

Joona Vänttilä

Turvalaitteiden käyttöönotto ratatöissä

Turvalaitteiden käyttöönotto ratatöissä

Joona Vänttilä
Opinnäytetyö
Syksy 2018
Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, automaatiotekniikka

Tekijä: Joonas Vänntilä
Opinnäytetyön nimi: Turvalaitteiden käyttöönotto ratatöissä
Työn ohjaaja: Timo Heikkinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2018
Sivumäärä: 24 + 2 liitettä

VR Trackille toteutetun opinnäytetyön tavoite oli hankkia tiedot ja tarkennukset turvalaitteiden käyttöönottomittauspöytäkirjapohjan tekoon. Työ oli tutkimuspohjainen.

Tiedot ja tarkennukset hankittiin tutkimalla käyttöönottoon liittyviä asetuksia, standardeja ja lakeja, joita valtioneuvoston asetukset, sähköturvallisuuslaki ja SFS 6000 -standardi sisältävät. Liikenneviraston asettamat vaatimukset turvalaitteiden käyttöönottopöytäkirjaan huomioitiin.

Työ oli onnistunut ja työn tavoitteeksi määritellyt tiedot ja tarkennukset pöytäkirjan tekoon saatiin hankittua. Työn toimeksiantaja oli tyytyväinen tuloksiin. Toimeksiantaja hyödyntää opinnäytetyön tuloksia toiminnassaan.

Asiasanat: Turvalaite, käyttöönotto, sähkörata, rautatie

ALKULAUSE

Haluan kiittää VR Track Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyötä turvalaitteiden käyttöönottomittauksesta. Lisäksi haluan kiittää Mikko Korpelaa opinnäytetyön aiheen tarjoamisesta sekä työn toteutuksen tukemisesta. Lisäksi haluan kiittää lehtori Timo Heikkistä laadukkaasta ohjauksesta. Kiitos lisäksi Oulun ammattikorkeakoulun opettajille laadukkaasta opetuksesta.

Oulussa 23.11.2018

Joona Vänttilä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 RAUTATEIDEN TURVALAITTEET	8
3 LIIKENNEVIRASTON ASETTAMAT VAATIMUKSET	11
3.1 Poikkeaminen standardin vaatimuksista	11
3.2 Yleiset ohjeet	12
3.3 Vaihteenkääntölaitteen kaapelointi	12
3.4 Opastimen kaapelointi	12
3.5 Raidevirtapiirin kaapelointi	13
3.6 JKV:n virransyötön kaapelointi	13
3.7 Virransyötön käyttöönottotarkastus	14
3.8 UPS-laitteiston mitoitusvaatimukset	14
4 SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN ASETTAMAT VAATIMUKSET	16
4.1 Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttöönoton rajoittaminen	16
4.2 Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus	16
5 VALTIONEUVOSTON ASETUSTEN ASETTAMAT VAATIMUKSET	18
5.1 Standardeista poikkeaminen	19
5.2 Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisältö	20
6 SFS-6000 -STANDARDIN ASETTAMAT VAATIMUKSET	21
6.1 SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset	21
6.2 SFS Käyttöönottotarkastus	21
7 POHDINTA	23
LÄHTEET	24
LIITTEET	
Liite 1 JKV laskelma	
Liite 2 Yhteenveto UPSin jälkeisen verkon mitoittamisesta	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona VR Trackille. Työn tavoitteena on hankkia tiedot ja tarkennukset turvalaitteiden käyttöönottomittauspöytäkirjapohjan tekoon. Työ on tutkimuspohjainen. Tiedot ja tarkennukset hankitaan tutkimalla käyttöönottoon liittyviä asetuksia, standardeja ja lakeja, joita valtioneuvoston asetukset, sähköturvallisuuslaki ja SFS 6000 -standardi sisältävät. Liikenneviraston asettamat vaatimukset turvalaitteisiin liittyen pitää ottaa myös huomioon. Turvalaitteisiin ei päde kaikki samat vaatimukset kuin normaaliin sähkölaitteen käyttöönottotarkastukseen. Tämän vuoksi normaali sähkölaitteen käyttöönottotarkastuspöytäkirja ei kelpaa. Turvalaitteita on jokaisella Suomen rataosuudella ja laitteisto on erittäin tärkeä rautatieliikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta.

Suomen liikennöidyn rataverkon pituus oli vuoden 2016 lopussa 5 926 kilometriä, radasta 3 270 kilometriä oli sähköistetty. Suomessa aloitettiin laaja rautatieverkon sähköistämiprojekti vuonna 1968. Myöhäisen aloituksen etuna oli, että voitiin käyttää uusinta tekniikkaa eli jännite on 25 kV ja taajuus 50 Hz. Sähköistämisen etuna on pienempi energiankulutus ja saasteettomuus. Rataverkko on vieläkin vähäisen liikenteen takia pääasiassa yksiraiteista. VR Group on tällä hetkellä Suomen rataverkon pääasiallinen liikenneoperaattori. Junien kulkua valvotaan automaattisten turvalaitteiden avulla. Automatiikka on suunniteltu niin, että häiriötilanteessa järjestelmä ohjautuu aina turvalliseen suuntaan. (1.)

