

KYLMÄVALSSAAMOIDEN VARAVOIMAVERKKOJEN SELVITYS

Pöntisenaho Jesse

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööritutkinto

Tekijä	Jesse Pöntisenaho	Vuosi	2020
Ohjaaja	DI Jaakko Etto		
Toimeksiantaja	Outokumpu Stainless Oy DI, kehitysinsinööri, Lasse Sillanpää DI, kunnossapitoinsinööri, Einari Fyhr		
Työn nimi	Kylmävalssaamoiden varavoimaverkkojen selvitys		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 3		

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kattavasti Tornion tehtaiden Kylmävalssaamoiden varavoimaverkkoja, joihin sisältyvät varavoimakeskukset, -koneet, niiden liitännät automaatiojärjestelmiin ja niihin liittyvät kunnossapitotoimet.

Työn toimeksiantajana toimi Outokumpu Stainless Oy, joka on maailmanlaajuinen ruostumattoman teräksen tuottaja. Työ rajattiin Tornion tehdasalueen Kylmävalssaamoiden 1 ja 2 varavoimajärjestelmiin, jotka sisältävät yhteensä viisi varavoimalaitosta.

Henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimoimiseksi tehtaiden turvajärjestelmiä ja prosesseja varmennetaan varavoimajärjestelmillä sähkökatkon sattuessa. Varavoimakoneiden ennakkohuollot sekä varavoimajärjestelmien tilojen seuranta varmistavat varavoimakoneiden toiminnan tarpeen tullessa.

Teoriaosuudessa käsiteltiin varmennetun sähkönsyötön tarve ja mistä osista varavoimaverkot koostuvat. Työssä tarkasteltiin Kylmävalssaamoiden 1 ja 2 varavoimaverkkojen rakenteita ja niiden sisältämien viiden varavoimakoneen muodostamia kokonaisuuksia aina tuotantolinjojen automaatiojärjestelmien liityntöihin asti, mikä tarkoitti eri tuotantolinjojen sähköpiirustuksien ja automaatiojärjestelmien logiikoiden tarkastelua.

Lopuksi ehdotettiin mahdollisia kehityskohteita varavoimakoneiden tilatietojen käsittelyyn ja varavoimaverkkojen eri osien syöttöihin liittyen. Työn toteuttaja sai hyvää tietämystä varavoimaverkkojen rakenteista ja niihin liittyvistä eri osista sekä mahdollisuuden tutustua syvemmin Kylmävalssaamoiden 1 ja 2 oman työnsä vastuualueen ulkopuolella oleviin tuotantolinjoihin ja niiden automaatiojärjestelmiin.

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jesse Pöntisenaho	Year	2020
Supervisor	Jaakko Etto, MSc. (Elect.Eng)		
Commissioned by	Outokumpu Stainless Oy Lasse Sillanpää, MSc., Project Engineer Einari Fyhr, MSc., Maintenance engineer		
Subject of thesis	Research of the reserve power networks of Cold Rolling Mills 1 and 2		
Number of pages	40 + 3		

The purpose of this thesis was to research the reserve power systems of Tornio Cold Rolling plants 1 and 2 which include reserve power networks, diesel generators, connections to the automation systems and maintenance related procedures.

The thesis was commissioned by Outokumpu Stainless Oy which is a global producer of stainless steel and this thesis is focused on the reserve power systems of Tornio Cold Rolling plants which contain five reserve power stations.

To minimize personal injuries and property damages, the factories' safety systems and processes are protected from sudden power failures with reserve power systems. Preventive maintenance and monitoring of the reserve power systems ensures their proper operation when it is needed.

In the theory part of the thesis the need for reserve power to different systems and the structures of reserve the power systems were reviewed. The structures of the reserve power grids in the Cold Rolling plants, and the five diesel generators they contain and their connections to the automation systems where the reserve power generators are connected to, were examined. This meant researching the electrical drawings and logics in the automation systems of different production lines.

As conclusion, some possible points of improvement were suggested concerning the handling of reserve power system statuses and the power supply for different parts of the reserve power networks. The implementer of this thesis gained a lot of knowledge regarding the make-ups of reserve power networks and he had a chance to get to know the processes and their automation systems outside of his usual area of responsibility.

Key words

reserve power, diesel generator, automation system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	VARMENNETTAVAT TOIMINNOT	8
3	VARMENNETUN SÄHKÖNSYÖTÖN JÄRJESTELMÄT	10
3.1	Turvasyöttöjärjestelmä	10
3.2	Varavoimajärjestelmä	10
3.3	Varmennetut tasasähköverkot	11
3.4	UPS-laitteet.....	11
3.4.1	Staattiset UPS-laitteet	11
3.4.2	Dynaamiset UPS-laitteet	13
3.5	Polttomoottorigeneraattorilaitokset	14
3.5.1	Saarekkeessa toimivat varavoimalaitokset.....	14
3.5.2	Katkotta verkkosyöttöön palautuvat varavoimalaitokset	14
3.5.3	Yleisen jakeluverkon rinnalla toimivat varavoimalaitokset	15
3.6	Tasasähköjärjestelmät	15
4	VARAVOIMALAITOS.....	17
4.1	Yleiset vaatimukset.....	17
4.2	Dieselgeneraattori.....	17
4.3	Ohjaus ja valvonta	19
4.4	Apujärjestelmät	22
4.5	Rinnankäynti	24
5	KYLMÄVALSSAAMOIDEN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄT	25
5.1	Dieselgeneraattorit.....	25
5.2	Varavoimakeskukset.....	29
5.3	UPS-laitteet.....	30
5.4	Varavoimajärjestelmiin liittyvät kunnossapitovastuut	30
5.5	Varavoimakoneiden liitynnät prosessien automaatiojärjestelmiin	31
5.6	Varavoimakoneiden tilatietojen hyödyntäminen prosesseissa	32
6	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	40

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Stainless Oy:n Lasse Sillanpäästä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen Outokummulle. Kiitos myös kaikille työssä minua autaneille tasapuolisesti ja erityiskiitokset kunnossapitoinsinööri Einari Fyhrille isosta panostuksesta työn etenemistä kohtaan.

Kemissä 28.6.2020

Jesse Pöntisenaho

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Adc	Amperes direct current, ampeeria tasavirtaa
IP	Ingress protection, sisäänpääsyn suojaus
LC	Inductor and capacitor, kela ja kondensaattori
UPS	Uninterruptible power supply, keskeytymätön virransyöttö
Vdc	Volts direct current, voltia tasavirtaa
VFD	Voltage and frequency dependent, syöttöjännitteestä ja syöttävän verkon taajuudesta riippuvainen
VFI	Voltage and frequency independent, syöttöjännitteestä ja syöttävän verkon taajuudesta riippumaton
VI	Voltage independent, syöttöjännitteestä riippumaton

1 JOHDANTO

Nykypäivänä verkkokatkokset ovat harvinaisia, mutta niihin on kuitenkin suotavaa varautua varmennetulla sähkönjakelulla, jos tavoitteena on häiriötön sähkönjakelu. Varmennettu sähkönjakelu on ihmishenkien turvaamiseksi ja omaisuusvahinkojen minimoimiseksi tärkeää, mikä vaatii suurta tietämystä ja panostusta, varsinkin varavoimaverkkojen kokonaisuuksien ollessa laajoja. Varavoimaverkkojen osien hyvin suunniteltu ennakkohuolto ja valvonta mahdollistavat verkkohäiriötilanteista selviytymisen pienin vahingoin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on Kylmävalssaamo 1 ja 2:n varavoimaverkkojen selvitys, joka sisältää näiden kahden tuotantolaitoksen generaattoreiden ja varavoimakeskusten vaikutusalueet, niihin liittyvät ennakkohuoltotoimenpiteet ja valvonnan sekä niissä tapahtuviin häiriötilanteisiin reagoinnin. Aiheen ollessa laaja, varvoimajärjestelmien tarkastelu rajataan vain Kylmävalssaamoiden 1 ja 2 varavoimakoneisiin. Varavoimakoneet ja niiden ohjauskeskukset sekä varavoimakeskukset esitellään periaatetasolla.

Työn tavoitteena on tuoda esille mahdollisia kehityskohteita varvoimajärjestelmiin liittyen, selvittää varavoimakoneista tuleva tieto automaatiojärjestelmille ja tilatietojen muuttuessa aiheutuvat toiminnot. Outokumpu Stainless Oy on ruostumattoman teräksen globaali tuottaja. Tornion tehdasalue, jossa sijaitsevat myös Kylmävalssaamot 1 ja 2, on yksi Suomen suurimmista sähkönkuluttajista.

2 VARMENNETTAVAT TOIMINNOT

Varmennetun sähkönjakelun tarve on laaja ja sen perusteena on aina taloudelliset tai turvallisuuteen liittyvät seikat. Varavoimaverkkoihin liittyy monia lainsäädäntöjä ja määräyksiä, joilla turvataan yhteiskunnalliset toiminnot, tuodaan huoltovarmuutta ja suojataan ihmishenkiä sekä omaisuutta. Varmennuksen toteuttamiseen vaaditaan varmennettavan kohteen laaja-alaista tuntemista, joka yleensä toteutuu riskianalyyysien ja -kartoitusten myötä. Kustannuksien ja varmennustason välinen tasapainottaminen on hankalaa. Turvallisuuden kannalta määräyksiä vähimmäismäärät on täytettävä ja varmennustason noustessa investointien määrä kasvaa. (ST-Käsikirja 20 2005, 27.)

Ihmisten turvallisuutta koskevien laitteiden käyttäessä varmennettua sähkönjakelua puhutaan aina turvasyöttöjärjestelmistä. Turvasyöttöjärjestelmä käsitteenä on laaja. Se koskee aina järjestelmiä, jotka liittyvät henkilöturvallisuuteen, kuten turva- ja merkkivalaistukset, paloilmoin- ja palosuojelujärjestelmät, kaikenlaiset sammutusjärjestelmät sekä rikosilmoitus- ja valvontajärjestelmät. Edellä mainittuihin liittyy vaatimuksia, jotka velvoittavat järjestelmien laite- tai keskuskohtaiset varmistukset akustoilla. Varmennustasoa valittaessa on huomioitava teollisuuden tuotantoprosessien, voima- ja kattilalaitoksien sekä erilaisten laboratorio- ja tutkimustilojen käsittelemien kemikaalien, kaasujen, korkeiden lämpötilojen ja paineiden mahdollisten ympäristöön vapautumisien aiheuttamat henkilöturvallisuusriskit sähkönsyötön katketessa. (ST-Käsikirja 20 2005, 28-29.)

