

Mika Nikula

Petrokemian laitoksien varavoimaverkon kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

24.11.2015

Tekijä(t) Otsikko	Mika Nikula Petrokemian laitoksien varavoimaverkon kehitys
Sivumäärä Aika	21 sivua + 8 liitettä 24.11.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Eero Kupila Kunnossapitoinsinööri Aki Rossi
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena on tarkastella Borealis Polymers Oy:n Porvoon petrokemian tehtaan varavoimaverkon nykytilaa sekä pohtia keinoja parantaa varavoimaverkon käytettävyyttä ja tapoja, joilla saadaan aromaattituotanto- ja olefiinituotantolaitokset omien varavoimaverkkojen piiriin. Lisäksi on tarkoitus suunnitella muutama vaihtoehtoinen verkkomalli ja arvioida niiden rakentamisen kustannuksia. Näiden suunnitelmien pohjalta Borealisella on tarkoitus pyrkiä löytämään paras mahdollinen tapa toteuttaa varavoimaverkon uudistaminen.</p> <p>Jotta haluttuun tulokseen päästään, on alkuun tutustuttava varavoimaverkkoon liittyvään teoriaan, esimerkiksi selvittää, minkälaisia tapoja on tuottaa riittäviä määriä sähkötehoa tilanteessa, jossa valtakunnan verkko jostain syystä katkeaa. Lisäksi on tutustuttava petrokemian tehtaiden nykyisen varavoimaverkon rakenteeseen, teknisiin arvoihin ja kuormiin. Tähän liittyen tehdään NEPLAN-verkostolaskentaohjelmalla kuormanjaon ja jännitteenaleniemien tarkastelut. Kuormanjakotarkastelulla selvitetään, kuinka varavoimaa tarvitsevat kuormat jakautuvat eri dieselgeneraattoreille. Jännitteenaleniemien tarkastelulla taas selvitetään pysyvätkö jännitteet sallituissa rajoissa varavoimakeskuksilla.</p> <p>Verkostolaskennan avulla löydettyihin ongelmiin tarjotaan ehdotuksia siitä, kuinka löydetty jännitetasojen ongelmat voidaan korjata sekä kuinka kuormanjakoa voidaan tasata eri dieselgeneraattorien välillä. Työn tuloksena tarjotaan lisäksi kolme eri verkkomallia kustannusarvioineen varavoimaverkon uudistukseen. Nämä verkkomallit kustannusarvioineen auttavat Borealis Polymers Oy:tä parhaimman mahdollisen toteutusvaihtoehdon löytämiseksi.</p>	
Avainsanat	Varavoimaverkko, NEPLAN, kuormanjako, kustannusarvio, verkkomalli, dieselgeneraattori

Author(s) Title Number of Pages Date	Mika Nikula The Development of Reserve Power Net at Petrochemistry Factories 21 pages + 8 appendices 24 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor(s)	Eero Kupila, Senior Lecturer Aki Rossi, Maintenance Engineer
<p>The purpose of this thesis was to consider the present state of reserve power net and find ways to enhance usability of reserve power net and ponder how to secure aromatic production and olefine production on their own reserve power nets at Borealis Polymers Ltd petrochemistry factory, located in Porvoo. Also, another purpose was to design a few different options of making new netmodels and estimate the costs.</p> <p>The first thing to do was to familiarize with the theory of reserve power net, for example what ways there is to produce enough electricity in a situation when the domain grid is shut down for some reason. Then, it was necessary the research petrochemistry factories current reserve power nets structure and its values and loads. Based on these, the load balancing and voltage drop analyses were made by using the NEPLAN Electricity software. In load balancing analysis the purpose is to figure out how loads needing reserve power distribute between different dieselgenerators. Analysis of voltage drop is to figure out does voltages stay in limits at reserve power electrical centers.</p> <p>For problems, which were found by using NEPLAN, solutions are suggested on how to fix the problems in voltages and how to even loads between different dieselgenerators. As the result of this thesis, also three different gridmodels with estimated costs for renewal of the reserve power net are given and these are helping the company to find a best possible way to execute the restructure of the reserve power net.</p>	
Keywords	Reserve power net, NEPLAN, load balancing, estimated cost, grid model, dieselgenerator

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Borealis Polymers Oy	1
1.2	Petrokemia	1
2	Varavoimaverkko	1
2.1	Varavoimaverkon rakenne	2
2.2	Dieselmootorigeneraattorit	3
2.2.1	Dieselgeneraattorin rakenne	3
2.2.2	Dynaaminen UPS	5
2.3	Staattiset UPS-laitteet	6
2.4	Muuntajat	7
2.5	Suojaus	8
2.6	Käynnistys	8
3	Petrokemiaan varavoimaverkon nykyinen tila	9
3.1	Kuntokartoitus NEPLAN -verkolaskentaohjelmalla	10
3.2	Varmennetut kohteet	11
3.3	Dieselgeneraattorit	12
3.4	Muuntajat	12
4	NEPLAN-laskelmien tulosten analysointi	13
4.1	Yleistä laskennasta	13
4.2	Petrokemiaan varavoimaverkon jännitteenalenemat	13
4.2.1	Jännitteenalenemien korjaus	14
4.3	Generaattorien kuormitusasteet	15
5	Varavoimaverkon parannusehdotukset	16
5.1	Omat saarekkeet	17
5.1.1	Muutostyöt aromaattilaitoksella	17
5.1.2	Muutostyöt olefiinilaitoksella	17
5.2	Olefiinilaitoksille 10 kV:n rinki	18

