



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖASEMAN TASASÄHKÖJÄRJESTEL- MÄN MITOITUS SEKÄ KÄYTTÖÖNOTTO- JA KUNNOSSAPITOKOESTUKSET

Joni Hakola

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2018
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

HAKOLA, JONI:

Sähköaseman tasasähköjärjestelmän mitoitus sekä käyttöönotto- ja kunnossapitokoestukset

Opinnäytetyö 39 sivua
Kesäkuu 2018

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Sähkölandia Oy, joka on sähköasemaurakointiin erikoistunut yritys. Tasasähköjärjestelmällä on tärkeä rooli sähköaseman turvallisuuden ja toiminnan kannalta. Työssä selvitettiin nykypäivän vaatimuksia ja lähtökohtia sähköaseman tasasähköjärjestelmän suunnittelulle. Tasasähköjärjestelmän suunnittelun lähtökohtana on korkea luotettavuus. Työssä selvitettiin muun muassa varaajan ja akuston mitoituskriteereitä sekä vaatimuksia järjestelmän suojaukselle. Lisäksi tavoitteena oli selvittää järjestelmään liittyvät kunnossapitovelvoitteet ja standardien vaatimukset sen suhteen. Sähköaseman tasasähköjärjestelmään liittyviä vaatimuksia selvitettiin ensisijaisesti suomalaisten standardien avulla, mutta myös ulkomaisia standardeja (IEEE) ja lähteitä käytettiin.

Sähköaseman vaihtosähkösyötön katketessa aseman kriittisimpiä laitteita syötetään akkuvarmennetusta tasasähköjärjestelmästä, joka on usein myös kahdennettu. Lähtökohtana tasasähköjärjestelmälle pidetään kykyä varmentaa tärkeimmät toiminnot kymmenen tunnin ajan. Tasasähköjärjestelmän kunnossapidolla tähdätään korkeaan luotettavuuteen, lisäksi saavutetaan taloudelliset tavoitteet, kun mahdollistetaan akustolle suunnittelun mukainen elinkaari.

Työn lopputuloksena saatiin kattava tietopaketti sähköaseman tasasähköjärjestelmästä sekä sen suunnittelusta ja kunnossapidosta. Suunnittelun avuksi työssä koottiin yhteen tärkeimpiä huomioitavia mitoituskriteereitä suunniteltaessa akkuvarmennettua tasasähköjärjestelmää. Järjestelmän kunnossapito liittyy lähinnä vain akustoon. Akusto on varmennetussa järjestelmässä tärkeä palanen ja vaatii eniten säännöllistä - jopa kuukausittaista - huoltoa ja tarkastusta.

Työssä selvitettiin akustojen standardien ja suositusten mukaiset käyttöönotto- ja kunnossapitotarkastukset. Näiden perusteella tullaan valitsemaan toimeksiantajayritykselle käyttöönotettava akustojen testauslaitteisto ja kunnonhallintaohjelmisto. Lisäksi laaditaan ohjeistus mittauksista ja niiden aikatauluista. Suunnitelma tasasähköjärjestelmän kunnonhallinnasta, selvitys mittauslaitteistosta ja ohjeistus määritettiin toimeksiantajan toimesta luottamukselliseksi ja näin ollen ne jätettiin pois työn julkisesta osuudesta.

Asiasanat: sähköasema, tasasähköjärjestelmä, kunnossapito, akusto

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

HAKOLA, JONI:

Dimensioning of the substations DC power systems and commissioning and maintenance inspections

Bachelor's thesis 39 pages

June 2018

The Thesis was commissioned by Sähkölandia Oy, which specializes on substation contracting. DC power system plays an important role on substation safety and functionality. The most critical equipment for the substation are fed from battery-backed DC power system, which is often also doubled. Primarily DC power system should ensure the most important functions for ten hours. Maintenance of DC power system aims for high reliability. When planned life cycle is made possible for the accumulators, financial aims are reached.

Purpose of this thesis was to determine current requirements and starting points for DC power system design. Usually, the basis of designing DC power system is high reliability. Among other things, this thesis researches design criteria of a charger and an accumulator and also requirements for system protection. Another target of this thesis was to determine maintenance obligations related to the system and standard demands on that. Primarily demands were met by Finnish standards but also foreign standards (IEEE) and source materials were used.

As the results of this thesis was extensive guide of substation DC power system, and its design and maintenance procedure. As help for designing battery-backed DC power system, the most important design criteria, was created. Maintenance of the system is mostly associated with accumulators. Accumulator is an important part of the system and it demands the most regular maintenance and inspection, on monthly basis. This thesis found out accumulator standards and recommendations based maintenance and commissioning inspections. Based on the recommendations Sähkölandia will choose a suitable condition management software and accumulators testing equipment. In addition, instructions will be provided for measurements and their schedule. The plan of DC power systems condition management, report on measuring equipment and instruction were defined as confidential by the mandatory, so those were left out from the public part of the thesis.

Key words: substation, direct current system, maintenance, accumulators

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TOIMEKSIANTAJA	8
3	SÄHKÖASEMA.....	9
	3.1 Yleistä.....	9
	3.2 Apusähköjärjestelmä	9
4	TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄ	10
	4.1 Yleistä.....	10
	4.2 Tasasähkökeskus ja jännitetaso	12
	4.3 Suojaus.....	13
	4.4 Varaaja.....	15
	4.5 Akustot.....	15
	4.5.1 Avoin lyijyakku	17
	4.5.2 Suljettu lyijyakku	17
	4.5.3 Nikkeli-kadmiumakku (NiCd).....	18
	4.5.4 Litiumakku.....	18
	4.5.5 Akun valinta.....	19
	4.6 Akkutilat	20
5	MITOITUSKRITEERIT	23
	5.1 Varaaja.....	23
	5.2 Akusto.....	25
	5.3 Suojaus.....	27
6	TYÖTURVALLISUUS	30
7	JÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITO	32
	7.1 Kennoyhdistin.....	32
	7.2 Jännite.....	33
	7.3 Ominaispaine.....	33
	7.4 Kelluva virta	34
	7.5 Testit/Tarkastukset.....	34
	7.5.1 Purkaustesti	35
	7.5.2 Akun impedanssi.....	36
8	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	38

LYHENTEET JA TERMIT

A	tuuletusaukkojen vapaa pinta-ala
C	akuston kapasiteetti (Ah)
C_{rt}	kapasiteetti C_{10} (Ah) lyijyakuille loppujännitteellä $U_f = 1,80$ V/kenno tai C_5 (Ah) nikkeli-kadmiumakuille loppujännitteellä 1,00 V/kenno
I	kuormitusvirta (A)
I_{end}	akuston loppulatausvirta (A)
I_{gas}	kaasua tuottava virta (mA) nimelliskapasiteettia kohti
I_{kmax}	max. oikosulkuvirta (A)
I_{kmin}	min. oikosulkuvirta (A)
I_{NK}	kokonaiskuormituksella pienin nimellisvirta (A)
I_{Nn}	normaalikuormituksella pienin nimellisvirta (A)
k_1	kerroin, joka huomioi vajaan varauksen
k_2	kerroin, joka huomioi, ettei jollain vaaditulla purkausajalla aliteta pienintä kennojännitettä
k_3	lämpötilakerroin
k_4	vanhenemiskerroin
k_5	epävarmuuskerroin
L	kaapelin pituus (m)
L_e	häiriötilan kuormitus (W)
L_k	kokonaiskuormitus normaalitilanteessa (W)
L_n	normaalitilanteen kuormitus yhdellä akustolla (W)
n_a	akustojen lukumäärä
η_b	akuston hyötysuhde
n_k	kennojen lukumäärä
Q	tuuletusilmavirtaus (m^3/h)
R_{imax}	max. akun sisäresistanssi (Ω)
R_{imin}	min. akun sisäresistanssi (Ω)
R_L	kaapelin resistanssi (Ω)
R_S	suojalaitteen resistanssi (Ω)

t_c	akuston varausaika (h)
T_d	purkausaika (h)
U_H	jännitehäviö (V)
U_N	nimellisjännite (V)
U_{min}	min. jännite akustossa (V)
U_{max}	max. jännite akustossa (V)
U_I	akuston kestovarausjännite (V) /kenno
ΔU	jännitteenalenema (V)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on olla lukijalle hyödyllinen käsikirja kaikille tasasähköjärjestelmistä kiinnostuneille. Työssä keskitytään erityisesti sähköaseman tasasähköjärjestelmään, mutta tätä voi kuitenkin soveltaa muihinkin toimintaympäristöihin. Aluksi kerrotaan yleistä asiaa tasasähköjärjestelmistä ja niiden tärkeimmistä komponenteista. Myöhemmin otetaan kantaa järjestelmän mitoituskriteereihin ja muun muassa akutyypin valintaan. Työn yhtenä pääpainopisteenä on akustojen kunnonhallintaan ja testauksiin liittyvät toimenpiteet ja vaatimukset niiden osalta.

Tasasähköjärjestelmän roolia sähköasemalla ei voida vähätellä. Tasasähköjärjestelmä mahdollistaa sähköaseman hallittavuuden ja etäkäytön myös silloinkin, kun normaalia vaihtosähkösyöttöä ei ole saatavilla, esimerkiksi vikatilanteissa. Järjestelmä on akkuvarmennettu ja usein kahdennettu, koska siltä vaaditaan suurta luotettavuutta. Vaihtosähkösyötön katketessa tasasähköjärjestelmän pitäisi pystyä varmentamaan käytön kannalta kriittiset laitteistot kymmenen tunnin ajan. Vähimmäisvaatimuksena pidetään kuitenkin kapasiteettia katkaisijoiden ja erottimien laukaisuun vian alussa, sekä niiden osien päälle kytkemiseksi, joilla vaihtosähkösyöttö voidaan palauttaa. Luotettavuuden vuoksi järjestelmän mitoituksessa täytyy huomioida tiettyjä tärkeitä seikkoja. Akustojen huolellisesti laaditulla kunnossapito-ohjelmalla ja oikeilla menetelmillä ylläpidetään järjestelmän varmennuksen luotettavuutta.

Tämän insinöörityön pohjalta on tarkoitus luoda toimeksiantajayritykselle hyödyllisiä ohjeistuksia akustojen kunnonhallinnan tueksi. Ohjeistuksia ei sisällytetä työn julkiseen osuuteen, vaan ne tulevat vain toimeksiantajan käyttöön. Ohjeistuksessa on selvitetty standardien vaatimuksia akustojen kunnossapidosta ja työturvallisuuteen liittyvät asiat. Tarkoituksena on myös laatia akustojen kunnossapito-ohjelma, jonka avulla voidaan seurata järjestelmän kuntoa ja huomata tarpeet mahdollisille huoltotoimenpiteille. Myös käyttöön otettavaan mittauslaitteistoon otetaan kantaa ja kunnossapidon tueksi voidaan ottaa käyttöön mittalaittevalmistajien tarjoama kunnonhallintaohjelmisto.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on sähköasemien urakointiin erikoistunut nuorekas urakointiyhtiö – Sähkölandia Oy. Yritys toimii ympäri Suomen maan, päätoimipisteen ollessa kuitenkin Lempäälässä. Yritys pystyy tarjoamaan kaikki sähköasemasaneeraukset ja uuden sähköaseman rakentamiset avaimet käteen -periaatteella, koska taustalla on vahva ammattitaito ja kokemus. Asiakkaita ovat sähköverkkoyhtiöt, teollisuuden toimijat sekä voimalaitosasiakkaat. Urakoinnit suoritetaan omalla kotimaisella työvoimalla alusta loppuun saakka. Teollisuuden tarpeisiin yritys tarjoaa keski- ja suurjännitelaitteistoja toisiojärjestelmineen, urakointeja, suunnittelua, suojarilekonfigurointeja sekä suojarilekoestuksia. Sähkölandia tarjoaa muun muassa seuraavia sähköasemapalveluita:

- sähköasemaurakointi
- sähköasemasuunnittelu
- sähköasemakuvien dokumentointi
- suojarilekonfigurointi
- suojarilekoestukset
- suojaussuunnittelu ja laskennat
- maasulkuvirran kompensoinnin asettelut
- ala-asemakonfiguroinnit
- kaukokäyttö- ja tietoturvaratkaisut
- asiantuntijapalvelut
- ATEX-tarkastukset ja räjähdysuojausasiakirjat
- laitemaahantuontia
- omaa laitevalmistusta sähköasemille.

