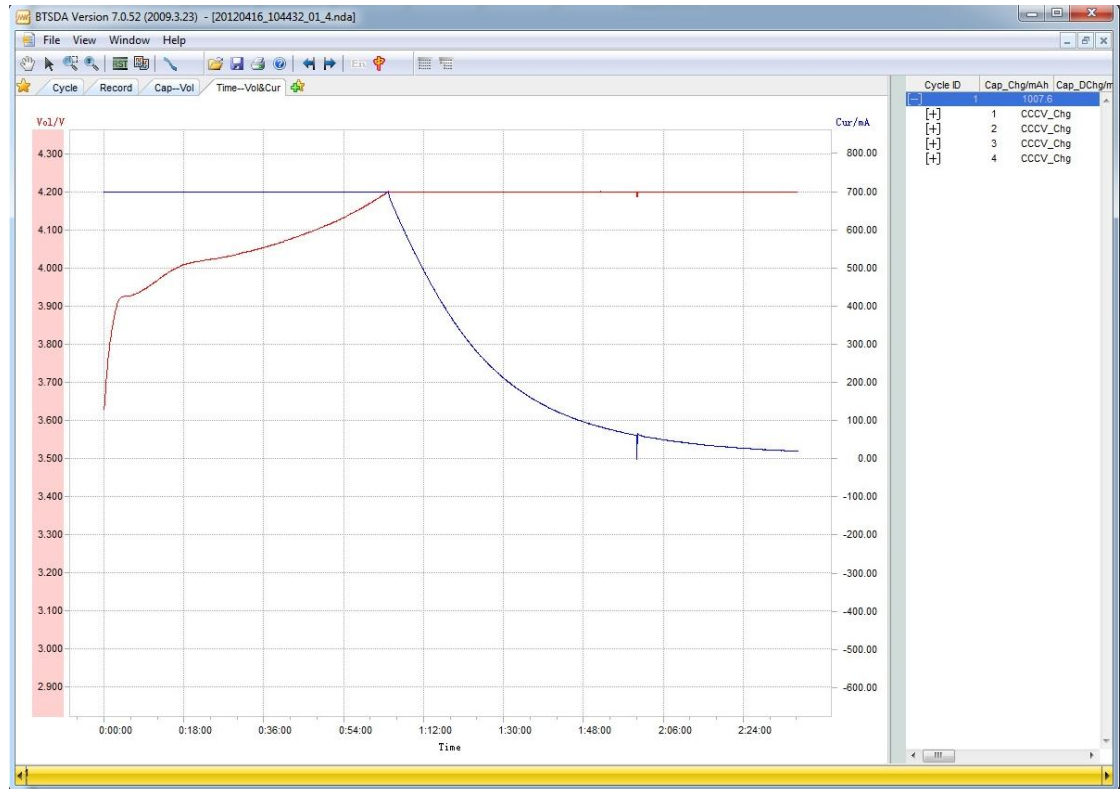
Mittausdataa tarkastellaan mukana tulevalla BTSDA-ohjelmalla (Battery Testing System data analysis software). Sen voi käynnistää erikseen tietokoneelta löytyvästä kuvakkeesta tai sitten BTS-ohjelmassa valitsemalla halutun mittauskanavan ja valitsemalla hiiren oikean napin valikosta **Open Data** (ks. Kuvio 14.).

Mikäli ohjelman käynnistää erikseen, käynnistymisen jälkeen mittausdatan saa auki valitsemalla ylävalikosta **Open** ja valitsemalla haluamansa tietokoneelle tallennetun datan. Jos datanalysointiohjelma käynnistetään suoraan mittausohjelmasta kuten usein on tarve, sen voi tehdä halutulle kanavalle joko kesken mittauksen tai mittauksen oltua **Finish**-tilassa. Näin avaamalla kanavakohtaisesti, aukeaa aina suoraan kyseisen kanavan viimeisin mittausdata (ks. Kuvio 28).



KUVIO 28. BTSDA-ohjelman käyttöliittymä.