Varmennetun sähkönjakelun tarkoituksena on myös estää laitevauriot ja omaisuusvahingot. Erityisesti teollisuuden prosessien ja laitteiden hallitsemattoman sähkönsyötön katkeamisen sietokyky on alhainen. Hallitsemattomat katkot voivat aiheuttaa useita vaurioita, nopeat lämpötilamuutokset vahingoittavat elektroniikkaa, laitteet voivat vahingoittua hallitsemattomien pysähdyksien seurauksena ja katkon pidentyessä tuotannon raaka-aineet lämpenevät tai kylmenevät muuttuen käyttökelvottomiksi. (ST-Käsikirja 20 2005, 30.)

Sähkönjakelun katkotilanteista huolimatta tuotantojen jatkaminen olisi ihanteellista, mutta se useimmiten vaatisi liian suuria investointeja. Sen sijaan tyydytään yleensä tuotannon hallitun pysäytyksen varmistamiseen. Sähkökatkon sattuessa

keskitytään tuotannon pysäytykseen mahdollisimman pienin vahingoin, missä tavoitteena ovat kalleimpien tuotantolaitteiden suojaus ja tuotannon nopea uudelleenkäynnistyksen mahdollisuus. (ST-Käsikirja 20 2005, 34-35.)

3 VARMENNETUN SÄHKÖNSYÖTÖN JÄRJESTELMÄT

3.1 Turvasyöttöjärjestelmä

Turvasyöttöjärjestelmä on tarkoitettu ihmisten turvallisuuden ja tärkeiden laitteiden toiminnan varmistamiseksi, yleisimpiä järjestelmiä ovat turvavalaistus-, palo-ilmoitin- sekä palovaroitinjärjestelmät. Turvasyöttöjärjestelmä sisältää jännitelähteen ja johdon kulutuskojeeseen saakka. Järjestelmä on joko automaattinen, eli käynnistys on käyttäjästä riippumaton, tai ei-automaattinen, jolloin käyttäjä käynnistää sen. (ST-Käsikirja 20 2005, 53.)

Kytkeytymisaika määrittää turvasyötön automaattisen kytkeytymisen luokituksen seuraavasti:

- katkeamaton: voi varmistaa jatkuvan syötön määrättyjen ehtojen mukaisesti
- hyvin lyhyt katko: automaattisen syötön kytkeytymisaika on $<0,15s$
- lyhyt katko: automaattisen syötön kytkeytymisaika on $<0,5s$
- keskipitkä katko: automaattisen syötön kytkeytymisaika on $<15s$
- pitkä katko: automaattisen syötön kytkeytymisaika on $>15s$. (ST-Käsikirja 20 2005, 53.)

Turvasyöttöjärjestelmien tehonlähteitä voivat olla akustot, paristot, normaalista syöttöjärjestelmästä riippumattomat generaattorit ja täysin normaalista syötöstä riippumaton erillinen jakeluverkko. Näiden on kyettävä ylläpitämään syöttöä riittävän pitkäksi ajaksi. (ST-Käsikirja 20 2005, 53-54.)

3.2 Varavoimajärjestelmä

SFS 6000 standardi määrittelee varavoimajärjestelmän syöttöjärjestelmäksi, jolla varmistetaan asennuksen tai sen osan toiminnan jatkuminen normaalin syötön keskeytyessä muista kuin henkilöturvallisuuteen liittyvistä syistä. Varavoimajärjestelmät jaetaan katkottomaan UPS (Uninterruptible Power System) ja katkolliseen sähkön syöttöön. Katkoton sähkönsyöttö Suomessa toteutetaan pääosin

staattisilla UPS-järjestelmillä, joilla tuotetaan katkotonta sähköä kuormalle verkkokatkon tullella. Katkollisessa sähkön syötössä kytketään kuormalle varavoimasyöttö normaaliverkon syötön katketessa joko automaatti- tai käsin käynnistettävällä varavoimajärjestelmällä. (ST-Käsikirja 20 2005, 57-58.)

3.3 Varmennetut tasasähköverkot

Varmennettu tasasähköverkko koostuu tasasuuntaajalaitteistosta ja sitä varmentavasta akustosta sekä varavoimajärjestelmästä, joka turvaa syötön pitkien sähkökatkokkien sattuessa. Käyttökohteena on tietoliikenteen turvaus, johon liittyy valtiovalan asettamat varmennuksen tasovaatimukset. (ST-Käsikirja 20 2005, 58-59.)

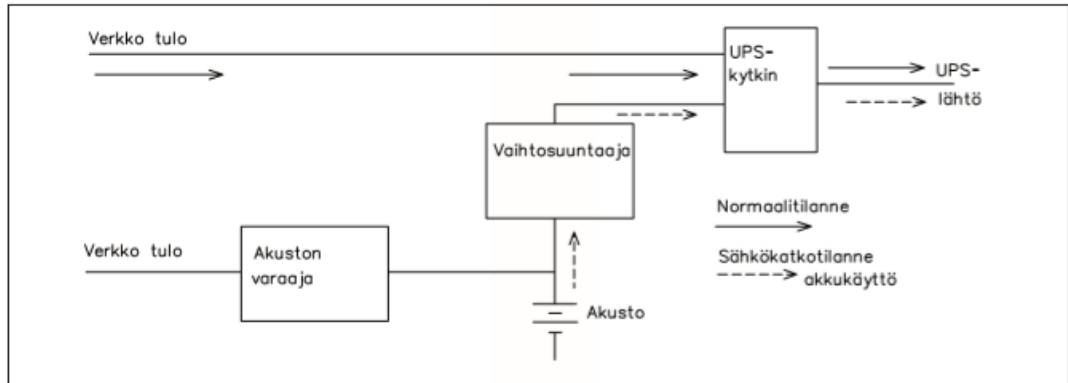
3.4 UPS-laitteet

UPS (Uninterruptible Power System) on keskeytymättömän tehon järjestelmä, joka syöttää kriittisille kuormalle katkeamatonta ja häiriötöntä vaihtosähköä. UPS-laitte hyödyntää normaalin verkon energiaa, kun sitä on saatavilla. Syötön katketessa hyödynnetään akustoon varastoitua energiaa. Perustoimintoja ovat vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja puolijohdesiltoja käyttäen tasasähkön muuttaminen takaisin vaihtosähköksi. UPS-laitteiden yleisiin ominaisuuksiin kuuluvat myös automaattiset laitteen ohitustoiminnot ylikuorma- ja vikatilanteissa ja manuaalinen ohitustoiminto huoltoja suoritettaessa. Suurta luotettavuutta vaativissa redundanttisissa järjestelmissä UPS-laitteiden määrä on $n+1$ tai $n+2$ kappaletta. UPS-laitteiden ratkaisuja löytyy staattisena ja dynaamisena. (ST 52.35.01 2010, 1.)

3.4.1 Staattiset UPS-laitteet

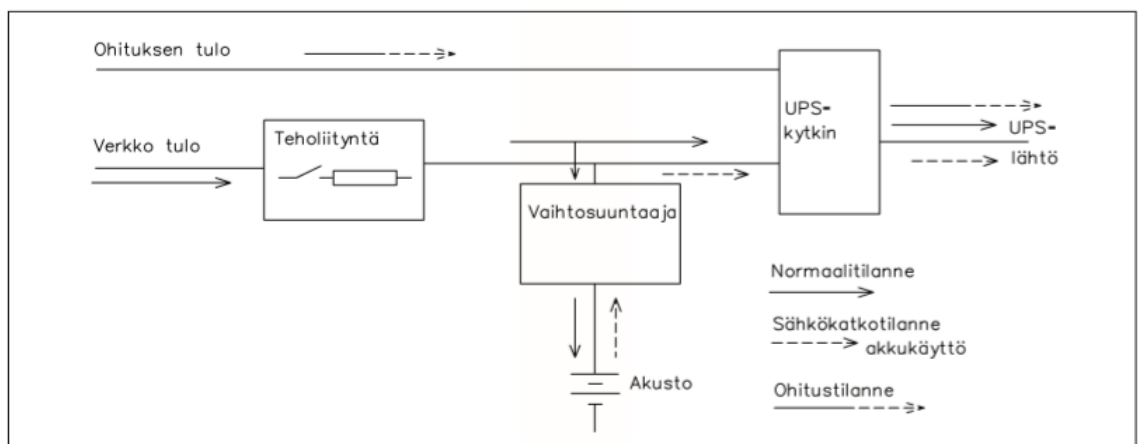
Staattiset UPS-laitteet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan. Ensimmäisenä Stand-by operation (VFD-luokka), toisella nimellä "Off-line UPS". VFD-luokka tarkoittaa, että UPS-laitteen toiminta on riippuvainen syöttävän verkon jännitteestä ja taajuudesta. Normaalitilanteessa tämän tyyppinen laite syöttää kriittistä kuormaa suoraan verkosta. Laitteessa on myös suodin, joka vaimentaa verkossa esiintyviä jännitepiikkejä. Laite ohjautuu akkukäyttöön havaitessaan häiriöitä ja

siirtyminen akkukäyttöön tai takaisin normaalitilanteeseen aiheuttaa n. 2-4ms katkon. Kuviossa 1 on esitetty Stand-by -UPS-laitteen toimintaperiaate. (ST 52.35.01 2010, 1-2.)



Kuvio 1. Stand-by-UPS-laitteen periaate (ST 52.35.01 2010, 2.)

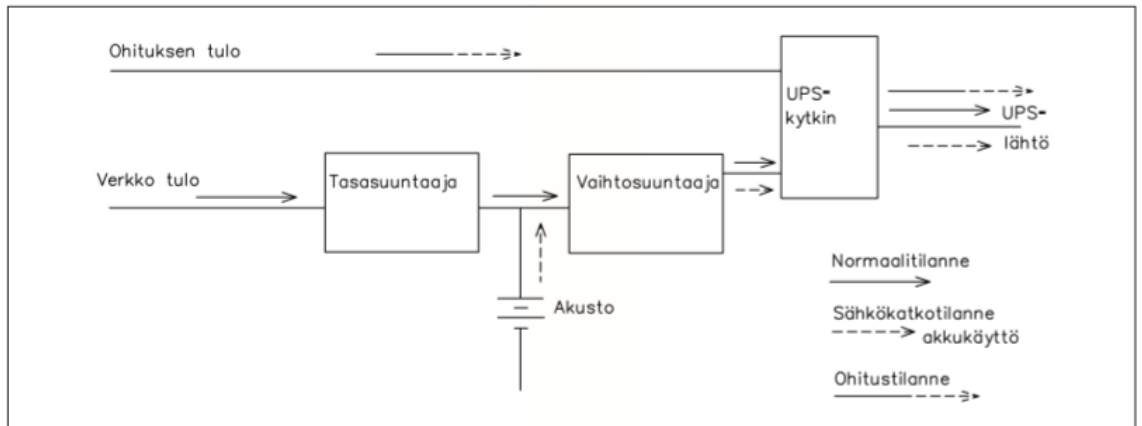
Toisena on Line interactive operation (VI-luokka). VI-luokan laitteet ovat riippuvaisia vain syöttävän verkon taajuudesta, mutta riippumattomia syöttöjännitteestä tietyin rajoin. Tämän tyyppisissä laitteissa syöttöverkon rinnalle on kytketty akusto sekä muuttajasilta, joka toimii normaalitilanteessa akustoa lataavana tasasuuntaajana ja verkkokatkon aikana vaihtosuuntaajana. Kuviossa 2 on esitetty Line interactive -UPS-laitteen toimintaperiaate. (ST 52.35.01 2010, 3.)



