



Teleaseman tasasuuntaajan ja akuston mitoitus sekä kunnossapito

Nikke Salonen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Talotekniikka

SALONEN, NIKKE:

Teleaseman tasasuuntaajan ja akuston mitoitus sekä kunnossapito

Opinnäytetyö 36 sivua
Huhtikuu 2019

Opinnäytetyössä perehdyttiin teleaseman tasasuuntaajaan ja sen varateholähteenä toimivaan akustoon. Suurin osa teleaseman laitteistosta toimii 48 V:n tasavirralla. Akuston avulla laitteet pidetään toiminnassa valtakunnanverkossa esiintyvien katkojen aikana. Liikenne- ja viestintäministeriö määrittelee minimirajat varakäyntiajoille aseman tärkeysluokan perusteella. Teleasemalla laitteet on mitoitettava redundantisesti eli yksi rikkoutunut komponentti tai laite ei saa vaarantaa koko järjestelmää.

Akkutekniikkaa käsiteltiin perusteista lähtien. Tarkemmin käsiteltyjä akkutyypppejä olivat avoin ja suljettu lyijyakku, koska ne ovat vielä nykyäänkin yleisin paikallisakkujen tyyppi. Akkujen sijoitukseen ja akkuhuoneisiin liittyvät vaatimukset selvitettiin standardeista ja ohjeistuksista. Akuston mitoitusta tutkittiin selväviiden esimerkkien avustuksella läpi. Tasasuuntaaja mitoitetaan akuston koon perusteella ja samalla otetaan huomioon mahdolliset tulevaisuuden tarpeet.

Laitteistolle luotiin standardien ja ohjeistuksen mukaiset yleiset ohjeet käyttöönotosta ja kunnossapidosta. Työssä kartoitettiin myös akuston asennuksessa ja kunnossapidossa käytettävät suojavaatteet ja työkalut. Työn tilanneelle Caverion Suomelle luotiin sisäiset ohjeistukset akkujen ja tasasuuntaajan huollosta ja kunnossapidosta.

Asiasanat: tasasuuntaaja, akusto, paikallisakusto, lyijyakku, teleasema

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Building Services

SALONEN, NIKKE:

Sizing and maintenance of rectifier and batteries at telephone station

Bachelor's thesis 36 pages

April 2019

This thesis concerns sizing and maintenance of electronic rectifiers and accumulator batteries in telephone centers. Most equipment at telephone center use 48-volt direct current. Battery is used to power devices during power failures. Finnish Transport and Communication agency determines telephone center minimum emergency power time. Equipment at telephone center needs to be planned with redundancy in mind. Single faulty machine should not affect the operation of the system.

Battery technology was discussed starting from the basics. Most studied battery types were lead-acid batteries because they are still the most commonly used in stationary applications. Standards and instructions concerning battery rooms and placement of the batteries were also investigated in this study. Examples were used to illustrate how to choose the right battery size. Battery size determines the type of the rectifier suitable for the system. Basic guides for maintenance and commissioning were also generated. Also type of appropriate protective equipment and tools were investigated.

Caverion Suomi Oy internal instructions on maintenance of batteries and rectifiers were omitted from this public version.

Key words: rectifier, battery, stationary battery, lead-acid battery, telephone center

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TELEASEMA	8
	2.1 Yleistä	8
	2.2 Laitevarmennukset.....	9
	2.3 Reittivarmennukset	9
	2.4 Jäähdytysvarmennukset	9
3	Varateholähteet	10
	3.1 Yleistä	10
	3.2 Akusto	13
	3.2.1 Lyijyakku.....	14
	3.2.2 Litiumioniakku (Li-ion).....	15
	3.2.3 Nikkeli-kadmiumakku (NiCd)	15
	3.3 Akkujen sijoitus	16
	3.4 Akkujen varaaminen ja kuormitus	20
	3.4.1 Ylläpitovaraus.....	20
	3.4.2 Pikavaraus.....	21
	3.4.3 Kuormitus	22
4	Mitoitus	24
	4.1 Tasasuuntaajan mitoitus	24
	4.2 Akuston mitoitus.....	24
	4.3 Oikosulku- ja ylivirtasuojaus.....	27
5	Kunnossapito	29
	5.1 Yleistä	29
6	Turvallisuus.....	32
	6.1 Yleistä	32
	6.2 Vaatetus ja työkalut.....	32
	6.3 Rikkihapporoiskeet.....	33
7	POHDINTA	34
	LÄHTEET.....	35

ERITYISSANASTO

Akkukenno	Pienin mahdollinen akku, joka koostuu negatiivisesta ja positiivisesta navasta .
ELV	Jännite, joka johtimien välillä tai johtimen ja maan välillä ei normaalisti ylitä 50 VAC tai 120 VDC
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) on kansainvälinen tekniikan alan järjestö
N+1	Laitteistovarmennus, jossa N tarkoittaa tarvittavaa määrää laitteita ja +1 on ylimääräinen laite
Paikallisakku	Kiinteästi asennetun laitteen akku, joka on suunniteltu syöttämään pitkäkestoinen tasainen virta
PELV	Sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienenjännitettä (ELV) normaaliolosuhteissa ja yhden vian tapauksessa, lukuun ottamatta maasulkua toisissa piireissä
Redundanttisuus	Varmennustapa, jossa rinnakkain olevia laitteita on enemmän kuin minimissään toiminnon suorittamiseen tarvittaisiin
Ryhmäakku	Sisältää yhden tai useamman akkukennon.
Räjähdyssuoja-asiakirja	Asiakirja, jossa käydään työpaikan räjähdysvaaralliset aineet ja toiminnot läpi. Räjähdyssuoja-asiakirja on pakko laatia työpaikoilla, joissa käsitellään räjähdysvaarallisia aineita siinä määrin, että räjähdysvaarallisen seoksen esiintyminen on todennäköistä tavanomaisessa toiminnassa tai ennakoitavissa olevassa toimintahäiriössä

SELV	Sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienoisjännitettä (ELV) normaaliolosuhteissa ja yhden vian tapauksessa, mukaan luettuna maasulut toisissa piireissä
SFS	Suomen standardoimisliitto
Siirrettävä varavoimalaitos	Liikuteltava varavoimalaitos, joka yhdistetään liityntäpisteen kautta rakennuksen sähköverkkoon
Teleasema	Teleyrityksen hallinnoima rakennus tai rakennuksen osa, johon on sijoitettu viestiverkon laitteita
Varavoimalaitos	Moottorin, generaattorin ja niiden tarvitsemien apulaitteiden yhdistelmä, jonka avulla moottorin liike-energia muutetaan sähköenergiaksi.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään varateholähteenä toimivien akustojen ja tasasuuntaajien tekniikkaa, valintaa, mitoitusta sekä kunnossapitoa. Työssä keskitytään teleasemien 48 VDC järjestelmään ja sitä koskeviin erityisvaatimuksiin, mutta tekstiä voidaan myös käyttää yleistietolähteenä akustoihin ja tasavirtajärjestelmiin liittyen. Akkutekniikoista keskitytään pääasiassa avoimeen ja suljettuun lyijyakkuun, koska ne ovat nykyäänkin ylivoimaisesti suosituimmat paikallisakat. Lähteenä työssä käytetään alan suomen- ja englanninkielisiä standardeja, kirjallisuutta sekä akku- ja mittarivalmistajien ohjeistuksia.

Lyijyakut sisältävät elektrolyyttinä rikkihappoa, joka on hyvin syövyttävää. Tekstissä käydään läpi tarvittava suojavaatetus ja työkalut akkutöihin. Laite- ja kaapelisuojuuksen osalta käydään läpi akkuvarmennetun tasavirran eroavaisuutta normaaliin vaihtovirtaan. Tasasuuntaaja ja akusto aiheuttavat myös omat haasteensa oikosulkusuojuukselle, ja suojuuksien on toimittava kaikissa käyttötilanteissa.

Työn toimeksiantajalle Caverion Suomi Oy:lle on työn tulosten perusteella luotu käytettäväksi ohjeistus akkutilojen kunnossapidosta ja työturvallisuudesta. Ohjeistus on toimeksiantajan toivomuksesta jätetty pois työn julkisesta osuudesta.

2 TELEASEMA

2.1 Yleistä

Teleasema on rakennus tai rakennuksen osa, johon on asennettu operaattoreiden viestintävälineitä ja näitä palvelevia voimalaitteita. Liikenne- ja viestintävirasto on määräyksessään 54 B/2014 M asettanut vaatimuksia teleasemien palveluiden varmistamiselle. Teleasemat on luokiteltu niiden kriittisyyden perusteella viiteen eri tärkeysluokkaan (taulukko 1). Tärkeysluokka määrittää muun muassa asemalle vaadittavat laitteisto-, reitti- ja jäähdytysvarmennukset.

