



Varavoimakoneen uusiminen

Roope Paasonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Älykkäät koneet

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Älykkäät koneet

PAASONEN, ROOPE:
Varavoimakoneen uusiminen

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Toukokuu 2019

Sappi Finland Oy:n Kirkniemen paperitehtaalla on tuotantotavoitteen nousun johdosta haluttu minimoida käyntihäiriöiden määrä. Koska sähkökatkokset ovat yksi häiriöiden aiheuttaja, on sähkönsyötön varmentaminen noussut aiempaa tärkeämmäksi. Tästä syystä varavoimalaitteiston kunnan ja ajantasaisuuden tarkastelu oli tarpeellista. Tämän työn tarkoituksena oli määrittää vaadittavat esitiedot varavoimakone VV20 uusimiselle ja päivittää tehtaan varavoiman jakelukaavio.

Työssä varavoimakeskus VV:n lähtöluetteloa hyödyntäen määritettiin varavoimakoneelta vaadittava tehontuotto. Laskujen perusteella saatiin tulos, jota vertaamalla vanhan koneen kilpiarvoihin huomattiin koneen olevan liian pieni kyseiseen kohteeseen. Koneen riittämättömään tehoon sekä kunnostuskustannuksiin vedoten olisi järkevämpää hankkia uusi varavoimalaitos. Uuden varavoimalaitoksen toteutustavoista konttiratkaisu osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi. Kontille määritettiin sijoituspaikka voimalaitoksen sisäpihalta, läheltä VV-keskusta. Varavoimakoneelle laskettiin myös kulutuksen mukainen dieselsäiliö sekä otettiin kantaa varavoimakoneen huoltoon ja koekäyttöön. Varavoiman jakelukaavio tuotettiin tehtaan dokumenttien sekä kenttäkäyntien pohjalta.

Työn tuloksena saatuja esitietoja voidaan käyttää tehtäessä tarjouspyyntöä toimittajayrityksille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Intelligent Machines

PAASONEN, ROOPE:
Renewal of a Reserve Power Plant

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 9 pages
May 2019

The production goal for the Kirkniemi paper mill of Sappi Finland Oy has been increased, and because of that the company aims to minimize the number of disturbances. Electrical power failures are one of the causes of disturbances and therefore the reserve power supplies have become more important. For this reason, it was necessary to review the condition and up-to-dateness of the reserve power supplies. The purpose of this thesis was to determine the required preliminary data for the renewal of reserve power plant VV20 and to update the backup power distribution graph of the mill.

The required power output of the reserve power plant was determined by using the output list of the reserve power center VV. Comparing the result of the calculated power output to the values of the old plant, it was concluded that the old plant is too small. Because of the machine's lack of power and refurbishment costs it would be more reasonable to acquire a new reserve power plant. A container solution turned out to be the best option for implementing the new reserve power plant. A location in the inner yard of the power plant, close to the VV center, was chosen as the optimal site for the container. The capacity of the diesel tank for the reserve power plant was calculated according to the plant's fuel consumption. A brief review of the maintenance and testing of the reserve power plant was also included in the thesis. The reserve power distribution graph was produced based on the factory's documents and field visits.

Preliminary data resulting from the thesis can be used in the making of bid requests for supplier companies.

Key words: reserve power plant, synchronous generator, distribution graph

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VARAVOIMALAITOKSET	7
	2.1 Varavoimakone	7
	2.1.1 Toiminta.....	9
	2.1.2 Magnetointi	10
	2.1.3 Mitoitus	12
	2.2 Ohjaus- ja valvontakojeistot	13
	2.3 Apujärjestelmät	15
	2.4 Jännitehäviö ja kaapelikoko	16
3	TEHTAAN VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ	18
	3.1 Varavoimakoneet	18
	3.2 Akustot	19
	3.3 UPS-laitteet.....	20
	3.4 Pääkaavion päivitys	21
4	VARAVOIMALAITOKSEN UUSIMINEN	23
	4.1 Varavoimakoneen mitoittaminen	23
	4.2 Koneen sijoittaminen.....	25
	4.3 Varavoimakoneen huolto ja koekäytöt	27
5	VARAVOIMAKONEEN HANKINTA	28
6	POHDINTA	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	32
	Liite 1. Jakelukaavio varavoimakoneet	32
	Liite 2. VV-Keskuksen Lähtöluettelo	33
	Liite 3. D1-käsikirjan kaapelitaulukko (Tiainen 2013, 96).....	38
	Liite 4. Varavoimakoneen koeajopäiväkirja	39

LYHENTEET JA TERMIT

Δu	jännitehäviö, %
ρ	resistiivisyys, $\Omega\text{mm}^2/\text{km}$
b	kerroin jännitehäviölaskentaan
$\cos\varphi$	tehokerroin
dU	jännite-ero, V
E_v	lähdejännite, V
f	taajuus, Hz
I_B	kuormavirta, A
I_m	magnetointivirta, A
I_s	staattorivirta, A
jX_d	tahtireaktanssi, Ω
k	vakio, joka mallintaa tahtikoneen rakennetta
L	pituus, km
n_s	kierrosnopeus, r/min
p	napaparien lukumäärä, kpl
r	resistanssi, Ω/km
S	Johtimen poikkipinta-ala, mm^2
S_g	generaattorin näennäisteho, kVA
S_N	nimellinen näennäisteho, kVA
THDi	Total Harmonic Distortion Current
U_f	indusoitunut jännite, V
U_M	magnetointijännite, V
U_N	nimellisjännite, V
UPS	Uninterruptible Power Supply
U_s	napajännite, V
x	reaktanssi, Ω/km

1 JOHDANTO

Tässä työssä tarkastellaan Sappi Kirkniemi Oy:n Kirkniemen paperitehtaan varmennettua sähkönsyöttöä ja sen tilaa, keskittyen varavoimalaitoksiin. Tarkoituksena on määrittää esitiedot varavoimakoneen VV20 uusimiselle ja selostaa hankintaprosessia. Työssä ei ole tarkoitus tehdä kokonaisvaltaista suunnitelmaa koneen uusimiseksi, vaan muodostaa riittävät tiedot tarjouspyynnön liitteeksi. Työssä tuotetaan myös varavoimalaitoskeskeinen jakelukaavio.

Kirkniemen tehtaalla tuotantotavoitteet ovat nousseet ja käyntihäiriöiden määrä halutaan mahdollisimman vähäisiksi. Sähkökatkot ovat yksi käyntihäiriöitä aiheuttava tekijä, joten varavoimalaitteiston merkitys on suuri. Tämän perusteella on ilmennyt tarve varavoimalaitteistojen kunnon ja ajantasaisuuden tarkasteluun.

Työ aloitetaan tarkastelemalla Kirkniemen tehtaan sähkönsyötön varmentamisesta vastaavaa laitteistoa. Tehtaan sähkönsyöttöä varmentavat UPS-laitteistot, akustot sekä kolme varavoimalaitosta. Tietojen perusteella muodostetaan jakelukaavio, jossa varavoimalaitokset ovat selvemmin esillä kuin tehtaan aiemmissä dokumenteissa.

Varavoimalaitoksen uusimiseen vaadittavien tietojen määrittäminen aloitetaan selvittämällä sähköverkkoa kuormittavien laitteiden tehot. Tehon laskennassa huomioidaan laitteiden erityispiirteet ja niiden vaikutus varavoimakoneelta vaadittavaan tehontuottoon. Apujärjestelmien osalta lasketaan dieselsäiliön tilavuus halutulle teholle ja käyntiajalle. Varavoimakoneelle määritetään sopiva sijoituspaikka ja -tapa. Lopuksi otetaan kantaa uuden varavoimakoneen huoltoon ja koekäyttöön.

2 VARAVOIMALAITOKSET

Teknistyvässä yhteiskunnassa varavoiman tarve kasvaa jatkuvasti. Yhä useammin rakennetaan kohteita, jotka vaativat jatkuvaa sähkönsyöttöä turvallisuuden takaamiseksi sekä laiterikkojen estämiseksi. Varavoiman tarkoitus on turvata sähkönsyöttö kriittisille kohteille verkkokatkon sattuessa. Koko kiinteistön tai teollisuuslaitoksen sähköverkon kytkeminen varavoiman perään ei ole järkevää sen korkean hinnan ja pienen käyttöasteen vuoksi. Varavoimaan kannattaakin liittää vain tärkeimmät laitteet kuten valaistus, ilmastointi, lämmitys sekä turvallisuuteen liittyä laitteet kuten palohälyttimet ja poistumistievalaistus. Varavoimalaitos on sähkönsyötön varmentamisen keino. Varavoimalaitos koostuu varavoimakoneesta, ohjaus- ja valvontakojeistosta sekä apujärjestelmistä. (CT Industrial Oy - Yleistä 2016; Sandback 2000, 14)

2.1 Varavoimakone

Teollisuuden varavoimakoneet koostuvat dieselmoottorista, tahtigeneraattorista, voimansiirrosta, käynnintärinän eristimistä sekä alustarakenteista. Dieselmoottori toimii varavoimakoneen tehonlähteenä pyörittäen tahtigeneraattorin roottoria. Dieselmoottorin suositellaan olevan suoraruiskutteinen ja monisynterinen. (Sandback 2000, 42-43)

Varavoimakone sijoitetaan yleensä kumielementtityyppisten käynnintärinän eristimien päälle alustarakenteelle. Alustarakenteena käytetään teräspalkkialustaa, jonka välityksellä kone lepää rakennuksen lattialla. Käynnintärinän eristimet on valittava siten, ettei rakennukseen synny vahinkoa varavoimakoneen aiheuttaman värinän seurauksena. (Sandback 2000, 43-44)

Tahtigeneraattori muuttaa dieselmoottorin tuottaman mekaanisen tehon sähkötehoksi. Tahtigeneraattorit muodostuvat kolmivaiheisella käämityksellä varustetusta staattorista ja staattorin sisäpuolella pyörivästä roottorista. Tahtigeneraattorit jaetaan umpinapaisiin ja avonapaisiin koneisiin roottorin rakenteesta riip-

puen. Tahtigeneraattori on staattorirakenteeltaan samanlainen kuin epätahtikone, mutta oikosuljetun häkkikäämityksen sijasta roottorissa on tasasähkölähteellä magneoitava naparakenne. (Hietalahti 2011, 87)

Umpinapaisessa koneessa roottori on sylinterimäinen ja magnetointikäämitys on sijoitettu roottorin uriin. Roottori on valmistettu suuresta rautatakeesta koneistamalla. Sylinterimäisen roottorirakenteen ansiosta, ovat umpinapaisen koneen magneettiset ominaisuudet lähes symmetriset. Tämä tarkoittaa sitä, että magneettivuo pääsee tunkeutumaan roottorirautaan yhtä hyvin magnetoimiskäämin kuin navankin kautta. Umpinapakoneita valmistetaan esimerkiksi höyryturbiinikäyttöihin, joiden tehoalue on 500 - 2000 MVA. (Hietalahti 2011, 87)