5.2.1	Muutostyöt 10 kV ringin kattamiseksi vain olefiinilaitos	18
5.3	Nykyinen 10 kV rinki kattamaan koko petrokemia	19
5.3.1	Muutostyöt aromaattilaitoksella	19
5.3.2	Muutostyöt olefiinilaitoksella	19
5.4	Kustannusarviot	19
6	Yhteenveto	20
	Lähteet	22

Liitteet

Liite 1. Varavoimaverkon nykyinen rakenne

Liite 2. Olefiinituotannon tämänhetkinen tilanne varmennettujen laitteiden osalta

Liite 3. Aromaattituotannon tämänhetkinen tilanne varmennettujen laitteiden osalta

Liite 4. Varavoimaverkon jännitteenalenemat

Liite 5. Jännitteenalenemat korjaavien toimenpiteiden jälkeen

Liite 6. Omat saarekkeet

Liite 7. Olefiinilaitoksille 10 kV:n rinki

Liite 8. Nykyinen 10 kV rinki kattamaan koko petrokemia

Lyhenteet

DRUPS *Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply*

EOV *Electrically Operated Valve* (Sähköisesti ohjattu venttiili)

GAM *Gauges Motor* (Instrumentin, eli pumpun moottori)

IEC *International Electrotechnical Commission*

UPS *Uninterruptible Power Supply* (Keskeytymätön tehon syöttö).

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tarkastella Borealis Polymers Oy:n petrokemian tuotantolaitoksien varavoimaverkon nykykuntoa ja tämän päivän varavoiman tarvetta tilanteessa, jossa sähkönsyöttö pääverkosta katkeaa. Lisäksi työssä suunnitellaan vaihtoehtoja, joilla saadaan petrokemian laitoksien varavoimaverkko uudistettua helpommin käsiteltäväksi, selkeämmäksi kokonaisuudeksi. Vaadittaville muutostöille tehdään myös kustannusarviot. Nämä suunnitelmat ja kustannusarviot auttavat Borealista löytämään parhaimman mahdollisen toteutustavan verkon muutosprojektiin. Yrityksen toiveesta kustannuksia ei tässä työssä julkaista.

1.1 Borealis Polymers Oy

Borealis Polymers Oy on osa kansainvälistä Borealis –konsernia, jonka pääkonttori sijaitsee Itävallassa. Porvoon Kilpilahden viidessä eri tuotantoyksikössä tuotetaan olefiinejä (eteeni, propeeni, butadieeni), fenolia, polyeteeniä, polypropeenaa sekä Borstar-polyeteeniä. [Borealis Polymers OY <www.kilpilahti.fi> 21.9.2015]

1.2 Petrokemia

Petrokemian tuotantolaitokset koostuvat kahdesta tehdasalueesta, aromaattilaitoksista ja olefiinilaitoksista. Aromaatit muodostuvat fenoli-, bentseeni- sekä kumeenilaitoksesta ja olefiinit koostuvat eteeni-, propeeni- ja butadieenilaitoksesta. Aromaatit eivät ole Borealisin päätuotteita.

2 Varavoimaverkko

Varavoimaverkolla on hyvin tärkeä tehtävä teollisuudessa. Nykypäivänä, kun sähkö esittää erittäin olennaista osaa teollisuudessa, sen saanti on myös varmistettava joka tilanteessa. Sähkönsyötön äkillinen katkeaminen voi aiheuttaa niin henkilö- kuin materiaali- vahinkojakin. Siksi on tärkeää varmistaa kriittisten osien sähkön saanti, jotta voidaan tarvittaessa hallitusti ajaa laitos turvallisesti alas, tai ainakin saattaa turvalliseen tilaan hallitusti.

Varmennettu jakeluverkko on joko identtinen normaalin verkon kanssa tai osa normaalia verkkoa, niin kuin tämän työn kohteena olevalla Petrokemian teollisuuslaitoksella. Normaalin verkon katketessa sähkönsyöttö siirtyy varmentavan sähkönsyötön varaan. Varmentavia sähkön syöttölähteitä ovat

- generaattorit
- UPS-laitteet
- akustot. [ST-käsikirja 20 2005: s.151]

Varavoimaverkon tulisi olla mahdollisimman riippumaton muista järjestelmistä. Toisin sanoen esimerkiksi varavoimageneraattorien jäähdytys- sekä polttoainejärjestelmien ohjaukset ja valvonnat tulee liittää suoraan varavoimaverkon automatiikkaan ja tämän tulisi olla mahdollisimman riippumaton muiden järjestelmien toiminnasta. [ST-käsikirja 31 2013: 15.]

Varavoimaverkkoa suunniteltaessa on otettava huomioon myös dieselgeneraattoreiden ohjauspiirien kytkeminen varavoimaan.