Taulukko 1. Teleasemien tärkeysluokat (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 4)

Tärkeysluokka	Viestintäverkon tai -palvelun komponentti
1	Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 60 000 km ² alueella tai komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan <ul style="list-style-type: none"> ≥ 200 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai ≥ 200 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai ≥ 200 000 käyttäjän internetyhteysoveruun tai ≥ 500 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai ≥ 300 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai ≥ 600 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.
2	Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 20 000 km ² alueella tai komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan <ul style="list-style-type: none"> ≥ 50 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai ≥ 50 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai ≥ 50 000 käyttäjän internetyhteysoveruun tai ≥ 200 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai ≥ 100 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai ≥ 300 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.
3	Komponentti, joka vaikuttaa <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai ≥ 20 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun, joka tarjotaan internet-yhteysoveruun päällä tai ≥ 10 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai ≥ 1200 käyttäjän internetyhteysoveruun tai ≥ 2500 käyttäjän internetyhteysoveruun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkolle tai ≥ 100 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai ≥ 50 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai ≥ 100 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.
4	Komponentti, joka vaikuttaa <ul style="list-style-type: none"> ≥ 250 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai ≥ 10 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun, joka tarjotaan internet-yhteysoveruun päällä tai ≥ 250 käyttäjän internetyhteysoveruun tai ≥ 1500 käyttäjän internetyhteysoveruun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkolle tai ≥ 30 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai ≥ 20 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai ≥ 50 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.
5	<ul style="list-style-type: none"> Kiinteän puhelinverkon keskitin tai kiinteän verkon internetyhteysoveruun laajakaistakeskitin joka palvelee yli 100 käyttäjää tai kiinteän langattoman internetyhteysoveruun tukiasema tai maanpäällisen joukkoviestintäverkon komponentti, joka palvelee yli 50 kotitaloutta tai kuitukaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon komponentti, joka palvelee yli 50 kotitaloutta tai koaksiaalikaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon komponentti, joka palvelee yli 4000 kotitaloutta tai komponentti, joka vaikuttaa yleiseen puhelinpalveluun tai komponentti, joka vaikuttaa yli 5 000 käyttäjän sähköpostipalveluun.

2.2 Laitevarmennukset

Viestintäverkkojen 1 ja 2 tärkeysasteen laitteistojen varmennus on järjestettävä siten, että minkään yksittäisen laitteen rikkoutuminen ei saa haitata järjestelmän toimintaa. Varmennettavat laitteet on sijoitettava mahdollisuuksien mukaan eri rakennuksiin tai vähintäänkin saman rakennuksen eri palo-osastoihin.

Varmennukset on pyrittävä tekemään automaattisiksi, mutta jos tämä ei ole kohtuullisin kustannuksin mahdollista, on poikkeava menetelmä suunniteltava ja dokumentoitava hyvin. On myös tehtävä suunnitelma, milloin automaattinen varmennus on tarkoitus ottaa käyttöön. Teleyrityksen on dokumentoitava ja pidettävä ajan tasalla laitteistojen varmennukset. (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 5.)

2.3 Reittivarmennukset

Viestintäverkkojen 1 ja 2 tärkeysluokan komponenttien välisiä yhteyksiä varmentavilla reiteillä on oltava mahdollisimman suuri fyysinen riippumattomuus. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että saman pisteen, laittilan tai paloryhmän kautta kulkevia reittejä on vältettävä. Käytetyt reitit on dokumentoitava ja muutokset päivitettävä. (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 5.)

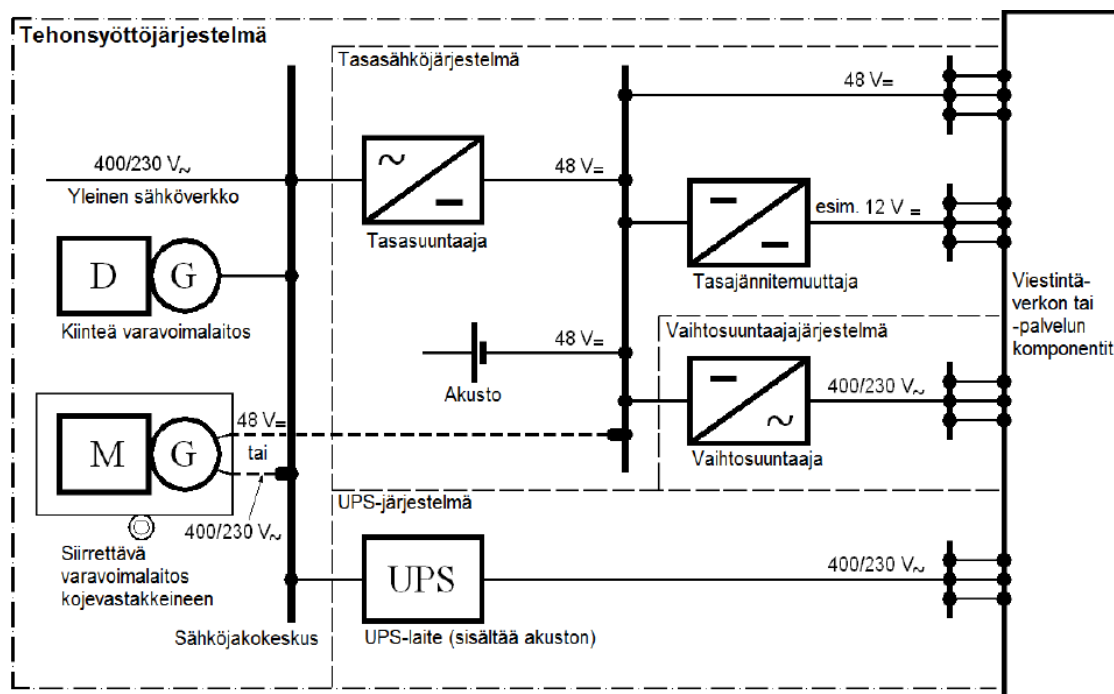
2.4 Jäähdytysvarmennukset

Jäähdytysvarmennusten vaatimus täyttyy jo käytännössä laitevarmennusten vaatimuksen perusteella, mutta viestintäviraston määräyksessä 54 B/2014 vaatimus on kuitenkin päätetty tuoda selvemmin esille. Tämä johtuu viraston telelaitoksissa tekemien tarkastusten yhteydessä jäähdytyksessä havaituista puutteista. Jäähdytyslaitteistoa ei tarvitse välttämättä kahdentaa 1 ja 2 tärkeysluokan kohteissa, jos pystytään osoittamaan, että jäähdytys ei vaaranna esimerkiksi riittävän nopeasti alkavien huoltotoimenpiteiden tuloksena. Kuten muissakin kohdissa, jäähdytyslaitteet on dokumentoitava, ja nämä dokumentit on pidettävä ajan tasalla. (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 5–6; MPS 54 2014, 28.)

3 Varateholähteet

3.1 Yleistä

Teleseman laitteiden toiminta on varmistettava myös valtakunnan sähköverkon toimintahäiriöiden tai aseman omien tehonsyöttölähteiden vikojen aikana. Varmistuskeinoina (kuva 1) käytetään kiinteää varavoimalaitosta, siirrettävää varavoimalaitosta ja akustoa. Asemalla olevat tasavirta, vaihtovirta ja UPS-järjestelmät ovat akkuvarmennettuja. (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 6.)



Kuva 1. Periaatekuva teleseman tehonsyöttöjärjestelmästä (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 6)

Tärkeysluokan mukaiset vaatimukset varmennusajoille ilmoitetaan alla olevassa taulukossa (taulukko 2)

Taulukko 2. Varateholähteen varmistusaika (Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 7)

Tärkeys- luokka ⁸⁾	Varateholähteen varmistusaika ^{1), 2)}	Varavoimalaitos ja muut vaatimukset
1	≥ 3 tuntia ⁹⁾	Kiinteä varavoimalaitos, jonka varmistuksena on: ^{3), 9)} - kiinteän varavoimalaitoksen N+1 -varmistus tai - varateholähteen varmistusajan pidentäminen vähintään 6 tuntiin tai - käytettävissä oleva siirrettävä varavoimalaitos liitännämahdollisuuksineen
2	≥ 6 tuntia ⁴⁾	Kiinteä varavoimalaitos tai käytettävissä oleva siirrettävä varavoimalaitos liitännämahdollisuuksineen
3	≥ 12 tuntia ^{4), 5)}	Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista
4	≥ 6 tuntia ⁴⁾	Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista
5	≥ 3 tuntia ^{6), 7)}	Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista

- 1) Maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimille ei vaadita varateholähdettä, jos lähettimen tehonsyöttö on varmistettu kiinteällä varavoimalaitoksella.
- 2) Viestintäverkon tai -palvelun komponentilta ei vaadita varateholähdettä, jos komponentti on sijoitettu asiakaskiinteistössä olevaan laitetilaa ja komponentti palvelee vain kyseistä kiinteistöä.
- 3) Kiinteän varavoimalaitoksen varmistusta ei vaadita maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimiltä, jos varmistusta ei ole toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin.
- 4) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti on kytketty tehonsyöttöjärjestelmään, jossa tehonsyötön varmistuksena on kiinteä varavoimalaitos, varateholähteen minimivarmistusajaksi riittää 3 tuntia.
- 5) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti sijaitsee taajamassa, varateholähteen minimivarmistusajaksi riittää 6 tuntia.
- 6) Matkaviestinverkon peruspeiton tukiaseman ja sitä palvelevan siirtojärjestelmän komponentin varateholähteen varmistusajan tulee olla:
 - ≥ 4 tuntia vähintään 30 %:lla taajaman ulkopuolella sijaitsevista tukiasemista,
 - ≥ 2 tuntia, jos tukiasema on taajamassa sijaitseva kiinteistötukiasema,
 - ≥ 15 minuuttia, jos tukiasema on LTE-verkon tai mobiili-WiMAX -verkon tukiasema.
- 7) Jos laitetilaa ei ole mahdollista päästä paikalle varateholähteen ≥ 2 - 4 tunnin minimivarmistusajassa laitetilän kaukaisen sijainnin, maasto-olosuhteiden tai odotettavissa olevien keliolosuhteiden vuoksi, tulee varateholähteen minimivarmistusaika pidentää 6 tuntiin.
- 8) Tärkeysluokalla tarkoitetaan 3 §:ssä määriteltyä viestintäverkon tai -palvelun komponentin tärkeysluokkaa.
- 9) Siirtojärjestelmiin tarvittaessa sovellettava poikkeus: jos siirtojärjestelmän komponentin sijaintipaikan läheisyydessä ei ole tärkeysluokan 1 tehonsyötön varmistuksen vaatimukset täyttävää laitetilaa, sovelletaan siihen tärkeysluokan 2 mukaisia tehonsyötön varmistuksen vaatimuksia.