3 SÄHKÖASEMA

3.1 Yleistä

Sähköasema on sähköverkon solmukohta, jossa tehdään muun muassa tarvittavat kytkentätoimenpiteet, jännitetasojen muutokset ja jaetaan sekä keskitetään sähköenergiaa tiettyille johtolähdöille. Aseman rakenteeseen vaikuttaa suuresti sen käyttötarkoitus, siis onko sen käyttötarkoitus sähkön siirtäminen vai jakaminen, liittyykö sähköasema voimalaitokseen vai toimiiko se pelkästään kytkentä- tai muuntoasemana sähköverkolle. Sähkösiirron perustana on kantaverkko, jonka Suomessa omistaa Fingrid. Kuluttajien sähkönsyöttö tapahtuu jakeluverkon välityksellä. Sähköverkon solmukohdan kriittisyys vaikuttaa myös siinä olevan sähköaseman rakenteeseen. Sähköaseman komponenteista tärkeimmiksi voidaan luetella muuntajat, katkaisijat, erottimet, mittamuuntajat ja kiskostot. Nykyaikainen sähköasema on täysin automatisoitu eli kaukokäyttöinen, eikä tarvitse jatkuvaa miehitystä asemalla. Verkon suojaus hoidetaan erilaisten releiden avulla, jotka ovat yhteydessä verkkoon mittamuuntajien kautta.

3.2 Apusähköjärjestelmä

Sähköasemien apusähköjärjestelmän tarkoituksena on huolehtia aseman tärkeimpien sekä toissijaisten laitteiden sähkösaannista. Tavallisesti apusähköjärjestelmät jakautuvat vaihtosähkö- ja tasasähköjärjestelmään. Vaihtosähköjärjestelmästä käytetään myös nimitystä omakäyttöjärjestelmä. Vaihtosähköjärjestelmä tyypillisesti toimii maan vakiintuneella pienjännitetasolla, joka Suomessa on 400 V / 50 Hz. DC-järjestelmästä ja sen jännitetasoista kerrotaan myöhemmissä luvuissa. Omakäyttö sähköä varten sähköasemalla on omakäyttömuuntaja, omakäyttökojeisto ja -keskus. Vaihtosähköjärjestelmällä syötetään normaalisti niin sanottuja epäolennaisia kuormia, joilla ei ole vaikutusta aseman toimintaan ja turvallisuuteen. Tällaisia epäolennaisia kuormituksia ovat esimerkiksi ilmanvaihto (pl. akkutilat), valaistus ja normaalit pistorasiat. Järjestelmä on rakennettu kuten tavanomaiset kotitaloussähköt käyttäen TN-S -järjestelmää. TN-S -järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä. (Substation AC Auxiliary Supply For Inessential Loads 2015; Siivonen 2007, 8.)

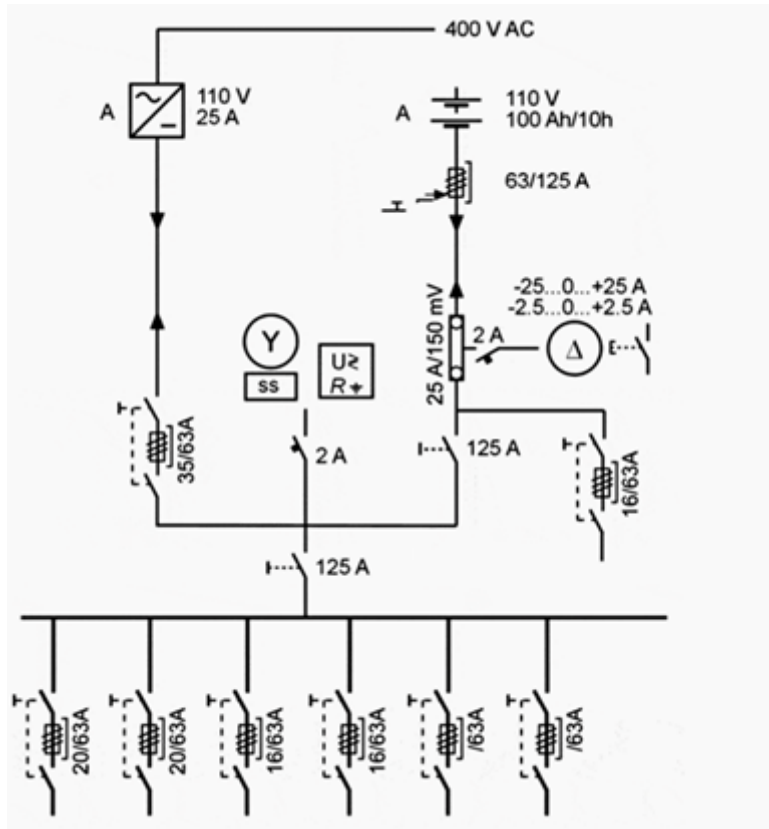
4 TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄ

4.1 Yleistä

Sähköasemilla tasasähköjärjestelmällä on iso rooli niiden turvallisuuden ja toimintavarmuuden kannalta. Tasasähköjärjestelmää syötetään omakäyttökeskuksesta tasasuuntaajan välityksellä ja tasasähköjärjestelmä on myös akkuvarmennettu. Normaalisissa käytössä tasasuuntaaja syöttää aseman tasasähkökomponentteja ja varaa järjestelmän akustoja. Viikatilanteessa tasasähköjärjestelmän akustosta syötetään kaikista kriittisimpiä sähkökäyttöjä, joita ovat muun muassa suojareleet, kaukokäyttölaitteet, katkaisijoiden viritysmootorit, erottimien ohjausmootorit ja lukitusjännitteet. Toiminnan kannalta kriittiset kohteet edellyttävät luotettavuutta tasasähköjärjestelmältä ja sähkön laadun tulee olla riittävän hyvälaatuista. (Tähtinen 2015, 8-9; Tumelius 2016, 45-46; SFS 6001 2015, 86-86.)

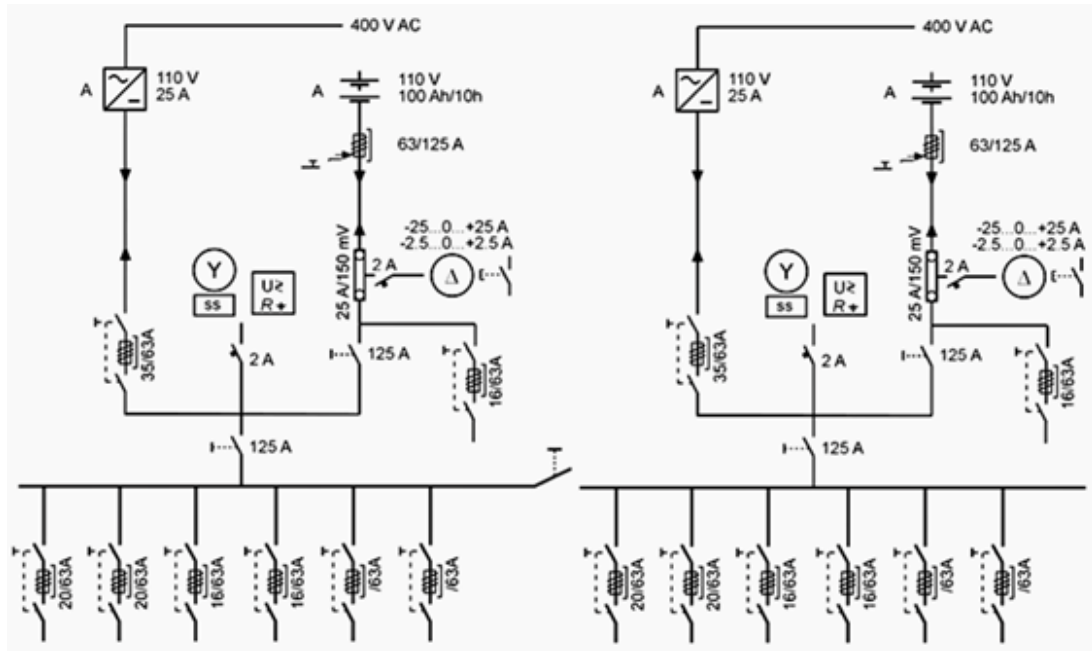
Tasasähköjärjestelmä tulee mitoittaa siten, että omakäyttösähkönsyötön katketessa tasasähköjärjestelmä pystyy varmentamaan aseman laitteistot ainakin kymmenen tunnin ajan. Vähimmäisvaatimuksena kuitenkin on, että tasasähköjärjestelmän akustossa on kapasiteettia vian alussa erottimien ja katkaisijoiden laukaisuun, tehon syöttö pysyviin tasasähkökuormituksiin ja niiden osien päälle kytkemiseen joiden avulla voidaan vaihtosähkösyöttö palauttaa. (Tähtinen 2015, 8-9; Tumelius 2016, 45-46; SFS 6001 2015, 86-86.)

Tasasähköjärjestelmän pääkomponentit ovat akku, varaaja ja tasasähkökeskus sekä DC-järjestelmän valvontarele. Normaalisti varaaja ja tasasähkökeskus ovat erillään akustosta, joka on omassa akkuhuoneessa. Kuvassa 1 on tyypillinen yksinkertainen tasasähköjärjestelmän rakenne. Yleensä tasasähköjärjestelmä on kahdennettu korkean käytettävyyden ja turvallisuuden takaamiseksi, sillä tasasähköjärjestelmässä oleva vika tekisi sähköasemasta todella vaarallisen. (Substation DC Auxiliary Supply 2015.)



KUVA 1. Yksinkertainen tasasähköjärjestelmän rakenne (Substation DC Auxiliary Supply 2015.)

Kahdennettu järjestelmä (kuva 2) tarkoittaa, että on kaksi samanlaista järjestelmää rinnakkain ja molemmissa on omat akut ja varaajat. Kahdennetussa järjestelmässä kiskostot yhdistetään yhteen kytkimellä, joka on normaalissa toimintatilanteessa auki. DC-järjestelmän vikatilanteessa kiskostojen välillä oleva kytkin voidaan sulkea, jolloin toinen akusto ja varaaja voivat syöttää koko järjestelmää. (Substation DC Auxiliary Supply 2015.)