Avonapaisessa koneessa käämitys sijoittuu erillisten napojen ympärille. Käämitys rakennetaan joko lattakuparista tai muotolangasta. Avonapaisessa koneessa roottori on magneettisesti epäsymmetrinen: navan suuntaan magneettivuo johtuu hyvin, mutta napavälit johtavat ilmavälinsä takia huonommin. Tyypillisesti hitaasti pyörivät moninapaiset tahtigeneraattorit ovat avonapaisia. (Hietalahti 2011, 87-88)

Generaattorilaitteistot jaetaan neljään eri luokkaan käyttötapojensa mukaan. Luokkaan 1 kuuluvat yleisestä jakeluverkosta erillään toimivat laitteistot, kuten pienet kannettavat tai hinattavat työmaakäyttöön tarkoitetut aggregaatit. Luokkaan 2 kuuluvat yleisestä jakeluverkosta erillään toimivat automaattisella verkovaihdolla varustetut laitteistot. Yleisen jakeluverkon kanssa rinnan käyvät laitteistot kuuluvat luokkaan 3 silloin, kun niiden tuotantoa ei siirretä yleiseen verkkoon. Nämä laitteistot ovat toiminnaltaan ns. paluutahdistuvia laitteita. Luokkaan 4 kuuluvat yleisen jakeluverkon kanssa rinnan käyvät laitteistot, joiden tuotanto voidaan osittain tai kokonaan siirtää verkkoon. (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016)

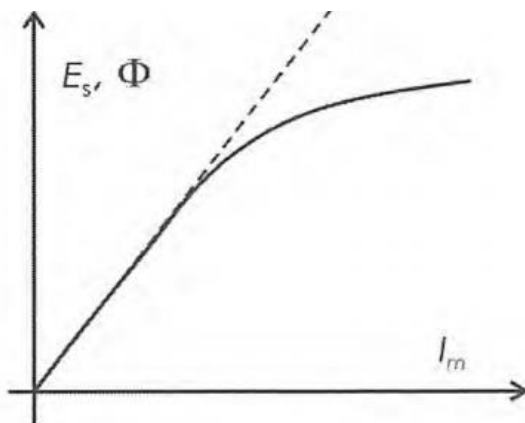
2.1.1 Toiminta

Varavoimakoneen tuottama sähkö tuotetaan tahtigeneraattorilla. Dieselmoottori pyörittää generaattorin roottoria, jonka magnetoimiskäämitykseen johdetaan taavirta. Käämitykseen syntyvä magneettivuo leikkaa pyörimisliikkeen ansiosta staattorin käämisauvoja, synnyttäen staattoriin sinimuotoisesti vaihtelevan kolmivaiheisen lähdejännitteen. Lähdejännitteen taajuus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta ja napaparien lukumäärästä. Napaparimäärä on koneelle aina vakio, joten taajuuden ja pyörimisnopeuden riippuvuus voidaan laskea kaavalla 1. (Hietalahti 2011, 88)

$$f = \frac{n_s}{p} \quad (1)$$

Kaavassa esiintyvä f on taajuus, n_s on kierrosnopeus ja p napaparien lukumäärä. Mikäli tavoite taajuudelle on 50 Hz ja kyseessä on esimerkiksi kaksinapaparinen kone, tulee roottorin pyörimisnopeuden olla 1500 r/min. (Hietalahti 2011, 88)

Pyörimisnopeuden ollessa vakio, voidaan staattoriin indusoituvan lähdejännitteen tasoa säätää muuttamalla roottorin magnetointia. Koneen magneettivuon tasoa saadaan nostettua lisäämällä magnetointivirtaa. Magnetointivirran ollessa nolla, kehittää kone vain pienen, remanenssimagneettivuosta johtuvan lähdejännitteen. Magnetoimisvirran ja lähdejännitteen suhde on havainnollistettu kuviossa 1. (Hietalahti 2011, 88)



KUVIO 1. Tahtikoneen lähdejännite suhteessa magnetoimisvirran kasvuun. (Hietalahti 2011, 88)

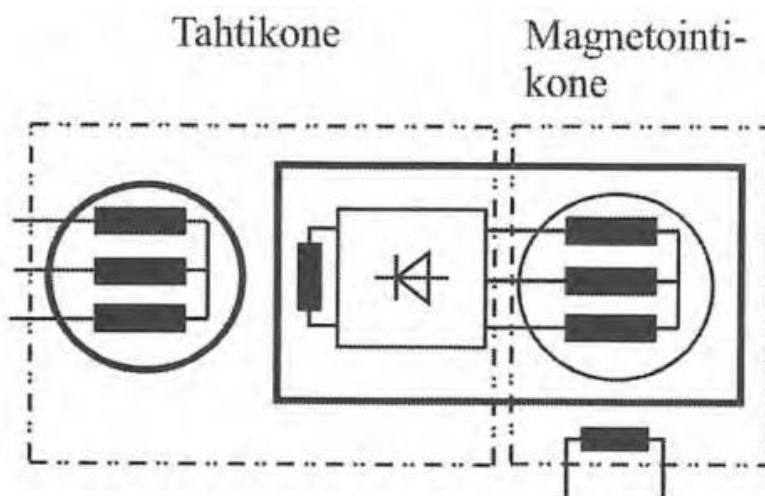
Kuviosta 1 huomataan lähdejännitteen kasvavan alussa magnetoimisvirtaan suoraan verrannollisesti. Magnetoimisvirran ylittäessä tietyn rajan lähdejännitteen kasvu hidastuu, johtuen magneettisesta kyllästymisestä. Indusoituva jännite voidaan laskea yksinkertaisesti kaavan 2 avulla. (Hietalahti 2011, 88-89)

$$E_v = k \cdot I_m \quad (2)$$

Kaavassa esiintyvä E_v on lähdejännite, k on vakio, jolla mallinnetaan koneen rakenne ja kyllästyminen sekä I_m on magnetoimisvirta. Magnetointikäänitys on käytännössä muodostettu suuresta kierrosmäärästä käämilankaa. Suuren kierrosmäärän johdosta käämin vastinpiiriin induktanssi on kohtuullisen suuri, aiheuttaen sähkötekniisesti pitkän 0,5 – 2 sekunnin säätöaikavakion. Tämä tulee huomioida koneen käytettävyydessä. (Hietalahti 2011, 89)

2.1.2 Magnetointi

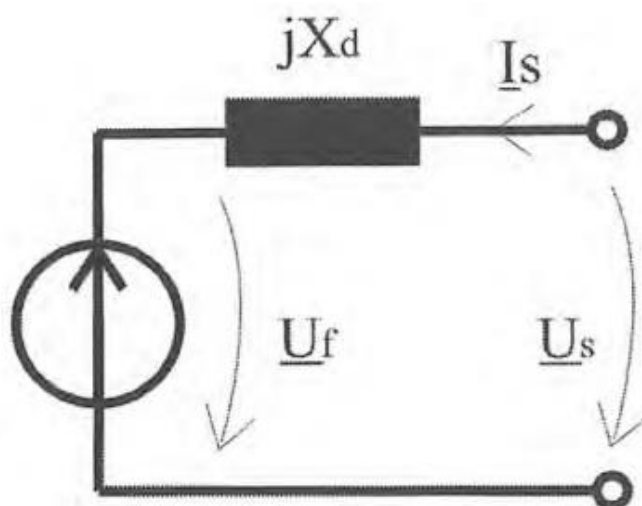
Generaattorin tuottamaa jännitettä säädetään erillisellä magnetointikäänityksellä, joka on käämitty roottoriin. Magnetointi voidaan toteuttaa harjojen avulla tai harjattomasti. Sandback (2000, 47) suosittelee varavoimakone-käyttöön harjatonta rakennetta olevaan kolmivaiheista tahtigeneraattoria. Kuviossa 2 on esitetty harjattomasti magnetoivan koneen toimintaperiaate. (Hietalahti 2011, 89)



KUVIO 2. Harjattoman magnetoinnin toimintaperiaate. (Hietalahti 2011, 89)

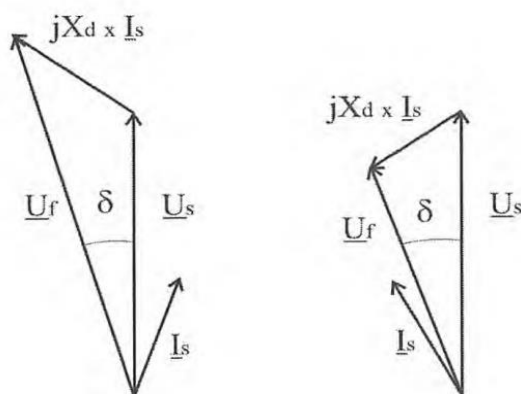
Kuvion 2 mukaisesti magnetointiteho siirretään pyörivään roottoriin magnetointikoneen avulla. Roottoriosa toimii staattorina, johon indusoituu akselin pyöriessä jännite käämityksen johtimien leikatessa magnetointikoneen muodostamaa ta-savuota. Indusoitunut jännite tasasuunnataan ja syötetään pääkoneen magne-tointipiiriin. (Hietalahti 2011, 89)

Tahtikoneen yksivaiheiseen mallintamiseen voidaan käyttää kuvion 3 mukaista Thevenin lähdetä. Kuviossa jännitelähteenä U_f toimii magnetoinnista riippuva indusoitunut jännite ja jX_d mallintaa koneen tahtireaktanssia. U_s on koneen na-pajännite ja I_s on staattorivirta. (Hietalahti 2011, 89)



KUVIO 3. Tahtikoneen yksivaiheinen Thevenin lähde. (Hietalahti 2011, 90)

Kuten kaava 2 osoittaa, tahtigeneraattorin magnetoimisvirralla voidaan säätää koneen tuottamaa jännitettä. Generaattorin ollessa kytkettynä jäykkään verk-koon, ei sen napajännite voi muuttua. Magnetoimisvirran kasvaessa staattori-virta muuttuu niin, että jännitehäviö koneen tahtireaktanssissa kumoaa lähde-jännitteen muutoksen. Staattorivirran pätötehokomponentti ei voi muuttua, koska se riippuu roottoria pyörittävän voimakoneen tehosta. Magnetoimisvirta muuttaa siis vain virran loistehokomponenttia. Pienemmällä magnetoimisvir-ralla, eli alimagnetoituna, kone ottaa verkosta tarvitsemansa loisvirran. Vastaa-vasti ylimagnetoituna tahtigeneraattori tuottaa verkkoon loistehoa. Kuvio 4 ha-vainnollistaa napa- ja lähdejännitteen eroa induktiivisella ja kapasitiivisella staat-torivirralla. (Korpinen 2007, 5)



KUVIO 4. Lähdejännite ja napajännite induktiivisella (vasemmalla) ja kapasitiivisella (oikealla) staattorivirralla. (Hietalahti 2011, 90)

2.1.3 Mitoitus

Varavoimakonetta mitoittaessa on tunnettava konetta kuormittavat laitteet. Eri-laiset kuormat käyttäytyvät eri tavalla. Mikäli varavoimakoneen on tarkoitus syöttää suurta jäähdytysvesipumppua, on huomioitava pumpun käynnistysvirta. Varavoimakoneella on noin 10 sekunnin mittainen käynnistymisviive, jonka aikana kone kerää tarvittavan kierrosluvun sekä jännitteen. Vasta sen jälkeen se kytketään kuormalle. (CT Industrial Oy - Yleistä 2016)

Generaattorin syöttäessä UPS-kuormaa, on tiedettävä UPS:n tehon lisäksi tasasuuntaajan aiheuttama harmoninen särö eli THDi. Särön takia laskennassa käytetään vaadittavalle teholle kerrointa, joka riippuu tasasuuntaajan mallista. Kertoimen valinta voidaan tehdä taulukon 1 avulla. UPS-laitteistoa käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.3.