Tässä työssä keskitytään varavoimalähteistä tasasuuntaajaan. Tasasuuntaaja on hakkuritekniikkaan perustuva laite, joka muuttaa verkkojännitteen halutun tasoiseksi tasajännitteeksi (ST Käsikirja 20 2005, 80).

Teleasemilla yleisimmin käytössä oleva viestintäverkon laitteiden jännitetaso on plus-maadoitettu 48 VDC. Nykyaikaiset tasasuuntaajat ovat modulaarisia eli akuston liityntä-, valvonta- ja tehomoduurit ovat helposti vaihdettavissa. Rinnankytkettyjä tehomodulleita on mahdollisuus lisätä tarpeen mukaan suuntaajan toiminnan häiriintymättä. Moduuleiden lukumäärään vaikuttavat telelaitteiden tehontarve, akuston koko ja tasasuuntaajan kokonaisteho. Mitoitusperiaatteena on n+1 (redundanttisuus) eli järjestelmä ei häiriinny yhden moduulin vikaantuessa, vaan toimii täydellisesti jäljellä olevien moduulien avulla. Tasasuuntaajien on myös pystyttävä varaamaan akkuja sekä syöttämään kuormaa kaikissa tilanteissa (ST Käsikirja 20 2005, 80; Viestintävirasto 54 B/2014 M).

Teleaseman tasasuuntaajan tulee sisältää vähintään seuraavat paikallisesti ja kaukovalvontaan välittyvät hälytykset.

- Kuormapuolen ylijännite (hälytys)
- Verkkovika
- Tasasuuntaajan vika
- Kuorman sulake lauennut

Lisäksi seuraavat hälytykset ovat suositeltavia:

- Kuormapuolen suuri ylijännite (toiminnanesto)
- Tasasuuntaaja ei kuormitu

(SFS 5726 1992, 5.)

3.2 Akusto

Akku on laite, johon kemialliseen muotoon varastoitua sähköenergiaa voidaan käyttää myöhemmin. Paristoissa vain purkaminen on mahdollista, eli niitä ei voida varata. Akkujen käyttösovellukset vaihtelevat suuresti. Osa on tarkoitettu varmistamaan virransyöttö lyhyiden katkosten varalta, kun taas toisia käytetään pitkään, kunnes ne taas ladataan uudelleen. Akkujen erilaiset käyttöympäristöt myös aiheuttavat erilaisia vaatimuksia akuille. (Hämeenoja 1993, 1, Kiehne, 2003, 1.)

Teleasemalla akuston tärkein vaatimus on varmistaa laitteiden tehonsyöttö yleisen sähköverkon vian aikana. Akut ovat yleisimmin lyijyakkujen ryhmään kuuluvia putkilevyakkuja. Akusto voidaan muodostaa yksittäisistä kennoista tai ryhmäakuista. Ryhmäakussa yhden akun sisällä on sarjaan kytkettynä monta kennoa. Esimerkiksi lyijyakun kennojännite on 2 V ja ryhmäakkujen yleisimmät jännitteet ovat tämän monikertoja eli 6 tai 12. (ST-Käsikirja 20 2005, 225.)

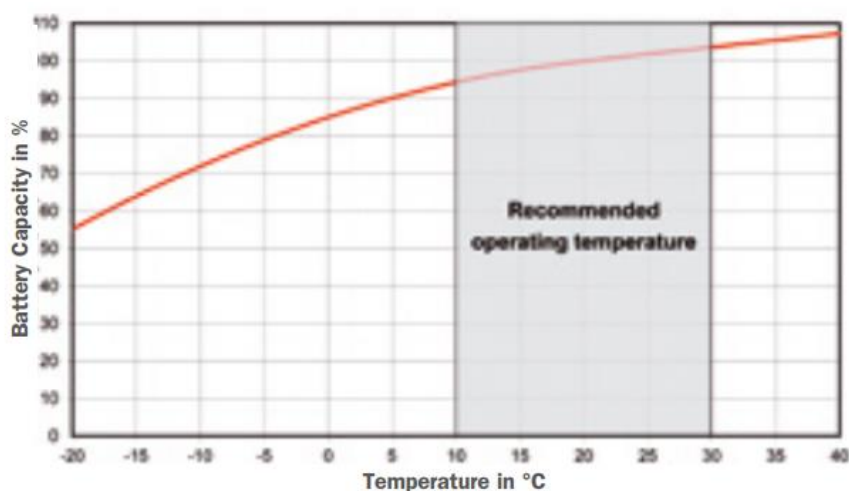
Akuston kapasiteetti (Ah) kuvaa sähkömäärää, joka akusta voidaan purkaa sitä vahingoittamatta. Purkausvirta vaikuttaa akusta saatavaan kapasiteettiin. Suurilla purkausvirroilla akun kapasiteetti jää akun kylkeen leimattua arvoa pienemmäksi. Paikallisakkujen kapasiteetti ilmoitetaan standardin mukaan 10 h (C₁₀) purkausajalla 20 °C lämpötilassa kennojännitteeseen 1,80 V asti. (Hämeenoja 1993, 73; ST 52.30.02 2016, 1.)

Teleaseman verkkolaitteiden vaihtoehtoisena virtalähteenä käytetään tasasuuntaajaan kytkettyä akustoa. Akkuja voi olla yksi tai sitten useampi akku on rinnankytketty sarjaan. Viestintäviraston määräyksessä (54 B/2014 M) on kerrottu, että kapasiteetin ylittäessä 1000 Ah, on akusto jaettava kahdelle rinnankytketylle akustolle. Tätäkin pienemmillä kapasiteeteilla akustojen rinnankytkentä on suositeltavaa, koska tällöin akustoa pystytään huoltamaan helpommin ja vikakestoisuus on parempi. Vikatilanteessa yhdellä akustolla on pystyttävä syöttämään koko kuorma, jos toinen on vian tai huollon takia pois käytöstä. Varaajan on kyettävä lisäksi lataamaan purkautunut akusto 80 %:iin nimellisestä kapasiteetistaan yhden vuorokauden kuluessa. (MPS 54 2014, 40.)

3.2.1 Lyijyakku

Lyijyakku koostuu negatiivilevyn lyijystä (Pb), positiivilevyn lyijyoksidista (PbO₂) ja elektrolyyttinä toimivasta rikkihaposta (H₂SO₄). Purkautuessaan akun lyijy ja lyijyoksidi reagoivat rikkihapon kanssa muodostaen lyijysulfaattia (PbSO₄) ja vettä (H₂O). Varatessa akkua prosessi toimii toisinpäin. Varauksen loppuvaiheessa akussa kehittyy kaasua. Negatiivilevy muodostaa vetyä (H₂) ja positiivilevy happea (O₂). Mitä täydempänä akku on, sitä suurempi osa latausvirrasta menee kaasunkehitykseen. Kaasunkehityksen vuoksi lyijyakkujen nestetasoa on seurattava ja tarvittaessa lisättävä puhdistettua akkuvettä kennoon. (Hämeenoja 1993, 9.)

Ensimmäinen lyijyakku keksittiin vuonna 1860 Planten toimesta. Se on edelleenkin suosituin paikallisakkutyyppejä. Tähän vaikuttaa monta eri tekijää. Lyijyakku on käytössä monipuolinen: se pystyy hetkellisesti luovuttamaan suuria virtoja, mutta soveltuu myös pienivirtaiseen pitkäaikaiseen käyttöön. Käyttölämpötilat ovat -30 °C:sta + 50 °C:een (kuva 2). Varauksen ja purkauksen välinen jännite-ero on pieni, mikä tarkoittaa edullisempaa käyttölaitteiden elektroniikkaa. Lyijy, joka on akun pääasiallinen valmistusmateriaali, on halpaa ja sen saatavuus on hyvä. Akun elinikä on hyvissä olosuhteissa jopa yli 15 vuotta. (Hämeenoja 1993, 7–8.)



Kuva 2. Kapasiteetin muutos lämpötilan suhteen Hoppecken avoimella OPzS akulla (Installation, commissioning and operating... 2013, 46)

Perinteisen avoimen lyijyakun rinnalle on myös kehitetty suljettuja lyijyakkuja. Suljetut lyijyakut eivät ole nimestään huolimatta kokonaan suljettuja, vaan niissä

on turvallisuuden takia varoventtiili, joka toimii akun sisäisen paineen kasvaessa liian suureksi. Suljetun lyijyakun etuja ovat perinteiseen akkuun nähden muun muassa:

- vettä ei tarvitse lisätä
- ei happovuotoja eli turvallinen
- voidaan usein sijoittaa vapaasti kyljelleen tai pystyasentoon
- vähäinen kaasun kehitys, jonka ansionsa erillistä akkuhuonetta ei tarvita

Suljetun akun elinikä on avointa akkua lyhyempi, mutta parhailla akuilla kuitenkin selvästi yli 10 vuotta. (Hämeenoja 1993, 7–9, 27–29; ST 52.30.02 2016, 2).