Sähköasennuksille ja sähkölaitteille on ennen niiden käyttöönottoa tehtävä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastukseen sisältyy toiminnallisia kokeita, aistinvaraisia tarkastuksia ja mittauksia. Tarkastuksessa varmistetaan, että laitteisto on määräysten mukainen ja siten turvallinen. Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastus on riittävässä laajuudessaan tehty. Turvalaitteiden käyttöönotossa tulee ottaa huomioon myös liikenneviraston vaatimukset. (1.)

Erilaisia turvalaitetöitä on paljon. Turvalaitteen rakentaminen ja asentaminen radalle on yksi turvalaitetöistä. Turvalaiteprojektiin tyypillisesti kuuluvat suunnitteli-

jan laatima, säädökset huomioon ottava asennusohje asentajalle, asentajan tekemä työ radalla, käyttöönottotarkastus, laitteen käyttöönottomittaus ja laitteen käyttöönotto. Laitteisto kytketään jännitteelliseksi käyttöönottomittauksia varten.

(2.)

2 RAUTATEIDEN TURVALAITTEET

Turvalaitteita ovat suojausjärjestelmiin, varoituslaitoksiin, asetinlaitteisiin sekä junien kulunvalvonta-, kauko-ohjaus- ja laskumäkijärjestelmiin liittyvät laitteet. Turvalaitejärjestelmä muodostuu useista turvalaitteista. Järjestelmä varmistaa liikennöinnistä annettujen määräysten kanssa rautatien turvallisen liikennöinnin sekä muodostaa radan liikenteenvälityksen kapasiteetin.

Uuden turvalaitejärjestelmän on täytettävä Liikenneviraston määrittelemä turvalaitokselta vaadittu turvallisuustaso eurooppalaisen CENELEC-normiston mukaisesti. Turvalaitejärjestelmän on oltava varmistettu siten, että turvalaitejärjestelmän yksittäinen vika johtaa turvalaitejärjestelmän hallitusti turvalliseen tilaan. (4.)

Opastimet

Opastimet sijaitsevat radan varrella, välittävät kulkutiedon näkyvällä valolla, niitä on erilaisia eri käyttötarkoituksia varten. Pää-, suojaus-, ja esi- ja radio-opastin ovat kulussa olevaa junaa varten, muut opastimet ovat vaihtotyötä varten.

Junien kulunvalvonta (JKV)

JKV valvoo junan nopeutta ja pysäyttää junan vaaratilanteessa. Järjestelmän muodostavat radalle ja vetureihin asennetut järjestelmät. Junalle menee radoille asennettujen baliisien kautta esimerkiksi opastimen tilatiedot ja mahdolliset nopeusrajoitukset.

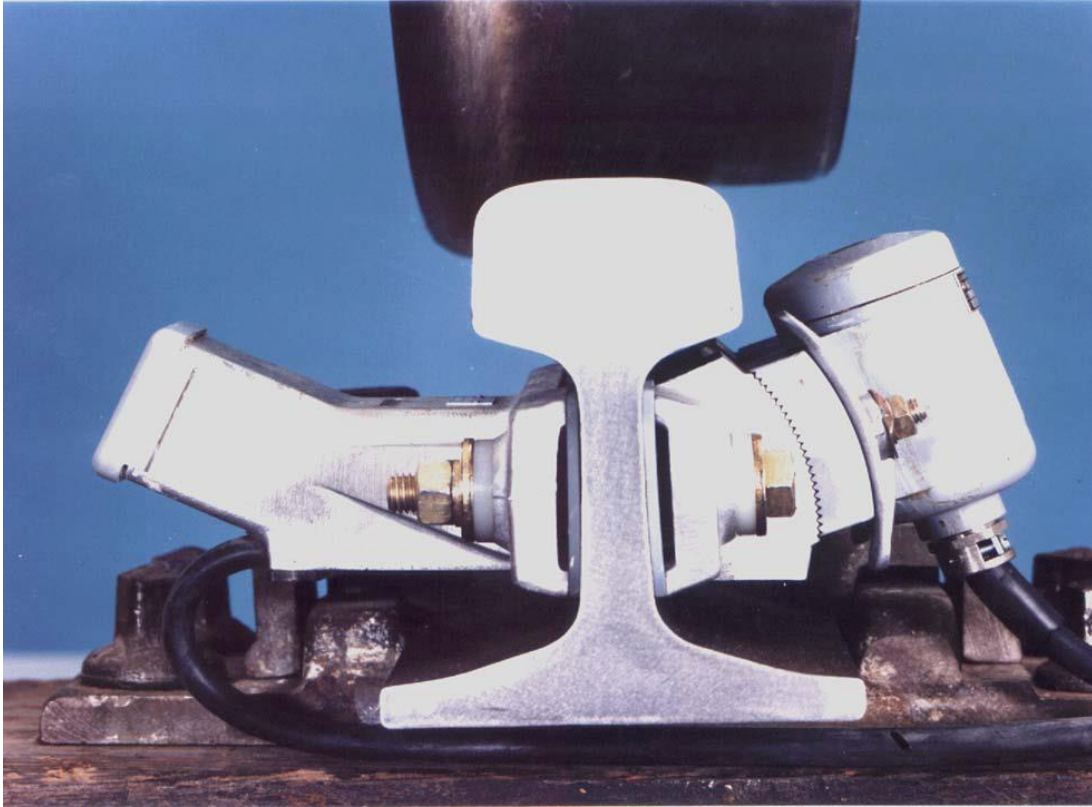
Asetinlaitteet

Asetinlaitteen avulla voidaan valvoa junien sijaintia, kääntää ja lukita vaihteita ja ohjata opastimia. Asetinlaitteen tehtävä on varmistaa junan kulku opastimelta opastimelle. Sillä pyritään estämään laitteiden vikaantumisia ja ihmisten inhimillisiä virheitä ja näin ollen estämään mahdolliset vaaratilanteet junaradalla.