KUVA 2. Kahdennettu tasasähköjärjestelmä (Substation DC Auxiliary Supply 2015.)

4.2 Tasasähkökeskus ja jännitetaso

Sähköasemilla tasasähkön jakelu tapahtuu tasasähkökeskuksen ja alakeskuksien avulla. Tasasähköjärjestelmän rakenne vaikuttaa oleellisesti muun muassa tasasähkökeskuksien määrään. Mikäli tasasähköjärjestelmä on kahdennettu, tasasähkökeskuksia on kaksi ja jokaiselle keskukselle on oma akustonsa ja oma tasasähkönsyöttö varaajalta. Keskuksen asennusympäristön olosuhteet määräävät koteloinnin IP-luokituksen, kuitenkin minimissään IP 30-luokan kotelointi. (Tähtinen 2015, 10-11.)

Normaalisti tasasähköjärjestelmän jännitteenä käytetään 110 V tai 220 V, alempiakin jännitetasoja on käytössä, mutta ne alkavat olla harvinaisia. 220 V jännitetasoa käytetään yleensä isommilla sähköasemilla, joissa etäisyydet kasvavat suuriksi ja jännitehäviöiden

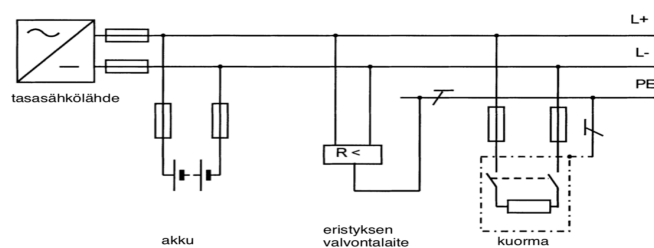
kanssa voi tulla ongelmia. Kaukokäyttölaitteet, automaatio ja merkinanto sekä hälytysjärjestelmät tyypillisesti käyttävät 24 V ja 48 V jännitetasoja. Näitä varten sähköasemalla on DC/DC-muuntimet, jolla saavutetaan haluttu jännitetaso. (Substation DC Auxiliary Supply 2015; Siivonen 2007, 18-19.)

4.3 Suojaus

Tasasähköjärjestelmässä vian sattuessa oikosulkuvirtaa syöttävät akut ja varaajat. Tasasähköjärjestelmässä tasajännitteessä ja –virrassa ei ole luonnollisia nollakohtia, kuten vaihtosähkössä, joka 50 Hz:llä katkeaa 100 kertaa sekunnissa. Tämän johdosta sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden mitoituksessa on otettava huomioon, että tasavirralla niiden suoritusarvot poikkeavat vaihtosähköarvoista. Tasasähköjärjestelmä yleisesti toteutetaan maasta erotettuna IT-järjestelmänä, kun käytetään suurempia 110 VDC (tasajännite) tai 220 VDC jännitteitä. IT-järjestelmän vuoksi oikosulkusuojien tulee olla 2-napaisia. IT-järjestelmässä mikään piste ei ole suoraan maahan kytkettyä. (Varmennetut sähköjakelujärjestelmät 2005, 165.)

Automaatiojärjestelmän apusähkönä käytetty 24 VDC ja etäkäyttölaitteistojen vaatima 48 VDC on toteutettu yleensä TN-C DC-järjestelmänä, joka on keskipisteestään maadoitettu. (Varmennetut sähköjakelujärjestelmät 2005, 165.)

Laitteiden, joilla on yhteinen suojalaite, kaikki jännitteelle alttiit osat tulee kytkeä yhteiseen maadoituselektrodiin. Vian sattuessa IT-järjestelmässä ei ensimmäisen vian tapauksessa vaadita automaattista poiskytkentää. Mikäli järjestelmä on varustettu eristystilan valvontalaitteella, sen tulee antaa hälytys vikatilanteessa. Kuvassa 3 on periaatekuva IT-järjestelmästä, jota käytetään yleensä 110 V ja 220 V tasasähköjärjestelmissä. (SFS-EN 50272-2 2001, 22.)



KUVA 3. IT-järjestelmän periaatekuva (SFS-EN 50272-2 2001, 24.)

Akusto pystyy syöttämään oikosulkuvirtaa noin 150-200 kertaa 10 tunnin täyden varauksen purkausvirta. Oikosulkuvirta putoaa 70-80 %:iin maksimista, kun akuston varaus on pudonnut 50 %:iin. Virranrajoitin rajoittaa varaajan syöttämän oikosulkuvirran kaksinkertaiseen varaajan nimellisvirtaan. Varaajan sulakkeiden mitoitus tehdään nimellisvirran mukaan. Yleensä varaajan nimellisvirraksi valikoituu 3 h:n purkausvirran suuruinen virta. Järjestelmän oikosulkuvirta riippuu monesta eri tekijästä ja lähtökohtana pidetään, että sulakkeen täytyy palaa myös vajaan varauksen tilassa. Oikosulkusuojaus tasasähköpiireissä tehdään yleensä johdonsuojakatkaisijoilla ja sulakkeilla. Akuston pääsulakkeet ovat järjestelmän ylin porras. Akuston pääsulakkeet ovat mitoitettu niin, että ne toimivat vain kiskostossa tapahtuvissa oikosuluissa. (Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät 2005, 165-166.)

Kosketussuojaus ja kosketusjännitesuojaus tai niiden yhdistelmä vaaditaan toteutettavaksi paikallisakkuasennuksissa. Harmonisointiasiakirjassa HD 384.4.41 on tarkemmat määritelmät kosketussuojaukselta. Kosketussuojaus toteutetaan seuraavin menetelmin: suojaus eristämällä jännitteiset osat, suojaus käyttämällä suojuksia ja kotelointia, suojaus esteiden avulla ja suojaus sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Nimellisjännitteeltään enintään 60 VDC akut eivät vaadi kosketussuojausta, jos asennus kokonaisuudessaan vastaa SELV- tai PELV-järjestelmää. SELV- ja PELV-järjestelmillä tarkoitetaan pienoisjännitteisiä järjestelmiä. Tällöin järjestelmän jännite ei saa olla vaihtojännitteellä yli 50 V ja tasajännitteellä yli 120 V. Pitää kuitenkin muistaa, että akkujen nimellisjännitteen ollessa suurempi kuin 60 VDC ja enintään 120 VDC ne tulee sijoittaa tilaan, minne on pääsy rajoitettu. Yli 120 VDC akut sijoitetaan lukittuun tilaan. Kosketusjännitesuojaus voidaan toteuttaa jollain seuraavista menetelmistä: syötön automaattinen poiskytkentä, luokan II sähkölaite tai vastaava eristys, käyttöpaikan eristys, käyttämällä paikallista maasta erotettua potentiaalintasausta tai suojaerotusta käyttämällä. (SFS-EN 50272-2 2001, 16.)

4.4 Varaaja

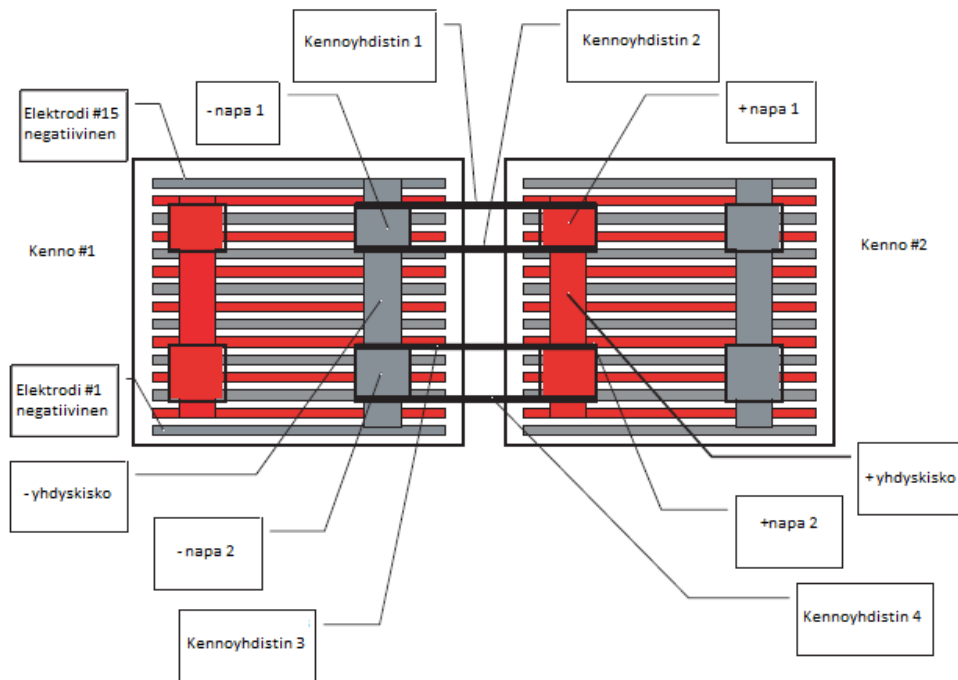
Akustojen varaaminen tehdään tyypillisesti 6- tai 12-pulssisilla tyristoritasasuuntaajilla. Ne on varustettu galvaanisen erotuksen tekevällä tulomuuntajalla, tasasuuntaussillalla ja tasajännitteen LC-suotimella. Tasasähköjärjestelmän akkujen varaaminen tehdään aina käyttäen vakiojännitevaraajaa. Varaaja pitää varustaa virranrajoittimella, mikäli akun purkauksen jälkeen sitä varataan ylläpitovarausjännitettä korkeammalla jännitteellä. Lataaminen tehdään tasavirralla ja vaihtovirtakomponentti tulee rajoittaa arvoon 10 A/100 Ah, koska vaihtovirtakomponentin esiintyminen lyhentää akun elinkaarta. Vaihtovirta ei ole hyödyllinen akustojen latauksessa, koska siinä virran suunta kääntyy puolijakson välein. Varaaja on hyödyllistä varustaa ainakin seuraavilla ominaisuuksilla: virta- ja jännitemittari, alijännitehälytys, ylijännitehälytys, akkusulakehälytys, varaajavikahälytys, maasulkuhälytys, summarele lähteville hälytyksille ja automaattinen akkutestaus tukiva- raustasolla. Varaajan mitoittamisessa tulee muistaa, että sen pitää pystyä jälleenvaraamaan akkua samaan aikaan, kun se syöttää 100 % kuormaa. Varaajan siis pitää pystyä syöttämään 20 A / 100 Ah virta akustoon jokaisessa tilanteessa, ehdottomana miniminä pidetään 5 A / 100 Ah nimelliskapasiteettia. (ST 52.30.02 2003, 3.)

4.5 Akustot

Akkuun voidaan varastoida sähkökemiallista energiaa, se on siis sähkökemiallinen energiavarasto. Akku voi koostua yhdestä kennosta, mutta tyypillisesti niitä on kytketty sarjaan, jolloin sitä kutsutaan ryhmäakuksi. Esimerkiksi lyijyakkukennon nimellinen jännite on 2 V. Ryhmäakussa kennoja on kytketty sarjaan siten, että jännite on tyypillisesti 4, 6 tai 12 V. Akun rakennekuva on esitetty kuvassa 4. (ST 52.30.02 2003, 1-2.; Hämeenoja 1993, 13-14.)

