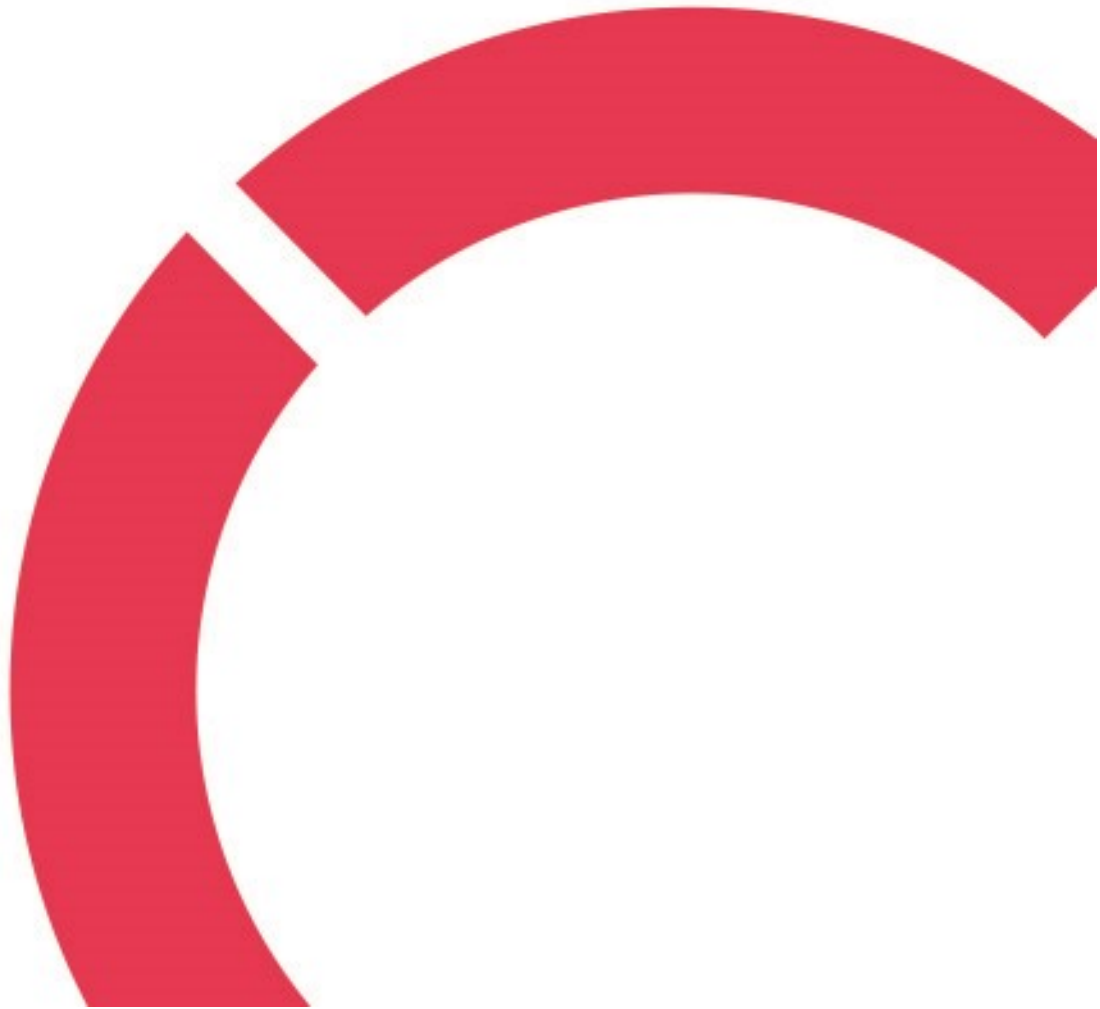


Juuso Palonen

PIENJÄNNITEKESKUKSEN VALOKAARISUOJAUS

Valokaarisuojauksen konfigurointi ja käyttöönotto

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Maaliskuu 2024**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Maaliskuu 2024	Tekijä/tekijät Juuso Palonen
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
Työn nimi PIENJÄNNITEKESKUKSEN VALOKAARISUOJAUS Valokaarisuojauksen konfigurointi ja käyttöönotto		
Työn ohjaaja Kari Saaranen	Sivumäärä 33	
Työelämäohjaaja Aki Haasala		
<p>Tässä opinnäytetyössä konfiguroitiin pääkeskuksen valokaarisuojaus. Konfiguroinnin jälkeen valokaarisuojaus käyttöönotto koestettiin. Opinnäytetyössä käsitellään valokaaren teoriaa ja sen syntyä sekä keinoja valokaarelta suojautumiseksi. Konfiguroinnissa käytettiin PC-pohjaista Vampset-ohjelmistoa ja käyttöönotossa salamavaloa sekä reletesteriä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin pääkeskuksen valokaarisuojaus konfiguroitua ja käyttöönotettua.</p>		

Asiasanat Reletesteri, salamavallo, VAMP 321, Vampset

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date March 2024	Author Juuso Palonen
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis ARC PROTECTION IN LOW VOLTAGE SWITCHGEAR Configuration and commissioning of an arc protection system		
Centria supervisor Kari Saaranen	Pages 33	
Instructor representing commissioning institution or company Aki Haasala		
<p>In this thesis, the arc fault protection of the low voltage switchgear was configured. After the configuration, arc fault protection was tested. The thesis covers the theory of arc fault and how its formed, as well as methods for protecting against arc fault. The configuration process involved using the computer based Vampset software, and during the commissioning, a flashlight and a relay tester were utilized. As a result of this thesis, the arc fault protection for the low voltage switchgear was successfully configured and put into operation.</p>		

<p>Key words Flashlight, Relay tester, VAMP 321, Vampset</p>

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

I/O-yksikkö

Digitaalisten- ja analogisten signaalien liityntä yksikkö. Yksikköön voidaan liittää esimerkiksi valoantureita, sekä virran ja jännitteen mittauksia. Yksiköt voivat ohjata ulostulo lähtöjä eri suojaustarpeisiin.

Jännite

Jännite eli kahden pisteen välinen potentiaaliero. Jännitteen yksikkö SI-järjestelmässä on voltti ja symboli V. Sitä merkitään tunnuksella U.

Konfigurointi

Konfiguroinnilla tarkoitetaan laitteiston asetusten määrittämistä.

Pienjännitekeskus

Pienjännitekeskus on sähkökeskus, jonka jännitetaso on korkeintaan 1000 V vaihtojännitettä. Pienjännitteen raja tasajännitteelle on 1500 V tai alle.

Valokaarisuojausjärjestelmä

Valokaarisuojausjärjestelmä on kokonaisuus, joka käsittää valokaarisuojausyksikön, siihen liitettävät I/O-yksiköt ja valoanturit. Valokaarisuojausjärjestelmä varmistaa nopean syötön katkaisun vikatilanteissa

Virta

Virta eli sähkövirta. Virran yksikkö SI-järjestelmässä on ampeeri ja symboli A. Sitä merkitään tunnuksella I.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 YRITYSESITTELY	2
2.1 Pasutto	3
2.2 Rikkihappo.....	3
2.3 Puhdistamo	4
2.4 Elektrolyyysi	5
2.5 Valimo	6
3 VALOKAARISUOJAUKSEN TEORIAA	7
3.1 Valokaari-ilmiö.....	7
3.2 Valokaaren aiheuttajia	8
3.3 Valokaaren torjunta kojeistoratkaisuilla.....	8
3.4 Valokaarisuojajärjestelmä	8
3.4.1 Valokaarisuojarele	9
3.4.2 Pisteanturi.....	10
3.4.3 Kuituanturi	11
4 SCHNEIDER ELECTRIC VAMP	12
4.1 VAMP321-valokaarisuojarele.....	12
4.2 VAM I/O-moduulit.....	13
4.2.1 I/O-yksiköt pisteantureille.....	14
4.2.2 I/O-yksiköt virranmittaukseen	14
5 PÄÄKESKUKSEN PK95 VALOKAARISUOJAUS	15
5.1 Konfiguroinnin aloitus.....	15
5.2 Skaalaus- ja suojausasetukset	16
5.3 Valoantureiden ja I/O-yksiköiden opettaminen.....	18
5.4 Mimiikan luonti	19
5.5 Virta- ja valoheitojen valintakytkin	20
5.6 Valokaaren virtamatriisi	21
5.7 Valokaaren valomatriisi	22
5.8 Suojauksen ohjausmatriisi	23
5.9 Valokaariyksikön ledien konfigurointi	24
5.10 Käyttöpaneelin ohjelmoitavat painikkeet.....	27
6 VALOKAARISUOJAUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO	28
6.1 Valoantureiden koestus	28
6.2 Laukaisun koestaminen	29
6.3 Varasyötön laukaisureleen koestaminen.....	30
7 POHDINTA	31
LÄHTEET	32

KUVIOT

KUVIO 1. Pasutusprosessi.....	3
KUVIO 2. Rikkihapon valmistusprosessi.....	4
KUVIO 3. Liuos ja liuospuhdistus.....	4
KUVIO 4. Elektrolyysi	5
KUVIO 5. Valimo.....	6
KUVIO 6. Valokaari-ilmiön vaarat	7
KUVIO 7. Esimerkki valokaarisuojausjärjestelmästä	9

KUVAT

KUVA 1. Pisteanturi.....	10
KUVA 2. Kuituanturi.....	11
KUVA 3. Vamp321-valokaarisuojarele.....	13
KUVA 4. VAM I/O-moduulit.....	13
KUVA 5. Valokaarisuojausjärjestelmän layout	16
KUVA 6. Skaalaus asetukset	17
KUVA 7. Valokaari suojausasetukset.....	17
KUVA 8. Valoantureiden ja I/O-yksiköiden opetus.....	18
KUVA 9. Valokaariyksikköön liitetyt anturit.....	18
KUVA 10. I/O-yksiköt ja niihin liitetyt anturit.....	19
KUVA 11. Valokaarisuojayksikön mimiikka.....	19
KUVA 12. Laitteelle tehty ohjelmointi.....	20
KUVA 13. Virtuaalitulon määrittely	21
KUVA 14. Tasojen aktivoiminen	21
KUVA 15. Virtaehdon matriisi.....	22
KUVA 16. Valoehdon matriisi	23
KUVA 17. Ohjausmatriisi.....	23
KUVA 18. Valokaariyksikön käyttöpaneeli	24
KUVA 19. Ledien nimeämiset.....	25
KUVA 20. Valokaarisuojayksikön ledien ohjaus	25
KUVA 21. Led-valojen toiminnat	26
KUVA 22. Painikkeiden konfiguraatio.....	27
KUVA 23. VAM 10LSE -valoantureiden I/O-yksikkö	28
KUVA 24. Valokaariyksikkö.....	29
KUVA 25. VAM 4CSE virranmittausyksikkö	30

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Virtamatriisin parametrit.....	21
--	----

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on konfiguroida ja ottaa käyttöön valokaarisuojausjärjestelmä uuteen pääkeskukseen Boliden Kokkolan paineilma-aseamalla. Paineilman tarve on Boliden Kokkolan sinkkitehtaalla merkittävässä roolissa. Paineilmaa käytetään prosessin eri osa-alueissa sekä esimerkiksi automaattisissa toimilaitteissa. Uuden pääkeskuksen käyttöönottoon liittyy paljon muutakin työtä, joten työ rajattiin koskemaan ainoastaan valokaarisuojausta ja sen käyttöönottoa.

Työn alussa esitellään Boliden Kokkolan historiaa ajalta, jolloin Outokumpu Oy omisti sinkkitehtaan, sekä sen päätymistä Boliden-konsernin omistukseen. Lisäksi työn ensimmäisessä osiossa kerrotaan Boliden Kokkolan merkittävimmistä investoinneista sekä tuotantokapasiteeteista. Työssä kerrotaan myös Boliden Kokkolan sinkintuotannon vaiheista ja kuvataan eri prosessin osa-alueita.