Kuvio 2. Line interactive-UPS-laitteen periaate (ST 52.35.01. 2010, 3.)

Kolmantena on Double conversion (VFI-luokka), eli kahden muunnoksen UPS ja epävirallisesti "On-Line UPS". VFI-luokan laitteet ovat riippumattomia syöttävän verkon jännite- sekä taajuusvaihteluista. Kahden muunnoksen UPS syöttää kuormaa aina vaihtosuuntaajasta, jonka toiminta on riippumaton UPS:ia syöttävän

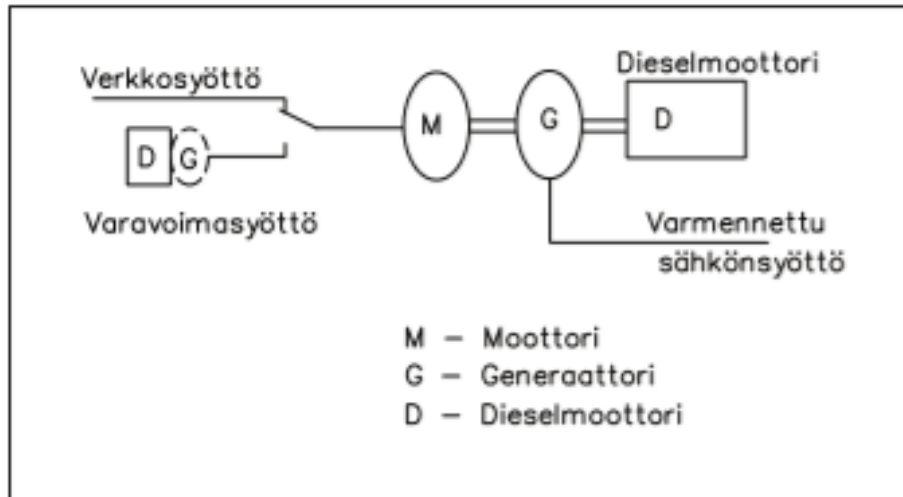
verkon tilasta. Katkon tullessa akkukäyttöön siirtyminen ei vaadi kytkentätoimintoja, sillä akusto on kytketty rinnan syöttävän verkon perässä olevaan tasasuuntaajaan. Normaalitilanteessa syöttävä verkko lataa akustoa tasasuuntaajan kautta. Kuviossa 3 on esitetty Double Conversion UPS-laitteen toimintaperiaate. (ST 52.35.01 2010, 1-4.)



Kuvio 3. Double conversion UPS-laitteen periaate (ST 52.35.01 2010, 4.)

3.4.2 Dynaamiset UPS-laitteet

Dynaamisten UPS-laitteiden perustana ovat yhdelle akselille kytketyt moottori-generaattoriyhdistelmät, joissa generaattorin tuottama teho syöttää kuormaa. Huimamassaa ja akustoa käytetään energiavarastoina. Pyörivien osien liikeenergia mahdollistaa millisekuntien tehonsyötön verkkokatkon aikana ja varakäyntiaikaa pidennetään huimamassan ja akustojen avulla, jolloin varakäyntiajat vaihtelevat yhden ja muutaman kymmenen sekunnin välillä. Yksinkertaisen dynaamisen UPS-laitteen toimintaperiaate esitetty kuviossa 4. (ST 52.35.01 2010, 6–7.)



Kuvio 4. Sarjaan kytketty dynaaminen UPS-laite (ST 52.35.01 2010, 7.)

3.5 Polttomoottorigeneraattorilaitokset

Automaattiset dieselmoottorikäyttöiset varavoimalaitokset ovat vallitseva varavoiman toteutustapa. Laitokset voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan riippuen siitä, miten siirtyminen verkolta generaattorille tai päinvastoin tapahtuu. (ST-Käsikirja 20 2005, 73.)

3.5.1 Saarekkeessa toimivat varavoimalaitokset

Varavoimalaitoksen perustyyppi on saarekkeessa toimiva laitos, jossa varmennettu jakeluverkko erottuu omaksi saarekkeekseen varavoimakoneen syöttäessä sitä. Saarekkeessa toimiva laitos seuraa verkkojännitettä ja generaattori käynnistyy, kun verkkojännite alittaa tietyn rajan asetusarvoa pitemmäksi ajaksi. Varavoimalaitos avaa varmennettua kuormaa syöttävän normaaliverkon katkaisijan ja sulkee varavoimalaitoksen ja varmennetun kuorman välisen katkaisijan, jolloin varmennettu kuorma saa syöttönsä generaattorilta. Sähkökatkoksen pituus vaihtelee viiden ja kymmenen sekunnin välillä laitoksen tyypistä riippuen ja kun verkkojännite palautuu normaaliksi, syöttö vaihdetaan takaisin normaaliverkkoon. (ST-Käsikirja 20 2005, 73.)

3.5.2 Katkotta verkkosyöttöön palautuvat varavoimalaitokset

Syötönsiirtokatkoksen välttämiseksi on valittava katkottomaan paluuseen kykenevä varavoimalaitos. Katkoton syötönsiirto tapahtuu lyhyen rinnankäynnin

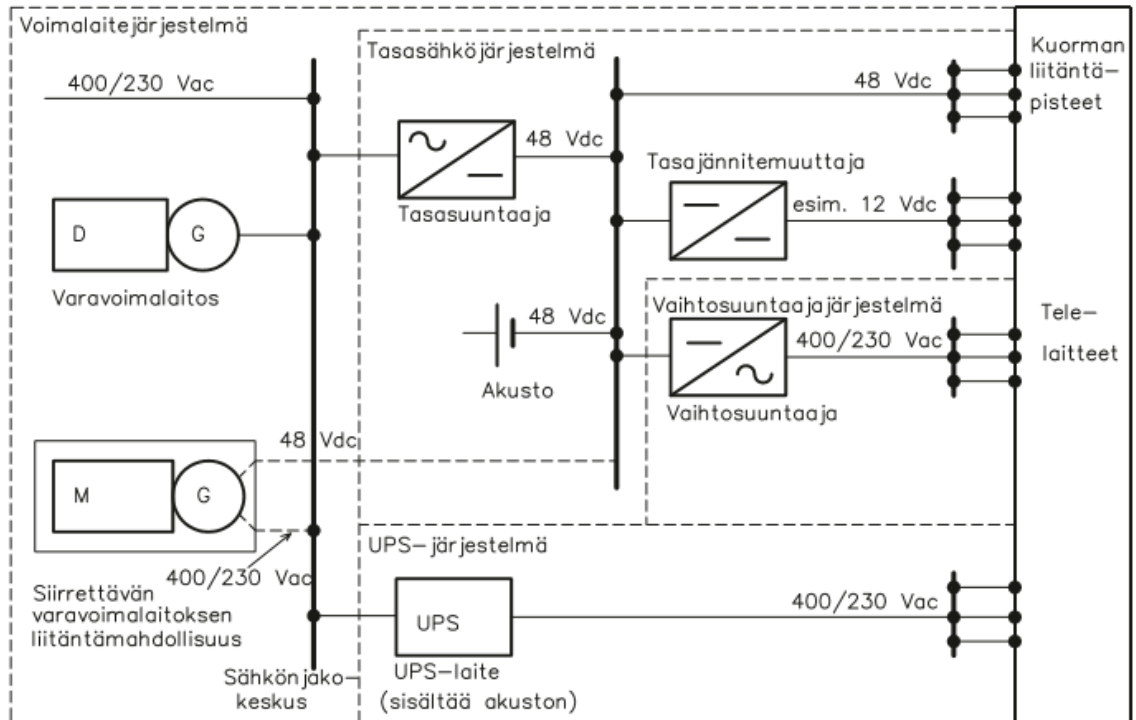
kautta, mutta se vaatii laitokselta automaattisia lisätoimintoja kuten tahdistuksen sekä pätö- ja loistehon riittävän vakavoinnin verkon rinnalla oltaessa. Verkon rinnalle jääminen on estettävä luotettavasti ja generaattorin sekä verkon pääkatkaisijoilta vaaditaan riittävä oikosulkuvirran katkaisukyky. (ST-Käsikirja 20 2005, 78.)

3.5.3 Yleisen jakeluverkon rinnalla toimivat varavoimalaitokset

Verkon rinnalla toimivan varavoimalaitoksen tarvetta voidaan perustella silloin kun vaaditaan katkoton paluu, laitoksen koekäyttö verkon rinnalla ja huipunajomahdollisuus. Laitokset vaativat myös tahdistuksen sekä pätö- ja loistehon vakavoinnin, kun ne toimivat rinnan jakeluverkon kanssa. Lisätoiminnoiksi vaaditaan myös takateholaukaisu generaattorille ja estolaukaisu rinnankäynnin aikana tulevien verkkokatkoksien varalta, mitkä estävät sähkön syötön sähkölaitoksen verkkoon päin. Mahdollisen tahdistusautomaatiikan vian varalta vaaditaan myös riittävä oikosulkuvirran katkaisukyky generaattorin ja verkon pääkatkaisijoilta. (ST-Käsikirja 20 2005, 78-79.)

3.6 Tasasähköjärjestelmät

Tasasähköjärjestelmiä, eli akkuvarmennettuja tasasähköjärjestelmiä, käytetään viestintäverkon, automaatiojärjestelmien, sähkölaitosten ja teollisuuden apujärjestelmien tehonsyötössä. Järjestelmien tuottamat jännitetasot vaihtelevat järjestelmistä riippuen 24-220 Vdc:n välillä. Rinnankytketyt tasasuuntaajat, akuston liityntämoduuli, valvontamoduuli ja asiakaskohtainen tasasähkön jakelumoduuli muodostavat viestintäverkon tasasuuntaajajärjestelmän. Yleisin jännitetaso viestintäverkoilla on 48 Vdc ja järjestelmät ovat plus-maadoitettuja. Automaation tasasuuntaajajärjestelmissä käytetään samanlaista ratkaisua kuin viestintäverkon tasasuuntaajajärjestelmissä, erona kuitenkin 24 Vdc tai 60 Vdc jännitetaso ja miinusmaadoitus. Kahden edellä mainitun järjestelmän tasasuuntaajat ovat hakku-riperiaatteella toimivia. Luotettavuuden lisäämiseksi on suositeltua noudattaa $n + 1$ -periaatetta, eli aina on käytössä yksi ylimääräinen tasasuuntaaja. Kuviossa 5 on esitetty tavanomaisen tasasähköjärjestelmän kokoonpano. (ST-Käsikirja 20 2005, 81-82.)