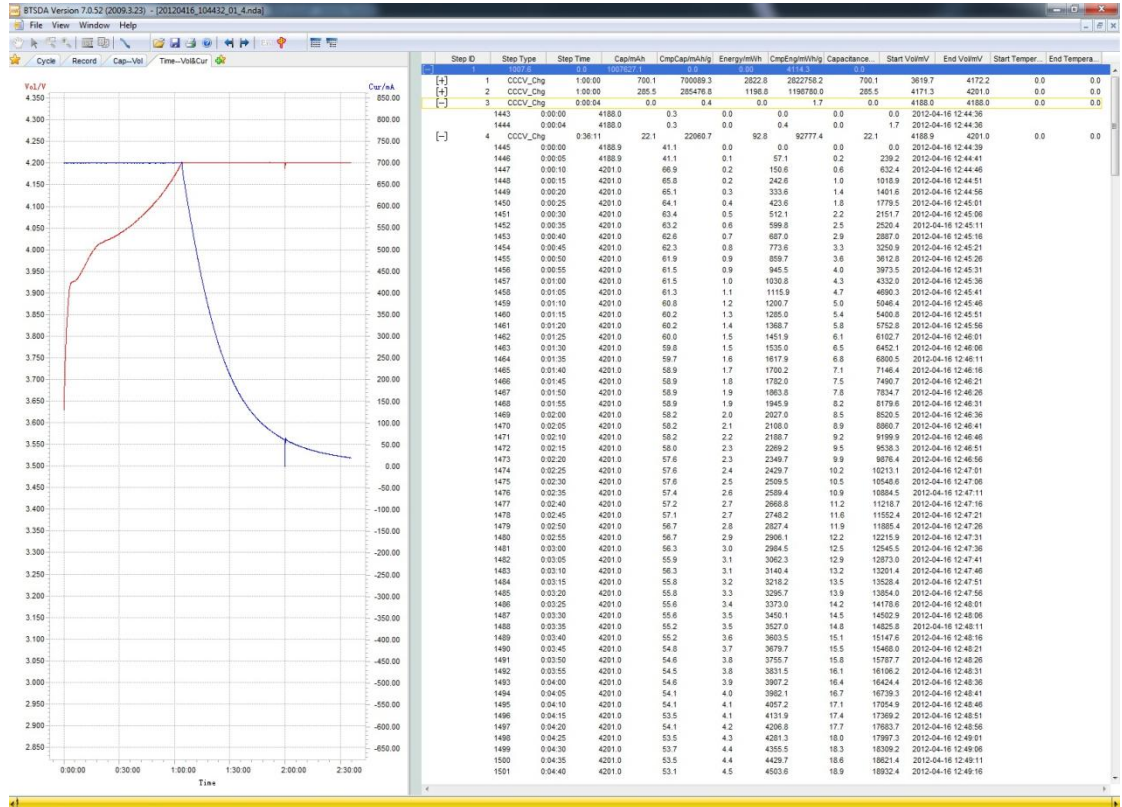
Käyttöliittymä on selkeä ja näkymä jakautuu kahteen palstaan. Vasemmassa palstassa näkyy graafinen kuvaaja mittaustapahtumasta ja oikealla numerinen taulukko mitausdatasta.



KUVIO 29. Graafinen kuvaaja.

Molempia palstoja saa venytettyä haluamansa kokoiseksi. Lisäksi graafista kuvaajaa saa skaalattua ja kuvaajia siirrettyä hiiren vasenta nappia painamalla ja liikuttamalla sitä reunoilla olevien numeroarvojen kohdalla. Kuviossa 29. näkyy kuinka kuvion 28. kuvaaja on skaalattu suuremmaksi sekä jännitteen ja virran kuvaajat on siirretty päällekkäin tulostarkastelua varten.

Oikeanpuoleista mittausdatapalstaa saa tarkasteltua tarkemmin painamalla [+]-merkistä, joka laajentaa kyseisen syklin tarkemmat tiedot auki (ks. Kuvio 30.). Tarkemmista tiedoista näkee mm. tietyllä ajanhetkellä vallinneet mittausarvot, nämä riippuvat täysin mittaustilanteesta.



KUVIO 30. Mittausdatapalsta.

Mittausdatan voi tallentaa yläpalkista löytyvästä **File**-valikosta **Save** toiminnolla myöhempää tarkastelua varten. Tulostaminen tapahtuu samasta valikosta tai sitten valitsemalla hiiren oikealla napilla aukeavasta valikosta **Print**. Se mikä alue tulostuu määräytyy siitä kumman palstan päällä hiiri on kun valikko avataan.

Mikäli datan haluaa viedä/tallentaa .txt- tai excel-muotoon tulee hiiren oikean napin valikko avata oikeanpuoleisella palstalla ja valita valikosta **Export** (ks. Kuvio 31.). Tästä aukeaa neljä erilaista raporttimuotoa, joista kolme ensimmäistä ovat valmiiksi muotoiltuja ja viimeinen on täysin omavalintaisilla tiedoilla muokattavissa oleva raporttimuoto. Kokeilemalla selviää mistä tulee omaa silmää eniten miellyttävä ja taroitukseen sopiva raporttimuoto. **Layered report** havaittiin kuvaavimmaksi excel-muodossa olevaksi raportiksi asiakasyrityksen käyttötarkoituksiin.