Akut on helppo jakaa kahteen pääluokkaan: akkuihin, joilla varmistetaan katkoton tehonsyöttö ja akkuihin, joita käytetään niin kauan, kunnes energia loppuu ja sen jälkeen varataan uudelleen. Akkujen käyttösovellusalueet voidaan jakaa käynnistysakkuihin, ajo-voima-akkuihin, paikallisakkuihin ja vapaa-ajan akkuihin. Paikalliset akut ovat tarkoitettu vaativiin kohteisiin varmistamaan katkoton tehonsyöttö ja ne eroavatkin paljon muun muassa auton akuista. Paikalliset akut ovat suunniteltu siten, että ne kestävät jatkuvaa ylläpito- varausta useiden vuosien ajan. Varavoimanlähteinä käytetään paikallisia akkuja, joissa on

kytketty 2 V:n kennoja sarjaan siten, että saadaan jännitteeksi tyypillisesti 12 – 220 V. Putkilevyakku on yleisimmin käytössä oleva paikallisakkutyyppi. Akun kotelo on usein läpinäkyvää iskun ja haponkestävää muovia. Paikallisakustoille suunniteltu käyttöikä on yleensä 10-13 vuotta. (ST 52.30.02 2003, 1-2.; Hämeen-oja 1993, 13-14.)



KUVA 4. Akun rakennekuva (Muokattu lähteestä: IEEE 2011, 4)

Akun nimelliskapasiteetti (Ah) kuvaa akun purkausvirran ja ajan välistä riippuvuutta. Esimerkiksi 100 Ah akkua voidaan teoriassa kuormittaa 10 h kymmenen ampeerin suuruisella virralla. Akun energiasisältö saadaan kertomalla kapasiteetti napajännitteellä. Nimelliskapasiteetti ilmoitetaan paikallisakuille yleensä +20 °C:n lämpötilassa kymmenen tunnin purkausajalla loppujännitteeseen 1,80 V/kenno. (ST 52.30.02 2003, 1-2.; Hämeen-oja 1993, 11, 73-74.)

Akun ylläpitovarauksesta puhuttaessa tarkoitetaan varavoimakäytössä olevien akkujen pitämistä ylläpitovaraus-jännitteessä, joka kompensoi akkujen itsepurkauksen. Jännitetaso valinta ylläpitovarauksessa tehdään niin, että akut pysyvät varauksessa ja ylivaraus olisi mahdollisimman pientä. Ylläpitovarausjännite on tyypillisesti avoimilla lyijyakuilla 2,23 – 2,25 V/kenno, suljetuilla lyijyakuilla 2,25 – 2,30 V/kenno ja nikkeli-kadmiumakuilla (NiCd) 1,37 – 1,42 V/kenno. Akun purkauksen jälkeen nopeutetaan sen jälleenvarausta käyttämällä pikavarausjännitettä. Lyijyakuille pikavarausjännitteen arvo on tyypillisesti 2,35 – 2,40 V/kenno. Pikavarausta ei suositella monille suljetuille

akkutyypeille. Kaasuuntumisjännite on raja, jonka yläpuolella akussa alkaa kehittyä vety- ja happikaasua vedenhajoamisreaktion seurauksena. Kaasuuntumisjännite huoneenlämpötilassa lyijyakuilla on noin 2,4 V/kenno. (ST 52.30.02 2003, 1-2.; Hämeenola 1993, 11, 73-74.)

4.5.1 Avoin lyijyaku

Lyijyaku on ollut vuosikautia yleisin akkutyyppeistä, mikä johtuu monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Lyijyakkua on olemassa avoimia ja suljettuja lyijyakkua. Yleisin paikallissakkuratkaisu on avoin lyijyaku, jota käytetään yleisimmin suurta luotettavuutta vaativissa kohteissa. Avoimessa lyijyakussa elektrolyytti on nesteinä ja akkuun lisätään nestettä tarpeen mukaan. Lyijyakun suosio johtuu muun muassa sen monipuolisuudesta, se kykenee luovuttamaan hetkellisesti suuria virtoja sekä sitä voidaan purkaa pitkiäkin aikoja pienellä virralla. Myöskin käyttölämpötilojen laaja skaala on lyijyakkujen hyvä puoli ja lyijy on raaka-aineena edullinen verrattuna muihin akkumetalleihin ja lyijyn saatavuus on hyvää. Lisäksi avoimien akkujen etuihin lukeutuvat muun muassa pitkä käyttöikä ja kunnonvalvonnan helppous. Tilantarve, huollontarve ja melko huonot purkausominaisuudet suurella virralla ovat avoimen lyijyakun huonoja puolia. Edellisten lisäksi huonona puolena voidaan mainita lyijyakun matala energiatiheys ja materiaalien alhainen käyttöaste. (Hämeenola 1993, 7; ST 52.30.02 2003, 1-2.)

4.5.2 Suljettu lyijyaku

Suljettujen lyijyakkujen eli rekombinaatio-akkujen purkaus- ja varausreaktiot ovat samanlaiset kuin avoimissa akuissa. Suljetuissa akuissa mahdollisimman suuri osa positiivisella levyllä varauksen aikana ja ylivarauksessa syntyvästä hapesta kulkeutuu negatiivilevyille ja reagoi lopulta vedeksi. Suljetuissa akuissa on ylimäärin negatiiviaktiivimateriaalia verrattuna positiiviseen. Tämä negatiiviaktiivimateriaalin ylimäärä on sen takia, että hapen rekombinaatio on mahdollista ylipäättään tapahtua. Suljetusta akusta ei periaatteessa poistu ollenkaan happea tai vetyä, mutta käytännössä rekombinaatio ei ole täydellistä, jolloin vettä kuluu kuitenkin hieman. Vedenkulutus on niin vähäistä, ettei se vaikuta akun elinkaareen. (Hämeenola 1993, 27.)

Selvästi yleisin akkutyyppejä paikallisakkukäytössä on suljettu lyijy-akku. Suljettu lyijy-akku vaatii vähemmän huoltoa kuin avoin akku, koska siinä elektrolyytti on joko imeytetty levyihin ja erottimiin tai siitä on muodostettu geeli. Mutta suljetun akun kunnonhallinta on haasteellisempaa kuin avoimilla akuilla. Suljettujen akkujen etuina ovat muun muassa seuraavat seikat: veden lisäystä ei tarvita, ei happovuotoja, akut voidaan sijoittaa pystyyn sekä vaakaan, ei tuota rikkihappohöyryjä ja varavoimakäytössä erillistä akkuhuonetta ei tarvita. Suljetut akut, jotka ovat suunniteltu paikallisakkukäyttöön, kestävät useita vuosia (noin 10 vuotta) ylläpitovarauskäytössä. Tästä johtuen ne soveltuvat hyvin varavoimakäyttöön. Kuitenkaan ne eivät ylitä elinkaaren pituudessa vapaata elektrolyyttiä sisältävien akkujen elinikää, joka on jopa yli 15 vuotta. Suljettujen akkujen korkeaa hintaa pidetään niiden suurimpana haittapuolena verrattuna avoimiin akkuihin. (Hämeen-
oja 1993, 29; ST 52.30.02 2003, 2.)

4.5.3 Nikkeli-kadmiumakku (NiCd)

Lyijyakkujen jälkeen toiseksi yleisin akkuvaihtoehto on nikkeli-kadmiumakut. Niitä käytetään kuitenkin lähinnä vain erikoissovelluksissa sellaisessa kohteissa, jossa tarvitaan äärimmäisten lämpötilojen kestoa. NiCd-akkujen itsepurkautuminen on vähäistä ja ne kestävät hyvin ylivarausta ja suuria varaus- ja purkausnopeuksia. NiCd-akkujen käyttöikä ei merkittävästi lyhene korkeissa lämpötiloissa ja toisaalta alle 0 °C lämpötiloissa kapasiteetti pysyy hyvänä. Huonoja puolia ovat esimerkiksi alhainen kennojännite 1,2 V/kenno, huollontarve, korkea hinta ja akkujen romutus on kallista kadmiumin myrkyllisyyden vuoksi. (Hämeen-
oja 1993, 68; ST 52.30.02 2003, 2.)

4.5.4 Litiumakku

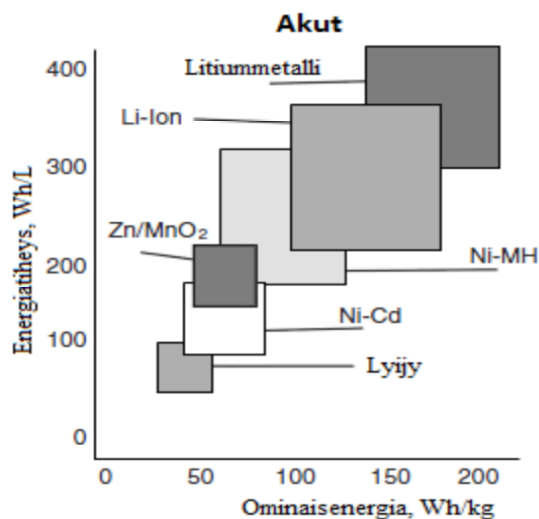
Litiumakut ovat yleistymään päin varavoima-akkuina pienillä tehoalueilla ja tulevaisuudessa on näkyvissä litiumakkujen kasvattavan osuutensa myös suurissakin energiavaroissa. Litiumakkujen markkinavaltteihin lukeutuvat niiden suuri energiatiheys, keveys, pieni itsepurkautuminen, nopea varaus ja ne eivät synnytä vaarallisia kaasuja varauksen aikana. Suljetun rakenteen ansioista ne eivät vaadi erityistä huoltoa. Haasteita litiumak-

kujen yleistymiseen tuovat niiden monimutkainen hallinnointijärjestelmä, turvallisuustekijät sekä melko korkea hinta. Litiumakun kennojännite on 2,3 V – 4,1 V, valmistustavasta riippuen. (ST 52.30.02 2003, 2.)

4.5.5 Akun valinta

Akun valintaa tehdessä tulee huomioida sen käyttötarkoitus ja vaatimukset. Kuvassa 5 on vertailtu erilaisia akkutyyppejä energiatiheyden (Wh/l) ja ominaisenergian (Wh/kg) perusteella. Kuvasta voidaan todeta lyijyakun energiatiheyden ja ominaisenergian olevan melko huono. Lyijyakku on siltikin suosittu vaihtoehto paikallisakkuna, koska sen massa ei ole rajoittava tekijä, toisinkuin esimerkiksi ajoneuvokäytössä. Lisäksi energiatiheyden ei tarvitse olla kovin suuri, koska tila ei yleensä ole rajoittava tekijä, sillä akustolle on varavoimakäytössä varattu usein oma akkuhuone. Näiden ominaisuuksien vaikutuksesta tulee lyijyakku useimmiten kustannustehokkaimmaksi ratkaisuksi. Akun valinnassa tulee pohtia ainakin seuraavia asioita:

- akkutyyppi
- jännite
- käyttöjaksot
- suunniteltu elinkaari
- varaus-purkausjaksot
- turvallisuus
- erityisvaatimukset
- hinta. (Liimatainen 2013, 39.)
- sähkökemiallinen rakenne
- kuormitusvirta ja -profiili
- lämpötilavaatimus
- fyysiset ominaisuudet
- vallitsevat olosuhteet
- luotettavuus
- huollot ja laitteiden saatavuus

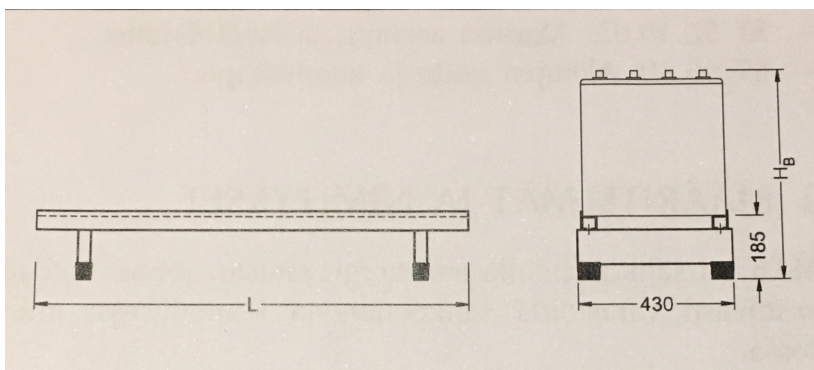


KUVA 5. Erilaisten akkutyyppeiden vertailua (Liimatainen 2013, 37.)