2.1 Varavoimaverkon rakenne

Varavoimaverkon rakenne tulee säilyttää mahdollisimman yksinkertaisena. Yksinkertaista verkkoa on helpompi hallita ja sen huoltaminen on helpompaa toteuttaa aiheuttamatta ylimääräisiä käyttöriskejä varmennettuun verkkoon. [ST-käsikirja 31 2013: 32.]

Teollisuuslaitoksilla verkon huoltamisen vaikutusta verkkoon on syytä miettiä verkkoa suunniteltaessa ja rakennettaessa. Koska huoltoseisokkien aikana, kun töitä tehdään paljon samaan aikaan eri ammattialoilla, olisi hyvä pyrkiä siihen, ettei varavoimaverkon huollosta aiheudu katkoja normaaliverkkoon. Esimerkiksi petrokemian säiliöalueella on kohteita, joista ei voi katkaista sähköä edes huoltoseisokin aikana.

Saarekkeessa toimiva laitos on varavoimalaitoksen perustyyppi. Käsitteenä se tarkoittaa sitä, että varmennettu jakeluverkko erottuu omaksi saarekkeekseen silloin, kun normaaliverkko katkeaa ja varavoimaverkkoa syöttää varavoimakone. Syötönvaihdon aikana esiintyy lyhyt katkos. [ST-käsikirja 20 2005: 73.]

Toimintaperiaatteeltaan saarekemallinen varavoimaratkaisu on suhteellisen yksinkertainen. Kun verkkojännite on normaali, dieselgeneraattori seisoo ja varavoimakeskus saa syöttönsä normaaliverkosta. Kun verkkojännite laskee alle asetetun rajan tai häviää kokonaan aseteltua aikaa pidemmäksi ajaksi, varavoimalaitos käynnistyy. Normaaliverkon katkaisija avautuu ja varavoimakeskuksessa tapahtuu syötönvaihto, eli normaaliverkon katkaisija aukeaa ja varavoimalaitoksen katkaisija sulkeutuu, jolloin varavoimalaitos hoitaa saarekkeen syötön. [ST-käsikirja 20 2005: 73.]

2.2 Dieselmootorigeneraattorit

Dieselmootorigeneraattorit ovat varavoimaverkon tehonlähteitä. Niitä voidaan käyttää myös pääsääntöisenä tehonlähteenä, jos esimerkiksi verkkoon liittyminen on hankalaa.

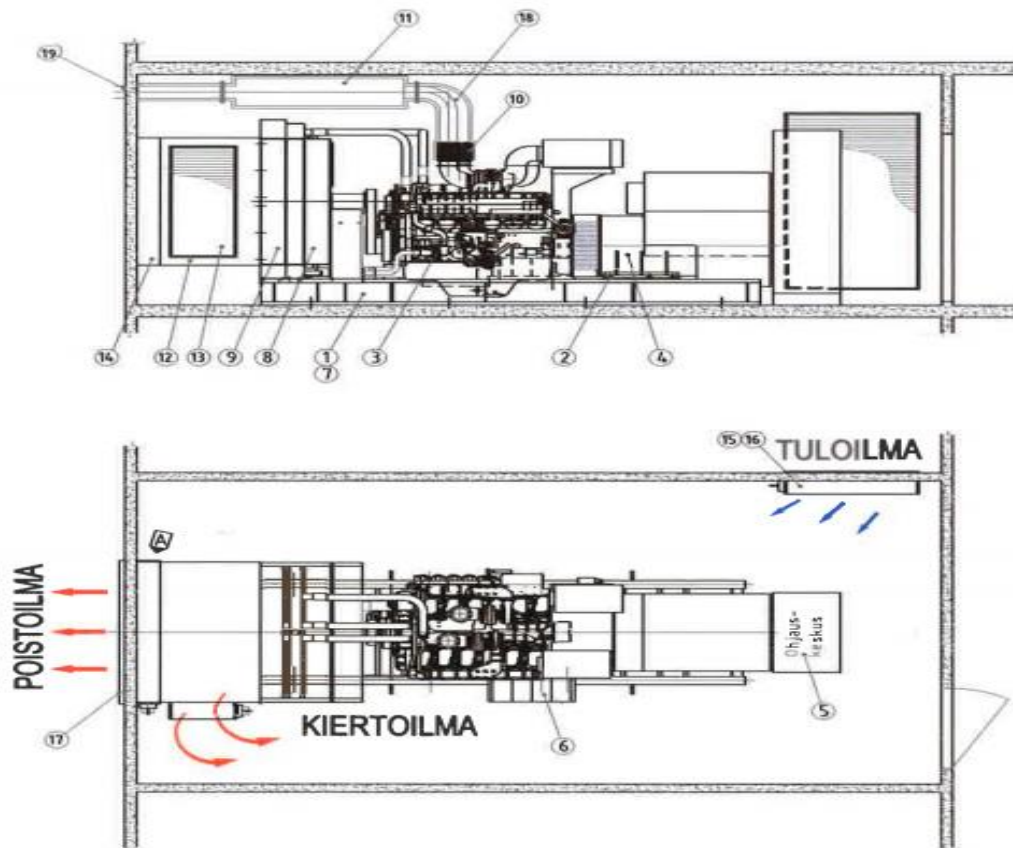
2.2.1 Dieselgeneraattorin rakenne

Dieselgeneraattori rakentuu viidestä pääkohdasta, jotka ovat

- dieselmoottori
- generaattori
- voimansiirto dieselmoottorin ja generaattorin välillä
- käyntitärinän eristimet
- runko- ja alustarakenne [ST-käsikirja 31 2013: 90].