Valokaarisuojaus kuvataan vaiheittain kertomalla aluksi, mikä valokaari on ilmiönä ja esittelemällä valokaarisuojausjärjestelmän esimerkkiä. Työssä esitellään lisäksi työn kohteena olevaan pääkeskukseen valikoituneita komponentteja tarkemmin.

Työn viimeisissä osioissa kerrotaan konfiguraation rakentamisesta kohteen valokaarisuojausjärjestelmään sekä järjestelmän käyttöönotosta vaiheittain. Konfiguraation rakentaminen pyritään kuvaamaan yksityiskohtaisesti ja samassa järjestyksessä kuin varsinainen suoritus tapahtui.

Kohteen valokaarisuojausjärjestelmä on Schneider Electricin valmistama, joten suurin osa lähteistä pohjautuu laitevalmistajan kattaviin laitedokumentteihin sekä käyttöoppaisiin. Boliden Kokkolalla on oma sinkkiakatemia, josta saatiin kattava kuvaus tehtaan historiasta sekä prosessin eri osa-alueista.

2 YRITYSESITTELY

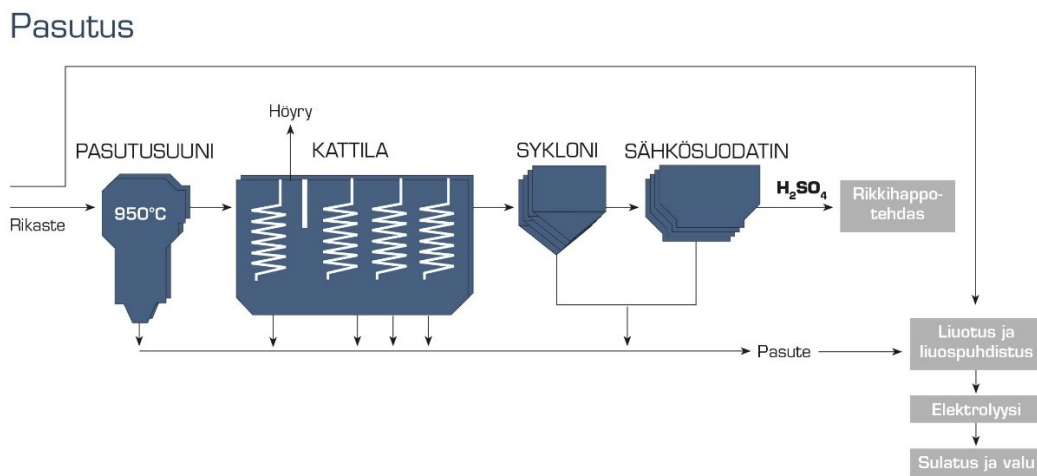
Outokumpu aloitti Kokkolan sinkkitehtaan rakennuksen vuonna 1967 ja tehdas valmistui 1969. Tuohon aikaan Outokumpu omisti useita sinkkikaivoksia Suomessa, mutta omaa sinkkitehdasta yrityksellä ei ollut. Tämän vuoksi kaikki kaivoksista saatu sinkkirikaste meni vientiin. Tehdas päädyttiin rakentamaan Kokkolaan, koska se sijaitsi lähellä omia kaivoksia, paikkakunnalla oli paljon tilaa rakentaa ja tarjolla oli hyvät liikenneyhteydet. Kokkolan sinkkitehdas oli Outokummun omistuksessa aina vuoteen 2004 saakka, jolloin ruotsalainen Boliden osti yrityksen Outokummulta. Vuonna 2010 Boliden osti tehdasalueella sijaitsevan rikkihappotehtaan Kemiralta ja vuonna 2014 Kokkolan sinkkitehtaalle valmistui oma hopean talteenottolaitos. (Boliden 2022a.)

Boliden Kokkolan tehtaalla tuotetaan sinkkiä ja useita eri sinkkiseoksia yhteiskunnan, vihreän siirtymän ja uusiutuvan energian tarpeiden mukaan. Tehtaan valikoimaan kuuluu yli 40 erilaista sinkkiläätettä, aina puhtaasta sinkistä eri asiakkaiden tarvitsemiin sinkkiseoksiin. Vuonna 2022 tehtaan henkilöstömäärä oli 588 ja sinkin tuotantokapasiteetti 315 000 tonnia. Boliden Kokkola tuotti vuonna 2022 294 000 tonnia sinkkiä ja rikkihappoa 322 000 tonnia. (Boliden 2022a.)

Boliden Kokkola on maailmanluokan sinkkitehdas, jolla on vuosikymmenten vahva kokemus sinkin tuotannosta. Tehdas on Kokkolan suurin teollinen työnantaja ja vuosittain Kokkolan suurimpia veronmaksajia. Boliden on sitoutunut noudattamaan kestävästä kehityksestä ja ympäristöön vaikuttavista tekijöistä pyritään jatkuvasti kehittämään. Tehtaan erittäin pienien päästöjärien ansiosta on energiatehokkuus huippuluokkaa. (Boliden 2022a.)

2.1 Pasutto

Pasutusprosessi on sinkin tuotannon ensimmäinen vaihe (KUVIO 1). Sinkkirikaste poltetaan pasutusuunissa, jonka lämpötila on noin 950 astetta. Poltettu rikaste muuttuu pasutteenksi, joka liukenee paremmin happoon puhdistusprosessissa. Pasutusprosessissa syntyy sivutuotteena rikkidioksidipohjaista kaasua, joka jäädytetään ja kuljetetaan kaasuputkessa rikkihappotehtaalle. Kaasun jäähdytyksessä lämpö otetaan talteen höyryn muodossa. (Boliden 2022b.)

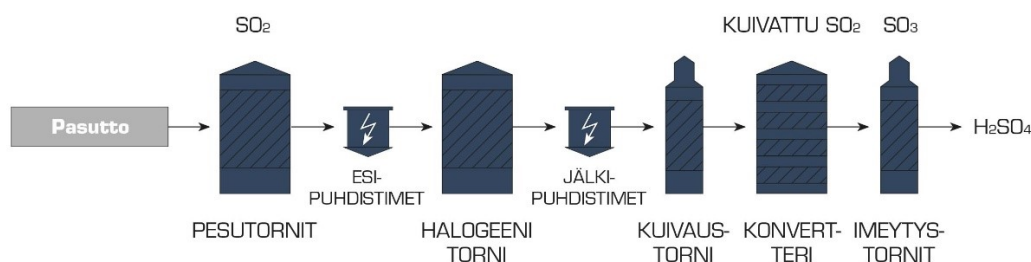


KUVIO 1. Pasutusprosessi. (Boliden 2022b.)

2.2 Rikkihappo

Rikkihappotehtaalla käsitellään pasutuksessa muodostunut rikkidioksidi rikkihapoksi (KUVIO 2). Rikkidioksidikaasu hapetetaan rikkiatrioksidikaasuksi rikkihappotehtaan konvertterissa. Konvertterista kaasu johdetaan imeytystorniin, jossa on väkevään rikkihappoa. Imeytystornissa rikkiatrioksidi imeytyy väkevään rikkihappoon ja rikkihapossa oleva vesi reagoi rikkiatrioksidin kanssa muodostaen lisää rikkihappoa. (Boliden 2022c.)

Rikkihapon tuotanto

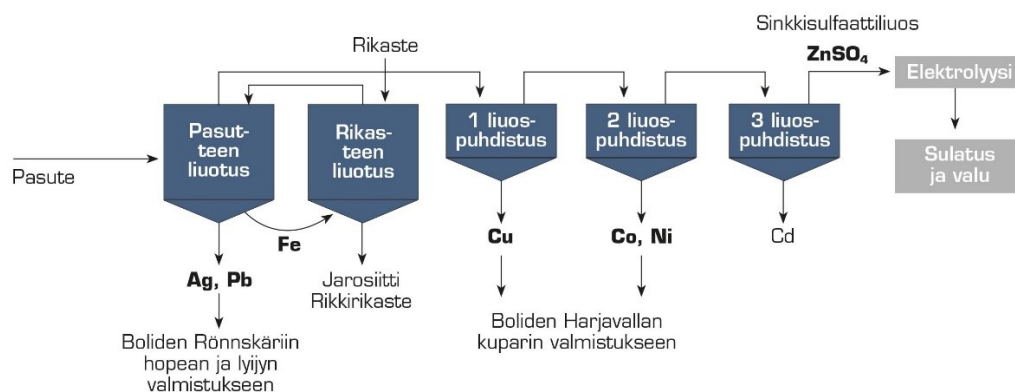


KUVIO 2. Rikkihapon valmistusprosessi. (Boliden 2022c.)

2.3 Puhdistamo

Pasutteen liuotus ja liuospuhdistus tapahtuu puhdistamon prosessissa, joka on sinkintuotannon toinen vaihe (KUVIO 3). Puhdistamolla pasute sekä suoraliuotukseen syötettävä sinkkirikaste liuotetaan rikkihappoon. Rikkihappo saadaan puhdistamolle tehtaan omasta sisäisestä kierrosta ja sitä kutsutaan nimellä paluuhappo. Paluuhappoon liuennut sinkki muuttuu sinkkisulfaattiksi, joka käsitellään puhdistamon liuospuhdistus vaiheessa. Liuospuhdistuksessa sinkkiliuoksesta poistetaan esimerkiksi lyijy, koboltti, kupari, hopea ja nikkeli, jotka lähetetään Bolidenin toisille yksiköille jalostettavaksi myyntituotteiksi. (Boliden 2022d.)

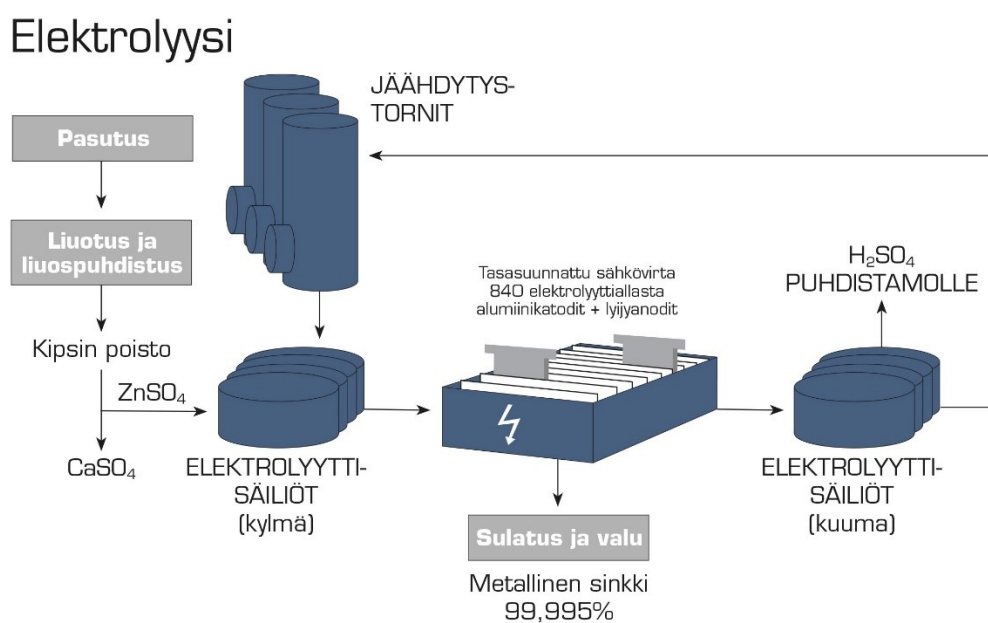
Liuotus ja liuospuhdistus



KUVIO 3. Liuotus ja liuospuhdistus. (Boliden 2022d.)