Akselinlaskijat

Akselinlaskijan tehtävä on laskea ohi kulkevien junien akselit. Jokaisella junaradan osuudella on oltava sama määrä laskettuja akseleita sekä sisään että ulos

laskussa, tällöin osuus vapautuu. Laskijan laskentapiste koostuu kahdesta lähetimestä ja vastaanottimesta. Laskenta tapahtuu sähkö- tai magneettikentän avulla metallisen pyörän ohittaessa laskentapisteen. Jos yksikkö vaihtaa suuntaa pyörän ollessa laskentapisteen päällä, voi akseleiden laskenta mennä sekaisin.



KUVA 1. Akselinlaskija (12 s. 16)

Avainsalpalaitteet

Avainsalpalaitteen tarkoitus on vaihteiden ja raiteensulkujen käyttöavainten säilyttäminen turvallisesti. Käyttöavaimella pääsee kääntämään junaradan vaihteita. Perustilassa avainsalpalaitte estää käyttöavaimen ottamisen avainsalpalaitteelta. Asetinlaite antaa avainsalpalaitteelle ohjauksen, kun vaihteen kääntäminen on turvallista, tämän jälkeen avain on mahdollista poistaa avainsalpalaitteesta.

Turvalaitteen tunnus

Turvalaitteissa pitää olla tunnus, jonka tehtävänä on yksilöidä turvalaite asetinlaitteessa tai muussa turvalaitejärjestelmässä, johon turvalaite liittyy. Tunnuksen täytyy koostua arabialaisista numeroista ja numeron eteen, taakse tai sekä eteen että taakse lisätyistä kirjaimista. (5; 12.)

3 LIIKENNEVIRASTON ASETTAMAT VAATIMUKSET

Liikennevirasto vastaa Suomen teistä, rautateistä sekä liikennejärjestelmän kehittamisestä. Rataverkon ylläpito, kehittäminen ja kunnossapito ovat Liikenneviraston vastuulla. Liikenneviraston tavoitteena on pitää liikennöinti radalla turvallisena ja tehokkaana. Suomen liikennöidystä rataverkosta 3 270 kilometriä on sähköistetty, Liikenneviraston työ vaatii siis paljon resursseja. Kunnossapitoon käytetään vuosittain lähes 200 miljoonaa euroa. Sähköradan jännite on 25 kV ja taajuus 50 Hz.

Liikennevirastolta tulee rautatieohjeet, määräykset, tekniset ohjeet ja turvallisuusohjeet kaikille rautateiden työnantajille. Ohjeet löytyvät liikenneviraston sivulta. Liikenneviraston ohjeita tulee noudattaa. Ohjeluetelot päivittyvät jatkuvasti. Tässä luvussa on esimerkkejä Liikenneviraston erikoismääräyksistä turvalaitteiden virransyöttöasennusten käyttöönottopöytäkirjaan liittyen. (6.)

3.1 Poikkeaminen standardin vaatimuksista

Liikenneviraston ohjeiden perusteella voidaan poiketa SFS -6000-standardin vaatimuksista. Ohjeessa lukee, että Kauppa ja teollisuusministeriön päätöstä 1193/1999 on kuitenkin noudatettava. Kauppa ja teollisuusministeriön päätökset on kuitenkin korvattu valtioneuvoston asetuksilla.

SFS 6000-1 kohta 11.3: ”Tämä standardisarja ei koske sähköratalaitteistoja mukaan luettuna liikkuva kalusto ja merkinantolaitteet”. Sana ”merkinantolaitteet” tarkoittaa turvalaitteita. Tällä perusteella SFS 6000 -standardisarjaa turvalaitte-asennuksissa ei tarvitse kaikilta osin noudattaa.

Asennustavoista laadittu poikkeamaselvitys, jossa on arvioitu riskejä, ja johon on kirjattu poikkeaminen hallinnan toimenpiteet niin, että SFS 6000- vaatimuksista voidaan poiketa. Mikäli asennusta ei tehdä Liikenneviraston ohjeen mukaan poikkeama ei ole voimassa. (8, linkit Palveluntuottajat -> Ohjeluetelot->Rautatieohjeet (pdf)->Turvalaitteiden virransyöttöasennusten sähköturvallisuutta koskevat Liikenneviraston erikoismääräykset, s. 1.)

3.2 Yleiset ohjeet

Henkilösuojaus sähköisiltä vaaroilta toteutetaan joko varoittamalla vaarasta tai poistamalla vaara, SFS 600 -sarjassa kuvataan. Noudattamalla seuraavien kohtien ohjeita voidaan suunnitellut asennukset suorittaa niin, että käytönaikaiset vaarat saadaan minimoitua ja hallittua.

Turvallitteissa voidaan henkilö- ja laitesuojaus toteuttaa toisistaan erillisinä. Turvalaitteissa yleiset sähköturvallisuusasennustandardit ulottuvat vain verkkoliitynnän 50 Hz tuloliittimiin. Tästä eteenpäin niistä voi poiketa turvalaitejärjestelmien virransyöttöä koskevilla erikoisohjeilla. (8.)