TAULUKKO 1. UPS-laitteiden kerroin (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016)

Tasasuuntaajamalli	THDi (%)	Kerroin
Kuusipulssinen	28	2,5
Kaksitoistapulssinen	12	1,8
Kaksitoistapulssinen harmonisella yliaalto suotimella	10	1,7
IGBT	< 3	1,5

Taulukosta 1 voidaan valita kerroin, mikäli tiedetään tasasuuntaajamalli. UPS-laitteiston aiheuttama harmoninen särö on myös yleensä ilmoitettu laitteen manuaalissa, jolloin kertoimen valinta voidaan tehdä sen avulla.

Kun tiedetään generaattorin kuormat sekä UPS-laitteen harmonisen särön aiheuttama kerroin voidaan generaattorin teho laskea kaavan 3 mukaisesti. (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016)

$$\text{Kokonaisteho [kVA]} = S_g = \frac{(3 \cdot M1 + M2 + M3 \dots)}{0,8} + R1 + R2 \dots \quad (3)$$

Kaavassa 3 M1 on suurimman moottorin teho [kW], M1...X ovat muut moottorit, 0,8 on generaattorin tehokerroin $\cos\phi$, R1 on lämmityskuorma ja R2 on muut kuormat. Kaavassa M1 on kerrottu numerolla kolme, jolloin huomioidaan suurimman moottorin käynnistymisen aiheuttamaa virtaa. Varavoimakoneen mitoittamisessa on myös huomioitava pitkä käyttöikä ja mahdollinen kuorman kasvu uusien laiteasennusten myötä. Tämän voi huomioida lisäämällä kaavaan 3 lisäkuormaa.

2.2 Ohjaus- ja valvontakojeistot

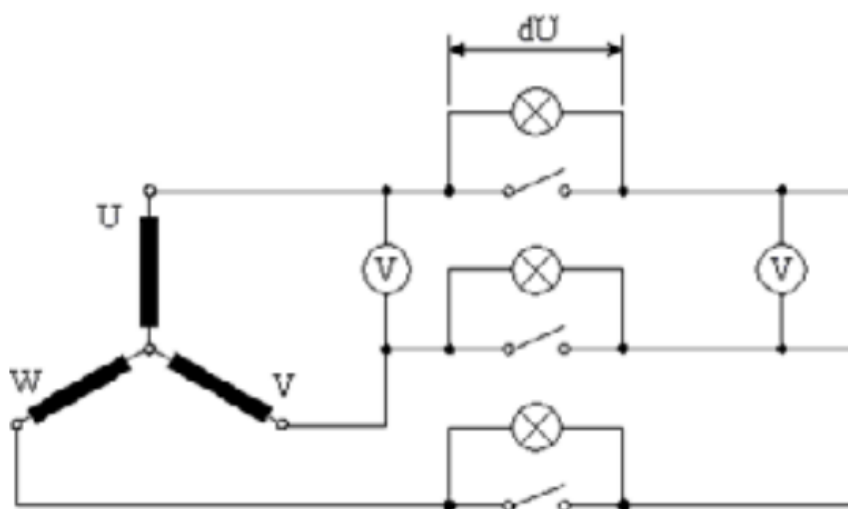
Varavoimalaitoksen ohjaus- ja valvontakojeistoon kuuluvat pääosa varavoimalaitoksen sähkökojeista. Kojeisto on sijoitettu yhteen tai useampaan kojekappiin. Ohjaus- ja valvontakojeisto voidaan jakaa ohjauskojeisiin, suojaus- ja hälytyskojeisiin, mittaus- ja valvontakojeisiin ja pääpiirin kojeisiin. Kojeisto sijoitetaan yleensä varavoimakoneen läheisyyteen kuitenkin niin, että koneen aiheuttama värinä ei pääse vaikuttamaan kojeistoon. Akkujännitteellä toimivien kojeiden käyttöjännitteeksi suositellaan 24 V, jolloin niitä voidaan syöttää käynnistysakustosta, eikä erillistä ohjausakustoa tarvita. (Sandback 2000, 48-49)

Varavoimakoneessa tulee olla mahdollisuus vaihtaa käyttötapaa joko käsikäytölle, automaatille, hätäkäytölle tai seis-tilaan. Käsikäytöllä kone ohjataan manuaalisesti ohjauspaneelista käyntiin. Automaattikäytöllä varavoimakone käynnistyy ohjauskojeiston toimesta. Hätäkäytöllä voidaan konetta käyttää järjestelmän

virheistä huolimatta. Seis-tila on tarkoitettu esimerkiksi huoltoja varten ja silloin kone ei käynnisty verkkokatkoksesta huolimatta. Normaalitylanteessa käyttötapa tulee olla automatiikka-asennossa. (Sandback 2000, 50-52)

Automatiikka-asennossa järjestelmä havaitsee verkkosyötön katkeamisen ja se käynnistää varavoimakoneen. Kun kone saavuttaa ohjearvonsa, kytkeytyy generaattori syöttämään kuormaa. Ohjearvoina toimivat yleensä kierrosnopeus (taajuus) ja jännite. Näiden saavuttamiseen kuuluva käynnistymisviive on noin 10 sekuntia. (CT Industrial Oy - Yleistä 2016)

Varavoimakonejärjestelmä voidaan valmistaa niin, että paluu verkkosyöttöön tapahtuu joko tahdistuksen tai ilman tahdistusta. Tahdistava järjestelmä havaitsee verkkovirran palanneen ja tahdistaa varavoimakoneen verkon rinnalle. Tahdistettaessa generaattoria verkon rinnalle, pyritään koneen tuottaman jännitteen taajuus samaan voimakoneen avulla mahdollisimman lähelle verkon taajuutta. Katkaisija voidaan sulkea, kun sen yli oleva jännite on nolla, verkon ja generaattorin taajuuudet ovat samat ja vaihejärjestys on sama. Oikean katkaisijan sulkemishetken toteamiseksi käytetään apulaitteita. Katkaisijan sulkemisen jälkeen generaattori toimii hetken verkon rinnalla, kunnes kytkeytyy automaattisesti irti. Yksinkertainen lampuilla toteutettu esimerkki tahdistuslaitteistosta on esitetty kuviossa 5. (Korpinen 2007, 7)



KUVIO 5. Yksinkertaistettu generaattorin tahdistuslaitteisto (Korpinen 2007, 7)

Kuvion mukaisen laitteiston volttimittareilla todetaan jännitteen yhtäsuuruus. Jos generaattorin jännite tai taajuus ei vastaa verkon arvoja, lamppujen yli oleva jännite dU poikkeaa nolasta ja lamput palavat. Mikäli tahdistuksen vaatimat arvot vastaavat verkon arvoja, lamppujen yli oleva jännite on nolla ja katkaisija voidaan sulkea. Oikean aikaisella verkkoon kytkennällä vältetään virtasysäys. Nykyään generaattorin tahdistamiseen käytetään automaattista laitteistoa, joka suorittaa taajuuden ja jännitteen säädön ja sulkee katkaisijan oikealla hetkellä. Tahdistuslaitteiston lisäksi rinnankäynti edellyttää suojalaitteistoa, kuten takatehosuojaa, joka estää generaattoria ottamasta verkosta tehoa. (Korpinen 2007, 7; Sandback 2000, 69)

Ilman tahdistusta toimiva järjestelmä havaitsee verkkojännitteen palanneen ja kytkee varavoimakoneen irti kuormasta. Välittömästi tämän jälkeen kytkeytyy verkkosyöttö kuormalle, aiheuttaen kuitenkin pienen katkon. Tällöin järjestelmä tulee suunnitella niin, että täysin katkotonta sähkönsyöttöä vaativia laitteita, kuten ohjauskontaktoreita, syötetään katkottoman UPS-laitteiston kautta. (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016)

Kuorman kytkeydyttyä verkkosyöttöön ja irti generaattorisyötöstä, jää järjestelmä tarkkailemaan verkon stabiilisuutta noin 3-4 minuutin ajan ennen kuin varavoimakone pysäytetään. Jälkikäynnillä on tarkoitus jäähdyttää konetta sekä pitää yllä valmiutta mahdollisen uuden verkkokatkoksen varalta. Ilman tahdistusta toimiva järjestelmä on huomattavasti halvempi valmistaa, mutta koekäyttö kuorman kanssa ei onnistu ilman, että kuorma ensiksi kytetään irti verkosta. Tästä syystä usein päädytään valitsemaan tahdistuksella toimiva kone. (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016; Sandback 2000, 51)

2.3 Apujärjestelmät

Varavoimalaitoksen apujärjestelmiin kuuluvat dieselmoottorin ja generaattorin toimintaan oleellisesti liittyvät toiminnot, kuten käynnistysjärjestelmä, polttoainejärjestelmä, pakoputki, palamisilmaputki, jäähdytysjärjestelmä, varavoimatilan ilmastointi sekä mahdollinen palonsammutusjärjestelmä. (Sandback 2000, 55)

Varavoimakoneen käynnistysjärjestelmä sisältää käynnistysakuston, latauslaitteet ja käynnistyskaapelit. Akusto tulee mitoittaa niin, ettei sen napajännite laske yli 15 % kolmen käynnistysyrityksen jälkeen + 5 °C lämpötilassa käynnistysvirralla. Käynnistyskaapelin mitoituksessa voidaan käyttää lyhytaikaisen virrantiheyden ohjearvona 20 A/mm². (Sandback 2000, 56)

Dieselillä käyvän varavoimakoneen toiminta-aika riippuu dieselsäiliön koosta. Varavoimakoneen kulutus on noin 0,2 litraa kilowattia kohden 75% kuormalla nimelliseen nähden. Kulutus on laskettu FinGen:in varavoimalaitelistan (CT Industrial Oy – Varavoimalaitelista 2016) ilmoittamien kulutusarvojen keskiarvona. Arvoissa otettiin huomioon yli 300 kVA tehoisten koneiden kulutukset.