Cycle ID	Cap_Chg/mAh	Cap_DChg/mAh	RCap_Chg/m...	RCap_DChg/...	Efficiency/%	Engy_Chg/mWh	Engy_DChg/...		
1	1007.6	0.0	1007627.1	0.0	0.00	4114.3	0.0		
[+] 1	CCCV_Chg	1:00:00	700.1	700089.3	2822.8	2822758.2	700.1	3619.7	
[+] 2	CCCV_Chg	1:00:00	285.5	285476.8	1198.8	1198780.0	285.5	4171.3	
[+] 3	CCC			0.4	0.0	1.7	0.0	4188.0	
[+] 4	CCC			2060.7	92.8	92777.4	22.1	4188.9	

- Circle Level Collapse/Expand
- Step Level Collapse/Expand
- Time Unit ▶
- Setting...
- Copy
- Channel Info
- Log...
- Export ▶
 - Visual Report
 - Layered Report
 - General Report
 - Custom Report
- Print Preview...
- Print...

KUVIO 31. Mittausdatan tallentaminen .txt ja Excel-tiedostoksi.

Valittuasi haluamasi raporttimuodon ohjelma kysyy vielä haluatko raportin excel- vai .txt-muotoon ja kysyy raportille tallennuspaikan sekä tiedoston nimen.

6 POHDINTA

Uuden mittalaitteiston valinta osottautui varsin sopivaksi yritykselle. Käyttöönotto sujui hyvin ja odotusten mukaisesti, ilman suurempia ongelmia. Uusi ympäristö täytti vaatimukset vanhan ympäristön korvaamiseksi, mutta opinnäytetyön tekohetkellä ne olivat vielä molemmat yhtäaikaan toiminnassa. Mittalaitteiston mittausten muokattavuus hieman ehkä jopa ylitti odotukset monipuolisuudellaan. Osa uusista mittausmenetelmistä jäi opinnäytetyön tekohetkellä ilman käyttötarkoitusta. Tämä lupaa hyvää sillä ehkä jokin ulkopuolinen asiakas saattaa tarvita näitä uusia ominaisuuksia.

Akkuadapterin toteutus jäi täysin prototyyppi asteelle sillä todetessimme, että jokaiselle akulle on kuitenkin tehtävä jonkinlainen oma viritys eikä täydellistä akkuadapteria saatu tehtyä. Käyttöön jäi opinnäytetyön teko hetkellä muutama erityyppiseen akkuun sopiva adapteri jotka valmistin. Kehityskohteena näkisinkin paremman ja

monipuolisemman akkuadapterin valmistamisen, jossa olisi liitännät erityyppisille akkuliittimille sekä kiinteille navoille.

Suoritin lukuisia lyhyt- ja pitkäkestoisia mittauksia erityyppisillä akuilla ja totesimme, että saadut tulokset vastaavat akkuvalmistajien spesifikaatioita. Täten voidaan todeta mittalaitteiston toiminta oikeanlaiseksi. Kuitenkin olisi jatkoa ajatellen hyvä tehdä mittauksia, joissa verrattaisiin laajemmin vanhan ja uuden ympäristön välisiä mittatuloksia keskenään ja näin havainnollistettaisiin onko nissä isoja eroja toisiinsa nähden. Näin voisi myös varmistua siitä että vanhasta ympäristöstä luopuminen lopullisesti on mahdollista.

LÄHTEET

Akku. Wikipedian sivusto. 2012. Viitattu 06.04.2012

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Akku>

Battery University. 2010a. Charging lithium ion batteries. Viitattu 29.03.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries

Battery University. 2010b. Charging Nickel-metal-hydride. Viitattu 08.04.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_nickel_metal_hydride

Battery University. 2010c. How to service mobile phone batteries. Viitattu 08.04.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_service_mobile_phone_batteries

Battery University. 2010d. The future battery. Viitattu 08.04.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/the_future_battery

Battery University. 2010e. What is C-rate? Viitattu 08.04.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/what_is_the_c_rate

Battery University. 2010f. When was the Battery Invented? Viitattu 14.03.2012

http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented

Litiumioniakku. 2012. Wikipedian sivusto. Viitattu 15.03.2012

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Litiumioniakku>

Lithium-ion battery. 2012. Wikipedian sivusto. Viitattu 15.03.2012

http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery

Lithium-ion polymer battery. 2012. Wikipedian sivusto. Viitattu 06.04.2012

http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_polymer_battery

Nickel-cadmium battery. 2012. Wikipedian sivusto. Viitattu 08.4.2012

http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium_battery