Kuvio 5. Teleseman tehonsyöttöjärjestelmä, periaate (ST-Käsikirja 20 2005, 81.)

Sähkölaitosten ja teollisuuden tasasuuntaajajärjestelmät sisältävät useimmiten 6- tai 12-pulssisen tasasuuntaajan, joka muodostuu tulomuuntajasta, tasasuuntaussillasta ja signaalia muokkaavasta LC-suotimesta. Kriittisille kuormille ja erilaisten akkujen lataamiseen lähtevä jännite on 110 Vdc tai 220 Vdc ja virta usein 50 Adc – 1000 Adc. (ST-Käsikirja 20 2005, 82.)

4 VARAVOIMALAITOS

4.1 Yleiset vaatimukset

Varavoimalaitoksiin liittyvät vaatimukset ovat kiteytettynä varmakäyttöisyys, hyvä suorituskyky ja turvallisuus. Ympäristöön aiheutuvat häiriöt täytyy minimoida, ja EU:n sekä Suomen viranomaismääräykset on täytettävä. Normaalikäytössä varavoimalaitoksen toiminnan on oltava luotettavaa eivätkä erehdykset tai huolimattomuus saa aiheuttaa käyttäjilleen tai ympäristölleen vahinkoa. Tavoitteena on myös mahdollisimman korkea käytettävyyysluku, mikä on otettava huomioon osia tai osakokonaisuuksia valittaessa. Käyttötarkoituksen mukaan, dieselgeneraattorin käynnistysaikojen ja varmuuden tulee olla vaatimuksien mukaisia. Varavoimalaitos on suunniteltava jatkuvaan käyttöön kaikki laitosta palvelevat apujärjestelmät mukaan lukien. Useissa käyttökohteissa varavoimalaitoksen yhtäjaksoista toimintaa vaaditaan jopa useita vuorokausia tai viikkoja. (ST-Käsikirja 31 2019, 85-86.)

4.2 Dieselgeneraattori

Dieselgeneraattorit koostuvat dieselmoottorista, generaattorista, moottorin ja generaattorin välisestä voimansiirrosta, käyntitärinöiden eristimisestä ja runkorakenteesta. Käyntitärinän estämiseksi alustarakenteen ja lattian tai dieselgeneraattoriyhdistelmän väliin on asennettava eristimet. Akseleiden linjaus ja pyörivien osien tasapainotus on oltava myös kunnossa ylimääräisten tärinöiden minimoimiseksi ja koneikkoon liittyvät laitteet on asennettava joustavasti. (ST-Käsikirja 31 2019, 79, 90.)

Moottori on mitoitettava siten, että akselilta ulos jatkuvasti tuotettu nettoteho riittää kattamaan suunnitellun kuorman syöttämisen. On huomioitava myös kasvunvara, kuormanottokyky ja varavoimalaitoksen oma käyttöteho. Moottorin suorituskyvyn on noudatettava myös ISO 8528-5 standardin asettamia suorituskykyluokkia G1-G4, joista olennaisimpien luokkien ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. (ST-Käsikirja 31 2019, 79, 90–91.)

Taulukko 1. Suorituskykyluokkien vaatimuservoja. (ST-Käsikirja 31 2019, 79.)

Ominaisuus	G1	G2	G3
taajuuden droop (alenema, kun teho 0 % \Rightarrow 100 %)	8 %	5 %	3 %
taajuuden sallittu vaihteluväli vakiintuneessa syöttötilanteessa	$\pm 2,5$ %	$\pm 1,5$ %	$\pm 0,5$ %
taajuuden sallittu alenema äkillisessä kuorman lisäyksessä	-15 %	-10 %	-7 %
taajuuden asettumisaika	< 10 s	< 5 s	< 3 s
jännitteen sallittu vaihteluväli vakiintuneessa syöttötilanteessa	± 5 %	$\pm 2,5$ %	$\pm 1,0$ %
jännitteen sallittu alenema äkillisessä kuorman lisäyksessä	-25 %	-20 %	-15 %
jännitteen asettumisaika	< 10 s	< 6 s	< 4 s

Dieselmoottorin varusteluksi suositellaan:

- painevoitelujärjestelmä riittävällä öljysäiliötilavuudella yli kahden vuorokauden pituiseen yhtäjaksoiseen toimintaan, öljyjäähdytin ja öljynvaihdon helpottamiseksi tarvittavat järjestelyt
- voiteluöljyn, polttoaineen ja palamisilman suodattimet
- suljettu jäähdytysjärjestelmä nestejäähdytteiselle dieselmoottorille sisältäen termostaatin ja kiertopumpun, jonka tuottama paine on riittävän suuri moottorin ulkopuolisia jäähdytyslaitteita varten
- polttoaineen lämpötilan noustessa yli +50 °C, suositellaan erillistä polttoainejäähdytintä
- ilmaisimet öljynpaineelle, öljymäärälle, jäähdytysnesteen määrälle ja lämpötilalle
- suojaus ryntäyksen pysäytykselle, alhaisesta öljynpaineesta ja korkeasta lämpötilasta pysäyttävät anturit ja polttoaineen maksimisyötön rajoitus moottorin tehontuoton ylittäessä nimellistehon
- termostaattiohjattu esilämmitys, jonka rakenteen on oltava jatkuvaan käyttöön soveltuva ja esilämmityslämpötilan on oltava säädettävissä
- käynnistysgeneraattori
- latausgeneraattori

- sähköisesti toimiva pysäytinlaite. (ST-Käsikirja 31 2019, 91-93.)

Generaattoriksi suositellaan kolmivaiheista sisänapatahtigeneraattoria harjattomalla rakenteella, jonka nimellisjännite on 400/230 V tai 690 V, nimellistajuus on 50 Hz ja ylimagnetoituna nimellinen tehokerroin on 0,8. Vaatimuksina on eristysluokitus H (**Error! Reference source not found.**), IP 21 vaatimukset täyttävä kotelointi ja riittävä tuuletus. (ST-Käsikirja 31 2019, 94.)

Taulukko 2. Sähkökoneiden eristysluokat IEC 60034-1 mukaan. (IEC 60034-1)

Määritelmät	Eristysluokka		
	B	F	H
Sallittu "kuumimman pisteen" lämpötila	130	155	180
Sallittu vastusmittauksen avulla määritetty käämityksen lämpötila	120	145	165
Sallittu käämityksen lämpenemä, kun ympäristön korkein lyhytaikainen lämpötila on + 40 °C	80	105	125

Generaattorin käyntinopeuden noustessa nimelliseksi jännitteen on noustava 2 sekunnin sisällä nimelliseksi ja säätötarkkuuden on oltava suoritusluokan mukainen sekä säätötarkkuuden on vastattava varavoimalaitoksen suoritusvaatimuksia. Generaattorilla on oltava vähintään kymmenen sekunnin ajan jatkuva kolmivaiheisen oikosulkuvirran antokyky napaoikosulussa oikosulkuvirran ollessa kolminkertainen nimellisvirtaan verrattuna. (ST-Käsikirja 31 2019, 94.)

4.3 Ohjaus ja valvonta

Ohjaus- ja valvontakojeistot voidaan jakaa seuraaviin pääryhmiin:

- ohjauskojeet
- suojaus- ja hälytyskojeet
- mittaus- ja valvontakojeet
- pääpiirin kojeet
- omakäyttöosaan liittyvät kojeet, jotka sijoitetaan ohjaus- ja valvontakojeistoon tai siitä erilleen tapauskohtaisesti. (ST-Käsikirja 31 2019, 95.)

Kojekaapit ovat yleensä teräslevyrakenteisia ja kotelointiluokan on minimissään täytettävä luokan IP 44 vaatimukset asennuspaikan ollessa konehuoneessa, muutoin luokitus määräytyy asennusolosuhteiden mukaisesti. Laitteet asennetaan kojeistoavaimella lukittavien saranoitujen ovien taakse, mutta käytön ja valvonnan on oltava mahdollista avaamalla ovia. Ohjaus- ja valvontakojeisto ja tehonsyötön kytkentätila on erotettava väliseinillä toisistaan. Ohjaus- ja valvontakojeiston sijoitus voidaan toteuttaa yhteen koneikkopaketin kanssa tai siitä erilleen varavoimahuoneen seinälle huoneen oven läheisyyteen. Yhteen asennettuna koneikon aiheuttama käyntitärinä ei saa vaikuttaa haitallisesti kojeistoon. (ST-Käsikirja 31 2019, 95-96.)

Kojeiden toimiessa akkujännitteellä käyntijännitteeksi suositellaan samaa kuin käyntiakuston jännitettä, eli 12 Vdc tai 24 Vdc. Releisiin ym. laitteiden koskettimiin on estettävä pölyn pääsy sekä niiden on oltava laadultaan ammattikäyttöön tarkoitettuja ja ensiluokkaisia. Kojiston käyttöjännite on suositeltu otettavaksi käynnistysakustosta, joka poistaa erillisen ohjausakuston ja sen latauslaitteen tarpeen, mutta mitoituksessa on otettava huomioon jännitealenemat käynnistyksen ja käytön aikana. (ST-Käsikirja 31 2019, 96–97.). Taulukossa 3 määritellään, mitä suojaus- ja hälytyksiä varavoimalaitoksien valvontajärjestelmien tulisi sisältää.

Taulukko 3. Suojaukset ja hälytykset. (ST-Käsikirja 31 2019, 103.)