2.4 Jännitehäviö ja kaapelikoko

Varavoimakoneen automatiikka säätää koneen napajännitettä kuorman mukaan, jotta se pysyisi tavoitearvossaan. Kuitenkin varavoimakoneen sekä syötettävien kuormien välillä tapahtuu jännitehäviötä. Jännitehäviön suuruuteen vaikuttaa oleellisesti kaapelin pituus sekä poikkipinta-ala.

Standardijännitteet on esitetty standardissa SFS-EN 60038. Standardi määrittelee (2012, 10), että jakelujännite ei saisi erota nimellisjännitteestä ± 10 %. SFS 6000-525 (2017, 67) suosittelee, että jännitteenalenema pysyy taulukon 2 mukaisissa rajoissa.

TAULUKKO 2. Jännitteenalenemarajat (SFS 6000-525, 2017, 67)

Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö (%)	Muu Käyttö (%)
A - Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B - Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä	6	8

Sallittu jännitteenalenema riippuu asennuksen tyypistä, sekä käyttökohteesta. Yksityisestä teholähteestä syötettävälle asennukselle (tyyppi B) sallitaan suurempi alenema kuin yleisestä jakeluverkosta syötettävälle (tyyppi A). Valaistuskäyttöille suositellaan pienempää alenemaa kuin muille käytöille. Standardi kuitenkin suosittelee pysymään asennustyyppin A rajoissa, mikäli se on mahdollista. Taulukon 2 antamia jännitteenaleneman arvoja suurempi alenema voi olla sallittu moottorin tai muun suurta käynnistysvirtaa vaativan laitteen tullessa kyseeseen. Jännitteen vaihtelu tulee kuitenkin pysyä laitestandardin määrittämässä rajoissa. (SFS 6000-525 2017, 67)

Varavoimakoneen ja sen varavoimakeskuksen välillä tapahtuva jännitehäviö syntyy niiden välisissä kaapeleissa. Kaapelin aiheuttama jännitehäviö u voidaan laskea kaavan 4 avulla. (SFS 6000-525 2017, 67)

$$u = b \cdot \left(\rho_1 \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos\varphi + x \cdot L \cdot \sin\varphi \right) \cdot I_B \quad (4)$$

jossa b on kerroin (kolmivaiheisille 1, yksivaiheisille 2), ρ johtimen resistiivisyys, L kaapelin pituus, S johtimen poikkipinta-ala, $\cos\varphi$ tehokerroin (oletetaan 0,8), x reaktanssi kilometriä kohden, $\sin\varphi$ tehokertoimen sini (0,6) ja I_B kuormavirta. Kaavasta 4 voidaan johtaa prosentuaalisen jännitehäviön Δu laskentaan kaava 5. (SFS 6000-525 2017, 67-68)

$$\Delta u = b \cdot (r \cdot L \cdot \cos\varphi + x \cdot L \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{S_N}{U_N^2} \cdot 100\% \quad (5)$$

jossa r kaapelin resistanssi kilometriä kohden, S_N kolmivaiheinen nimellisteho ja U_N nimellispääjännite.

3 TEHTAAN VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ

Sappi Kirkniemen tehtaalla kriittiset kohteet pyritään suojaamaan mahdollisen sähkökatkoksen aiheuttamilta laitteiden rikkoutumisilta sekä henkilövahingoilta varmennetulla sähkönsyötöllä. Käytetyt varmennetun sähkönsyötön keinot ovat varavoimakoneet, akustot ja UPS-laitteet.

3.1 Varavoimakoneet

Tehtaalla on kolme varavoimakonetta. Varavoimakoneiden perään on kytketty esimerkiksi valaistusta, UPS-laitteita, akkuvaraajia sekä apulaitteita. Taulukossa 3 on esitetty varavoimakoneiden generaattoreiden kilpitiedot.

TAULUKKO 3. Varavoimakoneiden generaattorien kilpitiedot.

Nimike	Valmistaja	S_N (kVA)	U_N (V)	$\cos\phi$	U_M (V)	I_M (A)
VV20	Strömberg	375	400	0,8	57	29,7
GCG4	FG Wilson	300	400	0,8	42	2,3
DGA	Stamford	670	400	0,8	43	2,5

Taulukossa nimike on tehtaan sisällä käytettävä laitteen nimitieto, S_N nimellinen näennäisteho, U_N nimellisjännite, $\cos\phi$ tehokerroin, U_M magnetointijännite ja I_M magnetointivirta. Kaikki kolme varavoimakonetta toimivat 400 V nimellisjännitteellä. DGA-kone on teholtaan lähes kaksi kertaa suurempi kuin toiset koneet.

Varavoimakoneita koekäytetään kerran kuukaudessa, jotta varmistetaan niiden toimivuus verkkokatkon yllättäessä. Kaikki varavoimakoneet kuuluvat generaattorilaitteiston käyttöluokkaan 3 eli niitä voidaan käyttää verkon kanssa rinnan ja niissä on paluutahdistusominaisuus. DGA ja GCG4 koneita on koekäytetty säännöllisesti, mutta varavoimakone VV20 on viimeksi koekäytetty tammi-kuussa 2012. Sen jälkeen se on vioittunut ja tarvitsee kokonaisvaltaista kunnostusta. Myös GCG4 koneen ohjauskeskus on uusintaa vailla, sillä tämänhetkisiin komponentteihin ei myydä enää vaihto-osia.

3.2 Akustot

Sähkösyötön varmentamiseksi voidaan käyttää myös akustoja. Akuston syöttämät laitteiden on toimittava tasajännitteellä. Akustoilla pystytään varmentamaan sähkösyöttö vain lyhyiden sähkökatkosten aikana, mutta esimerkiksi varavoimakoneella voidaan syöttää akkuvaraaajia ja näin pidentää akuston toimiaikaa.

SFS 6000-5-55 –standardi määrittelee (2017, 11), että kiinteät akustot on asennettava niin, että niihin pääse käsiksi vain ammattitaitoiset tai opastuksen saaneet henkilöt. Yleensä tämä tarkoittaa lukittua tilaa tai koteloa. Tilassa tai kotelossa tulee olla riittävä ilmanvaihto. Akustot on varustettava kosketussuojauksella tai ne on järjestettävä niin, ettei henkilö pääse koskettamaan osia, joiden välinen potentiaaliero on yli 120 V.



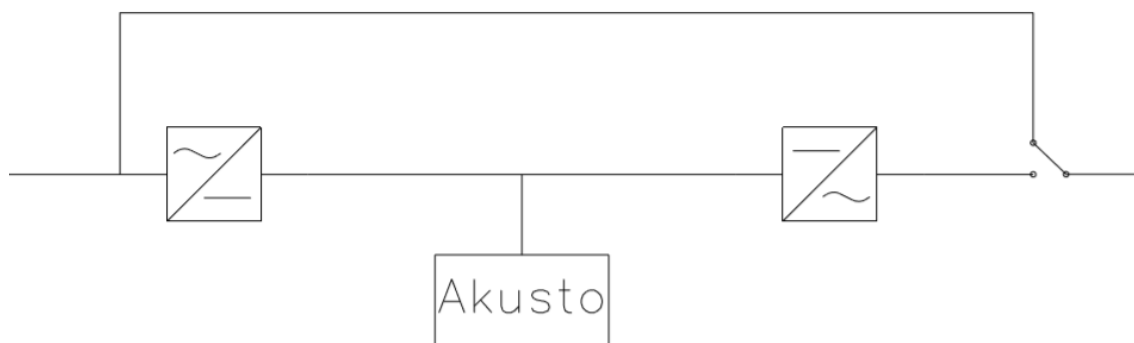
KUVA 1. 220 V akusto.

Sappi Kirkniemessä akustoja käytetään pääasiassa kytkinlaitosten varasyötöinä. Kuvassa 1 on Kirkniemen tehtaalla sijaitseva 220 V akusto. Tehtaalla on myös 125 V akustoja. Varavoimakoneen käynnistysakustoissa, joista automaattikka saa ohjausjännitteensä, jännite on 24 V. Akustoille suoritetaan koeistus kerran vuodessa.

3.3 UPS-laitteet

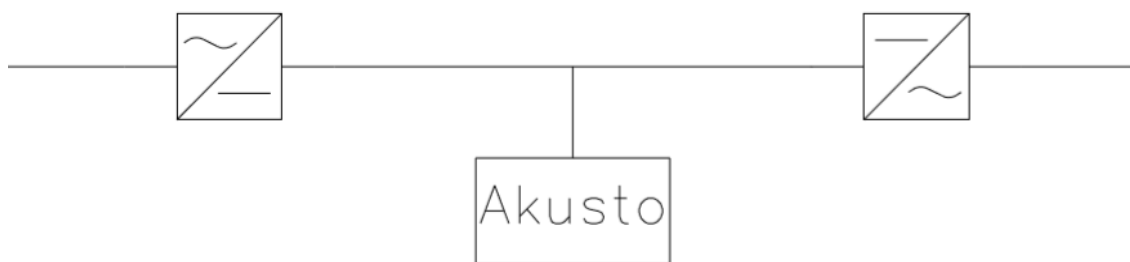
Yleisimmät UPS-laitteet ovat perusidealtaan tasasuuntaajalla ja vaihtosuuntaajalla varustettuja akkuja. Verkkovirta on kytketty tasasuuntaajaan, joka lataa akkua. Akku taas on kytketty vaihtosuuntaajaan, joka toimii UPS-laitteet ulostulona. Tämän tasa- ja vaihtosuuntaamisen ansiosta verkon jänniteenvaihtelut suodattuvat pois.

UPS-laitteita on kahdenlaisia, offline- ja online-malleja. Offline-malli on näistä kahdesta yksinkertaisempi ja siksi myös halvempi. Kuviossa 6 on havainnollistettu offline-mallin toimintaperiaatetta. Normaalitilanteessa verkkovirta on kytketty suoraan kuormalle, eikä virta kulje tasa- ja vaihtosuuntaajan kautta. Tasasuuntaaja kuitenkin lataa akkua jatkuvasti. Verkkokatkon sattuessa siirto UPS:in akustosyöttöön tapahtuu kytkimellä. Tämä kuitenkin aiheuttaa muutaman millisekunnin katkon, joka saattaa aiheuttaa häiriötä elektroniikkakomponentteihin. Jotkut offline-mallit on varustettu jännitteentasaajalla, jolloin niitä kutsutaan line interactive -malleiksi. (Staco Energy Products Co 2013)



KUVIO 6. Offline-UPS toimintaperiaate.