2.4 Elektrolyysi

Elektrolyysissä saostetaan sinkki liuosmuodosta takaisin kiinteään olomuotoon (KUVIO 4). Puhdistamalla puhdistettu sinkkiliuos pumpataan elektrolyysin altaisiin, jotka sisältävät alumiinisia katodeja ja lyijyanodeja. Piiriin johdetaan korkea sähkövirta, joka saa liuosmuodossa olevan sinkin saostumaan alumiinisiin katodeihin. Sinkkiä kasvatetaan katodeihin noin 35 tunnin ajan, minkä jälkeen levyt nostetaan puolipukkinosturilla pois altaasta. Levyt haetaan puolipukkinosturilta siirtovaunulla, joka kuljettaa levyt sinkin irrotuskoneelle. Irrotuskoneella sinkki irrotetaan katodista mekaanisesti ja sinkkilevyt kuljetetaan valimon uunien syöttölaitteille. (Boliden 2022e.)

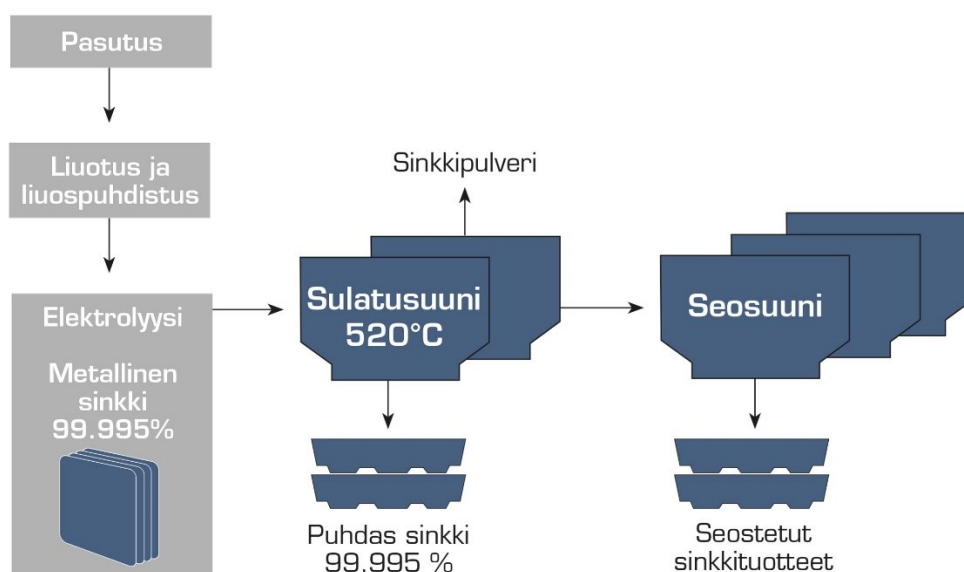


KUVIO 4. Elektrolyysi. (Boliden 2022e.)

2.5 Valimo

Valuprosessissa sinkkilevyt sulatetaan ja valetaan harkkoiksi (KUVIO 5). Valimon sulatusuuniin syötettävistä sinkkilevyistä on prosessin aikaisemmissa vaiheissa poistettu kaikki epäpuhtaudet ja sen sinkkipitoisuus on 99,995 %. Sulatusuunin lämpötila on noin 520 astetta ja sulan sinkin lämpötila noin 450–500 astetta. Sulatusuuneista voidaan pumpata valukoneille puhdasta sinkkiä tai vaihtoehtoisesti sinkki voidaan ohjata seosuuneihin, joilla voidaan seostaa asiakkaiden tarvitsemia laatuja. Valukoneilla sula sinkki ohjataan muotteihin, joissa sen annetaan jähmettyä. Kokkolan tehtaalla valmistetaan erikokoisia harkkoja, joista suurimmat painavat noin 2000 kiloa ja pienimmät painavat 25 kiloa. Valimolta sinkkituotteet kuljetetaan satamassa sijaitsevaan tuotetoimistoon, josta ne kuljetetaan asiakkaille. (Boliden 2022f.)

Sulatus, seostus ja valu



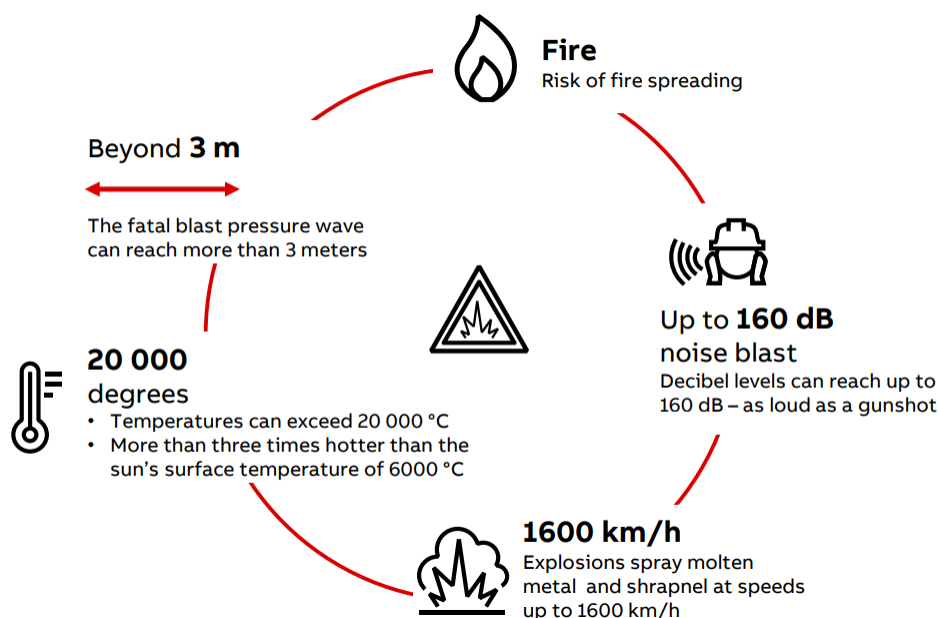
KUVIO 5. Valimo. (Boliden 2022f.)

3 VALOKAARISUOJAUKSEN TEORIAA

Tässä osiossa käsitellään valokaarivikaa ilmiönä, valokaarisuojauksen vaaratekijöitä sekä valokaarisuojajärjestelmää.

3.1 Valokaari-ilmiö

Valokaari on oikosulku, joka kulkee fyysisen sillan tai ilmvälän läpi kahden elektrodin välillä. Valokaari on yksi vaarallisimmista ilmiöistä, joka sähkölaitteistossa voi tapahtua. Valokaaren lämpötila voi olla jopa 20 000 °C, yli kolminkertainen auringon pintalämpötilaan verrattuna. Korkea lämpötila sulattaa ja höyrystää ympäriltään metallia, joka voi singota räjähdysmäisesti jopa nopeudella 1600 km/h. Valokaaresta aiheutuu myös paineaalto, joka voi ylittää 3 metrin etäisyydelle ja aiheuttaa jopa 160 dB:n ääniaallon. Valokaarivika voi sattua aiheuttaen suurta vahinkoa laitteistolle mutta ennen kaikkea laitteiston parissa työskenteleville ihmisille. (ABB 2020, 6.)



KUVIO 6. Valokaari-ilmiön vaarat. (ABB 2020, 7.)

3.2 Valokaaren aiheuttajia

Tyypillisimpiä valokaarivian aiheuttajia ovat eristeviat johtoteissä, epäpuhtaudet ja korroosio, löysät liitokset, ennakkohuoltojen puute, väärät operointitavat, virheelliset asennukset ja elektrodien välille pudonneet tai unohtuneet työkalut (ABB 2020, 6). Arviolta 70 % valokaarivioista arvioidaan johtuvan ihmisen tekemistä virheistä tai huolimattomuudesta (Eaton 2021).

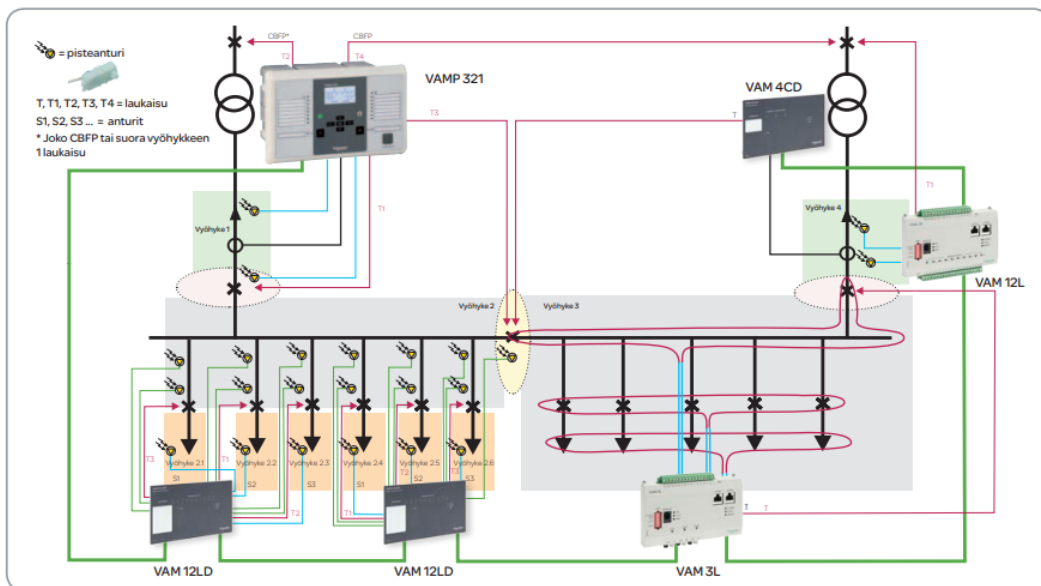
3.3 Valokaaren torjunta kojeistoratkaisuilla

Kojeiston suunnittelussa on erittäin tärkeää pyrkiä löytämään sellaiset rakenteelliset ratkaisut, joilla kyetään minimoimaan valokaaren syttymisen mahdollisuus. Virtateitä ei kuitenkaan pystytä rakentamaan niin, että se olisi ainoa ratkaisu valokaaren syttymisen estämiseksi. Kojeiston rakenteiden suunnittelussa voidaan hyödyntää seuraavia ratkaisuja, joilla valokaaren haittavaikutukset kyetään minimoimaan:

- Valokaarivika pyritään rajaamaan mahdollisimman pienelle alueelle virtateiden ja lähtöyksiköiden osastoinnilla
- Keskus varustetaan paineenpurkausteillä ja purkaus suunnataan turvalliseen suuntaan käyttökäyttöhenkilökuntaan nähden
- Rakenteissa pyritään käyttämään mahdollisimman vähän palokuormaa aiheuttavia materiaaleja sekä koko kojeiston palokuorma tulee minimoida. (ABB 2000, 311.)

3.4 Valokaarisuojajärjestelmä

Valokaarivian aiheuttamia henkilö- ja laitteistovaurioita voidaan minimoida valokaarisuojajärjestelmällä. Valokaarisuojajärjestelmä on laitteistokokonaisuus, joka mittaa valon ja virran sekä katkaisee valokaarivian sattuessa virran kulun erittäin nopeasti. Suurien vahinkojen välttämiseksi tulisi valokaari pyrkiä sammuttamaan alle 100 ms:n nopeudella. Valokaarisuojajärjestelmä asennetaan yleensä kojeistoon ja sen merkitys korostuu varsinkin silloin, jos kojeistossa työskennellään valokaarivian sattuessa. (Schneider Electric 2023.) Valokaarisuojajärjestelmä muodostuu valoa mittaavista antureista, IO-yksiköistä, virtamuuntajista, valokaarireleestä ja sähkölaitteiston perus oikosulkusuojausta varmistavasta katkaisijasta (Schneider Electric 2014).