4.6 Akkutilat

Akuilla varmistetaan katkoton tehonsyöttö niitä tarvitseville järjestelmille silloin, kuin verkkosähköä ei ole saatavilla. Sähköasemilla on monia käyttäjiä, joiden sähkösyöttö täytyy olla luotettavasti varmennettu. Akuston elinkaarenhallinnan kannalta on oleellista sijoittaa akusto sellaiseen tilaan, jossa on tarkoituksenmukaiset olosuhteet. Akustoille olosuhteet ovat hyvät, kun akkutila on kuiva ja sen lämpötila on $+20 \pm 5$ °C. Akkutilan lämpötilan hallinta on tärkeää akuston elinkaaren ja kustannustehokkuuden kannalta, koska esimerkiksi suljetun lyijyakun käyttöikä lyhenee 50 % jokaista 10 °C lämpötilan nousua kohden. Akuston turvallinen käyttö ja hoito- sekä huoltotyö asettavat tiettyjä vaatimuksia akuston sijoittelulle. Kosketussuojaus vaaditaan akuilla, joiden jännite on 60-120 VDC. Nimellisjännitteeltään enintään 60 VDC akut eivät vaadi kosketussuojausta, kun asennus vastaa SELV- tai PELV-järjestelmää. (ST 52.30.01 2016, 1-2.)

Akuston sijoittelua suunniteltaessa tulee ottaa huomioon turvallisuus, huoltotyöt, viranomaismääräykset ja järkevä etäisyys varaajaan (kaapeleiden jännitehäviö). Akuston sijoittelussa tulee ottaa huomioon myöskin suojaus ulkopuolisilta vaaratekijöiltä, kuten tulipalo, vesi, kosteus, lämpötila, ilmansaasteet, iskut, värinat tai ilkivalta. Akusto voidaan sijoittaa akkukaappiin, laitetilassa olevaan erilliseen akkuhuoneeseen tai normaaliin huonetilaan telineelle, joka on yleisin ratkaisu sähköasemilla. Yli 120 VDC akut tulee sijoittaa lukittuun tilaan, minne on rajoitettu pääsy. Akkuhuoneen ja akuston telineiden kantavuus on tärkeää varmistaa, sillä lattiakuormitus monikerroksisia telineitä käytettäessä voi olla jopa 2000 kg/m^3 . Kuvassa 6 on esimerkki telineestä, johon akut tulee sijoittaa. (ST 52.30.01 2016, 1-2; SFS-EN 50272-2, 40.)



KUVA 6. Akkuhuoneessa akut sijoitetaan telineille ja jätetään 80 cm leveä huoltokäytävä (ST 52.30.01 2016, 2.)

Akkuhuoneen oven ulkopuolelle täytyy asentaa vaatimuksenmukaiset huomautukset ja varoitusmerkinnät, joita ovat esimerkiksi ”Vaarallinen jännite”, ”Avotulen teko ja tupakointi kielletty”, ”Akustotila”. Käytettäessä avoimia akkuja, asettaa se vaatimuksia akkuhuoneelle ja muun muassa sen pintamateriaalien valintaan. Akkuhuone, jossa on avoimia akkuja, tulee olla ikkunaton, pintakäsittelyn tulee kestää elektrolyyttejä ja etenkin lattian käsittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota sen elektrolyyttien kestävyYTEEN. Akkutilan lattian resistanssin R on oltava riittävän suuri henkilöturvallisuuden takaamiseksi. IEC 61340-4-1 mukaisesti: akkujen nimellijännite $\leq 500 \text{ V}$ $50 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$, akkujen nimellijännite $> 500 \text{ V}$ $100 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$. Elektrolyytin kestäväällä muovimatolla voidaan tehdä koko huoneen kattava kaukalo, kun se nostetaan 10 cm seinille ja kynnykselle. Tällöin ei tarvitse erikseen asentaa teline- tai akkukohtaisia vuotoaltaita. Suljettuja lyijyakkuja käytettäessä ne voidaan sijoittaa myös akkukaappiin, jota koskevat samat vaatimukset kuin muitakin akkutiloja. Akkukaappia harkittaessa tulee huolellisesti varmistaa sen ilmanvaihdon riittävyys. (ST 52.30.01 2016, 1-4; SFS-EN 50272-2, 43.)

Akkutilojen ilmanvaihto tulee suunnitella tarkasti ja ottaa ilmanvaihdon tarve vakavasti. Kaikki lyijyakut tuottavat varattaessa vetykaasua, mikä on voimakkainta varauksen loppuvaiheessa. Vetykaasu muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen, kun pitoisuus on 4 – 96 %. Akkutilojen ilmanvaihdon riittävyttä voidaan tarkastella oheisen kaavan avulla:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3}, \quad (1.)$$

jossa Q = tuuletusilmavirtaus (m^3/h),
 n = kennojen lukumäärä,
 I_{gas} = kaasua tuottava virta (mA) nimelliskapasiteettia kohti,
 C_{rt} = kapasiteetti C_{10} lyijyaikueille (Ah) loppujännitteellä $U_f = 1,80 \text{ V/kenno}$
 TAI C_5 nikkeli-kadmiumakuille (Ah) loppujännitteellä $1,00 \text{ V/kenno}$. (ST 52.30.01 2016, 4-5.)

Kaavalla 1 laskettu ilmamäärä voidaan jakaa kahdella, mikäli akkujen positiivinen levyristikko sisältää alle 3 % antimonia. Laskettu ilmamäärä voidaan suljettuja akkuja käytettäessä jakaa neljällä. Akkutilojen räjähdysriskien seosten riski on arvioitava ja määriteltävä alueen tilaluokitus.

Akustotilojen ensisijaisena ilmanvaihtomenetelmänä pyritään luonnolliseen ilmanvaihtoon ja tilan tulo- ja poistoilma-aukkojen suuruus saadaan selville kaavalla 2.

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

jossa Q = kohteen vaadittava ilmanvaihto (m^3/h),
 A = tuuletussaukkojen vapaa pinta-ala.

Tuuletusaukot sijoitetaan akkutilan vastakkaisille seinille tai niin, että niiden etäisyys on vähintään 2 m. Luonnollisen ilmanvaihdon ollessa riittämätön joudutaan turvautumaan koneelliseen ilmanvaihtoon. Koneellista ilmanvaihtoa käytettäessä, ilmanvaihdon vikatilanteissa tulee siitä saada hälytystieto ja estämällä tällöin varaajien toiminta. (ST 52.30.01 2016, 4-5.)

5 MITOITUSKRITEERIT

5.1 Varaaja

Varaajan (tasasuuntaajan) mitoituksen perustana on vaatimus siitä, että varaajan pitää pystyä varaamaan akustoa purkauksen jälkeen samaan aikaan, kun se syöttää 100 %:n tasasähkökuormitusta. Lisäksi kahdennetussa järjestelmässä molempien osajärjestelmien suuntaajien on pystyttävä yksistään syöttämään koko järjestelmää, toisen akuston kesto-
varausvirtaa ja toisen akuston varausvirtaa. Yleensä kestovarausjännitteen asetteluarvo on $1-1,15 \times U_N$ ja pikavarausjännitteen asettelualue $1,15-1,35 \times U_N$. Varaajan mitoitus voidaan yksinkertaisimmillaan tehdä nimellisvirran perusteella. Summaamalla keskimääräinen kuormitusvirta ja purkautuneen akuston latausvirta saadaan selville, minkä suuruisen varaaja nimellisvirraltaan täytyy vähintään olla. Varaajan nimellisvirran suuruutta voidaan tarkastella laskemalla yhteen koko järjestelmän kuormitusvirran ja akuston kesto-
varausvirran (kaava 3) sekä normaalitilanteen kuormitusvirran ja tyhjän akuston varausvirta (kaava 4). Tasasuuntaajan nimellisvirta määräytyy kaavoilla 3 ja 4 lasketun suuremman kuormitusvirran mukaan. (ST 52.30.02 2016, 3; Tähtinen 2015, 26; Siivonen 2007, 29.)

$$I_{Nk} = \frac{k_5 \cdot L_k}{U_N} + n \cdot I_{end}, \quad (3.)$$

$$I_{Nn} = \frac{k_5 \cdot L_n}{U_N} + \frac{\eta_b \cdot C}{t_c}, \quad (4.)$$

jossa

- I_{Nk} = kokonaiskuormituksella nimellisvirta pienimmillään
- I_{Nn} = normaalikuormituksella nimellisvirta pienimmillään
- L_k = kokonaiskuormitus normaalitilanteessa
- n = akustojen lukumäärä
- I_{end} = akuston loppulatausvirta
- k_5 = epävarmuuskerroin
- L_n = normaalitilanteen kuormitus yhdellä akustolla
- η_b = akuston hyötysuhde
- C = akuston kapasiteetti

t_c = akuston varausaika.

U_N = nimellisjännite.

(Tähtinen 2015, 26.)

Akusto pystyy varautumaan vain silloin, kun sitä varataan tasavirralla. Varaajassa tulee olla virranrajoitin, mikäli akun purkauksen jälkeen sitä varataan ylläpitovarausjännitettä suuremmalla jännitteellä. Suljettuja akkuja varattaessa vaihtelevissa lämpötiloissa, on varaajassa hyvä olla automaattinen lämpötilakompensointi varausjännitteelle. Paikalliskujen varaajaksi tulee valita vakiojännitevaraaja. Varaaja tulisi olla varustettuna ainakin seuraavilla ominaisuuksilla:

- virta- ja jännitemittari
- ali- ja ylijännitehälytys
- akkusulakehälytys
- varaajavikahälytys
- maasulkuhälytys
- summarele
- automaattinen akkutestaus tukivaraustasolla. (ST 52.30.02 2016, 3.)