Kuviossa 7 on havainnollistettu online-mallin toimintaperiaatetta. Online-malleissa sähkönsyöttö tapahtuu aina tasa- ja vaihtosuuntaajan kautta, jolloin kytkentäkatkoa ei synny ja verkon häiriöt suodattuvat pois. Online-mallit ovat selvästi kalliimpia kuin offline-mallit ja ne ovatkin tarkoitettu kaikista kriittisimpien kohteiden suojaamiseen. (Staco Energy Products Co 2013)



KUVIO 7. Online UPS toimintaperiaate.

Kirkniemessä käytetyt UPS-laitteet ovat pääasiassa online-malleja, johtuen suojattavien automaatiojärjestelmien kriittisyydestä. Tehtaalta löytyy lähes 30 kappaletta UPS-laitteistoja ja niiden tehot vaihtelevat 8 – 160 kVA välillä. Vanhimmat käytössä olevat laitteistot ovat vuodelta 1996.

3.4 Pääkaavion päivitys

Kirkniemen tehtaalta puuttui sähkönjakelun pääkaavio, jossa olisi huomioitu varavoimakoneet. Sähkökatkotilanteessa sekä tulevien laitteiden suunnittelua helpottaa, jos pystytään nopeasti paikantamaan varavoimakoneet ja niiden yhteys muuhun sähköverkkoon.

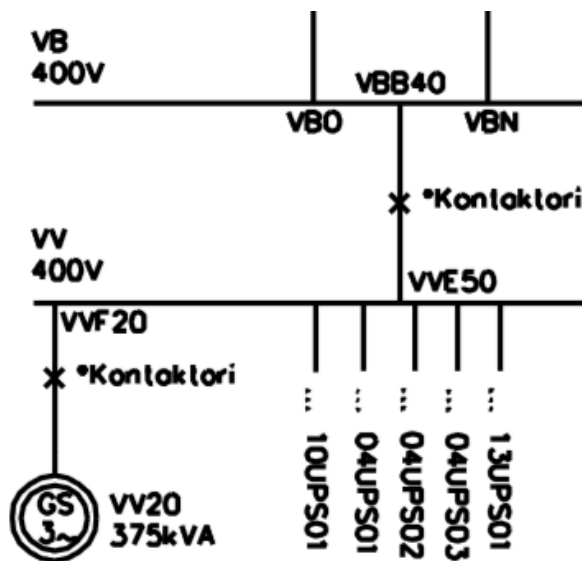
Pääkaaviossa käytettävät piirustuskoot on esitetty standardissa SFS 4415. Piirtämisessä tulee noudattaa mahdollisimman selväpiirteistä esitystapaa mieluummin kuin sijoitella kohteet maantieteellisesti oikein. Johtimet tulee kuvata vain yhdellä viivalla ja ylimääräisiä risteämiä tulee välttää. Kohteet tulee sijoitella pääkaaviolle jänniteportaittain tai vaihtoehtoisesti tehon mukaan ylhäältä alas, vasemmalta oikealle. (Hietalahti 2018)

Kaavion piirtäminen aloitettiin 110 kV ja 10 kV pääkaavion pohjalta yhdistelemällä sitä muiden dokumenttien tietoihin. Yhdistettäviä dokumentteja oli kuusi kappaletta. Kaaviossa käytettiin mahdollisimman yksinkertaista esitystapaa ilman tarkempia laitemerkintöjä ja käytetyt merkinnät olivat Piirrosmerkkikirjan sähköpiirustusten yleiskaavioiden piirrosmerkkien mukaiset (Jumpponen 1999,

138-139). Kaaviosta jätettiin huomiotta sellaiset osa-alueet, jotka eivät olennaisesti liity varavoimaan.

Pääkaavioiden yhdistämisessä esiin tuli haasteita dokumenttien yhteneväisyyksissä. Osa dokumenteista antoi ymmärtää laitteiston olevan erilaisia kuin toiseen dokumenttiin verrattaessa. Osasta kohteista dokumentteja ei ollut saatavilla, joten ne vaativat kenttäkäyntejä. Paikan päällä oli tarkistettava esimerkiksi millainen kytkentälaitteisto on käytössä ja mistä keskuksen kennosta syöttö lähtee.

Kuviossa 8 ovat VB- ja VV-keskukset sekä VV-keskukseen liittyvät varavoimailaitteet. Kuten kuvioista huomataan, piirrosmerkkikirjan sähköpiirustusten yleiskaavioiden mukaisista merkinnöistä (Jumpponen 1999, 138-139) puuttuu esimerkiksi kontaktori, joten yhtenäisen piirustustyylin säilyttämiseksi se on merkitty lisähuomiolla.



KUVIO 8. VB- ja VV-keskukset sekä VV20-kone ja UPS-laitteet.

Jakelukaavioon on merkitty varavoimakoneiden lisäksi 10 kV jänniteluokan turbiinigeneraattorit, sekä varavoimakeskuksiin liittyvät UPS-laitteet. Kaaviossa on myös merkittynä lähtö- ja tulolohkot. Jakelukaavio on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

4 VARAVOIMALAITOKSEN UUSIMINEN

Tarkastelun kohteena on varavoimakone VV20. Varavoimakone koostuu Dorman-dieselmoottorista, Strömberg-generaattorista ja Vata 375 –automaatiikasta. Koneen nimellisteho on 375 kVA ja –jännite 400 V. VV20:n ohjauskeskuksen komponentit ovat vanhoja ja niihin ei löydy varaosia. Varavoimakoneen dieselmoottori on myös seissyt niin kauan, että sen kunnostaminen ei ole kustannusten kannalta järkevää. Dieselmoottori vaatii pitkän seisomisajan jälkeen perusteellisen putsauksen ja huollon. Myös kuormitusta on lisätty varavoimakoneen asentamisen jälkeen. Nämä seikat huomioiden olisi järkevämpää investoida uuteen varavoimakoneeseen, vanhan kunnostamisen sijasta. Kuvasta 2 voidaan huomata VV20-koneen olevan ulkonäöltäänkin vanhempi kuin DCG4-kone.



KUVA 2. Varavoimakoneet DCG4 ja VV20.

4.1 Varavoimakoneen mitoittaminen

Uuteen varavoimakoneeseen päädyttäessä on määritettävä tarvittava teho. Teho voidaan määrittää syötettävien kuormitusten avulla, jotka voidaan tarkistaa lähtöluettelosta (liite 2). Kuormista erikoishuomiota vaatii UPS-laitteistot ja moottorit, niiden aiheuttamien harmonisen särön sekä käynnistysvirran takia.

VV-keskuksen lähdöissä on mukana viisi kappaletta UPS-laitteita, joiden yhteenlaskettu teho on 300 kVA. UPS-laitteiden teknisistä tiedoista selviää, että

niiden kaikkien harmoninen särö pysyy alle 3% kuorman ollessa pääasiassa lineaarisista. Harmonisen särön pysyessä näin maltillisena, käytettäväksi tehokertoimeksi valitaan taulukosta 1. arvo 1,5. UPS:ien varavoimakoneelle aiheuttamaksi kuormaksi laskennassa käytetään siis arvoa 450 kVA.

Kuormien ollessa tiedossa varavoimakoneen teho lasketaan kaavan 3 mukaisesti. Lähtöluettelosta katsottuna suurin moottorikuorma on 11 kW palopumppu. Kolme muuta moottoria huomioidaan ilman kerrointa. Lähtöluettelosta katsottuna yhteenlaskettu teho on 105,6 kW. Yhteenlasketusta tehosta tulee vähentää moottorien teho 44 kW, jotta niitä ei huomioitaisi kahteen kertaan. Jäljelle jäävää kuormaa on siis 61,6 kW ja siihen lisätään UPS-kuormat 450 kVA.

$$S_g = \frac{(3 \cdot 11 + 11 + 11 + 11)}{0,8} + 61,6 + 450 \text{ [kVA]}$$

$$S_g = 594,1 \text{ kVA}$$

Korvaavan varavoimakoneen tehoksi saadaan 594,1 kVA. Ero vanhan VV20-koneen tehon 375 kVA ja laskennan tuloksen välillä on jopa 219,1 kVA. Ero selittyy lisääntyneellä kuormalla, varsinkin UPS-laitteistojen osalta.

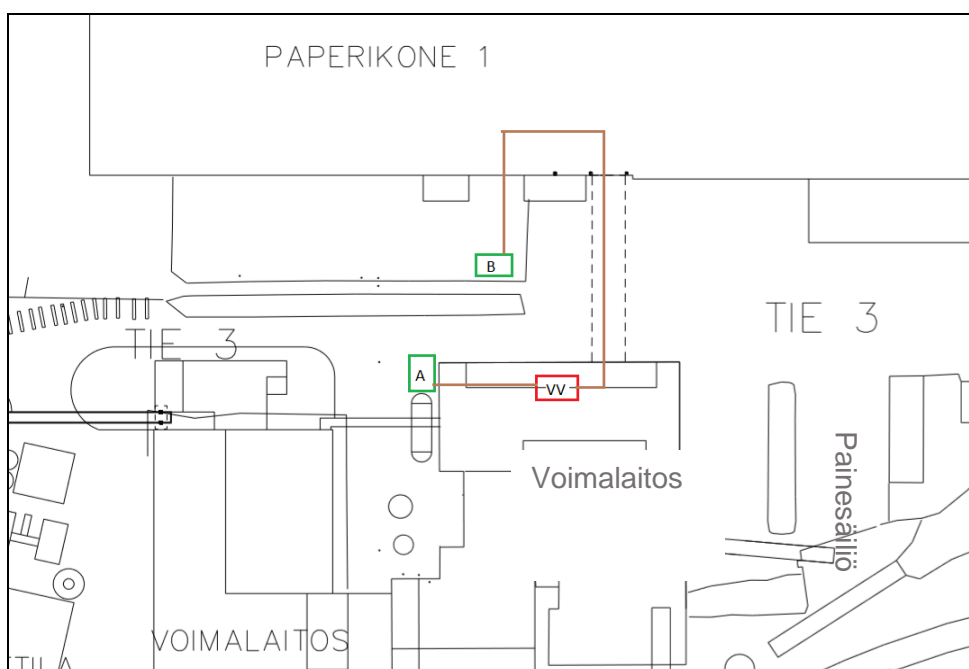
Verkkokatkon tapahtuessa tuotantolaitoksen sähkön syöttötilanne muuttuu yllättäen. Laitteiden alasajo hallitusti vie aikaa ja varavoimakoneen polttoainesäiliön uudelleen täyttäminen ei ole ensimmäinen asia toimenpidelistalla. Tästä syystä dieselsäiliö on mitoitettava tarvittavan suureksi. Toimeksiantajan toiveena on, että varavoimakoneen dieselsäiliö on mitoitettu niin, että kone pystyy käymää 10 tuntia ilman tankkausta. Täydessä verkkokatkossa on pystyttävä luottamaan varavoimakoneen toimintaan, kun prosessin muita kohteita ajetaan hallitusti alas. FinGen:in varavoimalaitelistan (CT Industrial Oy – Varavoimalaitelista 2016) mukaan lasketulla kulutuksella varavoimakoneen kulutus 75% kuormalla kokonaistehosta 594,1 kVA on 95,1 litraa tunnissa. Dieselsäiliön kooksi täytyy valita siis noin 1000 litraa.