3.2.2 Litiumioniakku (Li-ion)

Viime vuosina kuluttajaelektronikassa yleistynyt litiumioniakku on tehnyt tuloaan myös pienten tehojen varajärjestelmien akkuna. Litiumioniakussa litiumioni liikkuu anodin ja katodin välillä muodostaen sähkövirran. Sen hyvänä puolena on keveys, pieni itsepurkautuminen, nopea varautuminen, hyvä pakkasenkestävyys, varaus ei muodosta kaasuja ja se tarvitsee vain pienen ylivarauksen. Huonoina puolina mainittakoon korkea hinta, joka on kuitenkin laskenut tuotantomäärien noustessa. Teknisen haasteen aiheuttaa myös turvallisuuteen liittyvät tekijät ja niiden takia vaadittava akunhallintajärjestelmän moninaisuus. Litiumakun kennojännite on 2,3 V – 4, 1 V tekniikasta riippuen. (Crompton 2000 9/1–9/7; Kiehne 2003, 268; ST 52.30.02 2016, 1–2.)

3.2.3 Nikkeli-kadmiumakku (NiCd)

Nikkeli-kadmiumakku on erikoissovellusten akku, jonka kapasiteetti on hyvä alhaisissakin lämpötiloissa ja jonka käyttöikä ei kärsi korkeista lämpötiloista, kuten lyijyakun tapauksessa. Akulla on myös pieni itsepurkautuvuus ja pitkä käyttöikä. Akun kennojännite on vain 1,2 V ja purkaus- ja varausjännitteen ero on suuri. Akku vaatii jonkin verran huoltoa, sen sijoitettavuus on huono ja se on kallis hinnaltaan. Kadmiumin myrkyllisyys asettaa erityisvaatimuksia ja kustannuksia akun

käytön jälkeiselle käsittelylle ja kierrätykselle. (Hämeenoja 1993, 68; ST 52.30.02 2016, 2.)

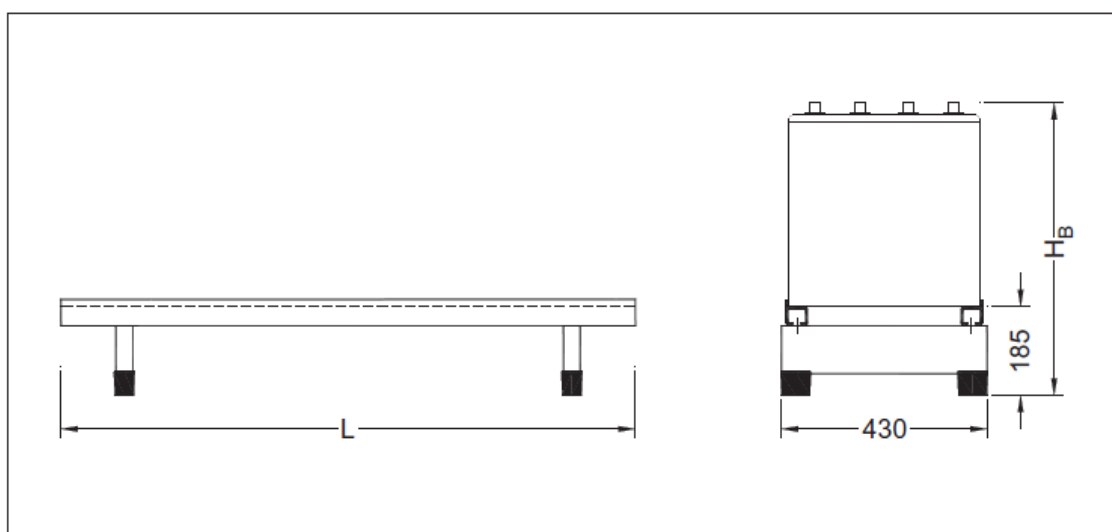
3.3 Akkujen sijoitus

Suljetut akut voidaan asentaa laitteen sisälle, erilliseen suljettuun akkukaappiin, telineille suoraan normaaliin huonetilaan tai erilliseen akkuhuoneeseen. Suljetut akut eivät varauksen aikana normaalioloissa eritä ollenkaan kaasuja, joten vaatimukset ilmanvaihdolle ovat paljon kevyemmät kuin avoimien akkujen tapauksessa. Usein riittävä ilmanvaihto saavutetaan tässä tapauksessa ilman koneellista ilmanvaihtoa. Akkuhuoneen suositeltu lämpötila on noin 20 °C. Lämpötilan laskiessa akun kapasiteetti laskee. Kapasiteetin lasku johtuu akun sisäisen vastuksen kasvusta ja aineensiirron hidastumisesta. Akkutilaa on myös tarvittaessa koneellisesti jäähdytettävä, sillä korkeammat lämpötilat laskevat akun käyttöikää 50 % jokaista 10 °C nousua kohden. Akuston lämpötilan olisi myös syytä olla tasainen, ja 3–5 °C vaihtelu eri osien välillä on vielä sallitun rajoissa.

Akkujen sijoituksessa on huomioitava lattian kantavuus, sillä varsinkin usean kerroksen korkuisiin telineisiin akkuja sijoitettaessa paino voi ylittää helposti 2000 kg/m² ja jakauma on varsin pistemäinen. Tasasuuntaajan on sijaittava mahdollisimman lähellä akustoa, ettei jännitehäviö akustokaapeleissa nouse liian suureksi. SELV tai PELV asennustavan täyttävä enintään 60 VDC akusto ei vaadi kosketussuojausta. 60–120 VDC akusto vaatii kosketussuojauksen ja 120 VDC akusto tulee sijoittaa erilliseen lukittuun tilaan, johon pääsyä on rajoitettu. Standardissa SFS 5726 on tarkennettu asiaa siten, että kennojen väliset kiskot on suojattava muovisuojuksella, jossa on napojen kohdalla reikä kennojännitteen mittaamista varten. Akkujen välikaapeleiden on oltava eristettyjä ja taipuisia mahdollistaen akun pienen siirtämisen. Napatapid ja akkujen puoleiset kaapelien liitäntäpisteet on suojattava tahattomalta koskettamiselta irrotettavin suojuksin. (SFS 5726 1996, 12; ST-Käsikirja 20 2005, 36, 84–85; ST 52.30.01 2016, 2.)

Avoimet akut on sijoitettava omaan akkuhuoneeseensa akkutelineeseen (kuva 3). Akkuhuoneessa ei saa olla ikkunoita ja pintamateriaalien on kestävä akkuhappoa. Etenkin lattian materiaaleihin on kiinnitettävä huomiota. Akkutelineet voidaan laittaa suoraan lattialle, mikäli lattian materiaali on antistaattista ja pitkäai-

kaistakin hapon altistusta kestävä. Lattiapinnoitetta on tässä tapauksessa vietävä seinille ja kynnyksille vähintään 10 cm korkeudelle. Mikäli nämä ehdot eivät täyty, on akuston alle sijoitettava erillinen vuotoallas, joka tilavuudeltaan sallii vähintään yhden akun koko akkuhapon vuotamisen. Vuotoallas voi olla kooltaan yhden tai useamman kennon laajuinen. Huoneeseen on myös jätettävä vähintään 0,8 m leveä huoltokäytävä. Akkuhuoneen oveen on laitettava vähintään seuraavat kyltit varoittamaan vaarasta: Avotulenteko ja tupakointi kielletty ja Akku, Akkuhuone (SFS 5725 1996, 11; ST-Käsikirja 20 2005, 86; ST 52.30.01 2016, 2.)



Kuva 3. Akkuteline (ST 52.30.01 2016, 2)

Lyijyakut muodostavat varauksen aikana räjähdysvaarallista vetykaasua, joka ilmassa 4–96% pitoisuuksilla muodostaa räjähtävän seoksen. Vedyn pitoisuus on pidettävä sallituissa rajoissa ilmastoinnin avulla. Räjähdysvaarallisten kaasujen esiintymisen todennäköisyydestä on tehtävä selvitys ja tarvittaessa laadittava räjähdyssuoja-asiakirja sekä luotava tilaluokitus. (ST 52.30.01 2016, 5.)

Standardissa SFS-EN IEC 62485-2:2018 on annettu kaava vaadittavan ilmanvaihdon määrästä:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot i_{gas} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} \left[m^3/h \right] \quad (1.)$$

jossa

- $Q =$ tuuletusilmavirtaus
 $n =$ kennojen lukumäärä
 $i_{gas} =$ kaasua tuottava virta nimelliskapasiteettia kohti (mA/Ah) kesto-
 rausvirralla I_{float} tai pikalatausvirralla I_{boost}
 $C_{rt} =$ on kapasiteetti C_{10} lyijyakuille (Ah), $U_f = 1,80$ V/kenno lämpötilassa
 20 °C tai kapasiteetti C_5 nikkeli-kadmiumakuille (Ah), $U_f = 1,00$
 V/kenno lämpötilassa 20 °C.