Tasasuuntaajan tasasähkönlaatuun on myös syytä kiinnittää huomiota. Sähkön laatu määritellään jännitteen, taajuuden ja yliaaltojen perusteella. Mutta todellisuudessa sähkönlaatu käsittää myös edellä mainittujen lisäksi sähkön saannin varmuuden ja sähkönjake-
lun luotettavuuden. Näin myös varmennettu sähkönjakelu parantaa sähkön laatua. Varaajan tulisi pitää lähtöjännitteen vaihtelun ± 1 %:n tarkkuudessa. Mahdollinen latausvirrassa esiintyvä vaihtovirtakomponentti lyhentää akun elinikää. Akun elinkaaren kannalta onkin tärkeää, että latausvirran vaihtovirtakomponenttia rajoitetaan. Tehollisen vaihtovirtakomponentit suositeltavat rajat lyijyakustoille ovat seuraavat: kestovaraus 5A/100Ah ja pikavaraus 10A/100Ah. Suositellut rajat nikkeli-kadmiumakustojen kesto- sekä pikavaraukselle ovat 20A/100Ah. Suositeltujen vaihtovirtakomponenttien rajojen ylitys vaikuttaa akun kaasun kehitykseen ja lyijyakujen elinikään. Vaihtovirtakomponentti voidaan mitata pihtivirtamittareilla. (Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät 2005, 47; SFS-EN 50272-1 2012, 12; SFS-EN 50272-2 2012, 48.)

5.2 Akusto

Akun mitoitus tehdään tyypillisesti akkuvalmistajien vakiotehopurkaustaulukoiden avulla, koska nykyään akkukäytöistä suurin osa mitoitetaan vakiotehokuormalle. Vakiotehopurkaustaulukoissa on ilmoitettu akuston tehonsyöttökyky (W/kenno tai W/ryhmäakku). Tarvittavia lähtösuureita akuston mitoittamiseksi ovat:

- DC-teho (todellinen kuormitus)
- varmistusaika
- minimijännite
- kennojen lukumäärä (mikäli ei tiedossa – lähtötietona maksimijännite).

Akustoa mitoitettaessa tärkeässä kuvassa on kuormitusten tehotarpeiden määrittäminen. Akuston kuormitukset on helppo jakaa kolmeen eri tilaan: häiriötön tila, häiriötila ja lyhytaikaiset kuormitukset. Häiriöttömän tilan kuormituksia ovat muun muassa releet ja muuntimet. Häiriötilassa lisäkuormitusta syntyy varavalaistuksesta, hälytyksistä ja suo-jareleistä sekä muista häiriötilasta johtuvista syistä. Lyhytaikaisia kuormituksia ovat esimerkiksi erottimien ja katkaisijoiden moottorit, jotka ovat hetkellisesti suuritehoisia kuormituksia. (Tähtinen 2015, 23-24.)

Akuston jännitteen määrää se, että montako akkua kytketään sarjaan. Kuten aiemmin on todettu, tyypillisesti sähköasemalla käytetään 110 V:n tasasähköjärjestelmää. Yleisimmin käytössä on sarjaan kytkettyjä lyijyakkuja. Lyijyakun kennojännite on noin 2 V/kenno, joten 110 V jännite saavutetaan noin 55:n kennon sarjakytkennällä. Akuston kennojen lukumäärää voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$n = \frac{1,1 \cdot U_N + U_H}{1,03 \cdot U_1}, \quad (5.)$$

jossa U_N akun nimellinen jännite, U_H jännitehäviö lähimmän kuormituksen luona ja U_1 akuston kestovarausjännite/kenno. (Siivonen 2007, 21.)

Kaikessa yksinkertaisuudessa akun valinta voidaan tehdä valitsemalla valmistajan taulukosta akkutyypin, joka tehonantokyvyltään pystyy varmistamaan vaaditun varmistusajan. Akkuvalintoja tehdessä tulee kiinnittää huomiota myös akun purkauksen lopetusjännitteeseen, sillä lopetusjännitteen ollessa liian alhainen, rasittaa se akkua turhaan. Alimmalle purkausjännitteen arvolla on annettu ohjeelliseksi arvoksi:

- varmistusaika: >1 h
 - o lopetusjännite 1,80 VPC
- varmistusaika: 30 min
 - o lopetusjännite 1,70 VPC
- varmistusaika: 10 min
 - o lopetusjännite 1,60 VPC

(ST 52.30.02 2016, 2-3.)

Akuston kapasiteettia voidaan arvioida käyttäen kaavaa:

$$C = \frac{L_e \cdot T_d}{U_N} \cdot (k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5), \quad (6.)$$

jossa:

- C = akuston kapasiteetti
- L_e = häiriötilan kuormitus
- T_d = purkausaika
- U_N = nimellisjännite
- k_1 = kerroin, joka ottaa huomioon vajaan varauksen
- k_2 = kerroin, joka ottaa huomioon, ettei jollain vaaditulla purkausajalla aliteta pienintä kennojännitettä
- k_3 = kerroin lämpötilalle ($k_3=1-0,01 \times (t-20)$), kaavassa t akkuhuoneen alin lämpötila
- k_4 = vanhenemiskerroin, esimerkiksi lyijyakulle 1,25
- k_5 = varmuuskerroin, ottaa huomioon kuormituksen lisääntymisen ja kuormituksen arvioinnin epätarkkuudet (yleensä noin 1,30). (Tähtinen 2015, 25.)

Akustoa mitoittaessa on fiksua ottaa huomioon akuston kapasiteetin pienentyminen käytön aikana. Akuston kapasiteetin pienentymistä 20 %:lla pidetään yleisesti rajana akuston vaihdolle. Käyttöikä voidaan kuitenkin pidentää mitoitusvaiheessa kertomalla vaadittu varmistusaika kertoimella 1,25. Akusto pystyy syöttämään tehoa kuormalle täyden varmistusajan silloinkin, kun kapasiteetti on pienentynyt 20 %. Akuston mitoituksessa tulee huomioida myös akkutilan lämpötilan vaikutus kapasiteettiin. Lämpötilan vaikutuksesta akuston kapasiteettiin on pidetty hyvänä yleisohjeena seuraavaa: yli 20°C lämpötilassa lyijyakun kapasiteetti kasvaa 1% / +1°C ja nikkeli-kadmiumakun 0,5% / +1°C. Alle 20°C lämpötilassa lyijyakun kapasiteetti pienenee 1% / +1°C ja nikkeli-kadmiumakun 0,5% / +1°C. (ST 52.30.02 2016, 3.)

5.3 Suojaus

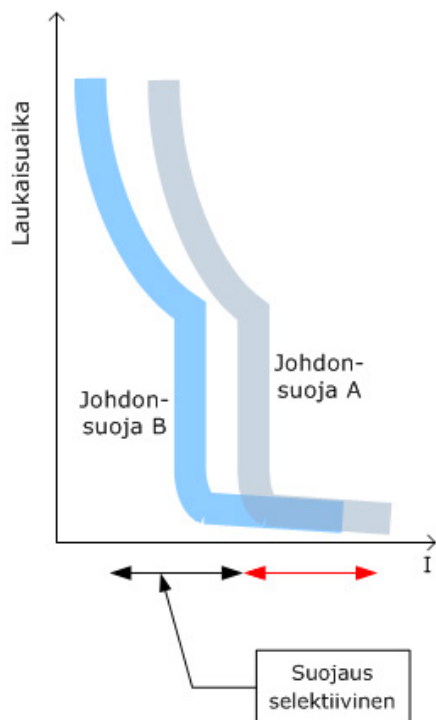
Lähtökohtana järjestelmän suojaukselle on, että sulakkeet on saatava toimimaan myös vajaavaraustilassa. Akun ominaisuudet, varaaja ja piirien resistanssit vaikuttavat tasasähköjärjestelmässä esiintyvän oikosulkuvirran suuruuteen. Esimerkkinä tarkastellaan 110 VDC, 300 Ah, 10 h akuston oikosulkuvirran syöttökykyä:

- akusto: $200 \times 30 \times 0,7 = 4,2 \text{ kA}$
- varaaja: $2 \times 75 = 150 \text{ A}$.

Yllä oleva esimerkki perustuu kohdan 4.3 akuston ja varaajan kykyyn syöttää oikosulkuvirtaa. Tasasähköjärjestelmän pääsulakkeet ovat ylin suojausporras ja ne toimivat vain tasasähkökeskuksen kiskosto-oikosulussa. Kaikilla lähtevillä syötöillä on oma johdon-suojakatkaisija ja ryhmät voidaan suojata sulakkeilla. Kahden johdonsuojakatkaisijan käyttäminen peräkkäisinä suojalaitteina ei ole suositeltavaa selektiivisyyden toteutumisen vuoksi. Suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan vain vikapaikkaa lähinnä olevien sulakkeiden tai suojien toimimista. Ylemmän portaan suojat havahtuvat vikaan, mutta ne eivät toimi. Selektiivisuus voidaan saavuttaa seuraavilla toimenpiteillä: ylivirtasuojien asettelu, peräkkäisten suojausportaiden aika-asettelu, virtaporrastuksella tai sulakekokojen porrastamisella. Esimerkiksi sulakkeita käyttäessä porrastus voidaan tehdä varmin käyttämällä kahden sulakekoon porrastamista. (Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät 2005, 166, 181.)

Oikosulkusuojausta tarkasteltaessa tulee laskea suurin ja pienin mahdollinen oikosulkuvirta. Suurin oikosulkuvirta lasketaan suurimman latausjännitteen perusteella ja pienin oikosulkuvirta lasketaan pienimpään purkausjännitteeseen perustuen. Selektiivisyys ja suojausten toimintanopeus ovat tärkeässä osassa suojausta suunniteltaessa. Akusto ja varaaja tulee varustaa kahvasulakkein. Tasasähköjärjestelmän tärkeimmät suojat vikatilanteissa ovat akuston pääsulakkeet. Pääsulakkeiden pitää olla selektiivisesti mitoitettu pääjakelun kanssa ja niiltä vaaditaan riittävän nopeaa toimintaa myös akun ollessa vajaavaruudessa. Varaajan sulakkeet mitoitetaan suojaamaan itseänsä sisäisten vikojen vuoksi, esimerkiksi takasyötöltä. (Tähtinen 2015, 29-31.)

Ryhmän sulakkeen ja lähdön johdonsuojakatkaisijoiden välinen selektiivisyys pitää suunnitella huolellisesti. Yleisohjeena sulakkeille ja johdonsuojakatkaisijoille selektiivisyydelle pidetään kymmenkertaista toiminta-aikojen eroa samalla oikosulkuvirran arvolla. Tarkemmin selektiivisyyttä voidaan tarkastella suojalaitteiden ominaisvirtakäyrien avulla. Selektiivisyysvaatimukset toteutuvat, kun käyrät eivät leikkaa toisiansa ja jälkimmäisen suojalaitteen käyrä on edellisen suojalaitteen alapuolella. Kuvassa 7 esimerkki käyristä joiden avulla voidaan selektiivisyyden toteutumista arvioida. Syötön puoleisen suojalaitteen (johdonsuoja A) toiminta-aika tulee olla suurempi kuin kuorman puoleisen (johdonsuoja B). (Ensto, Suojien selektiivisyys; Tähtinen 2015, 29-31.)



KUVA 7. Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirtakäyriä (Ensto, Suojien selektiivisyys)

Akuston jännitettä valvotaan ali- ja ylijännitereleellä, josta tulee saada hälytys niiden toimiessa. Huomioitavaa on, että hälytysjännite alijännitereleelle tulee ottaa eri akustosta. Ylijännitereleellä valvotaan nimensä mukaisesti ylijännitteitä, jonka voi aiheuttaa esimerkiksi tasasuuntaajan vika, joka saattaa aiheuttaa liian suuren jännitteen kaikille kuormille ja akustolle.