4.2 Koneen sijoittaminen

Varavoimakone VV20 sijaitsee voimalaitosrakennuksen sisällä. Tila on erittäin pieni ja koneen ulos saaminen vaikeaa ja kallista, joten se kannattaa jättää paikalleen ja vain purkaa yhteydet sähkökeskuksiin. Voimalaitoksen tiloista ei löydy vapaata tilaa uuden varavoimakoneen sijoittamiseksi. Tästä syystä vaihtoehtoisiksi jäävät uudisrakentaminen tai konttiratkaisu.

Uudisrakentaminen on esteettisempi ratkaisu ja rakennuksen äänieristys on myös parempi kuin konteissa. Konttiratkaisu on kuitenkin näistä kahdesta halvempi sekä helpompi toteuttaa. Kontin paikkaa on myös mahdollista vaihtaa myöhemmin. Kyseessä on tehdasalue, jolloin kontin ulkonäkö tai melu ei olisi ongelma.

Varavoimakoneen kontti kannattaisi sijoittaa mahdollisimman lähelle VV-keskusta, jolloin myös niiden välinen kaapeli pysyy lyhyenä. Tarkasteltaessa voimalaitoksen ympärillä olevaa maastoa järkeviä paikkoja kontille on kaksi. Paikat on esitetty kuviossa 9. Kuviossa näkyvä voimalaitoksen yläpuolinen tila on ajo-tietä ja voimalaitoksen ja painesäiliön välinen tila on kulkureitti, joten näihin paikkoihin konttia ei voitaisi sijoittaa. Muut alueet ovat niin kaukana, etteivät ne tule kyseeseen.



KUVIO 9. Varavoimakoneen sijoituspaikat ja kaapelivedot.

Mahdolliset paikat on merkattu kuvioon vihreällä, VV-keskus punaisella ja kaapelireitit ruskealla. Paikka A on lähempänä VV-keskusta, mutta siihen on sijoitettu tällä hetkellä roskalava. Paikka B on nurmialueella ilman esteitä, mutta sen ja VV-keskuksen välillä kulkee autotie, joten kaapelit täytyisi vetää kaapelitunnelin kautta, jolloin kaapelipituus kasvaisi suoraan reittiin nähden huomattavasti.

Varavoimakonekontin sijoituspaikaksi valittaessa paikka A, tulee kaapelivetoa koneen ja VV-keskuksen välille noin 25 metriä. Kaapelin aiheuttama jännitehäviö voidaan laskea kaavan 5 avulla kun käytetään kappaleen 4.1 laskennan mukaan 594,1 kVA tehoa. Standardin suosittelee asennustyyppin A arvoja ja kuormana on valaistuskuormaa, joten sallittu jännitehäviö on 3%.

$$\Delta u = 1 \cdot (r \cdot 0,025 \cdot 0,8 + x \cdot 0,025 \cdot 0,6) \cdot \frac{594 \cdot 100}{400^2} \cdot 100\%$$

Kaavaa hyödyntämällä saadaan määritettyä sopiva kaapelikoko sekä johdinmateriaali D1-käsikirjan taulukon avulla. Taulukko on liitteenä 3 (Tiainen 2013, 96). Sopivaksi kaapeliksi ja kooksi osoittautui kuparinen 4x70 mm², jonka r on 0,336 Ω/km ja x on 0,082 Ω/km.

$$\Delta u = 1 \cdot (0,336 \cdot 0,025 \cdot 0,8 + 0,082 \cdot 0,025 \cdot 0,6) \cdot \frac{594 \cdot 100}{400^2} \cdot 100\%$$

$$\Delta u = 2,95\%$$

Kuparisella 4x70 mm² kaapelilla päästään 2,95 % jännitehäviöön, joka on alle sallitun 3 % rajan. Mikäli kontin sijoituspaikaksi ei voida valita paikkaa A ja se sijoitetaan paikkaan B, tulee kaapelin pituudeksi yli 100 metriä. D1-käsikirjan taulukon (Tiainen 2013, 96) mukaisilla arvoilla kaapelikoot eivät riitä sallitun jännitehäviön alittamiseen. Tällöin pitäisi kyseinen väli kaapeloida vähintään kahdella 4x185 mm² -kaapelilla, joka on huomattavasti kalliimpaa.

4.3 Varavoimakoneen huolto ja koekäytöt

Varavoimakoneen toiminta varmistetaan säännöllisillä koekäyttöillä. Koekäytössä varmistetaan dieselmoottorin, generaattorin sekä automaatiojärjestelmän toimivuus. Koekäytöistä täytetään koeajopäiväkirja ja siihen merkataan oleelliset tiedot. Koekäyttöväli tulisi suorittaa 1-4 viikon välein ja se tulee kestää vähintään 30-45 minuuttia, jotta kone ehtii saavuttamaan normaalikäyntilämpötilansa. (Sandback 2000, 113-114)

Vanhan VV20-koneen koeajopäiväkirjaa on merkattu vaihevirratt, pätö- ja loisteho, taajuus, dieselveiden ja -öljyn lämpötila, dieselöljyn paine sekä varastosäiliön pinta. Mittaustietojen lisäksi koeajon aikana suoritetaan aistinvaraisia havaintoja. Niillä pyritään tunnistamaan laitteiston epänormaalia käytöstä, esimerkiksi normaalikäyntiin kuulumatonta ääntä tai öljyvetoja. Mittaukset on otettu tunnin koeajon aikana neljä kertaa. Koeajopäiväkirja 1.1.2012 on liitteenä 4.

Koneen valmistaja määrittää ohjeet koeajosyklille sekä -tavalle. Aikaisemmin varavoimakonetta VV20 on koeajettu kerran kuukaudessa tunnin ajan, kuorman kanssa, verkon rinnalla. Tämä koeajosykli olisi suositeltavaa säilyttää myös uuden varavoimakoneen kanssa, jotta pysytään Sandbackin korkeintaan neljän viikon suosituksessa koekäyttösyklille (2000, 113).

Verkon kanssa rinnan tehtävän koeajon lisäksi suositeltavaa olisi suorittaa blackout-testi kerran vuodessa. Testissä verkkokatkaisija avataan manuaalisesti ja tarkastellaan varavoimakoneen starttaamista ja käyntiä. Käynnin aikana täytetään sama koekäyttöpäiväkirja kuin muissa koeajoissa. Black out -testi täytyy tehdä suunnitellusti esimerkiksi juhannusseisokin yhteydessä siitä aiheutuvan katkon johdosta. Black out -testissä saadaan testattua hallitusti todellista katkotilannetta vastaava tilanne. (Suomen Diesel Voima Oy 2019)

Varavoimakoneen valmistaja määrittää myös laitteistolle huolto-ohjeen. Tyypillinen huoltoväli on noin 300 tuntia. Tämän lisäksi on suoritettava vuosihuolto, joka sisältää ainakin moottoriöljyn ja koneen suodattimien vaihdot sekä kiilahihnojen kunnon ja kireyden tarkistuksen. Samalla huoltoyritys suorittaa koekäytön ja aistinvaraisen tarkastuksen laitteistolle. (CT Industrial Oy - Suunnittelu 2016).

5 VARAVOIMAKONEEN HANKINTA

VV20 -varavoimakonetta ei ole järkevää kunnostaa sen kustannusten sekä puuttuvan tehon takia. Mikäli kohteen sähkönsyöttö halutaan pitää varmennettuna, uuden koneen hankinta on suositeltavaa. Uusi varavoimakone tulee olla verkkoon tahdistuva, jotta kuormalla suoritettavat koekäytöt ovat mahdollisia ilman syöttökatkoa. Järjestelmän tulee sisältää muut verkon rinnalla käynnin edellyttämät laitteistot.

Edullisin ja helpoin vaihtoehto olisi konttiratkaisulla toteutettu varavoimakone. Kontti voidaan sijoittaa voimalaitoksen sisäpihalle, aivan vanhan varavoimakoneen läheisyyteen. Tällöin kaapeliveto pysyy kohtuullisen 25 metrin mittaisena ja kaapelikoolla 4x70 mm² pysytään sallituissa jännitteenaleneman arvoissa.

VV-keskuksen kuormat ovat lisääntyneet huomattavasti VV20-koneen asentamisen jälkeen ja tästä johtuen joudutaan hankittavan varavoimakoneen tehoa kasvattamaan. Laskennallinen tulos varavoimakoneen teholle on 594,1 kVA. Osa laitteista ei käynnisty automaattisesti sähkökatkoksen sattuessa, vaan ne pitää käynnistää manuaalisesti. Tästä syystä hieman pienempitehoinen kone sopisi tämän hetkiseen tilanteeseen. Kuitenkin uuden koneen hankinnassa kannattaa huomioida myös tulevaisuudessa mahdollisesti lisääntyvä kuorma. Mikäli päädytään tämän teholuokan varavoimakoneeseen, tulee dieselsäiliön tilavuus olla 1000 litraa, jotta toivottu 10 tunnin käyntiaika on mahdollinen.

Varavoimakoneen hankinta aloitetaan pyytämällä tarjouksia toimittajayrityksiltä. Toimittajien kanssa yhteistyössä selvitetään tarjouksen laatimiseksi tarvittavat tiedot. Tarjouksissa huomioitavaa hinnan lisäksi on varaosien saatavuus, sekä huollon tuki. Sappi Finlandissa hankinnat voidaan tehdä joko kunnossapitobudjetista tai investointikäytännön kautta. Kunnossapitobudjetti on tarkoitettu akuutteihin korjauksiin ja varavoimakoneen uusimisen kaltainen, ei-akuutti hankinta, kannattaa hankkia investointikäytännön kautta.

Investointikäytäntö alkaa alueella esiin tulleen investoinnin tarpeesta. Kohteesta muodostetaan investointiesitys, joka sisältää kustannusarvion sekä muut oleelliset tiedot. Esitykset käydään läpi alueen, tässä tapauksessa voimalaitoksen, kesken. Kaikki esitykset järjestetään tarpeen ja kiireellisyyden mukaan ja niistä tärkeimmät laitetaan koko tehtaan investointiesityslistalle. Tämä lista järjestetään myös ja niistä tärkeimmät viedään seuraavalle portaalle Sappi Eurooppaan. Vasta kun investointiesitys saa hyväksynnän Sappi Euroopan tasolla, myönnetään siihen rahat ja toimittajayrityksen tarjous voidaan hyväksyä.