3.3 Vaihteenkääntölaitteen kaapelointi

Liikennevirasto on asettanut vaatimukset vaihteenkääntölaitteen kaapelointia varten. Ohjeessa annetut vaatimukset:

- asetusetäisyys enintään 6,5 km
- valvontajännite 48-60 V DC
- säievastus $\leq 54 \Omega$ / säie
- kääntövirransulake 4 A hidas
- kääntöjännite 3 x 400 VAC
- kääntövirran katkaisu maksimi 6 s
- käynnistysvirta maksimi 15 A $\leq 0,5$ s
- jatkuva virta noin 1 A.

Mikäli sulakekoko poikkeustapauksessa suurennetaan, asetusetäisyys pitää olla vastaavasti lyhempi kuin 6,5 km, muutos pitää perustella laskelmin. Jos näistä normeista poiketaan, laitetoimittajan on selvitettävä tekniset perusteet poikkeamalle. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa on oltava selvitys näiden vaatimusten toteuttamisesta. (8.)

3.4 Opastimen kaapelointi

Opastimen kaapelointiin liittyvät vaatimukset:

- asetusetäisyys enintään 6,5 km
- kaapelipoikkipinta minimi 1,5 mm²
- käyttöjännite 230 VAC päivällä tai 150 VAC yöllä
- maksimikuorma 50 VA
- sulakekoko max 0,6 A.

Erikoiskaapeleilla etäisyys voi olla pidempi. Erikoiskaapelin käyttö on osoitettava laskelmin turvalliseksi. Ohjauksen suojaus maadoitetussa verkossa on yksinapainen. Maasta erotetussa verkossa se on kaksinapainen ja virtapiiri on varustettu eristystasovalvonnalla.

Mikäli näistä normeista poiketaan, laitetoimittajan on selvitettävä tekniset perusteet, miksi normeista poikkeavien kaapelipoikkipintojen käyttö on turvallisesti mahdollista. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa on oltava selvitys näiden vaatimusten toteuttamisesta. (8.)

3.5 Raidevirtapiirin kaapelointi

Raidevirtapiirin kaapelointiin liittyvät liikenneviraston vaatimukset:

- sallittu toimintaetäisyys 10 km syöttöpäässä
- kaapelipoikkipinta minimi 1,5 mm²
- käyttöjännite 230 VAC kytkettynä staattisesti ohjauskaapeliin
- maksimikuorma 50 VA
- sulakekoko 1 A

Käyttöönottopöytäkirjassa oltava selvitys näiden vaatimusten toteutumisesta. (8.)

3.6 JKV:n virransyötön kaapelointi

Vaatimukset:

- Toimintaetäisyys on 6,5 km syöttöpäässä.
- Virransyöttökaapelin suojauksessa käytetään virranvalvontakomponenttia ABB Current supervision relay SM-SRS. M2 24-240 V AC/DC 0,3 – 15 A tai teknisesti vastaavaa komponenttia.
- Alle 5 km etäisyyksillä on mahdollista käyttää 4x6+6 mm². Tämä riittää 6,5 km etäisyyteen.
- JKV-teholähteet on suojattava ylijännitesuojalla.

JKV-virransyötön mitoituksesta on mallilaskelma. (Liite 1.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa on selvitys näiden vaatimusten toteutumisesta. (8.)

3.7 Virransyötön käyttöönottotarkastus

Virransyötön mitoituksista on tehtävä laskelmat. Liikenneviraston UPS-mitoitusohjeessa on mallilaskelma, jolla laskelma on tehtävä. (7, linkit [Palveluntuottajat](#) > [Ohjeluetelo](#) -> [Rautatieohjeet \(pdf\)](#) -> Turvalaitteiden virransyöttöasennusten sähköturvallisuutta koskevat Liikenneviraston erikoismääräykset, s. 4).

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa on oltava selvitys tämän ohjeen vaatimusten toteutumisesta. Asennuksista, jotka on tehty tämän ohjeen mukaan ja jotka eivät täytä 5 sekunnin laukaisuaikavaatimusta, on tehtävä varmennettu maadoitus. (7; 8.)

3.8 UPS-laitteiston mitoitusvaatimukset

Liikenneviraston ohjeen mukaan laitteiston lopullisen kuorman tulisi olla maksimissaan 45% UPS-laitteen nimellinäennäistehosta (7.). Toinen liikenneviraston ohje kuitenkin antaa mahdollisuuden kuormittaa UPS-laitetta 70% sen nimellistehosta (8, s. 6).

Järjestelmä tulee rakentaa redundanttiseksi ja modulaariseksi. Järjestelmän pitää sisältää vähintään kaksi moduulia, jolloin toisen rikkoutuessa toimiva moduuli pystyisi vielä syöttämään kuormaa. Tämä parantaa käyttövarmuutta ja käytettävyyttä. (7.)

USP-laitteen näennäis- ja pätötehon syöttökyvyn täytyy ylittää kuormituksen arvot. Laitteen on kyettävä syöttämään turvalaitteistoa niin, että ylikuormitustilanteessakaan ei mitään osaa kuormasta kytkeä irti. (7.)

Suojalaitteiden toiminta halutaan saada mahdollisimman nopeaksi, jotta vikatilanteessa muiden laitteiston syöttämien kuormien toiminta ei vaarannu. Liikenneviraston suositeltu toiminta-aika on 20 ms. Toiminnan nopeus riippuu virran suuruudesta, siihen vaikuttaa UPS-laitteen komponentit. (7.)