Kuvassa 1 on esitelty pakettimallisen dieselgeneraattorin rakenne. Siinä pääosa laitteista on asennettuna tehtaalla samalle alustalle yhdeksi kokonaisuudeksi, joka normaali-

listi toimitetaan valmiiksi säädettynä ja koestettuna. Pakettimalli minimoi kohteessa tehtävät asennus- ja käyttöönottoimenpiteet, joten se on melko helppo ratkaisu varavoimakonetta hankittaessa. [ST-käsikirja 31 2013: 50.]



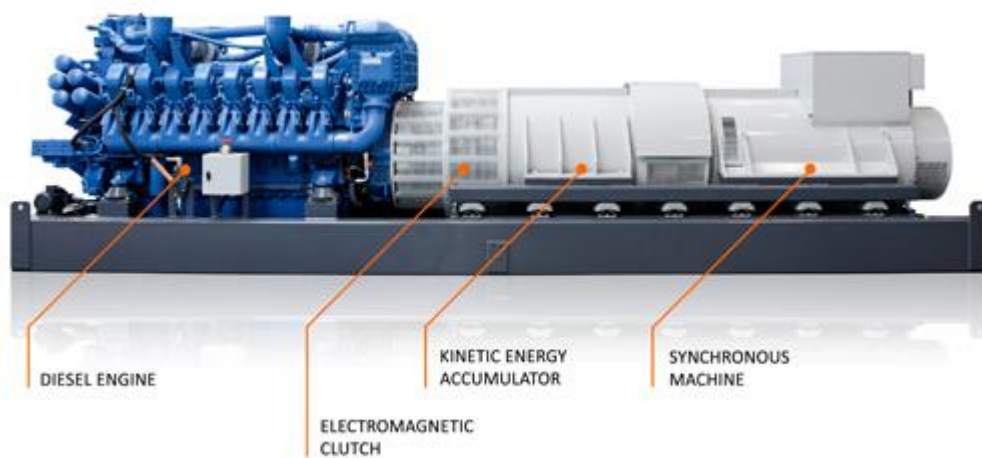
Kuva 1. Pakettimallisen varavoimakoneen osat: 1. teräsalusta, 2. värinäeristimet, 3. dieselmoottori, 4. generaattori, 5. ohjaus- ja valvontakäsis, 6. akusto käynnistykseen ja ohjaukseen, 7. polttonesteen käyttösäiliö, 8. puhallin, 9. kennojähdytin, 10. paljeputki, 11. äänenvaimennin, 12. poistoilmakanava, 13. kiertoilman säätöpelti, 14. poistoilman säätöpelti, 15. tuloilman säätöpelti, 16. tuloilman ulkosäleikkö, 17. poistoilman ulkosäleikkö, 18. pakoputki, 19. lämpöeristetty läpivienti [ST-käsikirja 31 2013: 51.]

Moottorigeneraattoriyhdistelmästä ulospäin lähtevien kaapeleiden, putkien ja kanavien liittämiseen on kiinnitettävä huomiota. Ne on liitettävä joustavasti ja joustovaran mitoituksessa on otettava huomioon sekä jatkuvuustilan käyntitärinä että käynnistys- ja pysäytysvaiheiden aiheuttamat voimakkaat ravistelut, kun ohitetaan ominaisvärähtelyn resonanssikohta. Edellä mainituista syistä on varavoimakäsisen kiinteän jakeluverkkoon liittämispisteen sisällyttävä varavoimakoneen toimitukseen. [ST-käsikirja 31 2013: 90.]

2.2.2 Dynaaminen UPS

Dynaamisen UPS-laitteiston (DRUPS) perustana on samalle akselille kytketyt moottori-generaattoriyhdistelmät, sekä huimamassa- ja akustoratkaisut. Dynaamisen UPS-laitteen sähkö lähtee sähkökoneen käämistä eikä tehoelektronikasta kuten staattisessa UPS-laitteessa. [ST-käsikirja 20 2005: 67.]