KUVIO 7. Esimerkki valokaarisuojausjärjestelmästä. (Schneider Electric 2014.)

Pelkästään virtapohjaiset suojausjärjestelmät eivät yksinään sovellu valokaarivikojen suojaukseen hitaiden toiminta-aikojen vuoksi. Hitaat toiminta-ajat lisäävät riskiä lähellä oleville henkilöille sekä kasvattavat laitteistoon aiheutuvaa vahinkoa. Optinen valokaarisuojausjärjestelmä mahdollistaa nopean valokaarivian poiskytkennän. (Siemens 2022.)

3.4.1 Valokaarisuojarele

Valokaarivian aiheuttamat vauriot riippuvat siitä kuinka pitkä on paloaika ja paloajan minimoimiseksi onkin kehitetty valokaarireleet (ABB 200, 311). Valokaarisuojarele toimii järjestelmän keskusyksikkönä. Releeseen kytketään järjestelmän valoa mittaavat anturit sekä virranmittaus virtamuuntajilta. Releeseen konfiguroidaan järjestelmältä vaadittavat suojaustoiminnot ja se huolehtii nopeasta laukaisusta valokaarivian sattuessa. (Schneider Electric 2014.)

3.4.2 Pisteanturi

Pisteanturit ovat yksittäisiä valokaarisuojausjärjestelmään liitettäviä valoantureita, jotka tarkkailevat valon havahtumisia kohteittain (KUVA 1). Pisteantureita voidaan liittää suoraan keskusyksikköön tai järjestelmän laajennus IO-yksiköihin. Pisteantureiden etuna on niiden kyky osoittaa vikakohde tarkasti, helppo ja nopea asennus sekä jatkuva itsevalvonta (Schneider Electric 2014). Pisteanturit havaitsevat valokaaren muodostaman valon, joka muutetaan virtaviestiksi keskusyksikölle. Pisteantureiden valoherkkyys on 8000 luxin luokkaa ja havahtumisnopeus 1 ms:n luokkaa. (Schneider Electric 2016.)



KUVA 1. Pisteanturi. (Schneider Electric 2020b, 74.)

3.4.3 Kuituanturi

Kuituanturi on kustannustehokas vaihtoehto pisteanturille, kun valvottavana on useita kennoja (KUVA 2). Kuituanturin valoherkkyys aktivoitumiselle on samaa luokkaa kuin pisteanturilla, noin 8000 luxia ja havahtumisnopeus 1 ms:n luokkaa (Schneider Electric 2016.) Kuituanturi kytketään yleensä silmukaksi, eli valokuidun molemmat päät kytketään keskus- tai laajennusyksikölle. Kuituanturilla toteutussa valokaarisuojauksessa on valokaarivian paikannus vaikeampaa.



KUVA 2. Kuituanturi. (Schneider Electric 2020b, 75.)

4 SCHNEIDER ELECTRIC VAMP

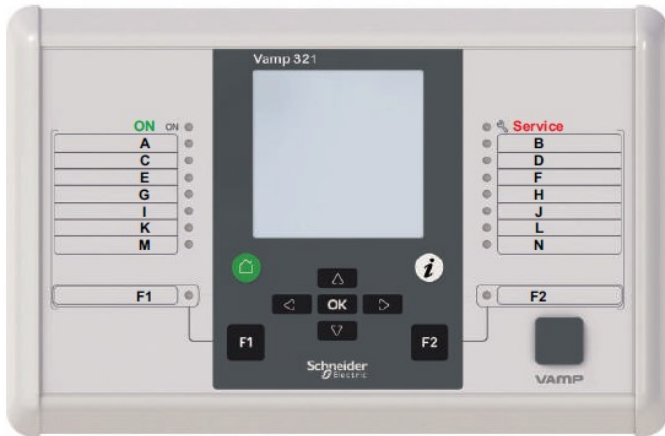
Tässä luvussa käsitellään työn kohteena olevaa Schneider Electricin Vamp -valokaarisuojausjärjestelmää ja siihen liittyviä moduuleita.

4.1 VAMP321-valokaarisuojarele

VAMP321 on modulaarinen ratkaisu valokaarivian valvontaan (KUVA 3). Valokaarisuojarelettä voidaan käyttää useihin eri kokonaisuuksiin pien- ja välijännite sähköjakelussa. VAMP321-valokaarisuojarele on tarkoitettu toimimaan valokaarivalvonnan keskusyksikkönä, johon sisältyvät erilliset I/O-yksiköt. Valokaarisuojareleeseen on saatavilla useita eri lisäkortteja, joihin voidaan tarpeen mukaan liittää eri mittauksia tai digitaalisia tuloja ja lähtöjä. Valoantureita voidaan myös liittää suoraan valokaarisuojareleeseen tai vaihtoehtoisesti erillisiin I/O-yksiköihin. (Schneider Electric 2020a, 13.)

VAMP321-valokaarisuojareleen tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluvat seuraavat toiminnot:

- kolmivaiheinen virranmittaus
- jäännösylivirran mittaus
- jännitteen mittaus
- nopea toiminta-aika
- tapahtumarekisteri
- häiriörekisteri
- lcd-käyttöpaneeli
- toiminta valosta ja virrasta tai pelkästä valosta
- kahdeksan laukaisukosketinta
- ohjelmoitavia valokaaritasoja
- ohjelmoitavia binäärituloja ja lähtöjä. (Schneider Electric 2020a, 13.)



KUVA 3. Vamp321-valokaarisuojarele. (Schneider Electric 2020a, 76.)

4.2 VAM I/O-moduulit

Vamp 321 on modulaarinen valokaarisuojauslaitteisto, johon on tarjolla useita eri tarkoituksiin soveltuvia I/O-yksiköitä (KUVA 4). I/O-yksiköiden tarkoituksena on havaita valokaari tai oikosulku niihin liitettyjen valoantureiden ja mittausten perusteella. Valokaari- tai oikosulkuhavainnot välitetään valokaarisuojareleelle, joka hoitaa laukaisun. I/O-yksiköitä voidaan käyttää myös laukaisuun. (Schneider Electric 2020b, 10.)



KUVA 4. VAM I/O-moduulit. (Schneider Electric 2020b, 1.)

4.2.1 I/O-yksiköt pisteantureille

Vam-tuoteperheestä on saatavilla pisteantureiden liitääntää varten neljä eri vaihtoehtoista I/O-yksikköä. I/O-yksiköiden on tarkoitus toimia linkkinä valokaarisuojareleelle. Kuhunkin pisteanturille tarkoitettuun I/O-yksiköön voidaan liittää kymmenen pisteanturia ja lisäksi niissä on yksi laukaisukosketin. I/O-yksiköihin voidaan liittää myös yksi siirrettävä valoanturi. Vam-pisteantureiden I/O-yksiköihin kuuluvat seuraavat mallit:

- VAM 10LSE
- VAM 10LDSE
- VAM 12LSE
- VAM 12LDSE. (Schneider Electric 2020b, 10.)

4.2.2 I/O-yksiköt virranmittaukseen

Virranmittaukseen tarkoitettuja I/O-yksiköitä on kolme eri mallia. Jokainen malli tukee kolmivaiheista virranmittausta ja lisäksi ne on varustettu yhdellä laukaisukoskettimella. Vam-virranmittaus I/O-yksiköihin kuuluvat seuraavat mallit:

- VAM 4CSE
- VAM 4CDSE
- VAM 4CRL. (Schneider Electric 2020b, 10.)

5 PÄÄKESKUKSEN PK95 VALOKAARISUOJAUS

Boliden Kokkolan paineilma-asemalle hankittiin uusi pääkeskus laajennusprojektin yhteydessä. Pääkeskuksen valokaarisuojaukseen on valittu Schneider Electricin valmistama VAMP321-valokaarisuojausjärjestelmä.

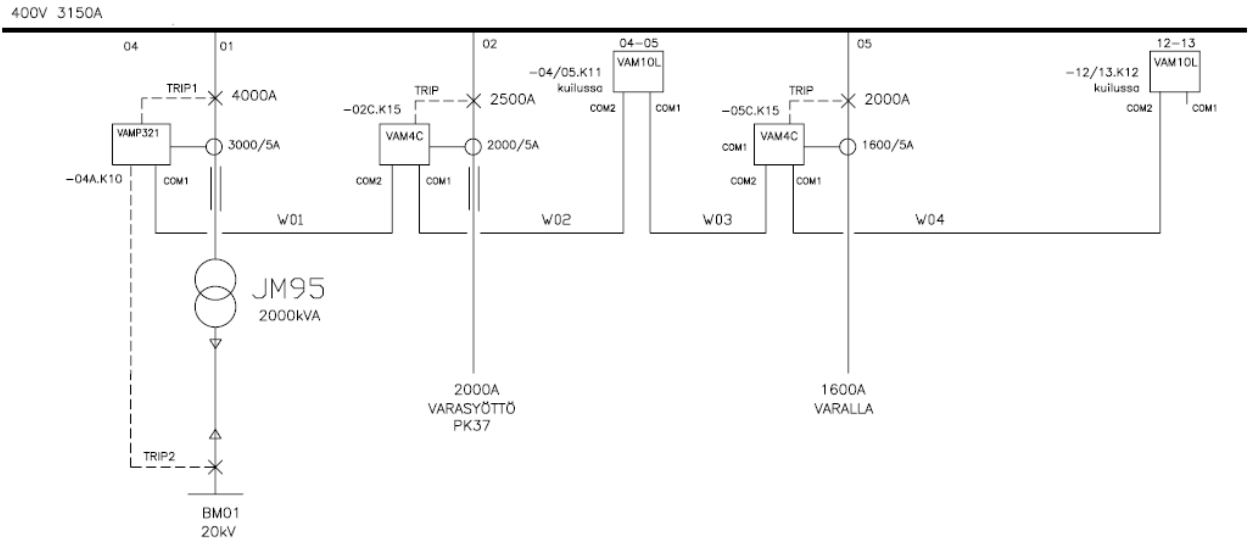
Tehtaalla on jo entuudestaan useita pääkeskuskokonaisuuksia, joissa on käytössä vastaavia valokaarisuojausjärjestelmiä. Työssä käsiteltävä Schneider Electricin valmistama valokaariyksikkö VAMP321 on kuitenkin tehtaalle uusi pääkeskustason valokaarisuojauksessa. Suunnittelun pohjalla pyrittiinkin tarkastelemaan jo olemassa olevien eri valmistajien valokaarisuojausjärjestelmiä ja konfiguroimaan uusi yksikkö toimimaan vastaavalla tavalla.

Tämän luvun tarkoitus on käsitellä kyseisen järjestelmän konfiguroinnin suunnittelua, konfigurointia ja käyttöönottoa.

5.1 Konfiguroinnin aloitus

Ennen valokaarisuojausjärjestelmän konfiguroinnin aloitusta tuli tietokoneelle asentaa ilmainen Vampset-ohjelmisto. Ohjelmiston asennuksen jälkeen ensimmäinen vaihe oli tarkastaa kommunikointi sekä yleiset asetukset. Ohjelmiston oletusasetuksiin ei juurikaan tarvinnut tehdä muutoksia, ja ainoastaan kommunikointiasetuksia täytyi hieman muuttaa. Lisäksi Vampset-ohjelmiston uusimmissa versioissa on ominaisuus, jolla eri ryhmät saadaan kansioiksi. Kyseinen toiminto aktivoitiin käyttöön, mikä mahdollisti ohjelmiston selkeämmän luettavuuden.

Asetusten jälkeen laitteeseen muodostettiin yhteys ja ohjelmisto latsi tiedot valokaarisuojausyksiköstä. Konfiguraatiota alettiin rakentamaan järjestelmällisesti tutkimalla eri valikoita ja lukemalla laitteiston ohjekirjasta parametrien kuvaukset. Apuna konfiguroinnissa käytettiin valokaarilaitteiston layout-kuvaa (KUVA 5), jossa näkyvät järjestelmän I/O-yksiköt ja valoanturit sekä niiden sijainnit.