Suojaustoiminto	Varoitettava hälytys	Käynnin estävä hälytys	Huom.	- ei koske enintään 100 kW:n tehoisia
Voiteluöljyn paine alhainen		x		
Generaattorin ylivirta		x		
Generaattorin ylijännite		x		
Akustojännite alhainen	x			
Käynnistyshäiriö	x		automaatiikan lukkiutuminen	
Ryntösuoja		x		
Jäähdytysnesteen lämpötila korkea		x		
Jäähdytysnesteen lämpötila korkea	x			-
Voiteluöljyn määrä vähäinen	x		seisonnan aikainen	-
Esilämmityslämpötila alhainen	x			-
Jäähdytysnesteen määrä alhainen	x			-
Polttoaine vähissä	x			-
Generaattorin alijännite		x		-
Generaattorin yli- tai alitaajuus		x		-
Generaattorin takateho		x	rinnankäynti verkon tai toisen koneikon kanssa	-
Akuston kunto huono	x		akustojännitteen tarkkailu käynnistettäessä	-
Koekäyttö suorittamatta	x			-
Koneikko ei käyttövalmiina	x	x	sisältää myös akkukytkimen ja koneikon pääkytkimen asennon valvonnan	-
Polttoaineen lämpötilan mittaus	x		suositeltavaa kohteissa, joissa polttoaineen lämpötila voi nousta lähelle ATEX-riskirajaa +40 °C	

Pääpiirin kojeisiin sisältyvät seuraavat laitteet:

- 3- tai 4-napainen generaattorin pääkytkin
- 3- napaiset generaattorin oikosulku- ja ylivirtasuojat
- verkon kytkimet, joita ovat verkon pääkytkin, ohitus- ja erotuskytkimet sekä työmaadoituskytkimet
- generaattorikatkaisija varavoima-automatiikan ohjaamana
- ylivirtasuojauksen sisältävä pääkytkimenä toimiva kytkinlaite koneikon yhteyteen asennettuna generaattorikatkaisijan sijaitessa muussa tilassa kuin koneikko
- verkkokatkaisija, jota automatiikka ohjaa erottaen varavoimalaitoksen sähköverkosta tai liittäen sen takaisin sähköverkkoon. (ST-Käsikirja 31 2019, 104.)

Varavoimalaitoksen pääpiiriin sisältyy useita tärkeitä sähköturvallisuusasioita. Varavoimajärjestelmään on tehtävä virtapiiriin kuuluvien osien maadoitus, ts. käyttömaadoitus. Generaattorin pääkytkimen ja verkon kytkimen väliset virhekytkennät on lukittava luotettavasti. Rinnankytkentätilanteessa generaattorin liittyminen verkon rinnalle on tahdistettava sekä ohitus-, erotus- ja työmaadoituskytkimet vaativat myös lukitukset. Komponenttien ja virtateiden katkaisukyvyt ja oikosulkukestoisuudet on mitoitettava suurimman mahdollisen rasituksen mukaan kaikissa tilanteissa. Käytettäessä alijännitelaukaisua varavoimakäytön selektiivisyyden suojaamiseksi varavoiman pääkatkaisijassa täytyy olla hidastus ylivirtasuojauksen toiminta-aikaa varten ja komponenttien merkinnät täytyy olla yhtäpitävät sähköpiirustusten kanssa. (ST-Käsikirja 31 2019, 104-105.)

4.4 Apujärjestelmät

Apujärjestelmiin kuuluvat dieselmoottorin ja generaattorin yhdistelmään liittyvät olennaiset laiteryhvät sekä asennukset kuten käynnistysjärjestelmä, dieselmoottorin ulkopuoliset polttoneste- ja jäähdytysjärjestelmät, pakoputkisto, varavoimahuoneen ilmastointijärjestelmä ja mahdollisesti myös palamisilmaputkisto sekä varavoimatilän palonsammutusjärjestelmä. (ST-Käsikirja 31 2019, 105.)

Käynnistysjärjestelmän suositellaan sisältävän akuston, joka on yhteinen ohjauskojeiston kanssa. Akuston elinkaaren on oltava vähintään 5 vuotta ja rakenteen käynnistystarkoitukseen ja paikalliskäyttöön sopiva. Akuston mitoituksessa sen napajännite ei saa laskea epäedullisissa olosuhteissa yli 15 % ja akuston kapasiteetin on otettava huomioon vanhenemisen vaikutukset. Käynnistysmoottorin ja akuston välimatka on pidettävä lyhyenä kaapelipoikkipinnan minimoimiseksi sekä kaapeleiden mitoituksessa on huomioitava jännitealenema ja lämpeneminen. Käynnistysjärjestelmän on kannattavaa käsittää myös varavoimalaitoksen käynnin aikana akustoa varaava latausgeneraattori sekä sen rinnalla toimiva ylläpitovarauslaite, joka pitää akuston varauksen täynnä varavoimalaitoksen seisoessa. Ylläpitovarauslaitteelta vaaditaan vakio ylläpitovarausjännite akkuvalmistajan suosittelemalla tarkkuudella ja varustelu jännitemittausta varten. Nimellisvirran on oltava riittävä saamaan tyhjentyneet akusto täyteen varaukseen kohtuullisessa ajassa. (ST-Käsikirja 31 2019, 105-106.)

Käynnistysjärjestelmään liittyy seuraavia turvallisuusnäkökohtia:

- On oltava riittävä ilmanvaihto tilassa, johon akusto sijoitetaan.
- Akuston alle tulee sijoittaa akkuhapon kestävä allas, johon täytyy mahtua vähintään yhden kennon elektrolyyttimäärä.
- Riittävä kosketussuojaus vaaditaan akuston ja käynnistysmoottorin napojen välillä.
- Käynnistyskaapeleiden eristyksen vaurioituminen on suojattu.
- Asennuksen palokestoisuus oikosulun varalta on varmistettu.
- On asennettu kytkin vähintään toiseen käynnistyskaapeliin jännitteettömyyden ja käynnistyskeskustön varmistamiseksi huolto- ja korjaustöiden ajaksi.
- Akkukytkimien asento on suotavaa huomioida koneikon valvontajärjestelmässä. (ST-Käsikirja 31 2019, 106-107.)

Toinen olennainen apujärjestelmä on dieselmoottorin polttonestejärjestelmä, joka hoitaa polttoaineen varastoinnin ja siirron dieselmoottorille. Polttoaineen varastoitavaan määrään ja käsittelyyn liittyy useita lakeja ja viranomaismääräyksiä. Varavoimalaitos vaatii toimiakseen vähintään käyttösäiliön ja putkiston käyttösäiliön ja dieselgeneraattorin välille, mutta huollon yksinkertaistamiseksi ja toimivuuden pidentämiseksi on suotavaa myös olla varastosäiliö ja polttoaineen siirtolaitteisto varasto- ja käyttösäiliön välille. (ST-Käsikirja 31 2019, 107-108.)

4.5 Rinnankäynti

Nykyiset varavoimalaitokset rakennetaan yleensä rinnankäyntikelpoisiksi tahdistuslaitteineen, jolloin syötön siirroissa ja koekäytöissä aiheutuvat katkokset saadaan poistettua. Luotettavan käyttökunnan takaamiseksi ehdottomasti edellytetään todellisia verkkokatkoja simuloivat säännölliset koekäytöt, jotka sijoitetaan tasaisesti ympäri vuoden. Rinnankäyntiä suunniteltaessa jakeluverkon mitoituksessa on huomioitava kaikki mahdolliset myöhemmin esiintyvät kytkentätilanteet ja verkon vaatiman tehon kasvu. (ST-Käsikirja 31 2019, 30-31.)

Varavoimalaitokselle vaarallista on väärä tahdistus verkkoon verkon omaavan suuren oikosulkutehon vuoksi. Väärä tahdistus voi aiheuttaa suuren oikosulkuvirran kytkentäkohtaan, suuren mekaanisen rasitusiskun koneikkoon ja ylijännitepiikin generaattorin napapyöriin. Näistä syistä rinnankäyntitilanteeseen vaaditaan riittävä oikosulkuvirran katkaisukyky pääpiirin katkaisijoilta ja tahdistusjärjestelmä varusteltuna lisälaitteella, joka estää kytkeytymisen vaihe-eron ollessa suuri varsinaisen tahdistimen vikaantuessa. Verkkojännitteen normaaliksi katsottava vaihtelu ei saa aiheuttaa häiriöitä tahdistuksessa tai rinnankäyntitilanteessa. (ST-Käsikirja 31 2019, 110.)

Laitteistolta vaaditaan myös lisäsuojat rinnankäyntiä varten, kuten aikahidastettu takatehosuojaus. Varavoima-automatiikan on suojattava rinnankäynnin aikana tapahtuvat verkkohäiriöt erottaen varavoimajärjestelmän saarekkeeksi välittömästi verkkohäiriön sattuessa. Tällöin varmennettu kuorma ei häiriinny verkkohäiriön yhteydessä ja näin estetään myös varavoimajännitteen pääsy verkkoon vian aikana. (ST-Käsikirja 31 2019, 110.)

5 KYLMÄVALSSAAMOIDEN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄT

5.1 Dieselgeneraattorit

Kaikkien seuraavaksi mainittujen generaattoreiden ohjauksien toteutukset ovat periaatetasolla samankaltaisia. Ne sisältävät kuitenkin eroavaisuuksia laitetasolla varavoimakoneiden ohjauskeskusten ollessa kahdelta eri valmistajalta saaneerausajankohtien ja vuosimallien vaihdellessa. Mahdolliset varavoimakonekohtaiset erot mainitaan seuraavissa luvuissa. Generaattoreiden ohjauskeskukset mahdollistavat automaattisen ja manuaalisen tahdistuksen normaaliverkon kanssa rinnankäyntiä varten sekä dieselgeneraattorin hätäkäytön. Toimittajasta riippuen ohjauskeskusten oviin tai generaattoreiden päällä oleviin ohjausyksiköihin on asennettu potentiometrit jännitteiden ja taajuuksien asetteluihin käsin tahdistusta varten sekä valintakytkimet ja painonapit generaattoreiden koe- ja hätäkäyttöihin sekä esilämmityksiin. Generaattoreiden ohjausta ja mittauksien sekä tilatietojen tarkempaa tarkastelua varten ohjauskeskusten oviin on asennettu synkronoskoopit, analogiset jännite- ja virtataulumittarit sekä digitaaliset näyttölaitteet käyntiaikojen, -kertojen ja polttoainesäiliöiden pinnankorkeuksien seuraamiseen.

Kaikilla varavoimakoneilla on myös erilliset käynnistys- ja ohjausakustot. Kylmävalssaamo 1:n pohjoispuolella sijaitsevan HP3.GEN1 varavoimakoneenmoottori on 12-sylinterinen nestejäähdytteinen Perkins 3012TWG2 2000 litran polttoainesäiliöllä. Generaattori on Stamford:n valmistama HC 534 E2. Varavoimakoneen ohjauskeskuksen logiikkaohjain on DEIF:n valmistama multi-line AGC (Automatic Gen-set Controller), jonka logiikkaohjaimen näyttöpaneeli on esitetty kuvassa 1.