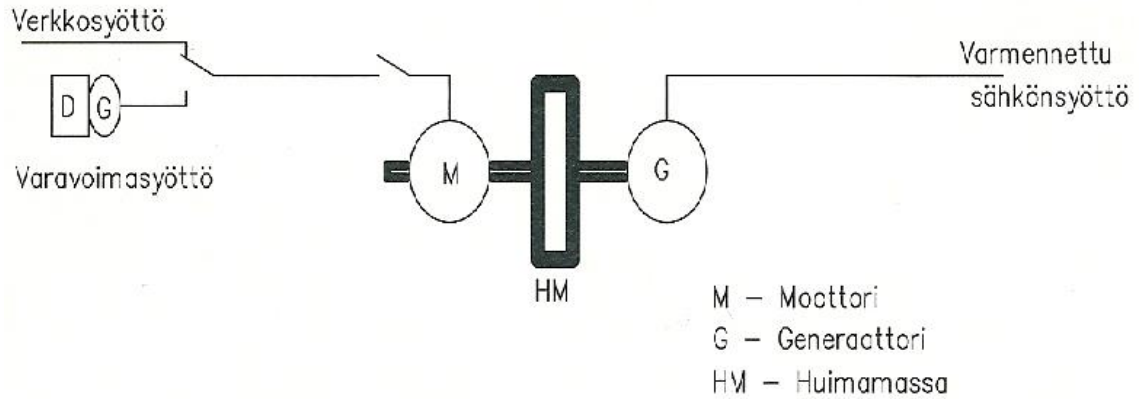
Kuvassa 2 nähdään dieselgeneraattorin ja huimamassan jäykkäkytkentä samalle akselille vaihtovirtamoottorin kanssa.



Kuva 2. Dynaaminen UPS

Pyörivä sähkökone on dynaamisen UPS:n keskeinen osa. Pyörivät osat varastoivat energiaa, joista saadaan millisekuntien tehonsyöttö verkon katkettua. Lisää varakäyntiaikaa saadaan energiavarastoista kuten huimamassasta ja akustosta. [ST-käsikirja 20 2005: 67.]

Kuvasta 3 nähdään kahden muunnoksen dynaaminen UPS-laite. Siinä lähdön taajuus on riippuvainen huimamassan pyörimisnopeudesta verkkokatkon aikana käytettäessä normaalia generaattoria. Lähtöjännitteessä hyväksyttävät taajuuden vaihtelurajat rajoittavat huimamassaan varastoituneen energian käyttöä. Verkkokatkon alkaessa sähkönsyöttö on katkaistava, varavoimadiesel käynnistettävä ja siirryttävä varavoimasyöttöön. [ST-käsikirja 20 2005: 71.]



Kuva 3. Kahden muunnoksen dynaamisen UPS-laitteen periaatekuva [ST-käsikirja 20 2005: 71.]

Kun kohteena on laitos, jossa on laitteistoa, joka ei esimerkiksi henkilöturvallisuuden takia siedä katkoksia, dynaamisen UPS:n tehtävänä on taata sähkön saanti kriittisille laitteille ajaksi, jonka dieselgeneraattori tarvitsee käynnistyäkseen. Kuitenkin tärkeät ohjauslaitteet, kuten tietokoneet, joilla laitosta ajetaan, on varmennettu akuin.

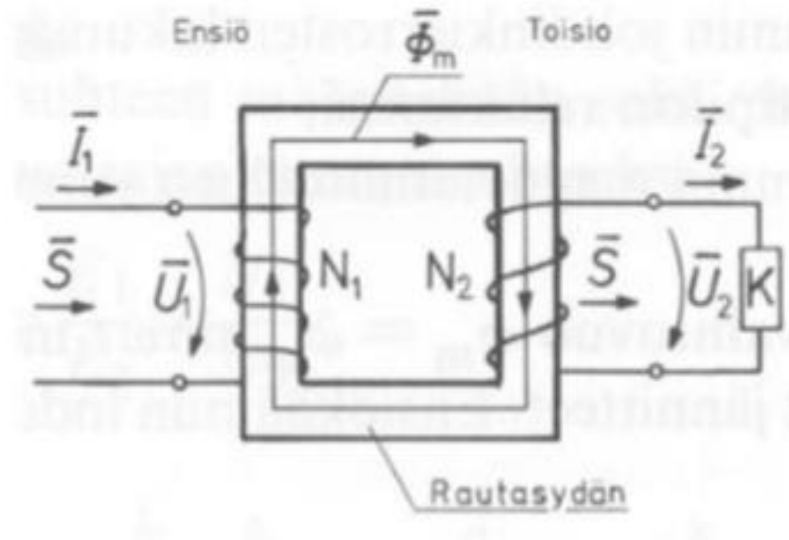
2.3 Staattiset UPS-laitteet

Staattiset UPS-laitteet perustuvat akkuihin varastoituu sähköenergiaan. Staattisen UPS:n perustoimintoja ovat vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi akkujen lataamiseksi ja akkujen tasasähkö muunnetaan vaihtosähköksi. Muunnokset toteutetaan puoli-johdesiltoja käyttäen. Yleensä perustoimintoihin kuuluu myös UPS-laitteiston ohitustoiminto ylikuormaa ja vikatilanteita varten. [ST-käsikirja 20 2005: 59.]

Teollisuudessa normaali staattisen UPS-järjestelmän varmistuskohde on tietokoneet, joilla ajetaan laitoksen prosessia. Lisäksi viestintäjärjestelmät ovat yleensä staattisella UPS:illa varmistettuja.

2.4 Muuntajat

Kuvassa 4 nähdään yksinkertaistettu mallinnus yksivaihemuuntajasta. Muuntajan avulla voidaan muuttaa jännitteen suuruutta. Muuntaja on yksinkertainen laite, eikä siinä ole liikkuvia osia. Koska muuntaja on ehkä yleisin sähkökone, on se luonnollisesti hyvin olennainen osa myös varavoimaverkkoa. [Ijäs 2011: 3.]