KUVA 5. Valokaarisuojajärjestelmän layout.

5.2 Skaalaus- ja suojausasetukset

Skaalausvalikosta voidaan asettaa virta- ja jännitemuuntajien ensiö- ja toisioarvot. Järjestelmä laskee virran raja-arvot kuitenkin vasta, kun suojausasetuksiin on määritelty virran havahtumisraja. Asetusarvo on prosentuaalinen arvo nimellisvirrasta. Jos jäännösvirran mittausta ei ole käytettävissä, voidaan arvot jättää huomioimatta. Sama pätee jännitemuuntajiin. (Schneider Electric 2020 a, 132.)

Pääkeskuksen virtamuuntajien muuntosuhde on 3000A/5A ja nämä arvot voitiin syöttää skaalausvalikon virtamuuntajaparametreiksi (KUVA 6). Jännite- ja jäännösvirtamuuntajia ei valokaarisuojausyksikköön ole kytketty, joten niiden arvot voitiin jättää oletusarvoihinsa.

SCALING

CT primary	3000 A
CT secondary	5 A
Nominal input	5 A
VT primary	
	11000 V
Io1 CT primary	50 A
Io1 CT secondary	5.0 A
Nominal Io1 input	5.0 A
VTo secondary	100.000 V
Voltage meas. mode	Uo
Frequency adaptation mode	Auto
Adapted frequency	50.0 Hz
Angle memory duration	0.50 s

KUVA 6. Skaalausasetukset.

Virtamuuntajien nimellisarvojen määrittämisen jälkeen voitiin siirtyä suojausvalikkoon. Järjestelmälle määritettiin valokaarisuojauksen havahtumisvirta, joka asetettiin vastaamaan virtamuuntajien nimellisarvoa 3000A (KUVA 7). Jäännösylivirran suojaus voitiin jättää huomioimatta, koska kyseistä mitausta järjestelmään ei tuoda.

ARC PROTECTION

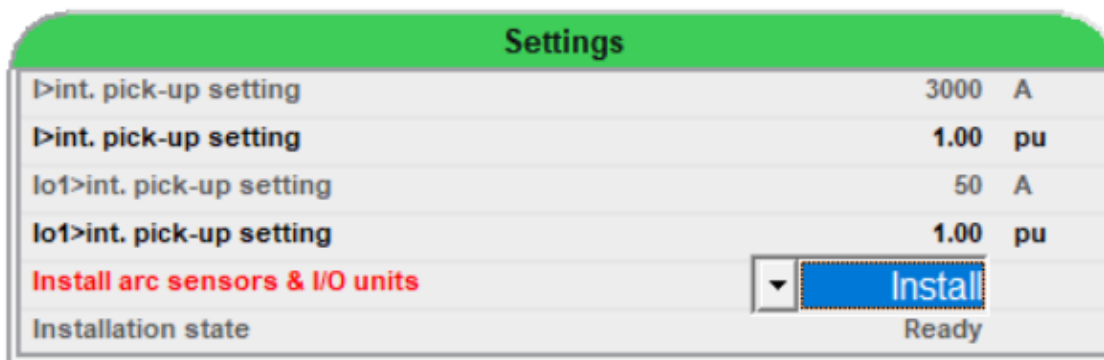
Settings	
▷int. pick-up setting	3000 A
▷int. pick-up setting	1.00 pu
Io1▷int. pick-up setting	50 A
Io1▷int. pick-up setting	1.00 pu
Install arc sensors & I/O units	-
Installation state	Ready

KUVA 7. Valokaarisuojausasetukset.

5.3 Valoantureiden ja I/O-yksiköiden opettaminen

Valokaarisuojausyksikköön liitetyt I/O-yksiköt sekä niihin kytketyt valoanturit voidaan opettaa järjestelmälle suojausvalikosta. Automaattinen opetus saadaan käyntiin valitsemalla parametrin ”valoantureiden ja I/O-yksiköiden opetus arvoksi install (KUVA 8). Toimenpiteen jälkeen ohjelmisto ilmoittaa opetuksen olevan valmis. (Schneider Electric 2020a, 133.)

ARC PROTECTION



KUVA 8. Valoantureiden ja I/O-yksiköiden opetus.

Opetuksen jälkeen suoraan valokaariyksikköön liitettyjen antureiden tilat voidaan tarkastaa suojausvalikosta (KUVA 9) (Schneider Electric 2020a, 133).

Local Arc Sensors Installed	
Sensor	Arc sensor status
1	OK
2	OK

KUVA 9. Valokaariyksikköön liitetyt anturit.

Opetuksen jälkeen on myös varmistettava, että kaikki ARC-väylään liitetyt anturit ja I/O-yksiköt näkyvät järjestelmässä. Kyseiseen järjestelmään on asennettu kaksi VAM 10LSE I/O -yksikköä, joihin on kumpaankin liitetty kymmenen pisteanturia. Yksiköt on määritelty alueelle yksi ja niille on asetettu yksilöivät osoitteet 0 ja 1. Järjestelmässä on lisäksi kaksi VAM 4CSE-yksikköä, joille on asetettu osoitteet 33 ja 36. I/O-yksiköiden ja niihin liitettyjen antureiden tilat voidaan tarkastaa suojaukset sivulta, ARC-väylälakansiosta (KUVA 10).

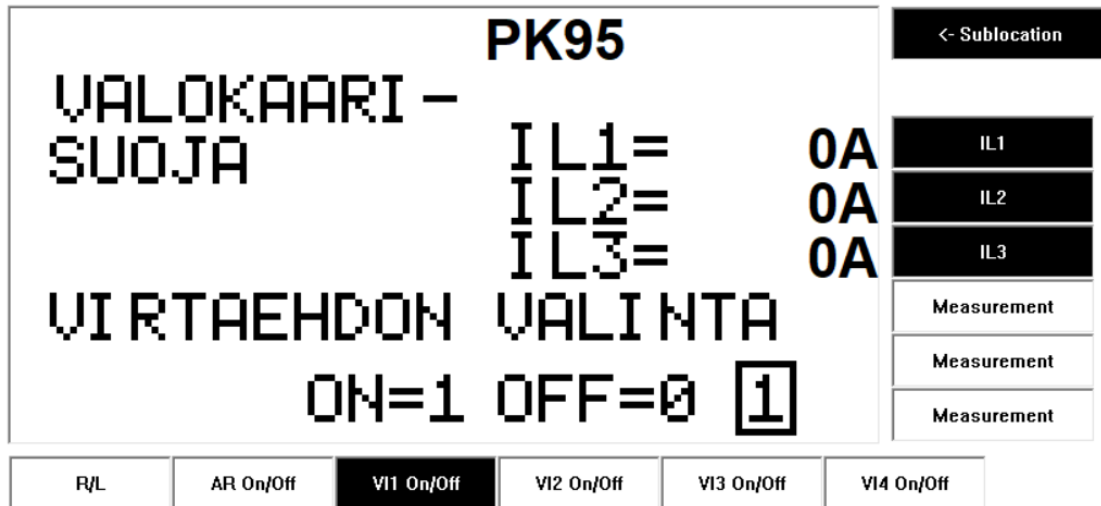
Installed I/O units						
I/O unit Address	Zone / I>ext.	Connected sensors	Activated sensors	Sensor error	Clear registers	Connected
0	Zone 1	(10)1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	-	-	-	Yes
1	Zone 1	(10)1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	-	-	-	Yes
33	I>ext.	(3)1,2,3	-	-	-	Yes
35	I>ext.	(3)1,2,3	-	-	-	Yes

KUVA 10. I/O-yksiköt ja niihin liitetyt anturit.

Kuvan (10) perusteella voidaan todeta, että järjestelmä onnistui asentamaan kaikki osoitteiden 0- ja 1 I/O-yksiköiden anturit onnistuneesti. Lisäksi osoitteiden 33- ja 36 virranmittausyksiköt asentuivat järjestelmään. Kaikkien yksiköiden ja antureiden tila on kunnossa, joten konfigurointia voitiin jatkaa.

5.4 Mimiikan luonti

Perusasetuksien jälkeen voitiin keskusyksikölle rakentaa mimiikka eli käyttöpaneelin visuaalinen näkymä. Järjestelmään voitaisi rakentaa esimerkiksi verkoston tilaa kuvaava mimiikka, joka sisältäisi katkaisijoiden asentotietoja. Valokaariyksikölle ei kuitenkaan tuoda katkaisijoilta asentotietoja, joten mimiikka pyrittiin pitämään yksinkertaisena (KUVA 11).



KUVA 11. Valokaarisuojausyksikön mimiikka.

Mimiikkaan määriteltiin ainoastaan vaihevirtojen mittaukset sekä myöhemmin käsiteltävä ominaisuus valokaaren virta- ja valoehdoista. Yksinkertaiseen mimiikkaan päädyttiin sen vuoksi, että pääkeskuk- sessa on ylivirtarele, johon mimiikka määriteltiin tarkemmin.

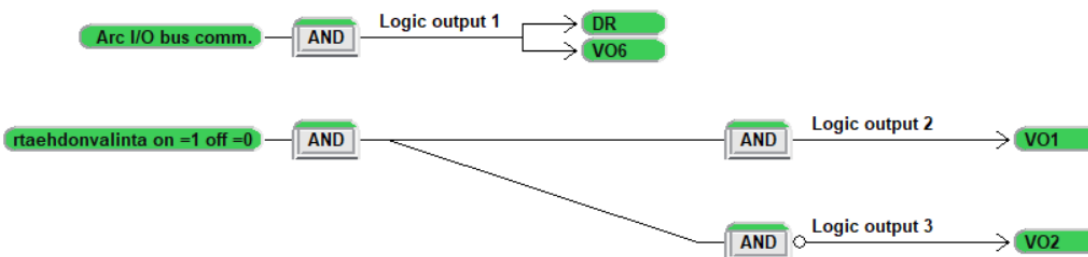
5.5 Virta- ja valoehtojen valintakytkin

Monissa valokaarijärjestelmissä on fyysinen valintakytkin laukaisun ehdoille. Kytkimellä voidaan valita, tapahtuuko laukaisu pelkän valoanturin havahtumisesta vai vaaditaanko lisäksi virtaehdon täyttyminen. Kyseisessä VAMP 321 -mallissa kyseistä kytkintä ei ole, joten se päädyttiin toteuttamaan virtuaalisella ohjelmoinnilla.

VAMP 321 tukee loogista ohjelmointia, jonka voi suorittaa Vampset-ohjelmistolla. Käytettävissä ovat yleisimmät logiikkaohjelmoinnissa käytetyt funktiot. Ohjelmointivalikkoon pääsee tulot/lähdöt-kansiosta ja sen logiikka-alakansiosta. (Schneider Electric 2020a, 133.)

Ohjelmointisivulla rakennettiin vastaava avainkytkin toiminto virta ja valoehdoille sekä hälytystoiminto, jos ARC-väylä vioittuu (KUVA 12).

LOGIC [6% 9% 15%]



KUVA 12. Laitteelle tehty ohjelmointi.

Virtaehto valitaan virtuaalisen tulon (VI1) avulla. Tulon ollessa tilassa 1 vaaditaan valokaarelta virta ja valoehdot. Jos esimerkiksi huoltotöiden aikana halutaan järjestelmä aktivoida toimimaan pelkällä valon ehdolla, saadaan se helposti aktivoitua vaihtamalla tulon tila arvoon 0. Tämä onnistuu esimerkiksi valokaariyksikön käyttöpaneelilta tai Vampset-ohjelmistolla. Kuvassa 13 on esitetty virtuaalitulon määrittely Vampset-ohjelmistossa.