Kuva 1. HP3.GEN1 logiikkaohjaimen näyttöpaneeli

HP4.GEN1 dieselgeneraattori sijaitsee hehkutus- ja peittäuslinja 4:n läheisyydessä varavoimakonehuoneessa. Varavoimakoneen moottori on 12-sylinterinen nestejäähdytteinen Perkins 3012TAG 3A, jonka polttoainesäiliön tilavuus on 1000 litraa. Generaattori on F.G.Wilson:n valmistama P800. Dieselgeneraattorin ohjauskeskus on Altema:n VATA 800. Ohjauskeskuksen logiikkaohjain on IntelliVision 5 (Kuva 2), jonka näyttöpaneeli on asennettu ohjauskeskuksen oveen. Kuvasssa 3 näkyy dieselgeneraattorin ohjauskeskuksen tyyppikilpi nimellisarvoineen.



Kuva 2. Intelivision 5 näyttöpaneeli

Valmistaja	Suomen Diesel Voima Osakeyhtiö, 33330 Tampere		
Tyyppi	VATA 800	Valmistusvuosi	1997
Valmistusnumero	400022	Saneerausvuosi	2017
Nimellisteho PRP (kVA / kW)	800 / 640		
Nimellistehokerroin (cos φ)	0,8		
Max. korkeus meren pinnasta (m)	150		
Max. ympäristön lämpötila (°C)	25		
Nimellistaajuus (Hz)	50	RPM (1/min)	1500
Nimellisjännite (V)	400 / 230	Nimellisvirta (A)	1154
Suorituskykyluokka	G2		
Dieselgeneraattori	ISO 8528		

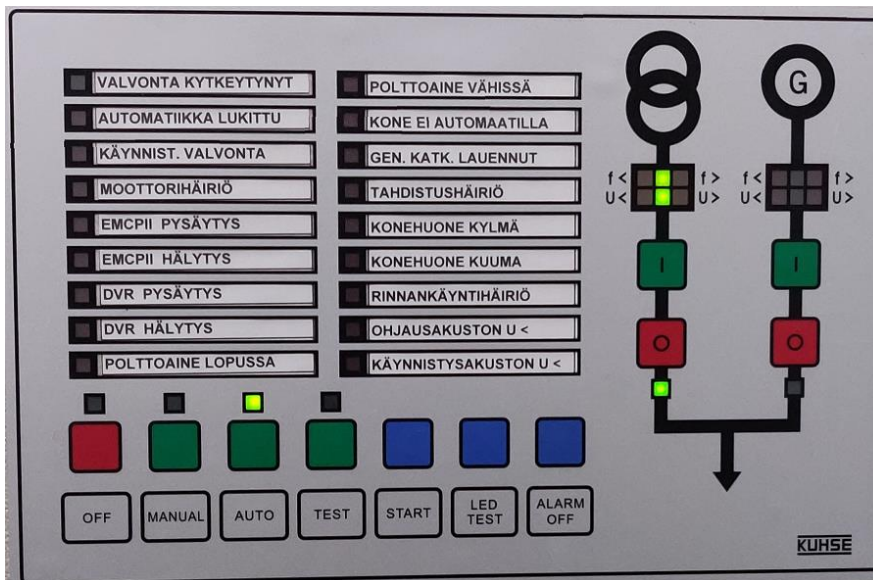
Kuva 3. HP4.GEN1 tyyppikilpi

Varavoimakoneet G614 ja G636 sijaitsevat RAP5:n eteläpuolella ja varavoimakoneiden tiloihin sisäänpääsy on hallin ulkopuolelta. Varavoimakoneet ovat vuosimallia 2002. Kummankin varavoimakoneen moottoreiden, generaattoreiden ja ohjauskeskusten ollessa samoilta valmistajilta, kokonaisuuksien erot ovat pienet. Varavoimakoneen G614 generaattorin nimellisjännite on 690 V ja G636 generaattorin 400/230 V. Varavoimakoneiden ohjauskeskukset, polttoainesäiliöt ja dieselmoottorit ovat erotettu toisistaan väliseinin. Dieselgeneraattoreiden moottorit ovat 8-sylinterisiä ja nestejäähdytteisiä mallia 3508B 880 kW:n nimellisteholla ja generaattorit ovat 1100F, jotka ovat kummatkin Caterpillarin valmistamia.

Väliseinien takana olevien polttoainesäiliöiden tilavuudet ovat 2000 litraa. Varavoimakoneiden ohjaus ja valvonta on toteutettu dieselgeneraattorin päälle asennetulla EMCP II+ valvontayksiköllä (Kuva 4) sekä ohjauskeskukseen asennetulla KUHSE KEA 071-SPL ohjausyksiköllä (Kuva 5).



Kuva 4. EMCP II+ valvontayksikkö



Kuva 5. KUHSE KEA 071-SPL ohjausyksikön paneeli

Regenerointilaitos 3:lla sijaitseva varavoimakone RE3.GEN1 on hyvin samankaltainen RAP5:n varavoimakoneiden kanssa sen moottorin, generaattorin ja ohjauskeskuksen ollessa samoilta valmistajilta. Erikoisuutena on tilajärjestelyt, missä dieselgeneraattori, polttoainesäiliö ja ohjauskeskus ovat sijoiteltuna samaan huoneeseen. Toinen ero RAP5:n varavoimakoneisiin on ohjauskeskuksen oveen asennettu Intelivision 5 näyttöpaneeli (Kuva 2) KUHSE:n ratkaisun sijaan (Kuva 5).

5.2 Varavoimakeskukset

Regenerointi 3:n varavoimakeskus V6711 saa normaalitilanteessa syöttönsä 2 MVA muuntajan T671 pääkeskuksen K671 lähdöltä K671.1202 ja verkkohäiriön sattuessa varavoimakoneelta RE3.GEN1. Verkkokatkaisija RE3.K671-Q1 ja generaattorikatkaisija RE3.V6711-Q1 ovat varavoimakeskuksessa ja varavoimakoneen ohjauskeskuksen generaattorikatkaisija RE3G1-Q1 ohjataan kiinni varavoimakoneen kytkentätilanteissa. Keskuksen lähtöjä ovat Regenerointi 3:n UPS-keskus, jäähdytysvesilaitos 2:n varmennettu alakeskus, Regenerointi 2:n varmennettu keskus V7314, päämuuntoasema 5 ja hehkutus- ja peittäuslinja 2:n varavoimakeskus (Liite 1).

Varavoimakeskus V731 sijaitsee generaattorin HP3.GEN1 ohjauskeskuksen vieressä. Se saa syöttönsä HP3 muuntajan T73 pääkeskuksen K73 lähdöltä K73.0303 ja tarvittaessa generaattorilta HP3.GEN1. Varavoimakeskuksen syöttö generaattorilta on toteutettu yhdellä generaattorikatkaisijalla V731.0502 Q2. Varavoimakeskus syöttää kahta valaistus- ja LVI-keskusta, HP3:n kiertovesipumpuja varmennetun alakeskuksen V7311 kautta ja yhtä pistorasiakeskusta. Varavoimakeskuksen lähtöjä on myös dieselgeneraattorin ohjauskeskuksen apujännitteelle sekä dieselgeneraattorin akun varaajalle, korkeavaraston varavoimakeskukselle ja Regenerointi 2:n varavoimakeskukselle V7314 (Liite 2).

HP4:n sähkötiloissa on varavoimakeskus V179, joka saa syöttönsä normaalitilanteessa 2 MVA:n muuntajalta T179 ja tarpeen vaatiessa generaattorilta HP4.GEN1. Keskuksella on erillinen käsin ohjattu generaattorikatkaisija Q2, jota pidetään tavallisesti kiinni ohjattuna, mutta generaattorin HP4.GEN1 verkkoon kytkentätilanteissa varavoimakoneen ohjauskeskus ohjaa varavoimakonehuoneessa sijaitsevaa generaattorikatkaisijaa Q1. Keskuksen lähtöjä ovat suorat lähdöt HP4:n elektrolyyttipeittauksen, happopeittauksen ja kaasunpesun hönkäimureille, floaterkammion puhaltimille, rullastojen jäähdytyksen kiertovesipumpuille, generaattorin HP4.GEN1 apujännitteelle, uunin analysaattorille sekä useita lähtöjä eri alueiden UPS- ja varavoimakeskuksille.

Varavoimakeskuksen V614 syöttö tulee normaalitilanteessa 3150 kVA:n muuntajalta T614 ja tarvittaessa generaattorilta G614. Varavoimakeskuksella on

muuntajan T614 syötön yhdistävä verkkokatkaisija sekä generaattorin G614 generaattorikatkaisija. Toinen keskuksen ja generaattorin välinen katkaisija sijaitsee varavoimakoneen ohjauskeskuksessa generaattorin ohjaamana. Varavoimakituksen kuormina on puhaltimia ja pumppuja.

Varavoimakituksen V636 syötöt tulevat 2000 kVA:n muuntajalta T636 kennoon V636.0103 ja varavoimakoneelta G636 kennoon V636.0302. Keskuksen lähtöjä ovat sekahappo- ja elektrolyyttipeittauksien kaasunpesujen poistopuhaltimet, kahden UPS:n syöttö, pohjakaivopumppu, uunialueiden 1 ja 2 laimennusilmahuoltimet, hiilidioksidin säiliökeskuksen kompressorisyksiköt ja valaistuskeskukset 02K201 ja 02K205.

5.3 UPS-laitteet

Kylmävalssaamoilla 1 ja 2 on yhteensä noin 40 UPS:ia eri valmistajilta, joista kaikki on kahden muunnoksen tekniikalla toteutettuja. UPS:ien teholuokat vaihtelevat 7,5 kVA:sta 80 kVA:in.

5.4 Varavoimajärjestelmiin liittyvät kunnossapitovastuut

Outokummun yleissähköistyksen kunnossapitoryhmä suorittaa itse yleissähköistyksen UPS:ien vuosihuollot, joihin sisältyvät akkutestit ja UPS-keskusten kunnontarkastukset ja yleensä huonokuntoiset akut vaihdetaan heidän toimesta. Prosessisähköistyksen UPS-laitteille suoritetaan aluekunnossapidon toimesta muutaman kertaa vuodessa silmämääräisiä tarkastuksia, jossa UPS:ien hälytyslistat ja mittausarvot käydään läpi ja havaituista vioista tarvittaessa ilmoitetaan ulkopuolisille UPS:ien huoltohenkilöille. Osa UPS:eista kuuluu laitevalmistajien huoltosopimuksien piiriin. Outokummun aluekunnossapitoryhmät eivät ole varavoimakoneiden kunnossapitovastuuta tekemisissä muutoin, kuin niihin liittyvien mahdollisten vikatilanteiden tiedottamisessa varavoimakoneiden kunnossapitovastuiden omaaville henkilöille.