Jännitteenalenema lasketaan ottaen huomioon kaapelin ja suojalaitteen resistanssi. Laskelmat tehdään suurimmalla kuormitusvirralla ja jokaiselle suojausportaalle erikseen. Jännitteenalenema lasketaan kaavalla:

$$\Delta U = I(2 \cdot L \cdot R_L + 2 \cdot R_S), \quad (7.)$$

jossa ΔU jännitteenalenema, I (A) kuormitusvirta, L (m) kaapelin pituus, R_L (Ω) kaapelin resistanssi ja R_S (Ω) suojalaitteen resistanssi. Jännitteenalenemalle on standardissa SFS 6000-5-52 määritelty rajat. Standardin mukaan jännitteenaleneman ei tulisi olla suurempi kuin 3 % (valaistusjärjestelmissä) tai 5 % (muu käyttö). Sähköaseman tasasähköjärjestelmässä ei saa esiintyä yli 5 % jännitteenalenemia. (Tähtinen 2015, 29.)

Selektiivisyys voidaan todentaa laskemalla maksimi ja minimi oikosulkuvirrat. Niiden perusteella voidaan virta-aika käyrästä lukea laukaisuaajat ja verrata niitä keskenään. Selektiivisyyden toteamiseen käytetään I^2t -käyriä, kun oikosulkuvirta on niin suuri, että suojalaitteen laukaisuaika on alle 100 ms. Minimi oikosulkuvirta lasketaan kaavalla:

$$I_{kmin} = \frac{U_{min}}{(2 \cdot L \cdot R_L + R_{imax} + 2 \cdot R_S)}, \quad (8.)$$

jossa U_{min} (V) pienin jännite akustossa, R_{imax} (Ω) maksimi akun sisäresistanssi, R_L (Ω) kaapelin resistanssi ja R_S (Ω) suojalaitteen resistanssi. Maksimi oikosulkuvirta saadaan kaavalla:

$$I_{kmax} = \frac{U_{max}}{(2 \cdot L \cdot R_L + R_{imin} + 2 \cdot R_S)}, \quad (9.)$$

(Tähtinen 2015, 30.)

6 TYÖTURVALLISUUS

Työskenneltäessä akkujen kanssa tulee muistaa turvalliset työskentelytavat. Lyijyakuissa oleva elektrolyytti on laimennettua rikkihappoa, joka on syövyttävää. Akkujen lähellä töitä tekevän henkilöstön tulee olla riittävän pätevä tehtävään. Akkujärjestelmälle on seuraavia vaatimuksia henkilövahinkojen välttämiseksi:

- akkunapojen suojukset minimoivat mahdollisuuden päästä kosketuksiin jännitteisiin osiin
- samanaikaisesti kosketeltavien jännitteisten osien etäisyys tulee olla vähintään 1,50 m, kun jännite on suurempi kuin 120 VDC
- varokekannet estävät jännitteisten osien koskettamisen. (SFS-EN 50272-2, 32; Hämeenola 1993, 64.)

Ennen töihin ryhtymistä tulee poistaa käsistä, ranteista ja kaulasta kaikki metalliesineet. Akkutiloissa, joissa on nimellisjännitteeltään yli 120 VDC akkuja, on käytettävä eristävää vaateetusta ja paikallaisia eristyssuojuksia. Akkujen kanssa työskenneltäessä tulee käyttää ainakin seuraavia suojavaarusteita:

- suojalasit tai maski
- kumi- tai muovikäsineet
- suojavaatteet (happoa kestävä)
- suojajalkineet
- neutralointipyhkeet
- määräystenmukainen sammutin
- eristetyt työkalut
- mahdollisuus huuhtoa silmät ja iho, mikäli joutuu kontaktiin elektrolyytin kanssa. (ST 96.30, 1; IEEE 2011, 18; SFS-EN 50272-2, 32.)

Virran kulkiessa akun virtapiirissä ei akkua saa kytkeä irti, virtapiiri on aukaistava muualta ensin. Huoltotöitä tehdessä pitää tiedostaa takasyötön mahdollisuus rinnakkaisista akuista tai varaajasta. (SFS-EN 50272-2, 32.)

Huoltotyökalujen (suppilot, ominaispainomittari, lämpömittarit) jotka ovat kosketuksissa elektrolyytin kanssa on oltava erikseen tarkoitettut lyijyakuille tai nikkeli-kadmiumakuille eikä niitä saa käyttää muuhun tarkoitukseen. Huoltotoimenpiteitä tehdessä vaaditaan riittävää työskentelytilaa. Poistumistie on pidettävä koko ajan esteettömänä hätätilanteita varten ja poistumistien pitää olla vähintään 600 mm leveydeltään. Henkilö saa työskennellä akustojen päällä tai turvaetäisyyden sisäpuolella mm. hitsaus-, hiomakoneen tai vastaavan kanssa, kunhan hänet on opastettu mahdollisista vaaroista. Tällaista työtä tehdessä tulee akut pois kytkeä ja syttyvät kaasuseokset on puhallettava pois kennoista. (SFS-EN 50272-2, 42, 46.)

7 JÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITO

Akun asianmukainen huolto pidentää akun käyttöikä ja auttaa saavuttamaan sille suunnittelun mukaiset vaatimukset. Akun toimintahäiriön aiheuttavia syitä ovat: ikääntyminen, ylilataaminen ja –purkaminen, lämpötilan vaihtelut, häiriöjännitteet ja löysät liitokset sekä kennojen väliset kytkennät. Eniten vaikuttava tekijä akun elinkaaren lyhenemiselle on lämpötila. Lämpötilan kasvu aiheuttaa nopeampaa navan korroosiota ja muita vikatilanteita. On harvinaista, että akkua pidetään tietyssä ihanteellisessa lämpötilassa koko sen eliniän. Akku lämpenee päivällä ja jäähtyy yöllä, keskilämpötila on suurempi kesällä kuin talvella. Hyvä huolto-ohjelma toimii arvokkaana apuvälineenä akun käyttöiän maksimoimisessa, vältettävien olevien häiriöiden ennaltaehkäisyssä ja akuston enenaikaisen vaihtotarpeen välttämässä. Syitä akkujen testauksien tarpeeseen ovat:

- varmistetaan, että varmennetut laitteet ovat riittävän luotettavasti varmennettu
- pienennetään odottamattomien vikojen todennäköisyyttä
- pystytään ennakoimaan akun elinkaarta
- voidaan selvittää akun todellinen kapasiteetti ja kunto sillä hetkellä
- selvitetään toimenpiteet, joilla voidaan pidentää akun elinkaarta.

(IEEE 2011 12, 19; Megger, Battery Testing Guide 3, 12; Fluke, Vara-akkujärjestelmät 1.)

7.1 Kennoyhdistin

Akku koostuu kennoista ja kennot ovat kytketty toisiinsa kennoyhdistimien avulla. Kennojen välisien liitäntöjen hyvyyteen on syytä kiinnittää huomiota. Akkujen huonous ei usein johdu kennoista, vaan huonoista kennojen välisistä liitännöistä. Kennoliitäntöjen kiristys tehdään valmistajan suositteleman vääntömomenttiasteikon alapäähän. Kennoliitännän hyvyyden varmistaminen voidaan siis mekaanisesti tehdä momenttiavaimella. Tämä ei kuitenkaan ole niin luotettava, kuin kennoliitäntöjen varmistaminen testilaitteen tai muiden mittauksien avulla. (Megger Battery Testing Guide, 9.)

Kennoliitäntöjen testaus tulee tehdä ennen akun käyttöönottoa. Tarkoitukseen tarkoitetulla testilaitteella pystytään varmistamaan kaikkien liitäntöjen hyvyys ja sen avulla voi-

daan löytää pieniä vikoja ennen käyttöönottoa. Tällä tavoin voidaan ennaltaehkäistä mahdollisia vikoja tai vahinkoja varmennetuille laitteille. IEEE-standardit määrittävät, että liitäntöjen vastuksen vaihtelu tulisi olla alle 10 %. Standardissa on myös määritelty, että kaikista kennoliitännöistä 10 % mitataan puolivuositain ja kaikki kennoliitännät vuosittain. (Megger Battery Testing Guide, 9.)

7.2 Jännite

Testimenettelyjen tukipilarina on perinteisesti ollut kelluva jännite. Tällä tarkoitetaan jännitettä, jonka latausjärjestelmä pitää akussa kompensoidakseen akun luonnollista purkautumista. Kennojännitteiden summan tulisi olla suuruudeltaan sama, joka on asetettu laturiin (lukuun ottamatta kaapeleiden häviöitä). Jännite indikoi ainoastaan lataustilaa (SOC=State Of Charge). Jännite ei siis ole indikaatio kennon kunnosta (SOH=State Of Health). Normaali kennojännite on vain merkki kennon täydestä varauksesta. Kennojännitteen ollessa epänormaali, kertoo se kuitenkin jotain sen tilasta. Alhainen kennojännite voi olla merkki esimerkiksi oikosulusta kennossa. Kennojen ylivaraus johtaa ylikuumentumiseen, korroosioon kiihtymiseen ja akkuveden kulutuksen kasvuun. Impedanssi-mittauksin kyetään löytämään heikentynyt kenno aikaisemmin kuin jännitetarkastelujen avulla. (Megger Battery Testing Guide, 10.)

7.3 Ominaispaino

Akun ominaispainolla tarkoitetaan lyijyakun hapossa olevan sulfaatin mitta, joka kertoo akun varausasteen. Ominaispainon mittaaminen ei yleensä anna kovinkaan suurta arvoa määriteltäessä lähestyvää vikaa akussa. Itseasiassa ominaispaino muuttuu hyvin vähän akun ensimmäisen 3-6 käyttökuukauden jälkeen. Alhainen ominaispaino voi olla seuraus liian pieneksi asetetusta laturin jännitteestä, mikä aiheuttaa elektrodin sulfatoitumista. Sulfatoitumisella tarkoitetaan kemiallista prosessia, jossa levyjen pinnalle alkaa muodostua lyijysulfaattirakeita. Lyijysulfaattirakeet eivät johda sähköä ja ovat kemiallisesti passiivisia. Lyijysulfaattirakekerrosta ei voida poistaa varaamisella. Sulfatoituminen on yksi yleisimmistä syistä akun elinkaaren lyhenemiseen. (Exide, Teknistä tietoa, 167; Megger Battery Testing Guide, 10)

7.4 Kelluva virta

Kelluvalla virralla tarkoitetaan virtaa, joka kulkee piirissä, kun akkua pidetään kelluvassa jännitteessä. Virran suuruus riippuu akun koosta, mitä suurempi akku, sitä suuremman virran se ottaa pysyäkseen täydessä varauksessa. Syitä kelluvan virran kasvuun ovat: maavuoto tyhjäkäyvässä akkujärjestelmässä ja sisäiset akkuhäiriöt. Kelluvan virran kasvu voi olla merkki mahdollisista vioista akussa, esimerkiksi akun sisäisen impedanssin kasvu johtaa virran kasvuun. (Megger Battery Testing Guide, 11.)