VIRTUAL INPUTS

Virtaehdonvalinta on =1 off =0	1
Virtual input 2	0
Virtual input 3	0
Virtual input 4	0

KUVA 13. Virtuaalitulon määrittely.

5.6 Valokaaren virtamatriisi

Valokaaren virtamatriisiasetuksista voidaan linkittää saatavilla olevia virranmittauksia kahdeksaan parametroitavaan valokaaritasoon (Schneider Electric 2020a, 24). Taulukossa 1 on esitetty virtamatriisivalikon parametrit sekä niiden kuvaukset.

TAULUKKO 1. Virtamatriisin parametrit. (Schneider Electric 2020a, 24.)

Item	Default	Range	Description
I>int.	-	On, Off	Phase L1, L2, L3 internal overcurrent signal
Io>int.	-	On, Off	Residual overcurrent signal
I>ext.	-	On, Off	External overcurrent signal received from Arc I/O Bus
BI1-BI3	-	On, Off	Binary input 1 – 3 signals received from Arc I/O Bus
GOOSE NI	-	On, Off	Goose network input
Virtual output 1 – 6	-	On, Off	Virtual output
Arc stage 1 – 8	-	On, Off	Arc protection stage 1 – 8

Ennen virtamatriisin konfiguroimista tuli suojaussivulta aktivoida halutut valokaaren tasot käyttöön (KUVA 14).

Arc Stages						
Stage	Stage Enabled	Trip delay [x1ms]	Min. hold time [x10ms]	State	DI to block stage	
1	On	0	2	0	V02	
2	On	0	2	0	-	
3	On	0	2	0	-	
4	On	0	2	0	V01	
5	Off	0	2	0	-	
6	Off	0	2	0	-	
7	Off	0	2	0	-	
8	Off	0	2	0	-	

KUVA 14. Tasojen aktivoiminen.

Konfiguroinnin edetessä oli seuraavana vuorossa matriisin luonti virtaehdolle. Virtaehdolla tarkoitetaan aikaisemmin skaalausasetuksissa määriteltyä arvoa, jonka toteutuessa laukaisurele aktivoidaan. Virtaehto määriteltiin Arc-stage 1- ja 3- kenttiin (KUVA 15).

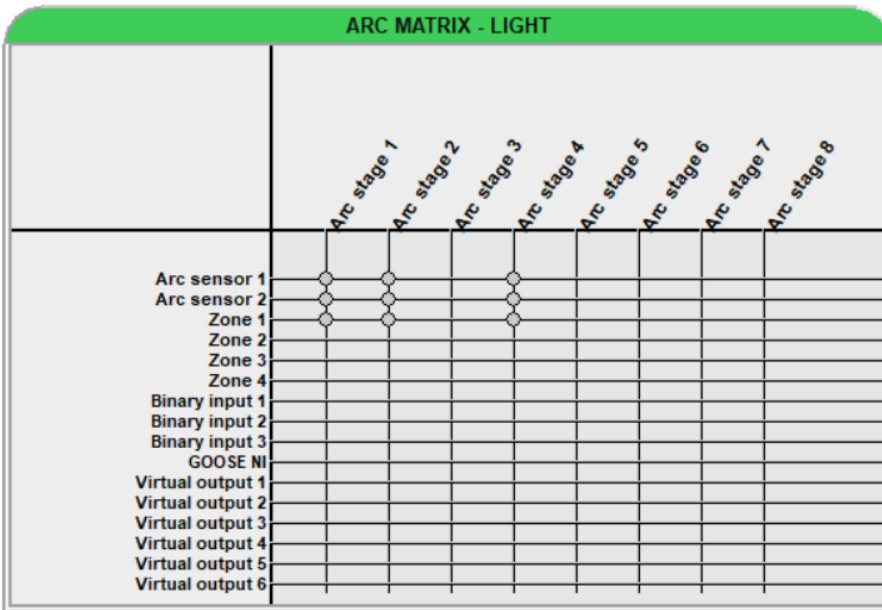
ARC MATRIX - CURRENT								
	Arc stage 1	Arc stage 2	Arc stage 3	Arc stage 4	Arc stage 5	Arc stage 6	Arc stage 7	Arc stage 8
>int.	○		○					
!o1>int.								
>ext.	○		○					
Binary input 1								
Binary input 2								
Binary input 3								
GOOSE NI								
Virtual output 1								
Virtual output 2								
Virtual output 3								
Virtual output 4								
Virtual output 5								
Virtual output 6								

KUVA 15. Virtaehdon matriisi.

Keskusyksikköön ja ulkoisiin I/O-yksiköihin liitetyt virranmittaukset välitetään Arc stage 1- ja 3-piireihin. Tasoa 1 hyödynnetään laukaisupiirissä ja tasolla 3 ohjataan käyttöpaneelin led-valoa.

5.7 Valokaaren valomatriisi

Virtamatriisia vastaava matriisi tuli määritellä lisäksi valolle. Järjestelmän keskusyksikköön on liitetty suoraan kaksi valoanturia. Toinen antureista on sijoitettu muuntajan toision kytkentäkoteloon ja toinen tarkkailemaan pääkeskusta syöttävää kiskosiltaa. Yleensä muuntajan kytkentäkoteloon asetettu anturi laukaisee laukaisureleen jo pelkästään valosta, koska piste on ennen virtamuuntajia. Kyseisessä kohteessa virtamuuntajat on kuitenkin asennettu muuntajan toision kytkentäkoteloon, joten laukaisu voitiin määritellä tässäkin tapauksessa toimimaan virta- ja valoehdoilla (KUVA 16).

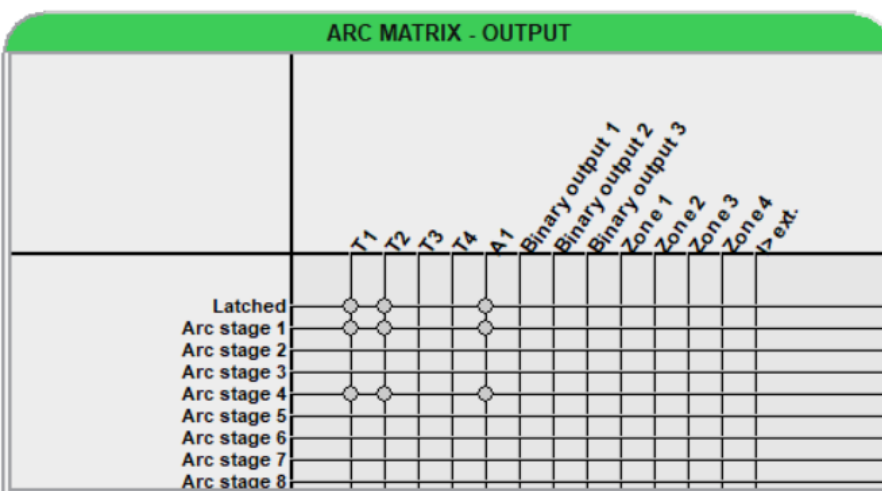


KUVA 16. Valoehdon matriisi.

5.8 Suojauksen ohjausmatriisi

Ohjausmatriisissa voidaan määritellä laukaisureleet, joita määritellyt valo- ja virtaehdot ohjaavat. Ohjauksissa suositellaan käytettävän ohjausten lukituskomentoja. (Schneider Electric 2020a, 24.) Kuvassa 17 on esitetty ohjausten konfiguraatio.

ARC MATRIX - OUTPUT



KUVA 17. Ohjausmatriisi.

Toiminta määriteltiin siten, että valokaaritason ollessa 1 tai 4, aktivoituvat laukaisureleet T1 ja T2. Rele T1 on kytketty avaamaan pääkeskuksen pienjännitekatkaisija ja T2 pääkeskuksen muuntajaa syöttävä katkaisija. Laukaisureleille aktivoitiin lukitustoiminto, joten vian sattuessa vaaditaan aina valokaariyksikön kuittaus pääkeskukselta. Valokaarivian sattuessa aktivoidaan myös hälytysrele A1, joka on kytketty ulkopuoliseen hälytysjärjestelmään.

5.9 Valokaariyksikön ledien konfigurointi

VAMP 321 -valokaarisuojausyksikön käyttöpaneelissa on 18 led-merkkivaloa. Ledeistä 14 kappaletta on tarkoitettu vapaasti ohjelmoitaviksi ja kaksi lediä ilmaisee keskusyksikön tilaa. Yksikössä on lisäksi kaksi ohjelmoitavaa nappia, joille on omat led-merkkivalonsa. (Schneider Electric 2020a, 76.) Kuvassa 18 on esitetty led-merkkivalojen numeroinnit, jota hyödynnettiin konfiguroinnissa.

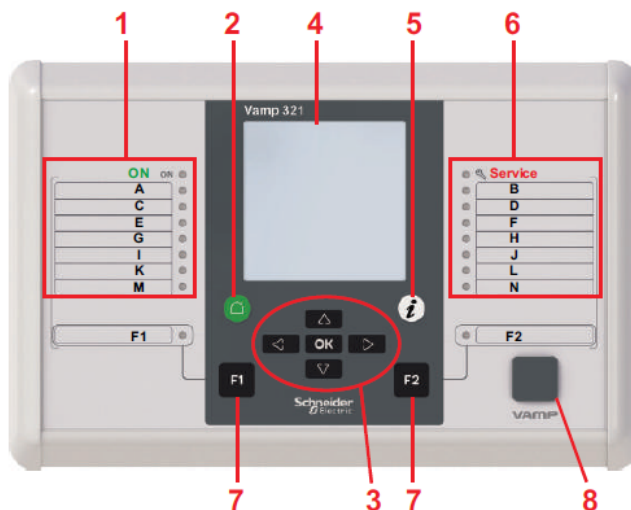


Figure 2.2: VAMP 321 local HMI

- | | |
|---|---|
| 1 | Power LED and seven programmable LEDs |
| 2 | CANCEL push-button |
| 3 | Navigation push-buttons |
| 4 | LCD |
| 5 | INFO push-button |
| 6 | Status LED and seven programmable LEDs |
| 7 | Function push-buttons and LEDs showing their status |
| 8 | Local port |

KUVA 18. Valokaariyksikön käyttöpaneeli. (Schneider Electric 2020a, 14.)

Valokaariyksikössä on 14 kappaletta ohjelmoitavia ledejä, joilla voidaan ilmaista eri tapahtumia. Vikatilanteissa näytetään punaista valoa. Häiriöttömässä tilassa led-valot eivät pala (KUVA 19).

LED	Description	LED	Description
LED A (green)	LED A (green)	LED B (green)	LED B (green)
LED A (red)	Valokaarisuoja lauennut	LED B (red)	LED B (red)
LED C (green)	LED C (green)	LED D (green)	LED D (green)
LED C (red)	Valo havahtunut	LED D (red)	LED D (red)
LED E (green)	LED E (green)	LED F (green)	LED F (green)
LED E (red)	Virta havahtunut	LED F (red)	LED F (red)
LED G (green)	LED G (green)	LED H (green)	LED H (green)
LED G (red)	LED G (red)	LED H (red)	LED H (red)
LED I (green)	LED I (green)	LED J (green)	LED J (green)
LED I (red)	LED I (red)	LED J (red)	LED J (red)
LED K (green)	LED K (green)	LED L (green)	LED L (green)
LED K (red)	LED K (red)	LED L (red)	LED L (red)
LED M (green)	LED M (green)	LED N (green)	LED N (green)
LED M (red)	IO-välävikä	LED N (red)	Diagnostiikkahäiriö

KUVA 19. Ledien nimeämiset.

Kuvassa 20 on esitetty, miten kutakin lediä ohjataan.