Mitoitussäännöistä voidaan poiketa, jos UPS-laitteiston oikosulkuvirta tekee verkosta selektiivisen jokaisessa vikatilanteessa. Selektiivisyydellä pyritään rajamaan sähköverkon vikatilanteessa aiheutuvat häiriöt mahdollisimman pienelle alueelle, eli irrottamaan mahdollisimman pieni osa verkosta, jolloin kuitenkin muu

osa verkosta on normaalissa käytössä. Oikosulkuvirran mitoituksessa on laskettava kaapelointien impedanssit ja jännitehäviöt. Kaapeloinnin impedanssin on oltava riittävän pieni, jotta oikosulkuvirta riittää laukaisemaan suojat. (7.)

Liitteessä 2 on yhteenveto Liikenneviraston UPSin jälkeisen verkon mitoittamisesta. (Liite 2.)

4 SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN ASETTAMAT VAATIMUKSET

Säköturvallisuuslain tarkoituksena on säätää:

- sähköalan töistä ja niiden valvonnasta
- sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista
- sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta
- sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta.

Käyttöönnotossa on otettava huomioon erityisesti lain seuraavat luvut, sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttöönoton rajoittaminen, sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset, sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus ja sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset.

4.1 Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttöönoton rajoittaminen

Ennen käyttöönottoa sähkölaitteiston on täytettävä laissa sille asetetut vaatimukset. Ennen käyttöönottoa on varmistettava, että sähkölaitteisto on suunniteltu ja rakennettu laissa säädettyjen turvallisuusvaatimusten ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevien olennaisten vaatimusten mukaisesti.

Säköturvallisuusviranomaisen saa rajoittaa sähkölaitteiston käyttöönottoa ja käyttöä, mikäli kohteessa ilmenee sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva ongelma tai se on tarpeen turvallisuussyistä yleisen viestintäverkon tai vastaanotto- tai lähetyksaseman suojaamiseksi. (9.)

4.2 Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa selvittää, että se täyttää sähköturvallisuuslain sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia käyttöönottotarkastuksesta. Jos rakentaja on estynyt huolehtimaan niistä, sähkölaitteiston haltijan täytyy huolehtia tarkastuksesta.

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia tarkastuspöytäkirja sähkölaitteiston haltijalle, vähäisiksi katsottavia töitä lukuun ottamatta. Vähäisissäkin töissä tulee tarvittaessa antaa testauksen tulokset laitteiston haltijalle.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällöstä. (9.)

5 VALTIONEUVOSTON ASETUSTEN ASETTAMAT VAATIMUKSET

Käyttöönnotossa on otettava huomioon myös valtioneuvoston asetukset. Valtioneuvostolla on oikeus antaa asetuksia laissa säädetyissä asioissa. Toimeenpanovalta kuuluu perustuslain mukaan valtioneuvostolle, toisin sanoen se panee eduskunnan ja tasavallan presidentin päätökset täytäntöön ja antaa asetuksia. Alla on poiminnat valtioneuvoston asetuksesta sähkölaitteistoista.

Valtioneuvoston asetuksissa määritellään sähkölaitteistojen olennaiset turvallisuusvaatimukset. Seuraavassa on lueteltu sähkölaitteistoja koskevista valtioneuvoston asetuksista poimitut turvallisuusvaatimukset:

- Kosketus-suojaus, sähkölaitteiston jännitteiset osat suojattava siten, etteivät ne aiheuta vaaraa ihmisille ja eläimille. Suojaus on toteutettava joko estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai rajoittamalla virran suuruus vaarattoman pieneksi. Suojausmenetelmänä saa tarvittaessa käyttää jännitteisten rakenteiden sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle tai estämällä luotettavasti sivullisten pääsy vaara-alueelle.
- Sähkölaitteistoissa mahdollisten vikojen aikaiset jännitteiset osat suojattava ihmisten ja kotieläinten kosketuksilta.
- Korkea lämpötila tai valokaari eivät saa aiheuttaa sähkölaitteiston rakenteen syttymisvaaraa.
- Palovammojen syntyminen estettävä sähkölaitteistossa.
- Jännitteisten johtimien ylivirta ei saa aiheuttaa vaaraa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.
- Jännitteettömien johtimien ja muiden johtavien osien on kestettävä vikatilanteissa niiden kautta mahdollisesti kulkeva vikavirta ilman, lämpötilan nousua vaaralliseksi tai että niistä aiheutuu mekaanista vaaraa.
- Suojalaitteiston on toimittava sellaisessa ajassa, sellaisilla virroilla ja jännitteillä, jotka takaavat riittävän turvallisuuden.
- Sähköinen suojajärjestelmä on valittava siten, että se voidaan pitää, toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöiän.
- Eri jännitteellä toimivien virtapiirien jännitteisten osien välinen vika tai muusta syystä aiheutuva ylijännite ei saa aiheuttaa vaaraa tai vahinkoa.
- Jännitelujuuden ja eristystason on vastattava käyttöolosuhteissa esiintyviä jännitteitä.
- Sähkölaitteiston rakenteen on kestettävä, käyttöpaikassa ja käytössä todennäköisesti vaikuttavat ulkoiset rasitukset ja olosuhteet.
- Sähkölaitteistot on rakennettava laitteista, jotka on tarkoitettu kyseiseen käyttöön ja olosuhteisiin, joiden rakenne täyttää niitä koskevat säädökset. Laitteet on asennettava valmistajan tarkoittamalla tavalla, turvallisuus täytty säilyä.