Kun avoimessa akussa käytetään ns. katalyyttitulppia, kaasua tuottavaa virtaa i_{gas} voidaan laskea 50 %:lla avokennoihin verrattuna (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 22).

Akun valmistajalta on saatavissa tarkat arvot I_{float} ja I_{boost} , mutta arvojen puuttuessa voidaan käyttää avoimille lyijyakuille arvoja 5/20 mA/Ah ja suljetuille 1/8 mA/Ah (I_{float}/I_{boost}). Avoimen akun antimonipitoisuuden (S_b) ollessa yli 3%, tulee kyseiset arvot kertoa kahdella. (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 22.)

Akkutilojen poisto- ja tuloilma-aukkojen pinta-ala määritetään seuraavan kaavan perusteella.

$$A = 28 \cdot Q \quad (2.)$$

jossa

- $A =$ tuuletusaukkojen vapaa pinta-ala (cm^2)
 $Q =$ tuuletusilmavirtaus (m^3/h)

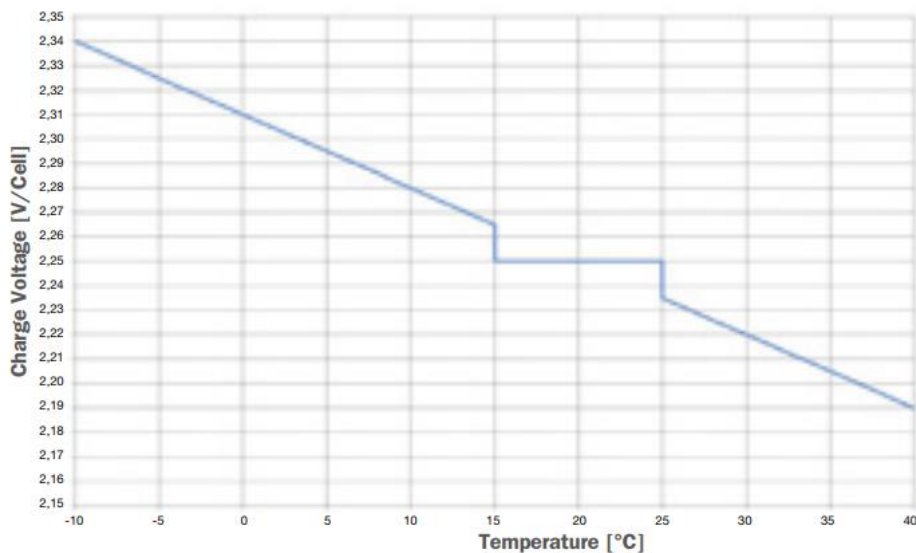
Tuuletusaukot on pyrittävä asentamaan vastakkaisille seinille, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista, on aukkojen etäisyys oltava vähintään 2 m. Mikäli päädytään

koneelliseen ilmastointiin, on varaajan toiminta sidottava ilmastoinnin toimintaan. Vaihtoehtoisesti ilmastoinnin viasta on saatava hälytys olosuhdevalvontaan. Akkuhuoneen poistoilma on johdettava rakennuksen ulkopuolelle. (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 22–23.)

3.4 Akkujen varaaminen ja kuormitus

3.4.1 Ylläpitovaraus

Avoimen lyijyakun ylläpitovarausjännite on normaalisti 2,23–2,25 V/kenno ja suljetun akun 2,25–2,30 V/kenno. Varausjännitettä ei tarvitse muuttaa lämpötilan perusteella huoneen lämpötilan ollessa 15–25 °C (10–30 °C avoimella). Mikäli lämpötila eroaa jatkuvasti tästä, muutetaan latausjännitettä noin -0,003 V/kenno/°C (kuva 4). Tarkka arvo on varmistettava aina kyseisen akun valmistajalta (ST 50.30.02 2016, 2; Installation, commissioning and operating... 2013, 37; SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 34.)



Kuva 4. Suljetun lyijyakun varausjännite suhteessa lämpötilaan (Installation, commissioning and operating... 2013, 37)

Lyijyakun kaasuuntumisjännite on normaalissa huonelämpötilassa 2,40 V/kenno. Tätä korkeammilla jännitteillä vety- ja happikaasujen erityis lisääntyä voimakkaasti. Kaasuuntumisjännitteen ylittäminen on mahdollista lyhytaikaisesti esim. kennojännitteiden tasaustalauksen yhteydessä. (ST 50.30.02 2016, 2; Installation, commissioning and operating... 2013, 37.)

3.4.2 Pikavaraus

Pikavaraus on erikoistoimenpide, jota ei yleensä tarvitse tehdä. Pikavarauksella akkujen lataustasoa nostetaan nopeasti ylöspäin esimerkiksi erittäin raskaan kuormituksen jälkeen. Akkuvalmistaja Hoppecke antaa avointen lyijyakkujen teknisessä manuaalissa seuraavat ohjeet pikavarauksesta: avoimet akut ladataan pikavarauksessa kennojännitteeseen 2,35–2,40 V käyttäen vakiovirtaa 5 A per 100 Ah. Pikavarauksen maksimiaika on 72 h (suljetuilla 48 h) ja ylläpitolataukseen siirrytään, kun akuston kennojännite ei ole noussut kahteen tuntiin. Jos elektrolyytin lämpötilaa ylittää 55 °C (SFS 5726: akun lämpötila yli 35 astetta) on lataus keskeytettävä, kunnes lämpötila on laskenut alle 45 asteeseen. Pikavarauksen aikana kuorma on mahdollisesti kytkettävä pois, sillä jännite saattaa nousta yli suurimman sallitun ($2,4 \text{ V} * 24 = 57,6 \text{ V}$). Pikavarausta voidaan käyttää myös herättelemään akkua ennen kuormitustestiä. Varaus on suoritettava enintään 7 ja vähintään 3 päivää ennen testiä. Suljettuja akkujen kohdalla on syytä tarkistaa akun valmistajalta akkujen soveltuminen pikavaraukseen. (ST 50.30.02 2016, 2; Installation, commissioning and operating... 2013, 43.)

3.4.3 Kuormitus

Akun purkuvirta vaikuttaa akun kapasiteetin antokykyyn. Antokyky laskee virran noustessa (taulukko 4).

Taulukko 4. Avoimen lyijyakun kapasiteetti eri purkuvirroilla (sun | power VL 2016, 3)

Series OPzS bloc	Nominal voltage V	C ₁₀₀ /1.85 V Ah	C ₅₀ /1.85 V Ah	C ₂₄ /1.83 V Ah	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah
sun power VL 12-70	12	70	65	60	50	44
sun power VL 12-130	12	130	130	120	101	88
sun power VL 12-200	12	200	190	180	151	132
sun power VL 6-270	6	270	255	240	202	176
sun power VL 6-330	6	330	320	298	252	220
sun power VL 6-400	6	400	380	358	302	264
Series OPzS						
sun power VL 2-280	2	280	265	245	213	182
sun power VL 2-350	2	350	330	307	266	227
sun power VL 2-420	2	420	395	370	320	273
sun power VL 2-520	2	520	490	454	390	345
sun power VL 2-620	2	620	585	542	468	414
sun power VL 2-730	2	730	685	634	546	483

Lyijyakku voi vaurioitua, jos se puretaan liian tyhjäksi. Taulukossa 5 on esitetty ohjearvot lopetusjännitteiksi.

Taulukko 5. Suositellut lopetusjännitteet purkuajan perusteella (Akun valinta ja mitoitus... 2016., 22)

Varmistusaika	Lopetusjännite
>20 h	1,85
>10 h	1,83
>3 h	1,80
2 h	1,77
1 h	1,75
30 min	1,70
10 min	1,65

4 Mitoitus

4.1 Tasasuuntaajan mitoitus

Tasasuuntaaja on mitoitettava siten, että kuorma on pystyttävä syöttämään ilman ylimääräistä tehomoduaalia (n+1). Purettu akusto on pystyttävä varaamaan 80 %:iin vuorokaudessa. Varauksessa ylimääräisen tehomoduaalin käyttö on sallittua. Varaajan nimellisvirta mitoitetaan yleensä 3 h:n nimellisvirran suuruiseksi. Tasasuuntaajan ylimitoituksesta tulevaisuutta varten ei ole standardeissa annettu mitään selvää ohjeistusta. Laitteiden kokonaisvirrat ovat kasvaneet jatkuvasti ja uusien standardien tulossa (5G), joten voi olla viisasta ylimitoitaa tasasuuntaaja. ST-käsikirja 20 ehdottaa 30 % ylimitoitusta. Varsinaisia tehomoduaaleita voi tasasuuntaajaan lisätä tarpeen mukaan. (54 B/2014 M 2014, 9; ST-Käsikirja 20 2003, 124, 166)

4.2 Akuston mitoitus

Akuston mitoituksessa tulee huomioida seuraavat asiat:

- vaadittava varakäyntiaika
- purkausvirta
- akkuhuoneen lämpötila
- rinnakkaisten akustojen lukumäärä
- minimi- ja maksimijännite
- kennomäärä
- akkujen vanhenemisen aiheuttama kapasiteetin lasku
- ylimitoitustarve

Teleasemalla yleisin akuston jännite on 48 V, ja se saadaan 24 lyijyakun sarjaan kytkennällä. Akusto on redundanttisuuden takia hyvä jakaa kahteen erilliseen akustoon. Yli 1000 Ah akustoilla tämä on velvoittava määräys. On kuitenkin muistettava, että yhdenkin akuston on pystyttävä vikatilanteessa kattamaan koko kuormantarve. Tämä tulee huomioida myös sulakkeiden ja kaapeleiden mitoituksessa. (ST 50.30.02 2016, 2; Viestintävirasto 54 B/2014 M 2014, 8.)