Outokummun Tornion tehtaiden varavoimakoneiden kunnossapitovastuut on ulkoistettu Caverion Suomi Oy:lle. Outokummun ja Caverion Suomi Oy:n välisessä palvelukuvauksessa määritellään varavoimakoneisiin liittyvät huoltotoimenpiteet, joihin kuuluu kerran vuodessa ja kerran kuukaudessa tehtävät tarkistukset ja

koestukset. Varavoimakoneiden vuosihuolloissa joka toinen vuosi määräaikaistarkastuksien lisäksi moottoreiden öljyt vaihdetaan, välivuosina vuosihuollot ovat tarkastusluonteisia. (Palvelukuvaus 2015, 8.)

Kuukausittain suoritetaan seuraavat huoltotoimenpiteet:

- ajastettu koekäyttö
- akuston tarkistus
- merkkilamppujen tarkistus
- ilmanvaihdon tarkistus
- tilan siisteyden tarkistus
- polttonesteen tarkistus
- varaosien tarkistus
- huoltopäiväkirjan pito koestuksista ja vioista
- hälytyksien testaus
- huoltopäiväkirjan tarkistus. (Palvelukuvaus 2015, 8.)

Koekäytössä varavoimakone ajetaan normaaliverkon rinnalle automaattitahdistuksella, jonka jälkeen sitä kuormitetaan 60 %:n nimellisteholla noin tunnin ajan. Koekäytön jälkeen dieselgeneraattorin käyntikerrat, -tunnit ja polttoainesäiliön pinnankorkeus sekä mahdolliset koekäytössä tapahtuneet huomioitavat asiat kirjataan huoltopäiväkirjaan. Varavoimakoneiden ajamisia saarekekäyttöön ei testata. (Palvelukuvaus 2015, 8.)

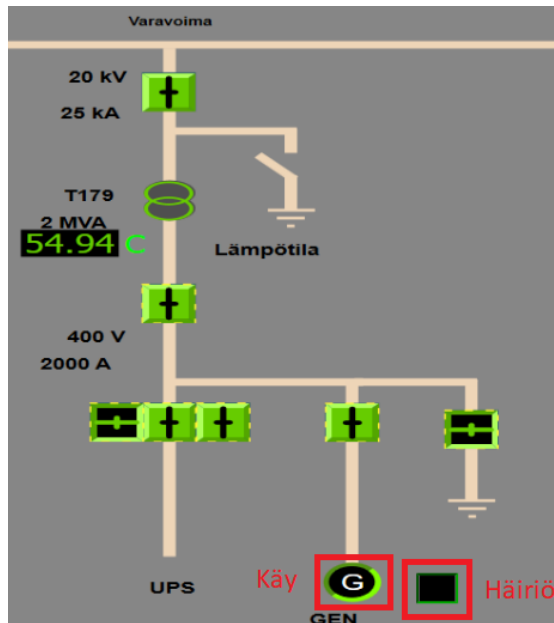
5.5 Varavoimakoneiden liitynnät prosessien automaatiojärjestelmiin

Kylmävalssaamo 1:llä kaikki kolme generaattoria lähettävät niiden läheisyydessä olevien linjojen automaatiojärjestelmiin erilaisia tilatietoja. Yleisimmät niistä ovat generaattorin käynti- ja yleishäiriötiedon digitaalitulo-signaalit sekä generaattorin polttoainesäiliön pinnankorkeuden analogiatulosignaali. Hehkutus- ja peittäuslinja 3:n automaatiojärjestelmään tulee generaattorin HP3.GEN1 tilatiedot.

HP4.GEN1 lähettää tilatietonsa hehkutus- ja peittauslinja 4:n automaatiojärjestelmään ja RE3.GEN1 regenerointi 3:n järjestelmään. Kylmävalssaamo 2:n tuotantolinjan RAP5:n automaatiojärjestelmä vastaanottaa generaattoreiden G636 ja G614 tilatiedot. Kaikkien viiden generaattorin edellä mainitut tilatiedot viedään kylmävalssaamoiden linja-automaatiojärjestelmiltä digitaali- ja analogialähtösignaaleina keskitetysti Tornion Voiman omistaman kattilalaitoksen Metso DNA -automaatiojärjestelmään jäähdytysvesilaitos 2:n kautta (Liite 3).

5.6 Varavoimakoneiden tilatietojen hyödyntäminen prosesseissa

Eri linjojen käyttöliittymillä generaattoreilta tulevien tilatietojen hyväksikäyttö on vaihtelevaa. Hehkutus- ja peittauslinja 4:n generaattorin HP4.GEN1 tulosiinaalit käyvät vain automaatiojärjestelmän läpi, eli häiriötilanteissa järjestelmä ei aiheuta mitään toimintoja. Sanomaan pakatut digitaalsignaalit ja polttoainesäiliön pinnankorkeuden analogiatulosignaali lähetetään edellisessä kappaleessa todettuun automaatiojärjestelmään. Itse linjan käyttöliittymän valvomokuvaan tulevat tiedot generaattorin toiminnasta ovat suppeat, generaattorin käynti- ja häiriötiedon ilmaiseminen hälytyslistoilla on estetty ja pinnankorkeuteen ei ole viittausta valvomokuvissa. Varavoimakoneen polttoainesäiliön pinnanmittauksesta tulee hälytyslistaan viesti pinnankorkeuden ollessa määriteltyjen rajojen ulkopuolella, mutta sen havaitseminen on hankalaa, koska normaali ajotilanteessa operaattoreiden näytöillä näkyvien hälytyslistojen alue on pieni ja prosessissa tapahtuvat tavalliset toiminnot täyttävät hälytyslistaa. Kuvion 6 mukaisesti generaattorin käynti- ja häiriötieto indikoidaan käyttöliittymän jännitejakelukuvassa, mutta tavallisesti sitä ei tuotannon aikana katsella.



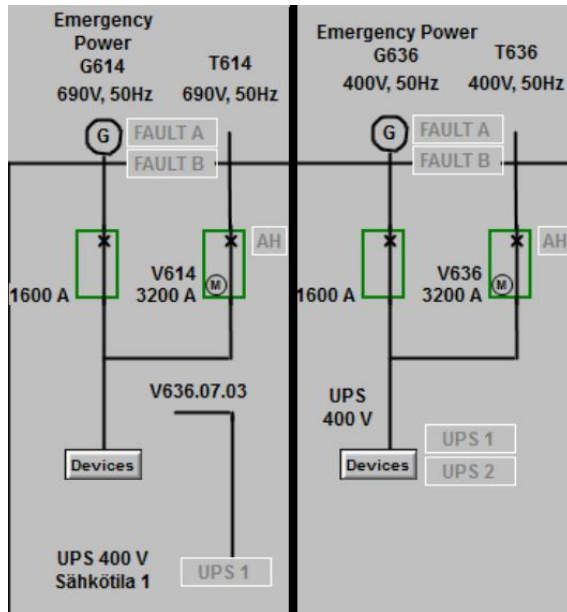
Kuvio 6. Generaattorin HP4.GEN1 tilatietojen indikointi valvomon käyttöliittymässä

Hehkutus- ja peittauslinja 3:n käyttöliittymä on toteutettu siten, että oli operaattoreilla mikä tahansa valvomokuva aktiivisena, näyttöjen yläreunoilla olevilla navigointivälilehdillä indikoidaan poikkeuksia järjestelmässä. Kuviossa 7 nähdään generaattorin polttoainesäiliön pinnankorkeuden indikointi, joka on tässä tilanteessa esitetty punaisena, koska mitattu pinnankorkeus on näyttöelementtiin määritettyjen rajojen ulkopuolella generoiden myös viestin hälytyslistaan. Generaattorin häiriötilan digitaalitulossignaalin ollessa avautuvalla koskettimella toteutettu, näyttöelementin esitystapa voi olla harhaan johtava, sillä näytöllä indikoidaan generaattoria häiriöttömässä tilassa ja häiriösignaalin tullessa elementin aktiivisuuden indikointi katoaa. Generaattorin häiriö ei aiheuta toimintoja linja-automaatiossa.



Kuvio 7. HP3.GEN1 tilatiedot valvomon käyttöliittymässä

Generaattoreiden G614 ja G636 tilojen indikointi RAP5:n käyttöliittymillä on vähäistä. Molemmilta generaattoreilta tulee kolme digitaalitulo-signaalia, jotka ovat generaattoreiden käyntitiedot sekä häiriötiedot pysäyttävä A ja pysäyttävä B, joiden eroja ja tarkkoja määrittelyksiä ei käyttöliittymästä selviä (Kuvio 8). Valvomokuvien pienjännitejakelun välilehdellä nähdään generaattoreiden ennalta mainittujen tulosignaalien tilat.



Kuvio 8. Generaattoreiden G614 ja G636 indikoinnit käyttöliittymässä

RAP5:n automaatiojärjestelmän I/O kortteille on johdotettu ja järjestelmään määritely myös muita digitaalitulo-signaaleja (**Error! Reference source not found.**), mutta järjestelmässä ei tapahdu toimintoja generaattoreiden tilojen muuttuessa.

Taulukko 4. Generaattoreiden G614 ja G636 tulosignaalit

Osoite	Datatyyppi	Kommentti
E 438.5	BOOL	G614 Generaattori käy
E 438.6	BOOL	G614 Generaattori häiriö A pysäyttävä
E 438.7	BOOL	G614 Generaattori häiriö B pysäyttävä
E 439.3	BOOL	G614 Generaattori käynnistettävä automaattikäytöllä
E 439.4	BOOL	G614 Generaattori EMCP II+ käsikäytöllä
E 439.5	BOOL	G614 Generaattori käsikäyttö asennossa
E 439.6	BOOL	G614 Generaattori koekäyttö päällä
E 466.5	BOOL	G636 Generaattori käy
E 466.6	BOOL	G636 Generaattori häiriö A pysäyttävä
E 466.7	BOOL	G636 Generaattori häiriö B pysäyttävä
E 467.3	BOOL	G636 Generaattori käynnistettävä automaattikäytöllä
E 467.4	BOOL	G636 Generaattori EMCP II+ käsikäytöllä
E 467.5	BOOL	G636 Generaattori käsikäyttö asennossa
E 467.6	BOOL	G636 Generaattori koekäyttö päällä

Varavoimavaimakoneen RE3.GEN1 signaaleja on myös useita liitettynä Neutra-
lointi- ja regenerointilaitoksen yhteiseen automaatiojärjestelmään, mutta niiden
hyödyntäminen on vähäistä. Taulukossa 5 on eritelty järjestelmän tulokortteihin
johdotetut ja siihen määritellyt tulosignaalit.