- Sähköalan ammattitaitoa vailla olevien henkilöiden käyttöön tarkoitettujen laitteistojen rakeenteen on oltava heille tarkoitettuun käyttöön turvallinen, ilman jännitteisten osien kosketusvaaraa tai valokaarivaaraa.
- Sähkölaitteiston vaaroja tuntemattomat henkilöt eivät saa päästä helposti käsiksi laitteiston jännitteisiin osiin.
- Sähköratalaitteistoon tai muuhun erikoissähkölaitteistoon mahdollisesti liittyvät poikkeukselliset vaaratekijät otettava huomioon laitteiston rakenteessa tai suojauksessa.
- Lääkintätilaan, räjähdysvaaralliseen tilaan tai muuhun poikkeuksellisia vaaratekijöitä sisältävään tilaan sijoitetun sähkölaitteiston turvallisuus on varmistettava kyseiseen tilaan.
- Ilmajohtojen tai muiden sähköjakeluun liittyvien sähkölaitteistojen rakenteissa otettava huomioon myös seuraavat tekijät: sääolosuhteista aiheutuvat lämpörasitukset, mekaaniset rasitukset, jännitteisten rakenteiden etäisyys rakennuksista, puista ja vastaavista, ihmisten liikkuminen, ilmajohtojen keskinäinen vaikutus, lähellä olevien laitteistojen ja laitteiden vaikutus.
- Sähkölaitteisto tai sähkölaite ei saa vaarantaa toisen sähköasennuksen tai sähkölaitteen turvallisuutta.
- Sähkölaitteiston ja ei-sähköisen laitteiston välille ei saa syntyä vahingollisia vaikutuksia.
- Sähkölaitteiston rakenteen on oltava selväpiirteinen, jotta sen käytössä ja huollossa ei synny väärinkäsityksistä johtuvaa vaaraa.
- Sähkölaitteisto varustettava tarpeellisilla merkinnöillä ja varoituskilvillä. Virtapiirit tunnistettava suojalaitteiden, johtojen ja johtimien ryhmittelystä ja merkinnöistä. Kaaviot ja ohjeet laadittava sähkölaitteiston rakentamista, käyttöä ja hoitoa varten.
- Sähkölaitteiston tarkastus-, testaus-, huolto- tai korjaustoimenpiteet täytyy voida tehdä turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti.
- Laitteistossa oltava erotuslaitteita siten, että virtapiirit ja yksittäiset laitteet voidaan erottaa verkosta huoltoa, testausta vian etsintää tai korjausta varten.
- Jos sähköön syöttö voitava katkaista välittömästi, katkaisin asennettava siten, että se on helposti havaittavissa sekä nopeasti käytettävissä. (10. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 2§ Olennaiset turvallisuusvaatimukset. www.finlex.fi)

5.1 Standardeista poikkeaminen

Valtioneuvoston asetus sallii turvallisuusvaatimuksia vastaavista standardeista poikkeamisen, jos vastaava turvallisuustaso voidaan saavuttaa muutoin.

Poikkeamista on laadittava kirjallinen selvitys ennen sähkölaitteiston rakentamisen tai korjaamisen aloittamista, sille on oltava tilaajan antama suostumus. Selvityksen perusteella pitää voida todeta vaatimusten täyttyminen.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin standardista poikkeamisen menettelystä. Standardeista poikkeamisesta löytyy tietoa valtioneuvoston asetuksista sähkölaitteistoista luvusta 3.

5.2 Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisältö

Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassa-olo, yleiskuvaus tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testauksen tulokset. Tarkastuspöytäkirja on allekirjoitettava tai varmennettava muulla luotettavalla tavalla. (10.)

6 SFS-6000 -STANDARDIN ASETTAMAT VAATIMUKSET

SFS julkaisee vuosittain satoja standardeja. Valtaosa näistä standardeista perustuu maailmanlaajuisiin tai eurooppalaisiin standardeihin. Kaikki voimassa olevat SFS-standardit ovat löydettävissä SFS:n verkkokaupasta.

6.1 SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset

Standardisarja SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset sisältää 39 yksittäistä standardia, jotka muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Standardisarjassa annetaan sääntöjä sähköasennusten turvallisuuden varmistamiseen. Säädöksissä annetaan vain turvallisuuden perusvaatimukset ja periaate, jonka mukaan määräysten vaatimukset täytetään noudattamalla standardeja.

Standardi SFS 6000-6 esittää vaatimukset sähköasennusten käyttöönottotarkastuksille ja säännöllisin väliajoin tehtäville kunnossapitotarkastuksille. Kohta 6.4 (11, luku 6.4) esittää vaatimukset tarkastuksena ja testauksena tehtävälle käyttöönottotarkastukselle. Standardisarjassa on annettu käyttöönottotarkastuksiin vaatimukset. Näitä vaatimuksia pitää turvalaitteen käyttöönottotarkastuksessa noudattaa. Jos noudatetaan Liikenneviraston erikoismääräyksiä, standardisarjaa ei tarvitse kaikilta osin ehdottomasti noudattaa turvalaiteasennuksissa. (11.)