Mitoitus tapahtuu katsomalla akkuvalmistajan taulukoista riittävä virta/teho minimijännitteellä. Akkujen 20 % kapasiteetin lasku huomioidaan kertomalla varakäyntiaika 1,25:lla. Monimutkaisissa tapauksissa on syytä käyttää erillistä tietokoneohjelmaa akuston koon mitoittamiseen. Ohjelmia on saatavilla akkuvalmistajilta. (ST 50.30.02 2016, 2.)

Esimerkkejä mitoituksesta. Esimerkeissä hyödynnetty Celltechiltä saatua koulutusmateriaalia.

Esimerkki 1:

48 V akusto, Virta 50 A, minimijännite 42 V (1,75 V/kenno), aika 3 h

Huomioidaan akkujen vanheneminen $3 \text{ h} * 1,25 = 3,75 \text{ h} \approx 4 \text{ h}$

Valitaan akkuvalmistajan kennojännite/virta -taulukosta (taulukko 6) ehdot täyttävä akku.

Akuksi valitaan 5 OPzS 250. Mikäli akkujen alentuvaa kapasiteettia ei olisi huomioitu, olisi akuksi virheellisesti tullut pykälää pienempi 4 OPzS 200.

Taulukko 6. GNB:n Classic OPzS akkujen 1,75 V kennojännite vakipurkuvirralla (Classic OPzS n.d., 10, muokattu)

1.75 Vpc – Discharge in A at 20 °C

Type	Part number	3 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 h	1.5 h	2 h	3 h	4h	5 h	8 h	10 h	20 h
2 OPzS 100	NVZS020100WCOFB	147	137	125	113	96.1	66.4	52.9	44.2	34.3	27.7	23.5	15.9	13.1	7.20
3 OPzS 150	NVZS020150WCOFB	188	175	158	144	122	85.3	68.5	57.8	44.9	36.4	30.7	21.0	17.3	9.50
4 OPzS 200	NVZS020200WCOFB	243	226	205	186	158	109	87.2	73.5	57.1	46.9	39.1	26.7	22.1	12.1
5 OPzS 250	NVZS020250WCOFB	294	274	249	225	193	134	107	90.8	70.0	56.8	48.1	32.9	27.3	15.0
6 OPzS 300	NVZS020300WCOFB	343	319	290	263	226	158	127	108	82.6	67.0	57.1	39.0	32.6	17.8
5 OPzS 350	NVZS020350WCOFB	333	316	296	281	247	190	153	129	97.3	79.7	68.0	47.1	39.1	21.5
6 OPzS 420	NVZS020420WCOFB	383	364	341	323	288	221	180	152	116	95.0	81.4	56.4	46.9	25.7
7 OPzS 490	NVZS020490WCOFB	438	416	390	369	328	252	207	176	136	111	94.9	65.7	54.6	29.9
6 OPzS 600	NVZS020600WCOFB	480	462	437	416	381	306	258	220	167	136	116	83.0	70.0	38.4
7 OPzS 700	NVZS020700WCOFB	530	510	482	459	420	338	285	242	184	150	128	91.5	77.3	42.4
8 OPzS 800	NVZS020800WCOFB	703	677	630	592	534	430	353	303	226	184	157	112	92.8	51.4
9 OPzS 900	NVZS020900WCOFB	758	730	678	637	575	463	380	326	243	198	170	121	100	55.4
10 OPzS 1000	NVZS021000WCOFB	843	812	761	719	654	526	438	374	281	229	196	140	117	64.4
12 OPzS 1200	NVZS021200WCOFA	968	932	881	838	767	617	521	443	336	273	233	167	141	77.4
12 OPzS 1500	NVZS021500WCOFA	966	952	923	884	824	676	598	524	413	346	301	212	178	97.4
14 OPzS 1750	NVZS021750WCOFA	1025	1010	977	936	873	716	634	554	437	366	319	225	188	103
16 OPzS 2000	NVZS022000WCOFA	1395	1375	1320	1260	1165	933	817	705	547	458	398	281	235	129
18 OPzS 2250	NVZS022250WCOFA	1460	1440	1390	1325	1225	993	871	755	595	498	434	306	256	141
20 OPzS 2500	NVZS022500WCOFA	1735	1710	1645	1565	1450	1165	1015	877	680	569	496	350	293	161
22 OPzS 2750	NVZS022750WCOFA	1855	1830	1765	1680	1550	1245	1090	940	729	610	531	375	313	172
24 OPzS 3000	NVZS023000WCOFA	2000	1970	1900	1810	1675	1360	1190	1030	814	681	593	419	350	192

Esimerkki 2:

48 V akusto, teho 10 kW, minimijännite 42 V (1,75 V/kenno), aika 3 h

Huomioidaan akkujen vanheneminen $3 \text{ h} * 1,25 = 3,75 \text{ h} \approx 4 \text{ h}$

Teho/kenno: $10000 \text{ W} / 24 \text{ kn} \approx 420 \text{ W/kn}$

Valitaan akkuvalmistajan W/kn -taulukosta (taulukko 7) ehdot täyttävä akku.

Akuksi valitaan 10 OPzS 1000.

Taulukko 7. GNB:n Classic OPzS akkujen 1,75 V W / kn (Classic OPzS n.d., 15, muokattu)

1.75 Vpc – Discharge in W at 20 °C

Type	Part number	3 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 h	1.5 h	2 h	3 h	4h	5 h	8 h	10 h	20 h
2 OPzS 100	NVZS020100WCOFB	258	243	222	201	173	122	98.0	82.5	64.7	52.5	44.9	30.7	25.5	14.1
3 OPzS 150	NVZS020150WCOFB	330	310	280	256	219	156	127	108	84.6	69.0	58.7	40.5	33.6	18.6
4 OPzS 200	NVZS020200WCOFB	427	401	365	332	285	200	161	137	108	87.7	74.7	51.6	42.8	23.7
5 OPzS 250	NVZS020250WCOFB	517	485	442	402	347	245	198	170	132	108	92.1	63.5	53.0	29.3
6 OPzS 300	NVZS020300WCOFB	603	565	516	469	407	289	235	202	156	127	109	75.3	63.1	35.0
5 OPzS 350	NVZS020350WCOFB	586	560	527	501	445	347	284	240	183	151	130	91.1	75.9	42.1
6 OPzS 420	NVZS020420WCOFB	674	644	607	577	517	404	333	285	220	180	156	109	90.9	50.4
7 OPzS 490	NVZS020490WCOFB	770	735	693	658	590	461	384	328	256	210	181	127	106	58.8
6 OPzS 600	NVZS020600WCOFB	842	818	777	743	685	560	479	410	314	257	221	160	136	75.4
7 OPzS 700	NVZS020700WCOFB	930	903	857	819	755	618	528	452	346	283	244	177	150	83.1
8 OPzS 800	NVZS020800WCOFB	1230	1200	1120	1055	960	786	654	566	425	348	301	216	180	101
9 OPzS 900	NVZS020900WCOFB	1330	1290	1205	1135	1035	846	704	609	458	374	324	233	194	109
10 OPzS 1000	NVZS021000WCOFB	1480	1435	1355	1285	1175	962	811	698	530	433	374	270	227	126
12 OPzS 1200	NVZS021200WCOFA	1695	1650	1565	1495	1380	1130	964	826	633	516	446	323	274	152
12 OPzS 1500	NVZS021500WCOFA	1690	1675	1630	1575	1470	1210	1075	951	761	642	565	403	341	189
14 OPzS 1750	NVZS021750WCOFA	1795	1780	1725	1665	1560	1280	1140	1005	805	679	599	427	360	200
16 OPzS 2000	NVZS022000WCOFA	2440	2420	2330	2245	2080	1670	1470	1280	1010	850	747	534	450	250
18 OPzS 2250	NVZS022250WCOFA	2555	2535	2455	2360	2185	1775	1570	1370	1095	924	815	581	490	274
20 OPzS 2500	NVZS022500WCOFA	3035	3010	2905	2786	2590	2085	1825	1590	1255	1055	931	665	561	312
22 OPzS 2750	NVZS022750WCOFA	3245	3220	3115	2990	2765	2230	1960	1705	1345	1130	997	712	599	334
24 OPzS 3000	NVZS023000WCOFA	3500	3465	3355	3220	2990	2435	2140	1870	1500	1260	1115	796	670	372

Esimerkki 3:

Tietoliikennekäytössä osa kuormista putoaa pois tietyn ajan päästä ja kriittisimmät pidetään päällä viimeiseen asti.

48 V akusto, teho 6 kW 1h ja 3 kW 3h, minimijännite 42 V (1,75 V/kenno), aika 3 h

Huomioidaan akkujen vanheneminen $3 \text{ h} * 1,25 = 3,75 \text{ h} \approx 4 \text{ h}$

Lasketaan energian määrä kWh. $6 \text{ kW} * 1 \text{ h} + 3 * 3 \text{ h} = 15 \text{ kWh}$

W/kn arvo on siis $15000 \text{ Wh} / 3 \text{ h} / 24 = 208, 33 \text{ W/kn} \approx 210 \text{ W/kn}$

Valitaan akkuvalmistajan W/kn -taulukosta (taulukko 8) ehdot täyttävä akku.