LED MATRIX

LED MATRIX		LED A (green) Valokaarisuoja lauennut	LED C (green) Valo havahtunut	LED E (green) Virta havahtunut	LED G (green) LED G (red)	LED I (green) LED I (red)	LED K (green) LED K (red)	LED M (green) IO-välävikä	LED B (green) LED B (red)	LED D (green) LED D (red)	LED F (green) LED F (red)	LED H (green) LED H (red)	LED J (green) LED J (red)	LED L (green) LED L (red)	LED N (green) Diagnostiikkahäiriö
Arc stage 1															
Arc stage 2															
Arc stage 3															
Arc stage 4															
Virtual input 6															
Selfdiag 1 alarm															
Selfdiag 2 alarm															
Selfdiag 3 alarm															

KUVA 20. Valokaarisuojausyksikön ledien ohjaus.

Valokaarivian sattuessa virta- ja valoehdolla tai pelkällä valoehdolla syttyy valokaariyksikössä vasemmanpuoleisista ledeistä ylimmäinen. Led palaa punaisena, kunnes laukaisu vapautetaan. Jos virtuaalinen valintakytkin on valittuna niin, että valokaarivika vaatii virta- ja valoehdon mutta ainoastaan valoanturi havahtuu, syttyy tällöin ainoastaan toiseksi ylin led vasemmalta. Valo havahtunut led-valo jää palamaan, kunnes tila kuitataan. Jos pelkästään virtaehto täyttyy esimerkiksi keskuksen kovan kuormituksen vuoksi, syttyy vasemmalta puolelta kolmanneksi ylin led. Tämä kuittaantuu automaattisesti, kun keskuksen kuormitus laskee. Kuvassa 21 on esitetty led-valojen konfiguraatio.

LED configuration				
LED	Description	Latch	Blink	Store
LED A (green)	LED A (green)	Off	Off	Off
LED A (red)	Valokaarisuoja lauennut	On	Off	Off
LED B (green)	LED B (green)	Off	Off	Off
LED B (red)	LED B (red)	Off	Off	Off
LED C (green)	LED C (green)	Off	Off	Off
LED C (red)	Valo havahtunut	On	Off	Off
LED D (green)	LED D (green)	Off	Off	Off
LED D (red)	LED D (red)	Off	Off	Off
LED E (green)	LED E (green)	Off	Off	Off
LED E (red)	Virta havahtunut	Off	Off	Off
LED F (green)	LED F (green)	Off	Off	Off
LED F (red)	LED F (red)	Off	Off	Off
LED G (green)	LED G (green)	Off	Off	Off
LED G (red)	LED G (red)	Off	Off	Off
LED H (green)	LED H (green)	Off	Off	Off
LED H (red)	LED H (red)	Off	Off	Off
LED I (green)	LED I (green)	Off	Off	Off
LED I (red)	LED I (red)	Off	Off	Off
LED J (green)	LED J (green)	Off	Off	Off
LED J (red)	LED J (red)	Off	Off	Off
LED K (green)	LED K (green)	Off	Off	Off
LED K (red)	LED K (red)	Off	Off	Off
LED L (green)	LED L (green)	Off	Off	Off
LED L (red)	LED L (red)	Off	Off	Off
LED M (green)	LED M (green)	Off	Off	Off
LED M (red)	IO-väylävika	On	Off	Off
LED N (green)	LED N (green)	Off	Off	Off
LED N (red)	Diagnostiikkahäiriö	On	Off	Off

KUVA 21. Led-valojen toiminnot.

5.10 Käyttöpaneelin ohjelmoitavat painikkeet

Käyttöpaneelin painikkeet F1 ja F2 voidaan ohjelmoida useisiin eri tarkoituksiin. Painikkeet voidaan määrittellä esimerkiksi ohjaamaan virtuaalisia tuloja. (Schneider Electric 2020a, 81.) Vikatilanteen kuittaamista varten ohjelmoitiin painike F2 vapauttamaan laukaisut. Kuvassa 22 on esitetty painikkeiden konfiguraatiot.

FUNCTION BUTTONS

FUNCTION BUTTONS			
Button	State	Selected control	Selected Object
F1	0	F1	-
F2	0	PrgFnCS	-

F1 pulse length (0=infinite)	0.00 s
F2 pulse length (0=infinite)	0.00 s

Programmable functions for F1	
Release all latches	<input type="checkbox"/>
Clear I/O units' registers	<input type="checkbox"/>
Install arc sensors & I/O units	<input type="checkbox"/>

Programmable functions for F2	
Release all latches	<input checked="" type="checkbox"/>
Clear I/O units' registers	<input checked="" type="checkbox"/>
Install arc sensors & I/O units	<input type="checkbox"/>

KUVA 22. Painikkeiden konfiguraatio.

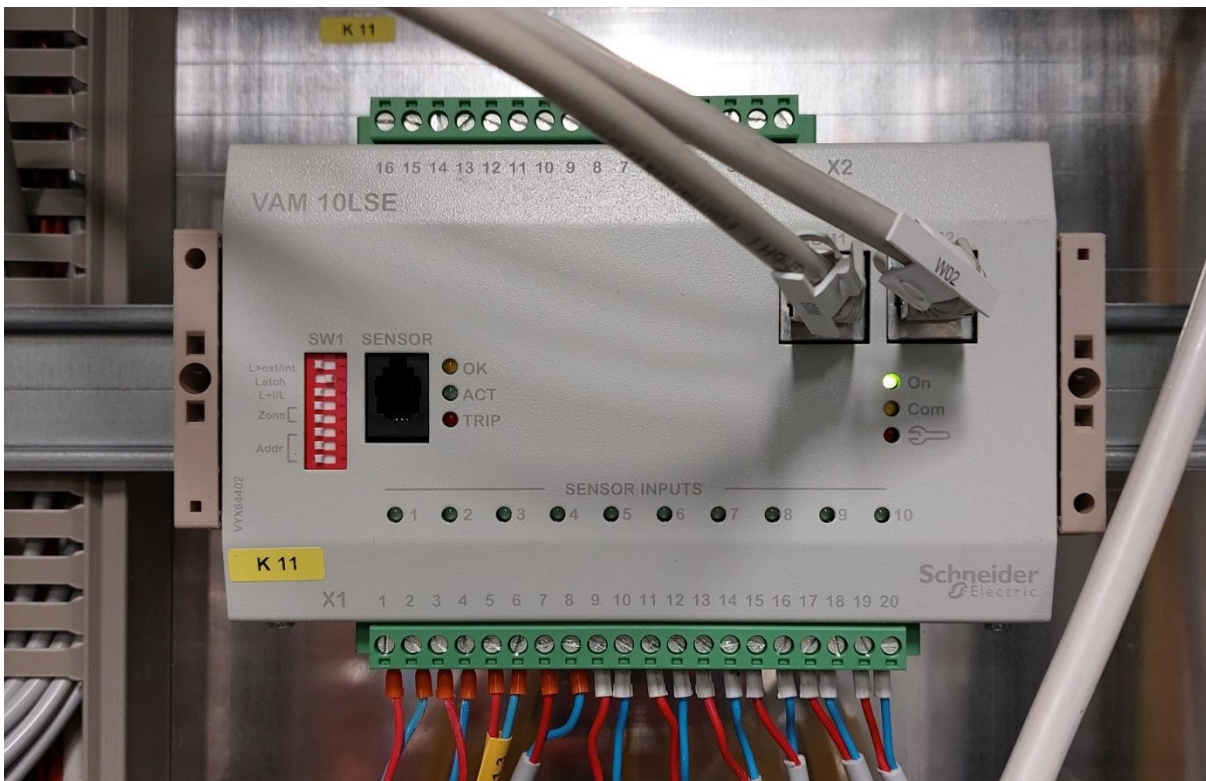
Painikkeelle F2 määritettiin toiminta program functions ja se kytkettiin vapauttamaan laukaisun lukitukset. Painike vapauttaa myös I/O-yksiköihin liitettyjen valoantureiden lukitukset. Lukitusten vapautus vaatii aina salasanan, kun painiketta painetaan.

6 VALOKAARISUOJAUKSEN KÄYTTÖNOTTO

Tässä osioissa käsitellään valokaarisuojauksen käyttöönotto-koestusta. Työ suoritettiin yhteistyössä VEO:n käyttöönotto tarkastajan kanssa. Tarkastuksessa käytettiin reletesteriä, jolla syötettiin valokaariyksikölle järjestelmän nimellisvirtaa vastaava virta ja valoanturit koestettiin käyttämällä salamavaloa.

6.1 Valoantureiden koestus

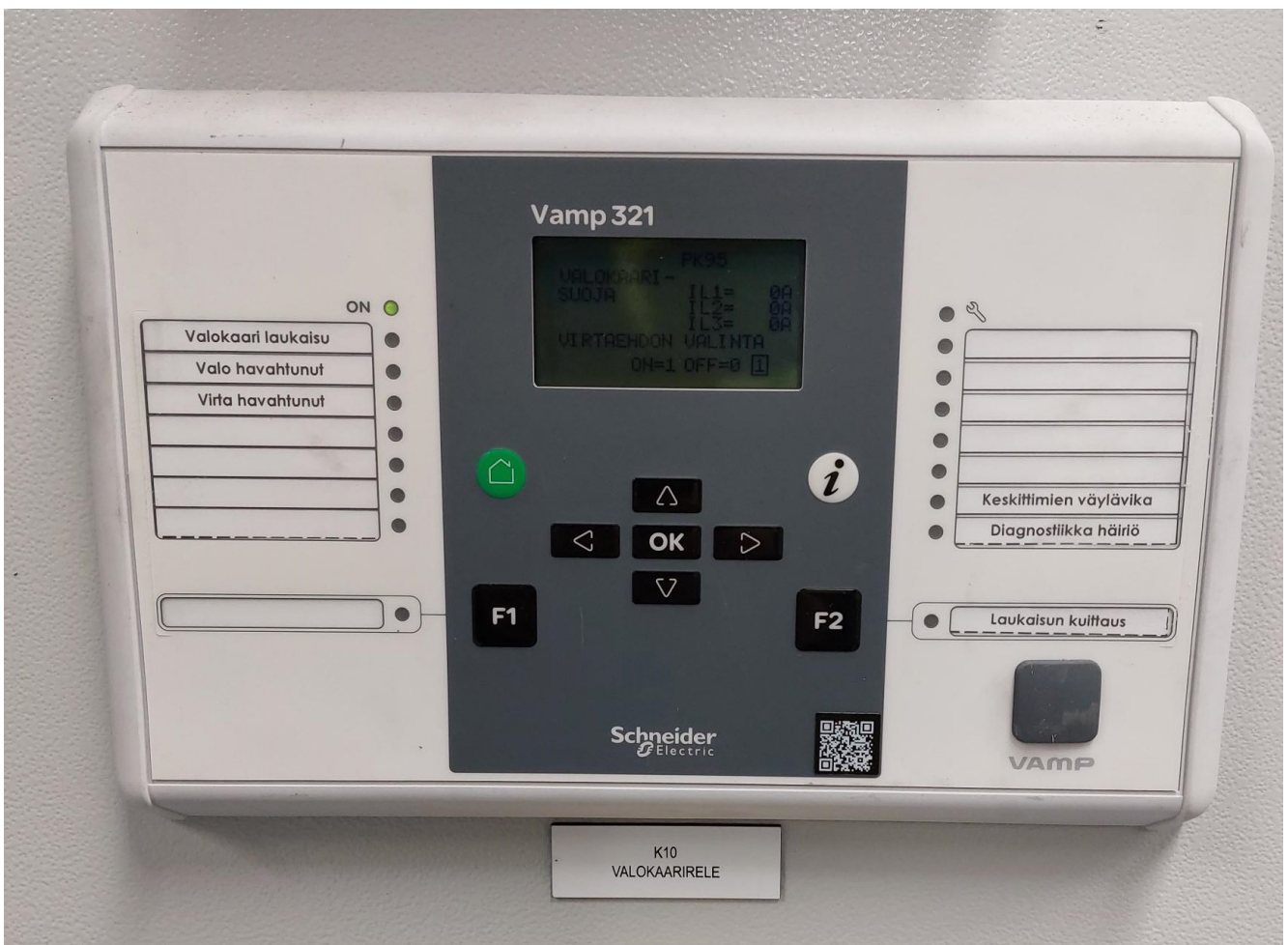
Valokaarisuojausyksikkö valittiin käyttämään virta- ja valohtoa, jotta alkuvaiheessa nähtäisi ainoastaan valoantureiden toiminta. Jokainen valoanturi käytiin yksitellen läpi väläyttämällä niille salamavaloa. Valon jälkeen tarkastettiin valokaariyksiköltä (KUVA 24), että kyseinen valoanturi aktivoitui ja tulos merkittiin pöytäkirjaan. Kuvassa 23 on VAM 10LSE, josta tarkastettiin kunkin anturin aktivoitumien oikeaan kanavaan.