6.2 SFS Käyttöönottotarkastus

Jokainen sähköasennus on tarkastettava asennuksen aikana ja sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön. Tarkastukseen kuuluu yleiset vaatimukset, ais-tinvarainen tarkastus, testaus ja käyttöönottotarkastuksen raportointi.

Testaukseen standardi on esittänyt seuraavat testit:

- suojajohtimen jatkuvuus
- eristysresistanssi
- eristysresistanssitestaus
- syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus
- lisäsuojuksen tehokkuuden varmistamisen testaus
- kiertosuunnan mittaus

- toimintatellit
- jännitteenalenema.

Käyttöönottotarkastusraportin pitää sisältää kirjaukset tarkastuksista, testatuista piireistä ja testaustulokset. Käyttöönottotarkastuksen raportin pitää sisältää suosituksen käyttöönottotarkastuksen ja ensimmäisen kunnossapitotarkastuksen väliajaksi. Raportin täyttää ja allekirjoittaa tai muuten vahvistaa oikeaksi ammattihenkilö tai muu tarkastuksen pätevä suorittaja. (11.)

7 POHDINTA

Olen ollut kesätöissä opintojeni aikana VR Trackillä erilaisissa sähköradan rakentamis- ja kunnossapitotehtävissä, ja opinnäytetyön aihe tuli ilmi tiedustellessani Trackin sähkötöiden johtajalta mahdollisia insinöörityön aiheita. Turvalaitteisiin liittyvä työ oli minulle sopiva, sillä olen työskennellyt sähköradalla laitteiden parissa. Uskon työstä olevan hyötyä yritykselle sekä myös hyvää kokemusta itselleni tulevaisuutta ajatellen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli hankkia VR Trackille tiedot ja tarkennukset turvalaitteiden käyttöönottomittauspöytäkirjapohjan tekoon. Työ oli tutkimuspohjainen. Työssä tutkittiin käyttöönottoon liittyviä asetuksia, standardeja ja lakeja, joita valtioneuvoston asetukset, sähköturvallisuuslaki ja SFS 6000 -standardi sisältävät. Liikenneviraston asettamat vaatimukset turvalaitteiden käyttöönottopöytäkirjaan huomioitiin.

Työ valmistui projektisuunnitelmassa mainitussa aikataulussa. Työ oli mielestäni onnistunut, ja työn tavoitteeksi määritellyt valmiudet pöytäkirjapohjan tekoon saatiin hankittua. Haasteena työssä olivat useat eri standardit ja lait, joita piti tutkia.

LÄHTEET

1. Liikennevirasto 2018. Rataverkko. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 26.10.2018.
2. Ammattinetti. 2018 Saatavissa: www.ammattinetti.fi/ Hakupäivä 26.10.2018.
3. Wikipedia. 2018 Käyttöönottomittaukset (sähkötekniikka). Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/K%C3%A4ytt%C3%B6nottomittaukset/> Hakupäivä 26.10.2018.
4. Liikennevirasto 2014. Ratatekniset ohjeet osa 6. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 23.10.2018.
5. Liikennevirasto 2012. Turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastusohje. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 23.10.2018.
6. Liikennevirasto 2018. Ohjeluettelo. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 25.10.2018.
7. Liikennevirasto 2016. Turvalaitteiden sähkönsyötöt ja UPS-laitteiden mitoitus. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 26.10.2018.
8. Liikennevirasto 2016. Turvalaitteiden virransyöttöasennusten erikoisohjeet. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/> Hakupäivä 28.10.2018.
9. Sähköturvallisuuslaki 2016. Saatavissa: <https://finlex.fi/> Hakupäivä 10.11.2018.
10. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 2016. Saatavissa: <https://finlex.fi/> Hakupäivä 6.11.2018.
11. SFS 6000-6 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto ry.
12. Ratahallintokeskus 2008. Rautateiden turvalaitteet. Saatavissa: <http://metrology.tkk.fi/courses/S-108.4010/2008/jarvinen.pdf> Hakupäivä 29.10.2018.

13.Wikipedia 2018. Suomen Rataverkko. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_rataverkko Hakupäivä 29.10.2018.

JKV laskelma

06102016 JMä

Lähtötiedot (oletuksena)

UPS 10kVA 3v

 $I_n = 14,5A$ $I_k = 39,15A$ laskettu $Z_{UPS} = 400 / \sqrt{3} / 39,15 = 5,90\Omega$

Erotusmuuntaja

 $S = 1000VA$ $U_n \text{ ensiö} / U_n \text{ toisio} = 230 / 230V$ $u_k\% = 7\%$ $I_{n \text{ toisio}} = 1000 / 230 = 4,35A$ $I_{k \text{ toisio}} = I_n / u_k\% = 4,35 / (7 / 100) = 62,1A$ laskettu $Z_M = 230 / 62,1 = 3,70\Omega$ $Z_{TOT} = Z_{UPS} + Z_M = 9,6\Omega$

Lasketaan kuinka pitkän matkan saisi syöttää MCMK4x6+6 kaapelilla kun suojana on C2 A johdonsuoja-automaatti, jotta suoja laukeaisi magneettisella laukaisulla (eli riittävän nopeasti) oikosulkuvirran pitää 10 kertaa suojan nimellisvirran suuruinen. Oletus kuorma on jaettu tasaisesti kolmelle vaiheelle.