Taulukko 5. Generaattorin RE3.GEN1 tulosignaalit

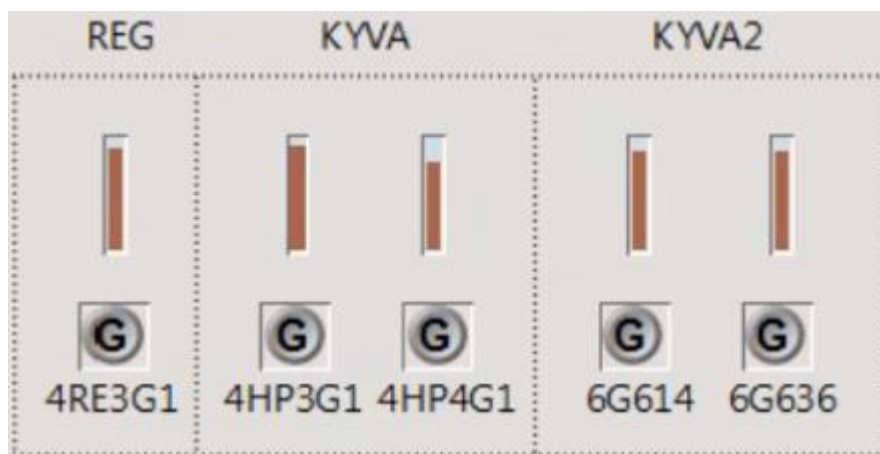
Osoite	Datatyyppi	Kommentti
5.AI800_23.8	REAL	Polttoaineen pinta
9.DI800_70.1	BOOL	Generaattori Käy
9.DI800_70.2	BOOL	Häiriö A Pysäyttävä
9.DI800_70.3	BOOL	Häiriö B Pysäyttävä
9.DI800_70.4	BOOL	Käynnistys valmis automaattikäytöllä
9.DI800_70.5	BOOL	EMCPII+ Käsikäyttö
9.DI800_70.6	BOOL	Käsikäyttö asennossa
9.DI800_70.7	BOOL	Koekäyttö päällä
9.DI800_70.8	BOOL	Katkaisija kiinni
9.DI800_70.9	BOOL	PC koekäyttö

Laitoksen käyttöliittymän RE3 Varavoima välilehdeltä löytyy varavoimakoneen di-
gitaalitulo-signaalien tilaa indikoivat näyttöelementit, jotka muuttuvat generaatto-
rin tulosignaalien vaihtaessa tilaa sekä polttoainesäiliön pinnankorkeutta kuvaava
reaaliluku, johon ei ole määritelty hälytysrajoja (Kuvio 9).



Kuvio 9. RE3.GEN1 tilaindikoinnit käyttöliittymässä

Tornion tehdasalueen Vesilaitoksen Metso DNA -käyttöliittymällä on keskitetty näkymä, jossa indikoidaan tehdasalueen varavoimakoneiden polttoainesäiliöiden tiloja sekä varavoimakoneiden käyntitietoja, mutta hälytystietoja heidän järjestelmään ei tule (Kuvio 10). Tämän hetken toimintatapoihin ei kuulu, että he valvovat varavoimakoneiden tiloja tai ilmoittavat poikkeamista.



Kuvio 10. Dieselgeneraattoreiden polttoainesäiliöiden pinnankorkeudet

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Outokumpu Stainless Oy:n Kylmävalssaamoiden 1 ja 2 varavoimaverkkoja varavoimakeskuksien syötöistä varavoimakoneiden lähettämiin milliampeeriviesteihin asti. Tavoitteena oli tuoda esille varavoimajärjestelmien kokonaiskuvat ja niihin liittyvät eri ryhmille kuuluvat vastuut. Aiheen laajuus hankaloitti työn aloittamista ja rajausta, mutta kun sain selvän käsityksen mitä työn tulisi sisältää, opinnäytetyön työstämisestä tuli mielekäästä ja antoisaa. Haasteita tuotti myös paikkaansa pitävän tiedon saaminen ja oikeiden yhteishenkilöiden löytäminen tiedonkeruuta varten, jotka kuitenkin lopulta löytyivät toimeksiantajan avustuksella.

Tutkiessa dieselgeneraattoreiden lähettämiä tilatietoja ja niiden hyödyntämistä eri automaatiojärjestelmissä huomasin, että mahdollisiin varavoimakoneiden poikkeamatilanteisiin havahtuminen on epätodennäköistä, ennen kuin se on liian myöhäistä. Esimerkiksi dieselgeneraattoreiden polttoaineen määrästä, varavoimakoneiden valvontayksiköt lähettävät automaatiojärjestelmiin milliampeeriviestin. Signaaleista on olemassa indikoinnit automaatiojärjestelmien käyttöliittymillä sellaisilla välilehdillä, joita operaattorit eivät normaalitilanteessa katsele sekä varavoimakoneen generoidut hälytysviestit hukkuvat järjestelmän tuottamien tavallisten tilatietojen sekaan. Yksinkertainen ratkaisu olisi tehdä ohjelmallisäykset, joissa ohjataan digitaalilähtösignaalilla esimerkiksi tuotantolinjojen valvomoihin, joissa käyttömiehet työskentelevät kellon ympäri katkeamattomassa vuoro-työssä, asennettuja merkkivaloja polttoaineen ollessa vähissä tai häiriön tullessa. Toinen kehityskohde voisi olla myös varavoimakoneiden valvonnan kehittäminen Vesilaitoksen Metso DNA -järjestelmässä, sillä järjestelmään on tuotu tässä opinnäytetyössä keskittyneiden varavoimakoneiden lisäksi tehdasalueen muut varavoimakoneet.

Työn edetessä selvitettiin myös toteutettavissa olevia vaihtoehtoisyyttöjä varavoimakeskuksen V179 alakeskuksille V1792 ja V1793, koska molempien varavoimakeskuksien vaikutusalueet ovat laajoja. Tästä syystä edellä mainituille varavoimakeskuksille voisi toteuttaa vaihtoehtoiset sähkönjakelureitit lisäkaapeloinneilla lähietäisyydellä sijaitsevien varmentamattomien keskuksien varalla olevista lähdeistä.

Varavoimakeskuksella V1793 on vapaita kennoja kytkinvarokkeilla syöttökiskoihin kaapeloituna ja sen läheisyydessä on pääkeskus K481 vapailla lähdöillä. Keskuksien välinen kaapeliyhteys olisi alle 10 metriä ja molemmissa on lattialäpiviennit valmiina.

Vaihtoehtoissyötön toteuttaminen varavoimakeskukselle V1792 ja sen alla oleville kuormille vaatisi enemmän toimenpiteitä. Viimeistelyvalssain 1:n sähkötilassa vierekkäin sijaitsevat varavoimakeskus V1792 ja sen varmennettu alakeskus V17921 ovat molemmat ilman vapaita kennoja ja ne sijaitsevat erillään sähkötilojen muista keskuksista. Näiden kahden keskuksen kaapeliläpiviennit ovat keskuksien yläkautta sähkötilojen muiden keskuksien ollessa lattialäpiviennin toteutettuja. Lähin valmis vapaana oleva keskuslähtö olisi pääkeskukselta A49 lähdöltä A49.0402.

Toinen vaihtoehto varavoimakeskuksen V1792 kuormien vaihtoehtoissyötöille olisi HP1:n varavoimakeskukselle V17922. Varavoimakeskuksessa on tilaa uusille lähdöille, mutta sen kiskostoon pitäisi asentaa virtakestoisempi kaapelointi isommalla kytkinvarokkeella vaihtoehtoissyötöä varten. Yhden kaappirivin yli pääkeskuksella K100 on valmiina lähtönä esimerkiksi lähtö K100.1003.

Opinnäytetyötä tehdessä sain syvempää tietämystä varmennetusta sähkönsyötöstä ja ymmärrystä varavoimaverkoista kokonaisuuksina. Varavoimakoneiden tilatietojen käsittelyihin tutustuessa pääsin tutkimaan uusien alueiden automatiojärjestelmiä ja käyttöliittymiä, mikä oli todella mielekästä ja se auttaa minua myös tämänhetkisissä työtehtävissäni. Opinnäytetyön tavoitteet mielestäni täyttyivät ja toivottavasti siitä on jollekin hyötyä jatkossa, vaikka työn aikana ei varavoimajärjestelmiin konkreettisia muutoksia tehty.

LÄHTEET

IEC 60034-1. 2017. Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance. Geneva: International Electrotechnical Commission.

Palvelukuvaus. 2015. OUTOKUMPU TORNION TEHTAAT SÄHKÖJÄRJESTELMÄT, tuotantolaitosten ulkopuoliset alueet LIITE 1c. Tornio: Outokumpu Stainless Oy.

ST-Käsikirja 20. 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 31. 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 52.35.01. 2010. UPS-laitteet ja -järjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

LIITTEET

- Liite 1. Varavoimakeskuksen V671 nousujohtokaavio
- Liite 2. Varavoimakeskuksen V731 nousujohtokaavio
- Liite 3. Metso DNA liittynät

Liite 1. V671 nousujohtokaavio

Outokumpu Polarit Oy Kylmävalssaamo		V6711 NOUSUJOHTOKAAVIO						AEH/Etteplan 26.09.2019		
muuntaja	pääkeskus	lähtö	alakeskus	selitys	lähtö	alakeskus	selitys	lähtö	alakeskus	alakeskus
16/1	RE3.K671									
		1202	RE3.V6711	Varmennettu pääkeskus	0401	RE3.UPS	UPS keskus			
					0803	JVL2.V201	Varmennettu alakeskus			
					0701	V7314	Varmennettu keskus RE2			
					0801	37V201	Päämuuntoasema 5			
					0802	HP2.V201	Varavoimakeskus HP2			
			RE3.GEN1	Generaattori	0101		Syöttö generaattorilta			

Liite 2. V731 nousujohtokaavio

muuntaja	pääkeskus	lähtö	alakeskus	selitys	lähtö	alakeskus	selitys	lähtö	alakeskus	alakeskus
T73										
	K73									
		U303	V731	Varmennettu pääkeskus						
		U205	V7311, V7312							
		U302	V7313	Pistorasiakeskus						
		U303	V7314	Valaistuskeskus Pros. REGE 2						V731202
		U304	V732 UPS							
		U305	V732 UPS							K721
		U306	V731202	LVI-keskus						
		U402	V731203	LVI-keskus						
		U403	V7316	Valaistuskeskus						
										U102 V7316201
										U103 RK001
										U104 RK004
		U404	V7315	Varaomakeskus						
										Varaomakeskus Korkeavarasto
										V73151
		U405	V7311	Varaomakeskus						
		U406	V7312	Varaomakeskus						V731511
		U501		Dieselakun varaaja						
		U503		Syöttö generaattorilla						
			HP3.GENT	Generaattori						

V731 NOUSUJOHTOKAAVIO

Outokumpu Polarit Oy
Kylmävalissaamo

AEH/Etteplan
26.09.2019

HP3/3.5/03
nousujohtokaavio HP3GEN

Liite 3. Metso DNA liittynät