Tarjouksen hyväksymisen jälkeen toimittaja ryhtyy tarkempaan kohteen suunnitteluun. Varavoimalaitoksen suunnittelussa tulee huomioida laaja-alaisesti kohteen vaatimukset. Esimerkiksi LVI-suunnittelija toteuttaa ilmastoinnin suunnittelun ja rakennussuunnittelija huolehtii, ettei laitos aiheuta kuormitusta muille rakenteille (Sandback 2000, 11-12).

6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli määrittää esitiedot varavoimakone VV20 uusimiselle ja selostaa hankintaprosessia. Esitietoja voidaan käyttää tarjouspyyntöä tehdessä. Työssä selvittyjä esitietoja uudelle koneelle olivat kuorman vaatima tehontuotto, koneen sijoituspaikka ja -tapa, dieselsäiliön tilavuus sekä huoltosykli.

Kuorman vaatimaksi tehoksi saatiin 594,1 kVA, joka on 219,1 kVA enemmän kuin vanhan koneen nimellisteho. Laskennan tulos voidaan arvioida olevan lähempänä todellista vaadittavaa tehoa, sillä kohteeseen on lisätty kuormaa vanhan koneen asentamisen jälkeen. Mikäli näin suuritehoinen kone osoittautuu liian kalliiksi hankinnaksi, tarvitsee varavoimalaitosta kuormittaville laitteille tehdä tarkempi tarkastelu ja määrittää kriittisimmät laitteet sekä tulevat laitelisäykset. Mikäli vähemmän kriittiset laitteet voidaan katkoksessa jättää ilman sähkönsyöttöä ja kohteeseen ei ole tulossa laitelisäyksiä, voidaan valita pienempi varavoimakone.

Työn tavoitteena olleet esitiedot saatiin määritettyä, joten työtä voidaan pitää onnistuneena. Työssä tuotetusta jakelukaaviosta on toimeksiantajalle hyötyä sellaisenaan ja se toimii pohjana mahdolliselle tarkemmalle varavoiman jakelukaavioille. Työlle mahdollinen jatkotoimenpide on kokonaisvaltainen varavoimalaitoksen suunnitelma. Tämä kuitenkin edellyttää myöntävää investointipää-
töstä.

LÄHTEET

CT Industrial Oy – Suunnittelu 2016. Luettu 9.4.2019.

<https://www.fingen.fi/suunnittelu/>

CT Industrial Oy – Varavoimalaitelista 2016. Luettu 9.4.2019.

<https://www.fingen.fi/varavoimalaitteet/>

CT Industrial Oy – Yleistä 2016. Luettu 9.4.2019.

<https://www.fingen.fi/yleista/>

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja Sähkökoneet. Tampere: AMK Kustannus Oy
Tammertekniikka

Hietalahti L. 2018. Teollinen sähkösuunnittelu –kurssimateriaali. Luettu 9.4.2019.

Jumpponen E. 1999. Piirrosmerkkikirja. 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy

Korpinen L. 2007. Sähkökoneet, osa 2. Luettu 19.4.2019

http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf

Sandback I. 2000. Varavoimalaitokset 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy

SFS-EN 60038 -Standardi 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

SFS 6000-5-25 -Standardi 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

SFS 6000-5-55–Standardi 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Staco Energy Products Co 2013. Luettu 4.8.2019

<https://web.archive.org/web/20131004222451/http://www.stacoenergy.com/ups/on-line-uninterruptible-power-supply.htm>

Suomen Diesel Voima Oy 2019 Blackout-testi. Luettu 19.4.2019

<https://www.dieselvoima.fi/blackout-testi/>

Tiainen E. 2013. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 21. painos.
Espoo: Sähköinfo Oy

Liite 2. VV-Keskuksen Lähtöluettelo

LÄHTÖ	VANHAPOS.	NIMI	PKW	I/A	SULAKE	VAROKE	KONTAKTORI	LÄMPÖRELE	VIIRIAM	KYT.	KAAPeli	HUOMAUTUS	REV. Pvm.	REV. Nimi
VVA10	VV67	KATTILLA 2 PÄÄHÖYRYVENTTIILI GH-75033	1,5	4,3	10	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU6,0		SV	MCMK 3*1,5+1,5			
VVA20	VV74	VASTAPAINNE REDUKTOHÖYRY 2 HS-75421	2,2	5,5	16	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU6,5		SV	MCMK 3*2,5+2,5			
VVA30	VV75	TURBIINI 2 MP-HÖYRY SULKUVENTTIILI HS-75398	3	7,6	16	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU6,5		SV	MCMK 3*2,5+2,5			
VVA40	VV66	KATTILLA 2 PÄÄHÖYRYVENTTIILIN OHITUSVENTTIILI HS-75034	0,37	1,7	10	OS32D12 32A	230V	TA2SDU1,8		SV	MCMK 3*1,5+1,5		15.2.08	C/TLL
VVA50	VV69	2- TURPININ HÄTÄALO TURBIINI 2 MP-HÖYRY SULKUVENTTIILI HS-75371	0,75	2,1	10	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU2,4		SV	MCMK 3*1,5+1,5			
VVA60	VV70	VASTAPAINETUKIN YHDYSLUNAN SULKUVENTTIILI HS-75372	0,75	2,1	10	OS32D12 32A	230V	TA2SDU2,4		SV	MCMK 3*1,5+1,5			
VVA70	VV71	SULKUVENTTIILI HS-75032	0,75	2,1	10	OS32D12 32A	230V	TA2SDU2,4		SV	MCMK 3*1,5+1,5			
VVB10	VV56	10ST23 TILAN VALOT TAILUN TAKAPUOLI (VANHA VALVOMO)			10	OS32D12 32A	A9-30-10-90 4KW/ 230V			S	MJIMV 4*1,5			
VVB20	VV57	KATTILLA 2 VARAVALOT			10	OS32D12 32A	A9-30-10-90 4KW/ 230V			S	MJIMV 4*1,5			
VVB30	VV58	10 KV KYTKINLAITOS VALOT			10	OS32D12 32A	A9-30-10-90 4KW/ 230V			S	MMU 4*1,5			
VVB40	VV64	KATTILLA 2 LUVOJEN OHITUSPELTI, HS-75116	1,5	3,4	10	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU4,0		SV	MCMK 3*2,5+2,5	LÄTE EI KÄYTTÖSSÄ, PIRTAI KORJATA KÄYTTÖNTOSSA!	15.2.08	C/TLL
VVB50	VV65	KATTILLA 2 KÄYNNISTYKSEN SÄÄTOVENTTIILI GH-75031	1,5	3,4	6	OS32D12 32A	230V	TA2SDU1,0		SV	MCMK 3*1,5+1,5		15.2.08	C/TLL
VVB60	VV66	SULKUVENTTIILI HS-75032	0,25	0,85	6	OS32D12 32A	230V	TA2SDU1,0		SV	MCMK 3*1,5+1,5		15.2.08	C/TLL
VVB70	VV72	TURBIINI 2 MP-HÖYRY SULKUVENTTIILI HS-75598	0,75	2,1	10	OS32D12 32A	2/A9-30-10-90 4KW/ 230V	TA2SDU2,4		SV	MCMK 3*1,5+1,5	LÄTE EI KÄYTTÖSSÄ, PIRTAI KORJATA KÄYTTÖNTOSSA!	15.2.08	C/TLL
VVC10		ETUKOJE SIJOJA-AUTOMAATILLE VVIC0F1...F58			100	OS12SD12				SU				
VVC20F01	VV29L1.L2	I-KATTILAN INSTRUMENTOINTI APUTAULUJEN SYÖTTO				ABB STOTZ S263C16				SU	MMU 4*2,5			
VVC20F02	VV35L1.L3	AKKUIEN VARAVALSATE				ABB STOTZ S263C16				SU	MJIMV 4*2,5			
VVC20F03	VV34L1.L3	TUOREVESTITÄLÄ APT 3 (PT01-PT02)				ABB STOTZ S263C16				SU	MCMK 3*6+6		23.12.03	A/AHX
VVC20F04		VARA				ABB STOTZ S263C16				SU				
VVC20F05		VARA				ABB STOTZ S263C16				SU				
VVC20F06		VARA				ABB STOTZ S263C16				SU				
VVC20F07		VARA				ABB STOTZ S263C16				SU				
VVC20F08	VV48L2	PCT U1 AKKUVARAAJA				ABB STOTZ S261C16				SU	MMU 3*2,5S			
VVC20F09	VV38L3	VARAVOIMAKONEEN LÄMMITYS				ABB STOTZ S261C16				SU	MMU 3*2,5S			
VVC20F10		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU				
VVC20F11		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU				

M-real Oyj
Kirkonmäki
22.12.2003 AH-Control Oy
Antti Haapasari

LÄHTÖLUETTELO
VV-keskus 400V 630A
Sijainti: 10ST21 VOIMALAITOS K1/K2 +46,100 L-O-1-2
Syytö: VVB40

Sivu: 1 / 5
Tulosetä: 8.4.2019
Dok.no: 11001485
Rev.: D:02 30.05.2013 VPM

2(5)

M-real Oyj
Kirjuri
22.12.2003 AH-Controll Oy
Antti Haapasari

LAHTOLUETTELO
VW-ohjelmus 400V/630A
VOIMALAITOS K1, K2 +46,100 L-O-1-2
Sijainti: 10ST21 VOIMALAITOS K1, K2 +46,100 L-O-1-2
Spidex/VBB40

Siw: 2 / 5
Tulostettu: 8.4.2019
Dok.nro: 11001485
Rev.: D02 30.05.2013 VPM

LAHTO	VANHAPOS.	NIMI	PKW	I/A	SUAKE	VAROKE	KONTAKTORI	LAMPÖRELE	VRTAM	KTT.	KAAPELI	HUOMAUTUS	REV. Pvm. Nimi
VVC20F12		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F13		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F14		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F15		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F16		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F17		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F18		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F19		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F20		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F21		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F22		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F23		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F24		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F25		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F26		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F27		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F28		VARA				ABB STOTZ S261C16				SU		1~	
VVC20F29	VV91L.L.L3	GENEER. 2 PÄÄOHYRVENTTILU HS- 72502				ABB STOTZ S263C10				SU	MMU 5*1,5S		
VVC20F30		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F31		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F32		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F33		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F34		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F35		VARA				ABB STOTZ S263C10				SU		3~	
VVC20F36	VV98L.1	VV-KON. AKKUJEN LATAUS				ABB STOTZ S261C10				SU	MLJMW 2*(2+2.5)		
VVC20F37	VV99L.3	24V MERKKILAMPUNLÄMITYS				ABB STOTZ S261C10				SU	MMU 3*2,5S		

3(5)

M-haal Oyj
Kittienmäki
22.12.2003 AH-Control Oy
Antti Haapasari

LAHTOLUETTELO
VY-keskus 400V 630A
Sijainti: 10ST21 VOIMALAITOS K1,K2 +46.100 L-O/1-2
Syyntö: VBB40