KUVA 23. VAM 10LSE -valoantureiden I/O-yksikkö.

6.2 Laukaisun koestaminen

Valoantureiden koestamisen jälkeen voitiin siirtyä laukaisutestiin. Laukaisutestissä valokaariyksikölle syötettiin reletesterillä hieman nimellisvirtaa korkeampaa virtaa, jonka jälkeen tarkastettiin virtatiedon havahtuminen valokaariyksikön käyttöpaneelista (KUVA 24). Virtatiedon havahtumisen jälkeen vällytettiin valoantureille salamaa ja varmistettiin, että pääkeskuksen pienjännitekatkaisija ja pääkeskuksen muuntajaa syöttävät katkaisijat saivat laukaisukäskyn.

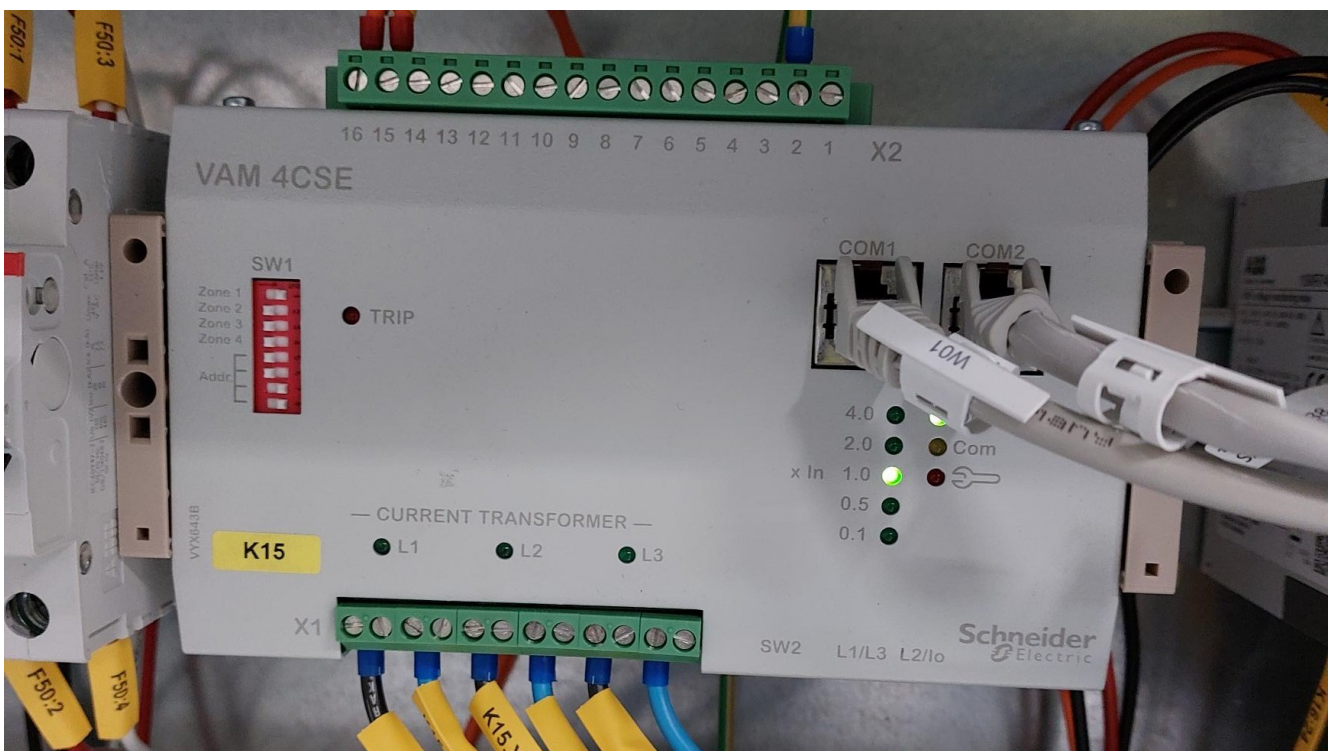


KUVA 24. Valokaariyksikkö.

Valokaariyksikköön (KUVA 24) tulostettiin tekstit, jotka helpottivat testausta. Vasemmalla kolme ylintä led-valoa ilmaisevat laukaisuun liittyviä tapahtumia ja oikealla olevat led-valot ilmaisevat järjestelmän diagnostiikkatietoja.

6.3 Varasyötön laukaisureleen koestaminen

Pääkeskuksen pääsyötön valokaarisuojauksen koestamisen jälkeen oli vielä testattava keskuksen varasyötön laukaisun toiminta. Varasyöttö-yhteydellä on omat virtamuuntajansa, jotka on kytketty VAM 4CSE -virranmittausyksikköön (KUVA 25). Laukaisuyksikön potentiometrit säädettiin aktivoitumaan, kun virtamuuntajien nimellisvirta saavutetaan. Laukaisuyksikölle syötettiin nimellisvirta reletesterillä ja säädettiin potentiometriä, kunnes yksikkö havahtui. Yksiköstä on kytketty laukaisurele varasyötön katkaisijalle. Laukaisuyksikön virtatieto välitetään pääkeskuksen valokaariyksikölle (KUVA 24).



KUVA 25. VAM 4CSE -virranmittausyksikkö.

Laukaisuyksikön säätämisen jälkeen syötettiin sille hieman nimellisvirtaa korkeampi virta. Tämän jälkeen pääkeskuksen valoantureita aktivoitiin salamavalolla ja varmistettiin varasyötön katkaisijan laukaisu. Kuvassa 25 näkyy oikealla vihreä led-valo, joka osoittaa virtahavahtumisen säädön olevan arvossa 1.

7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli luoda konfiguraatio Boliden Kokkolan paineilma-aseman uuden pääkeskuksen valokaarisuojaukselle. Konfiguraation tavoitteena oli täyttää vaadittavat määräykset ja toimia mallina tulevaisuudessa Bolidenilla vastaaviin projekteihin. Schneider Electric on laatinut kattavat ohjeet valokaarisuojausjärjestelmästä sekä Vampset-ohjelmistosta. Työ pyrittiin suorittamaan järjestelmällisesti tutustumalla Vampset-ohjelmistoon ja järjestelmän käyttöoppaisiin, joka helpotti työn suorittamista. Valmiin konfiguraation jälkeen oli helppo aloittaa laitteiston koestus, koska järjestelmä ja sen toiminta olivat nyt tuttuja.

Valokaarisuojausjärjestelmän käyttöönotto onnistui ongelmitta yhteistyössä VEO:n asiantuntijan ja Bolidenin asiantuntijan kanssa. Käyttöönotto tehtiin järjestelmällisesti vaihe kerrallaan ja tulokset raportoitiin tarkastuspöytäkirjaan. Käyttöönotossa jouduttiin tekemään ainoastaan pieniä korjauksia konfiguraatioon. VAM 4CSE -virranmittaus I/O-yksiköiden havahtumiskertoimen säätö havaittiin hieman hankalaksi, koska säätö tapahtuu potentiometreillä. Potentiometrin säätö tehtiin pienellä ruuvimeisselillä ja pienikin käden heilahdus aiheutti kertoimen muutoksen. Tästä johtuen kertoimen asettaminen arvoon 1 vei jonkin verran aikaa, mutta yksiköt saatiin lopulta säädettyä haluttuun arvoon ja niiden toiminta varmennettua.

Projekti oli kaiken kaikkiaan erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen. Työn rajaus onnistui mielestäni hyvin, koska uuden pääkeskuksen käyttöönottoon liittyi paljon muutakin työtä. Konfiguraatiota voidaan hyödyntää mallina tulevaisuuden projekteihin, mutta kyseiset konfiguraatiot pitää kuitenkin rakentaa aina tapauskohtaisesti toimivan suojauksen varmistamiseksi.

LÄHTEET

ABB. 2020. *IEC low- and medium-voltage arc flash mitigation solutions for greater protection and productivity*. Saatavissa: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SFC170008N0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. Viitattu 09.02.2024.

ABB. 2000. *TEKNISIÄ TIETOJA JA TAULUKOITA*. 10. Painos. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Boliden. 2022a. *Boliden Kokkola yleisesitys*. Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-kokkola>. Luettu 11.07.2023.

Boliden. 2022b. *Boliden Sinkkiakatemia*. Saatavissa: <https://bolidenkokkola.fi/sinkkiakatemia/tuotanto/pasutus/>. Luettu 11.07.2023.

Boliden. 2022c. *Boliden Sinkkiakatemia*. Saatavissa: <https://bolidenkokkola.fi/sinkkiakatemia/tuotanto/happotuotanto/>. Luettu 11.07.2023.

Boliden. 2022d. *Boliden Sinkkiakatemia*. Saatavissa: <https://bolidenkokkola.fi/sinkkiakatemia/tuotanto/liuotus-ja-liuospuhdistus/>. Luettu 11.07.2023.

Boliden. 2022e. *Boliden Sinkkiakatemia*. Saatavissa: <https://bolidenkokkola.fi/sinkkiakatemia/tuotanto/elektrolyysi/>. Luettu 11.07.2023.

Boliden. 2022f. *Boliden Sinkkiakatemia*. Saatavissa: <https://bolidenkokkola.fi/sinkkiakatemia/tuotanto/valu/>. Luettu 11.07.2023.

Eaton. 2021. *Protecting Against Internal Arcs in Low Voltage Systems*. Saatavissa: <https://www.eaton.com/ac/en-gb/markets/buildings/how-we-drive-building-efficiency-and-safety/electrical-safety/protection-against-internal-arcs-in-lv.html>. Luettu 9.3.2024.

Schneider Electric. 2023. *Vamp – valokaarisuojajärjestelmät*. Saatavissa: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/62049-vamp-valokaarisuojaj%C3%A4rjestelm%C3%A4t/?parent-subcategory-id=4765#overview>. Viitattu 09.02.2024.

Schneider Electric. 2014. *VAMP 321 Modulaariset ratkaisut valokaarisuojaukseen*. Saatavissa: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=NRJED112411FI+-+VAMP+321&p_en-DocType=Brochure&p_File_Name=VAMP+321_NRJED112411FI_Feb14-020214.pdf. Viitattu 10.02.2024.

Schneider Electric. 2016. *VA I DA Manual*. Saatavissa: <https://m.vamp.fi/products/accessories/va-1-da/>. Viitattu 10.02.2024.

Schneider Electric. 2020a. *VAMP321 User Manual 2020*. Ladattavissa: <https://m.vamp.fi/documentation/>. Viitattu 13.02.2024.

Schneider Electric. 2020b. *VAM I/O units User Manual 2020*. Ladattavissa: <https://m.vamp.fi/documentation/>. Viitattu 15.02.2024.

Siemens. 2022. *Arc protection*. Saatavissa: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/general-protection/arc-protection.html>. Viitattu 09.03.2024.