Kuva 4. Yksivaihemuuntaja yksinkertaistettuna [Ijäs 2011: 11.]

Ensiökäämin virta I_1 synnyttää magneettivuon Φ_m muuntajan rautasydämeen, joka puolestaan indusoi toisiökäämiin jännitteen U_2 . Toisiökäämin jännitteen suuruus riippuu käämien lankojen kierroslukumääristä N_1 ja N_2 .

Tarvittaessa muuntajan toisiopuolen jännitetasoa voidaan korjata väliottokytkimellä. Väliottokytkin on kytkin, joka on kytketty muuntajan säätökäämiin. Riippuen kuormista ja kaapelipituuksista saattaa toisiopuolen jännite erota syötettävän keskuksen nimellisjännitteestä. Väliottokytkimen avulla voidaan muokata muuntajan muuntosuhdetta, jotta toisiopuolen jännite saadaan haluttuun jännitetasoon.

2.5 Suojaus

Varmennetun sähkönsyötön suojaukseen pätevät periaatteessa samat säännöt kuin normaaliin verkkoon, mutta on huomioitava, että varmennetun syötön vikavirran syöttökyky on pienempi kuin normaalissa verkossa. Generaattorin antama oikosulkuvirta on pieni verrattuna jakeluverkon muuntajan kautta tulevaan vikavirtaan. Tästä syystä suojalaitteiden toimintarajat on aseteltava siten, että ne toimivat myös varmennetun syötön perässä. [ST-käsikirja 20 2005: 151.]

Verkon sisäisten häiriöiden vaikutusten rajoittamiseksi se tulee jakaa riittävän pieniin osiin, ja jokainen osa suojataan omalla ylivirta- ja oikosulkusuojalla. Varavoimaverkon suurimman ylivirtasuojan koko tulee valita niin, että vikatapauksessa varavoimakoneen tuottama oikosulkuvirta riittää suojan toimintaan. [ST-käsikirja 31 2015: 34.]

Suojien keskinäinen selektiivisyys tulee varmentaa. Suojausportaiden lukumäärä tulee pitää mahdollisimman pienenä selektiivisyyden mahdollistamiseksi. Jos verkossa on useampi varavoimalaitos, on suojauksen selektiivisyyden toteuduttava mahdollisuuksien mukaan myös tilanteessa, jossa verkko on vain yhden varavoimakoneen varassa. Suurissa jakeluverkoissa täyden selektiivisyyden saavuttaminen varavoimakäytöllä on kuitenkin erittäin haastavaa. [ST-käsikirja 31 2015: 34.]

2.6 Käynnistys

Varavoimakoneen mitoituksessa sekä järjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon eri laitteiden toiminta eri vaiheissa. Esimerkiksi moottoreiden kanssa pitää huomioida niiden käynnistyksen aikana ottama nimellisvirtaa suurempi käynnistysvirta. Sama koskee muuntajia. Moottorin käynnistysvirta on yleensä noin 6–7-kertainen nimellisvirtaan nähden. Muuntajan kytkentävirtasysäys on noin 10-kertainen nimellisvirtaan nähden. Kun tämän työn kohteena on teollisuuslaitos, missä varmennettavana on paljon moottoreita, on niiden kanssa mietittävä järjestystä käynnistysten suhteen. [ST-käsikirja 20 2005: 104.]

Moottorien käynnistysvirtaa voidaan pienentää eri tavoin. Kuristimella käynnistysvirta saadaan pienennettyä 2,5–4-kertaiseksi, tähti-kolmiokytkennällä 2,5-kertaiseksi, peh-

mokäynnistimellä 1,5–3-kertaiseksi ja taajuusmuuttajalla käynnistysvirta saadaan pidettyä nimellisvirran suuruisena. Taajuusmuuttaja on vain verrattain kallis, jos sitä käytetään ainoastaan käynnistysvirran minimoimiseen. Yleisesti tähti-kolmiokytkentä on hyvä ja edullinen tapa pienentää käynnistysvirtaa. [ST-käsikirja 20 2005: 104.]

3 Petrokemian varavoimaverkon nykyinen tila

Liitteessä 1 on esiteltyä petrokemian varavoimaverkon rakenne nykyisellään.

Muuntamon M64 keskuksilta syöttönsä saavat aromaattilaitoksien prosessilaitteet, mitä käytetään tuotteiden valmistukseen. Olefiinilaitoksilla samaa asiaa ajavat muuntamot M51 ja M58. Muuntamo M58 toimii pääsääntöisesti butadieenilaitoksen muuntamona ja loput prosessialueen sähkönsyötöstä tapahtuu muuntamon M51 kautta. Muuntamo M61 on aromaattilaitoksen välisäiliöalueen muuntamo, kun taas muuntamo M52 ajaa saman asian olefiinilaitoksella. Muuntamot M55 ja M53 ovat merivesimontun muuntamoita, joiden kautta syöttönsä saavat merivesipumput, joilla hoidetaan prosessien jäähdytys. Muuntamot M62 ja M74 syöttävät säiliöalueiden sähkönsyötöt. Lisäksi petrokemian sähköverkkoon kuuluu myös muuntamo M70, jota kautta valtakunnanverkko tuodaan tehtaille. Tällä muuntamalla ei kuitenkaan ole varavoimaa vaativia osia, joten sitä ei käsitellä tässä työssä.