Siw: 3 / 5
Tuloslehti: 8.4.2019
Dok.nro: 11001485
Rev.: D:02 30.05.2013 VPM

LAHTO	VANHAPOS.	NIMI	PKW	IA	SULAKE	VAROKE	KONTAKTORI	LAMPÖRELE	VRTAMKYT.	KAAPELI	HUOMAUTUS	Pvm.	REV. Nimi
VVC20F36		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU		1~		
VVC20F39	VV40L3	ALDIK-KAAPIN 7-P66 AM4 PUHALLIN				ABB STOTZ S261C10 ABB STOTZ S261C10			SU	MMU 3*1,5S			
VVC20F40	VV42L1	LIERION VESILASISYLH. VAS.				ABB STOTZ S261C10			SU	MLJM 3*1,5			
VVC20F41	VV42L2	LIERION VESILASISYLH. OIK.				ABB STOTZ S261C10			SU	MLJM 3*1,5			
VVC20F42	VV42L3	LIERION VESILASISYLH. VAS.				ABB STOTZ S261C10			SU	MLJM 3*1,5			
VVC20F43		SÄHKÖTILAN 10ST21 TURVAVALOT				ABB STOTZ S261C10			SU	MMU 3*1,5S		30.5.13	VPM
VVC20F44	VV43L2	SÄHKÖTILAN 46.10 VALAISTUS 10ST21				ABB STOTZ S261C10			SU	MLJM 3*1,5			
VVC20F45	VV43L3	SÄHKÖTILAN 42.50 VALAISTUS 10ST11				ABB STOTZ S261C10			SU	MLJM 3*1,5			
VVC20F46		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F47		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F48		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F49	VV45L1	ÖLJYPOLTIKESKUS 27-P10				ABB STOTZ S261C10			SU	MMU 3*1,5S			
VVC20F50	VV47L1	KEKSIKSEN JÄNNITTEENVALVONTA PROCOLIN SYOTTO				ABB STOTZ S261C10			SU	SISÄINEN JOHDOTUS			
VVC20F51	VV47L2	ZKRK2				ABB STOTZ S261C10			SU	MMU 3*1,5S			
VVC20F52		EHLIN APULAITTEET				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F53		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F54		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F55		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC20F56		VARA				ABB STOTZ S261C10			SU				
VVC30	VV49	VENTTIKESKUS SÄHKÖTILAN 10ST23 VALAISTUS (VANHA VALVOKO)			63	OS63012	AG-30-10-90 4kW/ 230V		SU	MCMK 4*16-16S			
VVC40	VV55				10	OS32012 32A			S	MMU 5*1,5S		15.2.08	CTLU
VVC50	VV50	TURVA- JA OPASTEVALOKESKUS V-KYTKINLAITOS PAINELMAMONIPRESSOIT			35	OS63012			SU	MCMK 4*10			
VVD10	VV23	KATTILA 2 UPS-LAITTEISTO 10UP901 TILASSA 10RK31	11	23,4	50	OS125D12			SU	MCMK 3*10-10		15.2.08	CTLU
VVD20					80	OS125D12			SU	MMU 5*25S			
VVD30	VV26	IL-TURPIININ KESKUS ETUKOJE	38,2	82,48	160	OESA 250DV12P-L-3			SU	MCMK 3*50-25		15.2.08	CTLU
VVD40		OHJAUSJÄNNITTEENVALVONNALLE			35	OS63012			SU				

4(5)

Merial Oyj
Kivimäki
22.12.2003 AH-Control Oy
Antti Haapasari

LÄHTÖLUETTELO
V-versio 400V 630A
Sijainti: 10ST21 VOIMALAITOS K1 K2 +46:100 L-O-1-2
Syynd:VBB40

Sivu: 4 / 5
Tulostettu: 8.4.2019
Dok.nro: 11001465
Rev.: D:02 30.05.2013 VPM

LÄHTÖ	VAHAPOS.	NIMI	PKW	I/A	SULAKE	VAROKE	KONTAKTORI	LÄMPÖRELE	VRTAM/KT.	KAAPELI	HUOMAUTUS	REV.	Nimi
VVD50		OHJAUSJÄNNITTELMUUNTAJA 400/230V 16kVA									400V+/-2x2.5%/230V 16kVA		
VVE10	VV22	VOIMALAITOKSEN HISSI			50	OS125D12			SU	MCMK 3*10-10			
VVE20	VV17	RISTIKKENTÄHUONE 2 PALO- JA KAASUVAARAN			100	OS125D12	A16-30-10-10-80		SU	MMU 525S			
VVE30	VV05	HÄLYTYSIREINIT	5		16 AAM	OS63D12	7.5kW A30-30-10-80 15kW/ 230V	TA25DU14	S	MCMK 3*2.5+2.5		15.2.08	CTLI
VVE40		VARA 11 kW				OS63D12			S				
VVE50	VV21	VARAVOIMAKESKUS VERKKOSYÖTTÖ			630	OESA 630D			SU	2*(MCMK 3*165+95)		16.1.08	BAHX
VVF10	VV14	MERKKI- JA TURVAVALOKESKUS			160	250DV12PL-3 OESA 630D			SU				
VVF20	VV20	VARAVOIMAGENERAATTORIN SYÖTTÖ			500	3PL-3 OESA 630D	A750-30-11 230VAC	EB00DU 250-900A	S	2*(MCMK 3*165+95)		16.1.08	BAHX
VVG10	VV06	KATTILA 2 POLTTOÖLJYPUMPPU 1	11	22	63	OS63D12	A30-30-10-80 15kW/ 230V	TA25DU25	S	MCMK 3*10-10		15.2.08	CTLI
VVG20	VV07	KATTILA 2 POLTTOÖLJYPUMPPU 2	11	22	63	OS63D12	A30-30-10-80 15kW/ 230V	TA25DU25	S	MCMK 3*10-10		15.2.08	CTLI
VVG30	VV10	PALOPUMPPU PIENI	11	22	63	OS63D12	A30-30-10-80 15kW/ 230V	TA25DU25	S	MCMK 3*10-10		15.2.08	CTLI
VVG40	VV25	K3 UPS:N SYÖTTÖ PK1-PK2 UPS-JÄNNITEJAKELUN SYÖTTÖ			63	OS63D12			SU				
VVG50	VV19				250	OESA 630D 3PL-3	A9-30-10-80 4kW/ 230V		SU	AMCMK 3x120AL+41CU		16.1.08	BAHX
VVH10		VARA 3 kW				OS32D12 32A	A16-30-10-10-80 7.5kW		S				
VVH20		VARA 5.5 kW				OS32D12 32A	A30-30-10-80 15kW/ 230V		S				
VVH30		VARA 11 kW				OS32D12 32A			S				
VVH40	VV16	160 kVA:N UPS:N (VA17) VARA SYÖTTÖ			160	OESA 400 D3			SU				
VVH50		VARA 45 kW				OS160D12	A95-30-00-230VAC		S				
VVJ10	VV32L1.L3	II-KATTILAN NUOHONKESKUS Z7-P9	5.12	14.64	20	OS32D12 32A			SU	MCMK 4*16		15.2.08	CTLI
VVJ20	VV33L1.L3	II-KATTILAN INSTRUMENTOINTI L1-VAIHE			25	OS32D12 32A			SU	MCMK 3*10-10			
VVJ30	VV13-42-11	TURPIINIKESKUS T2K			20	OS32D12 32A			SU				
VVJ40	VV36L1.L3	HÖYRYNÄKELYN INSTRUMENTOINTI			20	OS32D12 32A			SU	MCMK 3*6+6			
VVJ50	VV37L1.L3	VOIMALAITOKSEN VARAVALOT			20	OS32D12 32A			SU	MCMK 3*6+6			
VVJ60		VARA				OS32D12 32A			SU				
VVJ70	VV46L1	PT-APUJÄNNITTEET			25	OS32D12 32A			SU	MMU 375S			

Liite 3. D1-käsikirjan kaapelitaulukko (Tiainen 2013, 96).

Johtimien poikkipinta A/mm ²	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Liite 4. Varavoimakoneen koeajopäiväkirja

Elektro-Diesel Oy
atp

VARAVOIMALAITOKSEN TOIMINTAKUNNON VARMISTUS

14.10.1996

1(2)

Laitos: ENVE

Koestuspäivä: 17.2012

Koestuksen suorittajat: OTPA

Ilmoitus annettu ennen koekäyttöä: VALVOMO nimi Puhelin

Ilmoitettu koekäytön päättymisestä ja tuloksista: VALVOMO nimi Puhelin

Koestuksen tulokset: Kaikki kunnossa:

Tarkistettavaa:

ks. huomautukset

Puutteet ja viat korjattu: nimi päiväys

1. Tarkistukset ennen käynnistystä :

1.1 Hälytykset :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.7 Voitefuoljyn määrä :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
1.2 Vuodot :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.8 Mekaanisesti kunnossa :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
1.3 Intotavarat :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.9 Akustojen kunto :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
1.4 Nestemäärä :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.10 Verkkovaraajat :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
1.5 Polttoaine määrä :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.11 Lamputtesti :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
1.6 Polttoainem pumppaus :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	1.12 Ilmoitukset koeajosta :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>

2. Tarkistukset käynnistyksen jälkeen :

2.1 Käikkäynnistyks :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	2.7 Gen.jännite :	<u>470</u> VAC
2.2 Vuodot :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	2.8 Verkköjännite :	<u>480</u> VAC
2.3 Öljypaine :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	2.9 Gen.taajuus :	<u>50</u> Hz
2.4 Mekaanisesti kunnossa :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	2.10 Kirjaa tyhjättyne arvot :	<input checked="" type="checkbox"/> Kirjattu
2.5 Ilman kierros :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	2.11 Käsiöitytys :	ok <input checked="" type="checkbox"/> huom No: <input type="text"/>
2.6 Pyörivät lauvri :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>		

3. Kuormitusajo :

3.1 Käänntä KOE-asentoon :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	3.6 Takaisin AUTOM. :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
3.2 Käynnistymisen :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	3.7 Gen.katk. avatuminen :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
3.3 Tahdistuksen :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	3.8 Jälkikäynnitys :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
3.4 Kuorman otto :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	3.9 Pysäyttymisen :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
3.5 Arvojen kirjaus :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>				

4. Hälytys ja jälleenantojen testaus :

4.1 Hälytys :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	4.4 Yhteisohjelys :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
4.2 Paikallishälytys :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	4.5 Hälytyksen kaittaus :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
4.3 Jälleenanto :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>				

5. Lopputarkastukset :

5.1 Laitos AUTOM :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	5.3 Mekaanisesti kunnossa :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>
5.2 Muut käyttö AUTOM :	ok <input type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>	5.4 Ilmoitukset :	ok <input checked="" type="checkbox"/>	huom No:	<input type="text"/>

Huomautukset ja kirjatut arvot käänntäpuolella →