Kaapelin resistanssi $3,8063 \Omega/km +80^\circ C$

$l_{maks} = (0,95 * 400 / (\sqrt{3} * 2 * 10) - 9,6) / (2 * 3,8063 \Omega/km) = 0,180km = 180m$, silloin kun ko. pituus ylitetään suojan laukeaminen kestää kauemmin. Eli vioissa jotka ovat lähempänä kuin 180m suoja laukeaa alle 100ms.

JKV järjestelmässä syöttöpituus on maksimissaan 6,5km, lasketaan kuinka kauan suojan laukeaminen tällöin kestää suorassa vaihe-suojamaa oikosulussa, vikaresistanssi oletettu nolllaksi.

Johdon impedanssi, muodostuu vielä ko. poikkipinnoilla resistanssista joten reaktanssi voidaan jättää huomioimatta.

 $Z_j = 6,5 * 3,8063 * 2 = 49,5\Omega$ $I_k = 0,95 * U_v / (Z_{TOT} + Z_j) = 230 * 0,95 / (9,6 + 49,5) = 3,70A$ $I_k / I_n = 3,7 / 2 = 1,85$

Valmistajan taulukosta katsotaan mitä laukaisuaikaa I_k / I_n suhde vastaa ja saadaan noin 5 minuuttia. Ko. virta ei ylikuormita kaapelia ja UPSikaan ei näe sitä vikana.

Mutta lähdön jännite laskee arvoon

 $dU_{normkuorma} = \text{arvattu } 5\% \text{ nimellisestä jännitestä} = 5 / 100 * 230V = 11,5V$ $dU_{vika} = 6,5km * 3,8063 \Omega/km * 2 * 3,7A = 183V$

$$U_{\text{kuorma}} = 230\text{V} - dU_{\text{normkuorma}} - dU_{\text{vika}} = 230 - 11,5 - 183\text{V} = 35,5\text{V}$$

Eli kuorman puoleisessa päässä jännite alenee 35,5V:iin mutta UPS ei tunnista tätä mitenkään sillä 3,7A ei ylitä UPSin nimelliskuormitettavuutta. UPSin kannalta tilanne näyttää vain kuorman lisäykseltä.

Em. tulos näyttää että kaapelointia pitäisi vahvistaa.

Laskelmassa ei ole huomioitu laittilan sisäisiä kaapelointeja jotka nekin hieman kasvattavat impedansseja ja siten pienentävät kuorman oikosulkuvirtaa.

Suoja-automaattien valinta JKV laitteiden syötön suojiksi

Tässä tapauksessa esimerkiksi C2A automaatin perään kytkettävät kuormat eivät samanaikaisesti saa aiheuttaa yli 42A 0,6ms kestävää sysäysvirtaa, muuten suoja laukeaa kuormaa kytkettäessä.

Johdonsuoja-automaatin sysäysvirran kesto riippuu johdonsuoja-automaatin tyypistä, laukaisukäyrästä ja sysäysvirran keston suuruudesta, jotka on tarkistettava tapauskohtaisesti liitettävien kuormien mukaan.

Johdonsuojiksi on valittava sellainen jonka sysäysvirrankesto ylittää kuorman aiheuttaman sysäysvirran tai sopivalla käynnistysvirran rajoittimella tai kuorman päälle kytkennän suojaus on hoidettava esimerkiksi sopivalla suojareleistyksellä.

(esimerkiksi hakkuriteholähteitä varten on olemassa käynnistysvirranrajoittimia ja niille tarkoitettuja johdonsuoja-automaatteja)

4 Lyhyt yhteenveto UPSin jälkeisen verkon mitoittamisesta

- Määritellään tarvittava alustava UPSin nimellisteho. Selvitetään UPSin 20 ms oikosulkuvirta-arvo aiotusta UPS-laitteesta.
- Määritetään tarkka kaapelipituus UPSilta UPSin ryhmäkeskukselle ja siitä edelleen syötettävälle laitteistolle asti (pituudessa pitää ottaa huomioon myös kaapeleiden pystyosuudet).
- Selvitetään laitekaapin syötön tarvitsema suojalaitteen nimellisvirta.
- Lasketaan asennuksessa mahdollisesti käytettävien kaapeleiden maksimipituudet, joilla suoja toimii 20 ms kuluessa.
- Lasketaan jännitteen alenema. Jos jännitteen alenema on sallittua suurempi, valitaan paksumpi kaapeli.
- Jos oikosulkuvirta ei riitä, eikä suojalaitetta pystytä pienentämään, tutkitaan, onko edullisempi kasvattaa oikosulkuvirtaa vai asentaa paksumpi kaapeli.
- Jos on useita kaappeja kaukana, tällöin on ehkä edullisempaa kasvattaa lisämoduulilla oikosulkuvirtaa kuin asentaa paksumpi kaapeli useammalle kaapille.
- Määritetään UPSin lopullinen nimellisteho, tarvittavien moduulien lukumäärä sekä akuston koko kuudentunnin varakäyntiajalla.
- Samalla rataosalla pyritään käyttämään samanlaisia UPS:ejä ja modulaarisissa laitteissa saman tehoisia moduuleita kunnossapidon helpottamisen vuoksi.
- Määritetään akustosulakkeiden ja akustokytkimien koko.
- Määritetään UPSin tarvitsemat syötönpuoleiset suojalaitteet (sulakkeet) UPSin kuormituksen mukaisesti.
- Määritetään laitetilan sähköliittymän koko.