Pääsääntöisesti petrokemian varavoimakuormat koostuvat pumppujen moottoreista sekä erinäisistä sähkökäyttöisistä venttiileistä. Myös prosessien ajamiseen vaadittavat tietokoneet ovat varmennettuja, jotta laitoksia voidaan hallita sähkökatkon sattuessa. Tietokoneet ovat akkuvarmennettuja. Lisäksi osa alueen valaistuksesta on varmennettu.

Nykyinen varavoimaverkko petrokemian laitoksilla on osittain yhteinen aromaatti- ja olefiinilaitoksilla. Aromaattilaitoksen välisäiliöalueen varavoimaa vaativat kuormat on varmennettu olefiinilaitoksen varavoimadieselillä. Nämä kuormat olisi syytä saada aromaa-tin oman varavoimaverkon piiriin, jotta laitoksien varavoimaverkot olisivat erillään toisistaan.

Petrokemian laitokset on suhteellisen haastava alue sähkönsiirron näkökulmasta, kun välimatkat muuntamoiden välillä on pitkiä. Maasto alueella on hyvin kalliopitoista, joten kaapeliyhteyksien rakentaminen ei aina ole niin yksinkertaista. Pääsääntöisesti alueella

on kattavat kaapelikanavat, mutta ihan joka paikkaan ei suoraa kaapelikanavaa tai kaapelihyllyä ole. Maaperän takia kaapelireittien suunnittelu on suhteellisen haastavaa, kun joka paikasta ei yhteyttä voida viedä. Kuitenkaan kaapeleita ei voida vetää suhteettoman pitkiksi, koska tästä aiheutuu muita ongelmia, kuten jännitteenalenemaa.

3.1 Kuntokartoitus NEPLAN -verkostolaskentaohjelmalla

Varavoimaverkon kuntokartoitusta varten tehdään sekä verkon laatutarkastelu että kuormanjakotarkastelu. Laskennat tehdään NEPLAN-verkostolaskentaohjelmalla. Laskennoissa ei oteta huomioon tulevia muutoksia verkon rakenteeseen, vaan ne pohjautuvat nykyiseen verkon rakenteeseen. Laskentatulokset huomioidaan, kun uutta varavoimaverkkoa suunnitellaan.

Verkon laatutarkastelussa keskitytään jännitteenaleniin varavoimaverkon keskukissa sekä muutaman moottorin yksityiskohtainen alenema. Sähkömoottoreille on IEC 60034-1 Rotating electrical machines –standardissa määritettynä jänniterajaksi ± 5 %. Koska moottorin vääntömomentti riippuu neliöllisesti jännitteestä, jo 5 %:n jännitteenaleniolla moottorin vääntömomentti putoaa huomattavasti, jolloin kuorman vastamomentista riippuen sekä moottorin muut ominaisuudet huomioiden moottorin vioittumisen riski kasvaa huomattavasti.

Kuormanjakotarkastelulla on tarkoitus selvittää kuormien jakautuminen eri dieselgeneraattoreille sekä se, voidaanko nykyisillä generaattoreilla tuottaa tarvittava määrä tehoa kuormille. Kuormanjakolaskentaa tullaan myös käyttämään hyödyksi, kun mietitään Petrokemian varavoimaverkon kehittämistä.

Vuonna 2012 Borealiksen Porvoon tehtaille on tehty NEPLAN:lla oikosulku- ja maasulkulaskennat, joihin sisältyivät myös varavoimaverkostot, joten suojausmenetelmien voidaan olettaa olevan kunnossa eikä suojausten tarkastelua tässä työssä tulla toteuttamaan.

3.2 Varmennetut kohteet

Petrokemian tehtailla varavoimalla varmistetaan turvalliseen alasajoon sekä henkilösuojaukseen käytettävät laitteet sekä n. 20-30 % alueen valaistuksesta. Isojen pumppujen öljynkiertopumput myös pidetään varavoiman takana, jotta öljy kiertää koneessa pysähtymiseen saakka. Esimerkiksi merivesipumput saattavat jatkaa pyörimistään veden voimalla, jolloin ilman öljynkiertoa ne vaurioituisivat. Liitteissä 2 ja 3 on lueteltuna tämänhetkiset varavoiman kuormat aromaatti- ja olefiinilaitoksille. NEPLAN-laskennat pohjautuvat näihin luetteluihin.

EOV-alkuiset toimilaitteet ovat erinäisiä sähköisesti ohjattavia venttiileitä. GA-alkuiset laitteet ovat pumppuja, joiden moottorit on nimetty muuten samoin kuin pumppu, mutta lisänä moottoreiden tunnuksessa on kirjain M.