Akuksi valitaan 7 OPzS 490.

Taulukko 8. GNB:n Classic OPzS akkujen 1,75 V W / kn (Classic OPzS n.d., 15, muokattu)

1.75 Vpc – Discharge in W at 20 °C

Type	Part number	3 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 h	1.5 h	2 h	3 h	4h	5 h	8 h	10 h	20 h
2 OPzS 100	NVZS020100WCOFB	258	243	222	201	173	122	98.0	82.5	64.7	52.5	44.9	30.7	25.5	14.1
3 OPzS 150	NVZS020150WCOFB	330	310	280	256	219	156	127	108	84.6	69.0	58.7	40.5	33.6	18.6
4 OPzS 200	NVZS020200WCOFB	427	401	365	332	285	200	161	137	108	87.7	74.7	51.6	42.8	23.7
5 OPzS 250	NVZS020250WCOFB	517	485	442	402	347	245	198	170	132	108	92.1	63.5	53.0	29.3
6 OPzS 300	NVZS020300WCOFB	603	565	516	469	407	289	235	202	156	127	109	75.3	63.1	35.0
5 OPzS 350	NVZS020350WCOFB	586	560	527	501	445	347	284	240	183	151	130	91.1	75.9	42.1
6 OPzS 420	NVZS020420WCOFB	674	644	607	577	517	404	333	285	220	180	156	109	90.9	50.4
7 OPzS 490	NVZS020490WCOFB	770	735	693	658	590	461	384	328	256	210	181	127	106	58.8
6 OPzS 600	NVZS020600WCOFB	842	818	777	743	685	560	479	410	314	257	221	160	136	75.4
7 OPzS 700	NVZS020700WCOFB	930	903	857	819	755	618	528	452	346	283	244	177	150	83.1
8 OPzS 800	NVZS020800WCOFB	1230	1200	1120	1055	960	786	654	566	425	348	301	216	180	101
9 OPzS 900	NVZS020900WCOFB	1330	1290	1205	1135	1035	846	704	609	458	374	324	233	194	109
10 OPzS 1000	NVZS021000WCOFB	1480	1435	1355	1285	1175	962	811	698	530	433	374	270	227	126
12 OPzS 1200	NVZS021200WCOFA	1695	1650	1565	1495	1380	1130	964	826	633	516	446	323	274	152
12 OPzS 1500	NVZS021500WCOFA	1690	1675	1630	1575	1470	1210	1075	951	761	642	565	403	341	189
14 OPzS 1750	NVZS021750WCOFA	1795	1780	1725	1665	1560	1280	1140	1005	805	679	599	427	360	200
16 OPzS 2000	NVZS022000WCOFA	2440	2420	2330	2245	2080	1670	1470	1280	1010	850	747	534	450	250
18 OPzS 2250	NVZS022250WCOFA	2555	2535	2455	2360	2185	1775	1570	1370	1095	924	815	581	490	274
20 OPzS 2500	NVZS022500WCOFA	3035	3010	2905	2786	2590	2085	1825	1590	1255	1055	931	665	561	312
22 OPzS 2750	NVZS022750WCOFA	3245	3220	3115	2990	2765	2230	1960	1705	1345	1130	997	712	599	334
24 OPzS 3000	NVZS023000WCOFA	3500	3465	3355	3220	2990	2435	2140	1870	1500	1260	1115	796	670	372

4.3 Oikosulku- ja ylivirtasuojaus

Tasasuuntaajalla oikosulkuvirran lähteitä ovat akusto ja varaaja. Normaalissa 50 Hz vaihtovirrassa on sekunnin aikana 100 hetkeä, jolloin virran arvo on nolla. Tasavirrassa hetkittäistä nollavirtaa ei esiinny, joten yleisten vaihtovirtaan suunniteltujen komponenttien arvot eivät päde suoraan tasavirtaan. Asia on pidettävä mielessä suunniteltaessa tasavirralla toimivia verkkoja.

(ST-20 käsikirja, 2003, 165–166.)

Täyteen varautunut akusto pystyy syöttämään n. 150–200 kertaa 10 tunnin purkausvirran. Akun varaustilan ollessa 50 % putoaa oikosulkuvirran arvo 70–80 %:iin. Varaajaan oikosulkuvirta on tyypillisesti vain noin kaksinkertainen sen nimelliseen virtaan nähden. Suurin osa tasavirtajärjestelmän oikosulkuvirrasta tulee siis akustosta. Mitoitus on tehtävä siten, että suojat toimivat myös vajaavaraustilassa. (ST-20 käsikirja, 2003, 165–166.)

Esimerkki

Akusto: 700 Ah / 10 Ah

Akuston tuottama oikosulkuvirta: $150 * 70 \text{ A} * 0,7 = 7\,350 \text{ A}$

Varaajan tuottama oikosulkuvirta: $2 * 184 \text{ A} = 368 \text{ A}$

(varaajan nimellisvirran arviona käytetty akuston 3h purkuvirtaa)

Tasasähköverkoissa suojalaitteina käytetään sulakkeita ja johdonsuojakatkaisijoita. Ryhmäsuojana käytetään sulaketta ja laitesuojana johdonsuojakatkaisijaa. Peräkkäisten johdonsuojakatkaisijoiden käyttöä ei suositella huonon selektiivisyyden takia. Tasasuuntaajan pääsulakkeet mitoitetaan varaajan nimellisvirralle tai maksimissaan sitä seuraavalle. Akkusulakkeet mitoitetaan laukeamaan vain kiskostossa tapahtuvassa oikosulussa, koska kuorman lähdoilla on omat pienemmät suojansa. (ST-20 käsikirja, 2003, 165–166.)

5 Kunnossapito

5.1 Yleistä

Tasasuuntaaja ja sen akusto vaativat säännöllistä huoltoa. Viestintävirasto velvoittaa määräyksessään 54 B/2014 M teleyrityksen varmistamaan varateholähteen kunnan ja kapasiteetin riittävyyden vähintään kerran vuodessa. Tarkistus on myös tehtävä aina kun järjestelmään lisätään uusia laitteita. SFS 5726:ssa on määritelty tasasuuntaajan huolto ja tarkastus tehtäväksi vähintään kerran vuodessa ja akusto vähintään kolme kertaa vuodessa.

Tasasuuntaajien ehkäisevä huollossa käydään läpi vähintään seuraavat asiat:

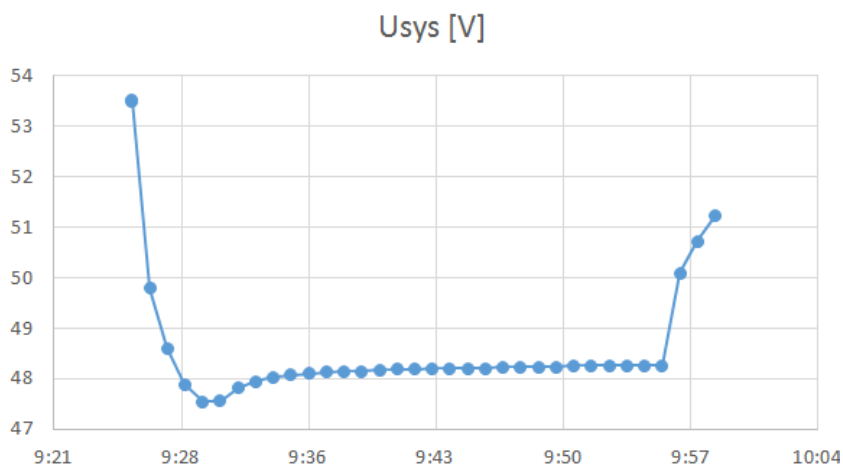
- Sähköverkon liitänjohtojen ylivirtasuojauksen tarkastus ja suojan kunnan tarkistus
- Tasasuuntaajien asetusten tarkistus ja tarvittaessa säätö
- Laitteiden puhdistus haitallisesta liasta ja pölystä
- Liitosten tarkistus ja kiristys tarvittaessa
- Jakelun suojien tarkistus.
- Tasasuuntaajan toimivuuden varmistus.
- Hälytyksien toimivuuden tarkistus ja prioriteettien tarkistus.

Huollosta on laadittava huoltopöytäkirja ja arkistoitava se varmaan paikkaan.

Akkuhuollon tulee sisältää vähintään seuraavat toimenpiteet

- Kennojen tai kennoryhmien jännitteiden sekä akun napajännitteiden mittaustaus
- Poikkeavien kennojen elektrolyytin ominaispainon mittaustaus
- Avointen akkujen vesimäärän tarkistus ja vesitys tarvittaessa. Lisättyä vesimäärää ja kulutusta on seurattava
- Akun silmämääräinen tarkistus (napatapit, liitokset, elektrodilevyt, kennoastiat). Liitosten mahdollinen jälkikiristys
- Haitallisen lian poistaminen akuista

Kerran vuodessa tulee myös akuille suorittaa kuormituskoee luonnollisella kuormalla. Kokeen kesto on vähintään 0,5 h tai niin kauan, kunnes jännitteenalenema on vakiintunut alun pudotuksesta (kuva 5). Koe keskeytetään myös, mikäli napajännite laskee haitallisen alhaiseksi. Purkausajan lopuksi mitataan kennojännitteet ja tarkistetaan liitosten kunto. (SFS 5726 1993, 13–14.)