Kelluva virta vaikuttaa olevan hyvä indikaattori suljettujen lyijyakkujen (VRLA) akkuongelmista, esimerkiksi ylikuumenemisestä. Ylikuumeneminen on seuraus akun ongelmista, ei ongelmien aiheuttaja. Ongelman aiheuttajana voivat olla oikosulku kennossa, maasulku, kuivuminen, liiallinen varaus ja riittämättömän lämmönpoisto. Kelluvaa virtaa mittaamalla on mahdollista välttää akun vikoja sekä vahinkoja järjestelmään liitetyille ja lähitöllä oleville laitteille. Impedanssimittauksilla voidaan löytää monia samoja vikoja. (Megger Battery Testing Guide, 11.)

7.5 Testit/Tarkastukset

Akun kunnan tarkkailun kahtena tärkeimpänä testinä pidetään akun sisäisen vastuksen mittaamista ja purkaustestiä, mistä kerrotaan myöhemmin. Akustoille tehtävät määräaikaistarkastukset antavat käyttäjälle tietoa sen tilasta. Tarkastusten tiheys tulee määrittää kullekin laitteistolle erikseen. Tarkastukset tulee tehdä normaaleissa käyttöolosuhteissa. On suositeltavaa, että kuukausittain tehtäisiin ja kirjattaisiin seuraavat asiat:

- akun jännite navoista mitattuna
- akuston ja akustotilan yleinen järjestys sekä siisteys
- laturin ulostulovirta ja –jännite
- elektrolyyttitaso
- kennojen mahdolliset halkeamat ja todisteet elektrolyyttivuodoista
- mahdollinen korrosio liittimissä, telineissä ja kaapeissa
- ympäristön lämpötila ja ilmanvaihdon toimivuus
- akun latausvirta. (IEEE 2011, 19-20.)

Neljännesvuosittain kuukausittain tehtävää tarkastusta tulee täydentää seuraavasti:

- mitataan jokaisen kennon jännite
- kennojen ominaispainon mittaus vähintään 10 % akun kennojen lukumäärästä
- lämpötilan mittaus tyyppinäytteistä 10 % akun kennoista. (IEEE 2011, 20.)

Vuosittain tehtävässä tarkastuksessa täydennetään neljännesvuosittain tehtävää tarkastusta seuraavasti:

- lyijyantimoniakkujen ominaispaino kaikista kennoista
- muut kuin lyijyantimoniakut: mikäli latausvirtaa ei valvota, tulee ominaispainomittaus tehdä jokaisesta kennosta
- kennojen kunto, yksityiskohtainen silmämääräinen tarkastus
- kenno – kenno ja liittimien resistanssi
- akkutelineen / -kaapin rakenteellinen ehjyys. (IEEE 2011, 20.)

7.5.1 Purkaustesti

Akun kapasiteetin hyväksyntätesti pitää tehdä valmistajan tehtaalla tai ensimmäisen asennuksen yhteydessä käyttäjän määritelmän mukaisesti. Ylempänä luetellut testit tulee tehdä myös ennen paikalla suoritettavaa hyväksymistestiä. Jokaisen kennon alkukapasiteetti tulisi olla vähintään 90 % leimatusta. Hyväksymiskriteerien pitää perustua aikamukautettuun laskelmaan. Kapasiteettitestissä tutkitaan akun kykyä pitää yllä valittu minimijännite vakiovirralla tehtävässä purkauksessa. Testissä akkua puretaan erilliseen kuormaan tai yleisimmin kyseessä olevan laitteiston todelliseen kuormitukseen. Testi voidaan tehdä turvallisesti, mikäli varaaja on varustettu tukivaraustasolla. Varaajan tukivaraustaso turvaa tehonsyötön kuormalle, vaikka akuston jännite notkahtaisikin. Testissä akustoa tulisi purkaa vähintään 20 % sen nimellisestä. Yli 50 % prosentien purkaminen ei yleensä kannata, koska se rasittaa akkua turhaan ja testin jälkeen varmistuskyky on hetken aikaa rajoitettu. (IEEE 2011, 24; ST 96.30, 3.)

Akun kapasiteetin suorituskyky tulisi testata kahden ensimmäisen käyttövuoden aikana. On suositeltavaa, että testit ovat kestoaltaan samanlaisia kuin akun toimintajakso on. On suositeltavaa, ettei suorituskyvyn testausväli saa ylittää 25 % akuston odotetusta käytöstä tai kahta vuotta. Akkukapasiteetin vuosittaiset suorituskykytestit tulisi tehdä

akulle joka näyttää heikkenemisen merkkejä tai on saavuttanut 85 % sen odotetusta käyttöiästä. Heikkeneminen on osoitettu, kun akun kapasiteetti on laskenut yli 10 % edellisestä testistä tai on alle 90 % valmistajan ilmoittamasta. Jos akku on saavuttanut 85 % suunnitellusta käyttöiästä ja se luovuttaa 100 % kapasiteetin tai on suurempi kuin valmistajan ilmoittama kapasiteetti ja ei ole näyttänyt merkkejä heikkenemisestä. Suorituskykytesti on tällöin hyväksyttävää tehdä kahden vuoden välein, kunnes se alkaa näyttää heikkenemisen merkkejä. (IEEE 2011, 24.)

7.5.2 Akun impedanssi

Riippumatta akkutyypistä, akussa on aina olemassa sisäistä impedanssia. Akun sisäinen impedanssi nousee sen kapasiteetin vähentyessä, tämä johtuu erilaisista tekijöistä, esimerkiksi ikä, ympäristön lämpötila ja purkautumishistoria. Akun impedanssin muodostavat elektrolyytti, aktiiviaine, positiivi- ja negatiivilevy, kennojen liitokset, navat ja kennojen väliset muut komponentit. Impedanssin mittaamisella saadaan tietoa muun muassa akun kapasiteetista, liitosten hyvydestä ja napojen korroosiosta. Suljettujen akkujen kunnan tarkkailua voidaan tehostaa impedanssimittauksella, koska niiden ominaispajoja ei luonnollisesti voida tutkia. (Megger Battery Testing Guide, 8, 9.)

Akkukennojen liitännöiden kuntoa ja akun kapasiteettia voidaan arvioida akkukennon sisäisen impedanssin, resistanssin tai konduktanssin avulla. Nykyään tähän tarkoitukseen käytetyt mittalaitteet mittaavat vain yhtä edellä mainituista. Riippumatta siitä, että mitä suuretta mitataan, tarkoitus on aina sama, kapasiteetin, liitoksien ja metalliosien kunnan selvitys. Akun korkea impedanssi voi pahimmillaan aiheuttaa palo- tai räjähdysvaaran purkautumisen aikana. Mittauksessa käytetään nelijohdinmittausta, koska sisäisen impedanssin, resistanssin ja konduktanssin selvittämiseksi laitteen pitää saada tieto kennon virrasta ja jännitteestä. Mittauslaite syöttää kennolle testausvirran ja mittaa kennon yli olevaa jännitettä. Testausvirta on tasa- tai vaihtovirtaa riippuen mittalaitteen valmistajasta. Megger suosittelee impedanssimittauksia tehtäväksi neljännesvuosittain. (Megger Battery Testing Guide, 8, 9, 15.)

8 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin sähköasemien tasasähköjärjestelmän laitteisiin, mitoittamiseen, suojaukseen ja kunnossapitoon. Työtä voidaan hyvin soveltaa myös muihinkin tasasähköjärjestelmiin. Työn lähdeaineistona käytettiin suureksi osaksi SFS-standardeja, ST-kortteja sekä ulkomaisia IEEE-standardeja. Toimeksiantajana tälle opinnäytetyölle oli Sähkölandia Oy. Järjestelmän kunnossapidon koestuksia, kunnossapito-ohjelmaa ja tarkempia kunnossapito-ohjeistuksia ei sisällytetty tämän työn julkiseen osuuteen, vaan ne tehdään salaisena toimeksiantajayritykselle.

Tätä työtä tehdessä huomasin, että tasasähköjärjestelmien testauksista oli vaikeasti löydettävissä selkeää ja yhdenmukaista lähdemateriaalia. Suomenkieliset lähdeaineistot olivat todella suppeita testauksien osalta, jolloin täytyi turvautua IEEE-standardiin sekä testilaitteiden toimittajien ohjeisiin. Tästä huolimatta sain mielestäni melko hyvin koottua asiat eri lähteistä yhdeksi kokonaisuudeksi. Kokonaisuutena lukija saa kattavan kuvan sähköaseman tasasähköjärjestelmän laitteista ja akustoista sekä niiden mitoitus- ja kunnossapitokriteereistä. Työn tarkoituksena oli selvittää nykypäivän vaatimuksia ja lähtökohtia sähköaseman tasasähköjärjestelmän suunnittelulle. Toisena tavoitteena oli selvittää järjestelmään liittyvät kunnossapitovelvoitteet ja standardien vaatimukset. Molemmat tavoitteet saavutettiin ja pystyttiin luomaan tiivis ja kattava tietopaketti sähköasemien tasasähköjärjestelmistä yleisesti, sekä niiden mitoitus- ja kunnossapitovaatimuksista.

LÄHTEET

Edvard Csanyi, Substation AC Auxiliary Supply For Inessential Loads. 2015. Luettu 8.3.2018.

<http://electrical-engineering-portal.com/substation-ac-auxiliary-supply-for-inessential-loads>

Edvard Csanyi, Substation DC Auxiliary Supply – Battery And Charger Applications. 2015. Luettu 6.3.2018.

<http://electrical-engineering-portal.com/substation-dc-auxiliary-supply-battery-and-charger-applications>

Ensto. Suojien selektiivisyys. Luettu 27.3.2018.

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594830404.html>

Exide. Teknistä tietoa. Luettu 6.4.2018.

http://exide.fi/wp-content/uploads/sites/15/2014/11/Exide_fi_Teknisk_info.pdf

Fluke. 2014. Vara-akkujärjestelmien parhaan mahdollisen käyttötehon ja luotettavuuden ylläpitäminen. Sovellusohje. Vantaa: Fluke Corporation. Luettu 5.4.2018.

http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/9900248_FIN_A_W.PDF

Hämeenoja, E. 1993. Akkuopas. 1. painos. Espoo: Erkki Ahlavuo Oy.

IEEE Std 450TM-2010. 2010. IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.

Langan, Peter; Jowett, Jeffrey; Thomson, Graeme; Jones, David. 2004. Battery Testing Guide. Dallas, USA: Megger Group Limited. Luettu 4.4.2018.

<http://www.surgetek.co.za/items/btg100.pdf>

Liimatainen, L. 2013. Akut. Käytetyimpien akkutyypin kehitys. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Centria ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

SFS-EN 50272-1. 2012. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, OSA 1: Yleiset vaatimukset. Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys SESKO.

SFS-EN 50272-2. 2001. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, OSA 2: Paikallisakut. Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys SESKO.

SFS 6001. 2015. Suurjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Siivonen, K. 2007. Sähköaseman apusähköjärjestelmät. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

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. Akustot ja varaajat. Valinta ja mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 96.30. 2016. Akkujen hoito ja kunnossapito. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tumelius, H. 2016. Sähköasemarakentaminen. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Lapin ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Tähtinen, J. 2015. Sähköaseman tasasähkökeskusten mitoitus ja valinta. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.