Kuva 5. Jännitteen käyttäytyminen akkuteistissä. Alun ja lopun suuret muutokset kuvaavat testin aloitusta ja lopetusta. (Caverion Suomi Oy 2016. Akuston huoltoraportti)

IEEE:n standardissa 450 käsitellään myös avointen akkujen huoltoa ja kunnossapitoa. Standardin suositukset huoltojen ajankohdista on koostettu alla olevaan taulukkoon (taulukko 9). Kyseessä on vain suositus ja joissain tilanteissa voi olla tarpeenmukaista noudattaa erilaista huoltoväliä.

Taulukko 9. Suositus avointen lyijyakkujen huollosta (IEEE 450 2010, 6–7)

Mittaus	Jännite ja virta				Lämpötila		Vastus	Elektrolyytti	Silmämääräinen
	Akuston kokonaisjännite	Kennojännite	Laturin jännite ja virta	AC-Häiriövirta (ripple)	Huoneen	Akku			
Kuukausittain	X		X		X				X
3kk välein	X	X	X		X	10 %	10 % kennoista	10 %	X
Vuosittain	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Silmämääräiseen testiin kuuluu myös vesimäärän tarkistus ja sen lisääminen tarvittaessa. Veden lisäyksen jälkeen elektrolyytin ominaispainon voi mitata vasta aikaisintaan parin päivän päästä sekoittumiseen vaadittavan ajan takia (Installation, commissioning and operating... 2013, 41). Taulukkoa 9 voidaan soveltaa myös suljetuille akuille, mutta elektrolyytin ominaispainoa ei tällöin mitata. IEEE:n standardissa 1188 käsitellään tarkemmin suljettujen lyijyakkujen kunnossapitoa

ja huoltoa. Standardi suosittelee suljettujen akkujen tapauksessa neljännesvuosittaista (10 %) ja vuosittaista (100 %) akkujen sisäisen impedanssin mittaamista. Impedanssin yli 20 % muutokset alkuarvosta tai edellisestä mittauksesta viittaavat kennon huonoon kuntoon. Kennon impedanssin mittaamiseen on käytettävä erillistä tähän tarkoitukseen kehitettyä mittaria. Nämä mittarit käyttävät impedanssin mittaamiseen laitteen tuottamaa vaihtovirtaa samalla huomioiden piirissä olevan rippelin. Tavallista yleismittaria ei siis saa käyttää! (Vara-akkujärjestelmien parhaan... 2014, 3.)

Häiriövirralla (ripple) tarkoitetaan tasasuuntauksen jälkeistä vaihtovirtakomponenttia. Tämä vaihtovirta lämmittää akkua turhaan ja liian suuret arvot vaikuttavat negatiivisesti akun elinikään. Vaihtovirta tulee rajoittaa maksimissaan arvoon 10 A / 100 Ah tai mieluiten arvoon 5 A / 100 Ah. Häiriövirta mitataan pihtiampeerimittarin vaihtovirta-asetuksella. (ST 50.30.02 2016, 2.)

Huollon yhteydessä mitatuilla eri arvoilla on vähän käyttöä, mikäli käytettävissä ei ole ajan kuluessa kertynyttä mittausdataa. Datan perusteella pystytään seuraamaan yksittäisten kennojen kunnan kehittymistä ja ennustaa niiden vikaantuminen etukäteen. (Battery testing guide 2017, 11, 17.)

6 Turvallisuus

6.1 Yleistä

Akustojen kanssa työskenneltäessä on noudatettava erityistä varovaisuutta. Lyijyakkujen elektrolyytinä toimiva rikkihappo on syövyttävää ja sen joutumista silmiin ja iholle on vältettävä. Akustojen suuret oikosulkuvirrat aiheuttavat myös onnettomuustilanteessa vaaran. British Telecomin opetusvideossa (n.d.) mainitaan, että suurin osa onnettomuuksista tapahtuu akustoasennuksissa, kun kaapeli tai työkalu koskettaa jännitteistä osaa ja akkutelinettä.

6.2 Vaatetus ja työkalut

Suosittelavat suojavaatteet/välineet IEEE 450 2010 standardissa, kun tehdään avoimille akuille huolto- tai asennustoimenpiteitä, ovat:

- Suojalasit ja kokovisiiri
- Haponkestävät hanskat
- Suojaessu
- Silmähuuhdetta roiskeiden huuhtomiseen silmistä
- Ruokasoodaa neutralisoimaan happoroiskeet. Sekoitussuhde 1/10 eli 100g soodaa litraan vettä.

Suljettujen akkujen tapauksessa on käytettävä ainakin suojalaseja ja haponkestäviä hanskoja (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 24).

Kellot, korut ja muut metalliesineet on riisuttava ennen akkutöihin ryhtymistä. Vaatteiden ja kenkien on oltava sellaisia, etteivät ne muodosta sähkönpurkauksia. Akkujen puhdistuksessa on hyvä käyttää puuvillapohjaista vedellä kostutettua pyyhettä. Muut puhdistusvälineet ja nesteet voivat aiheuttaa staattisia varauksia tai ne saattavat vahingoittaa akkujen koteloita. (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 24.)

6.3 Rikkihapporoiskeet

Rikkihappo aiheuttaa palovammoja iholla ja silmissä. Jos rikkihappoa joutuu silmiin, niitä tulee huuhdella runsaalla vedellä pitkän aikaa. Lääkəriin tulisi hakeutua aina. Jos happoa joutuu iholle, se tulee huuhtoa pois runsaalla vedellä tai emäksisellä liuoksella (esimerkiksi ruokasooda-vesiliuos). Mikäli ärsytystä edelleen esiintyy, on syytä hakeutua lääkeriin. (SFS-EN IEC 62485-2:2018 2018, 24.)

7 POHDINTA

Työssä tutkittiin teleaseman tasasuuntaajan ja akuston mitoitusta, valintaa ja kunnossapitoa. Raamit teleaseman tasasuuntaajan toimivuudelle ja akuston kapasiteetille asettavat Liikenne- ja viestintäministeriön määräykset. Lisätietoa työhön haettiin alan kirjallisuudesta, standardeista ja ohjeistuksista. Alan suomenkieliset standardit eivät olleet kovinkaan kattavia, vaan lisätietoa piti hakea IEEE:n ohjeistuksista. Suuria tasavirtajärjestelmiä löytyy ainakin teleoperaattoreiden laitetoista sekä sähköasemilta, joten luulisi, että paremmalle ohjeistukselle voisi olla kysyntää. Opinnäytetyö muodostaa tiivistetyn paketin aihealueeseen, josta on toivottavasti hyötyä myös muille.

Mielestäni työ onnistui hyvin ja opin paljon uutta, vaikka olenkin Caverionilla työni puolesta ollut tekemisissä aiheen kanssa ennenkin. Opinnäytetyön perusteella Caverionille on sisäiseen käyttöön luotu ehdotus akkujen ja tasasuuntaajan huollosta ja kunnossapidosta.

LÄHTEET

Caverion Suomi Oy 2016. Akuston huoltoraportti.

Crompton, T. R. 2000. Battery Reference Book. Third Edition. Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

Celltech Oy. 2016. Akun valinta ja mitoitus käyttökohteen mukaan. 2016. Powerpoint-diat. Saatu Celltech Oy:ltä 29.03.2019.

Exide Technologies. n.d. Industrial Batteries / Network Power. Classic OPzS. Tuotekuvasto. Luettu 29.3.2019. http://www2.exide.com/Media/files/GNB_Classic_OPzS_NXCZSTEPDF00916.pdf

Fluke. 2014. Vara-akkujärjestelmien parhaan mahdollisen käyttötehon ja luotettavuuden ylläpitäminen. Sovellusohje. Vantaa: Fluke Corporation. Luettu 29.3.2019. http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/9900248_FIN_A_W.PDF

Hoppecke. 2013. Installation, commissioning and operating instructions for valve-regulated stationary lead-acid batteries. Tekninen manuaali. Brilon: PRIOTEX Medien GmbH. Luettu 29.3.2019. https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/Manual_VRL_en.pdf

Hoppecke. 2013. Installation, commissioning and operating instructions for vented stationary lead-acid batteries. Tekninen manuaali. Brilon: PRIOTEX Medien GmbH. Luettu 29.3.2019. https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/Manual_VL_en.pdf

Hoppecke. 2016. sun | power VL Series OPzS/OPzS bloc. Vented lead-acid batteries for cyclic applications. Esite. Luettu 29.3.2019. https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/sun_power_VL_en.pdf

Hämeenoja, M. 1993. Akkuopas. 1. painos. Espoo: Erkki Ahlavo Oyj.
Kiehne, H. A. 2003. Battery Technology Handbook. Second Edition. New York: Marcel Dekker Inc.

IEEE Std 450™-2010. 2011. IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications. New York: IEEE. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

Megger Ltd. 2017. Battery testing guide. Pdf. Luettu 29.3.2019 Vaatii käyttöoikeuden. <https://uk.megger.com/support/technical-library/technical-guides/battery-testing-guide>

SFS 5726. 1992. Televerkon voimalaitteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 30.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN IEC 62485-2:2018. 2018. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 30.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

ST-Käsikirja 20. 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 52.30.01. 2016. Akkuhuoneet ja varaamotilat. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 52.30.02. 2016. Akuston ja varajaat. Valinta ja mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

Power Equipment Rack Safety, British Telecom n.d. Katsottu 29.3.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=DpQeDcEpEn0>.