Niin EOV-venttiilien kuin GAM-moottoreidenkin numeroista ensimmäiset kaksi kertovat alueen, jossa laite sijaitsee. Esimerkiksi GAM-13*** laitteet löytyvät merivesipumppaamolta. Laitetunnukset, jotka ovat muuten keskenään samat, mutta toisen lopussa on S-kirjain, ovat samaa työtä tekeviä pumppuja, mutta S-merkitty on varapumppu. Esimerkiksi jos pumppu GAM-15046 vikaantuu, käynnistetään pumppu GAM-15046S, joka tekee saman työn sillä välin, kun GAM-15046 on huollossa. X-kirjain tunnuksen lopussa tarkoittaa lisälaitetta, esimerkiksi GAM-13295SX on pumpun GAM-13295S öljynkiertopumppu.

Varmennettuja kohteita kartoitettaessa huomattiin muutama kohde, joiden olisi syytä olla varmistettuna varavoimalla. Näiden kohteiden sähkönsyöttö tullessaan siirtämään varavoimakeskuksiin.

Niin kuin varavoiman kuormien luetteloista nähdään, on monen pumpun varapumppu kytketty samaan varavoimakeskukseen varsinaisen pumpun kanssa. Tätä asiaa on syytä miettiä; voidaanko mahdollisesti toisen pumpun syöttö siirtää toiseen keskukseen, koska nyt varavoimakeskuksen sähkönsyötön katketessa molemmat pumput ovat ilman sähköä? Tämä ei ole suotava tilanne.

3.3 Dieselgeneraattorit

Petrokemian tehtailla on neljä dieselgeneraattoria, joiden tekniset tiedot, tunnuksset sekä sijainti on esiteltyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Petrokemian varavoimageneraattorit

Generaattori	Muuntamo	Jännite U	Virta I	Teho P	cos φ
GE-6108	M51	400 V	1602 A	888 kW	0,8
GE-18403	M62	400 V	919 A	510 kW	0,8
GE-18401	M64	695 V	831 A	800 kW	0,8
GE-18402	M64	690 V	980 A	880 kW	0,8

Generaattori GE-6108 syöttää muuntamon M51 varavoimakojeiston lisäksi muuntajan VM/51 kautta 10 kV:n rinkiä. Ringin kautta syöttönsä saavat muuntamoiden M52 ja M61 varavoimakojeistot. Generaattorin GE-18403 kuormina ovat M62, M53 ja M74 muuntamoiden varavoimakojeistot.

Muuntamon M51 varavoimakojeisto syöttää olefiinilaitoksen varavoiman tarpeen niin kuin muuntamon M52 varavoimakojeistokin, mutta samassa ringissä oleva M61 on aromaattilaitoksen muuntamo. Muuntamo M62 on myös aromaattilaitoksen muuntamo, mutta sieltä tulee syöttö muuntamoille M53 ja M74 jotka taas ovat olefiinin ulkoalueen sekä merivesipumppaamon muuntamoita. M64 on kokonaan aromaattilaitoksen muuntamo.

Petrokemian nykyisten varavoimageneraattorien huoltokustannukset ovat n. 1 500 € vuodessa. Tämän lisäksi 10 vuoden välein koneille tehdään isompi huolto, jonka kustannukset ovat suuruudeltaan n. 30 000 € per kone.

3.4 Muuntajat

Petrokemian tehtaiden kaikki varavoimaa tarvitsevat laitteet toimivat joko 690 V:lla tai 400 V:lla. Ainoastaan muuntamoiden M51, M52 sekä M61 välillä on 10 kV:n yhteys, koska nämä kaikki ovat generaattorin GE-6108 kuormana. Sähkönsiirto toteutetaan 10 kV:n siirrolla, jotta muuntamoiden väliset virrat pysyvät inhimillisinä. Muuntamo M51:n varavoimamuuntaja muuntaa generaattorin tuottaman 400 V jännitteen 10 kV:n tasoon,

jolla teho siirretään muuntamoille M61 ja M52. Muuntamoilla M61 ja M52 jännite pudotetaan muuntajilla takaisin 400 V:iin.

Muuntamalla M64 on kaksi 400 V:n kojeistoa 690 V:n kojeistojen lisäksi. Nämä 400 V:n kojeistot saavat syöttönsä omien muuntajien kautta. Muuntamon M64 varavoimadieselit tuottavat 690 V:n sähkötehoa.

4 NEPLAN-laskelmien tulosten analysointi

4.1 Yleistä laskennasta

NEPLAN-verkostolaskenta varavoimaverkoille on suoritettu Neste Jacobsin toimesta. Laskentojen lähtötietoina on käytetty tämän työn liitteistä löytyviä kuormatietoja, generaattoreiden ja muuntajien kilpiarvoja sekä eri keskuksien jännitetasoja. Muuntajien väliottokytkinten asentoja on käytännössä mahdotonta tarkistaa turvallisesti laitojen ollessa käynnissä, joten niiden oletettiin olevan asennossa 3 eli jännitteen korjaus on 0%. Joidenkin vanhempien ja erikoisimpien kaapeleiden kohdalla ei kaapelitietoja ollut saatavilla, joten niiden kohdalla käytettiin poikkipinnaltaan vastaavaa kaapelia. Näin päästään riittävän tarkkaan lopputulokseen.

Keskuksien tavoitteelliset jänniterajat ovat 97–105 % nimellisjännitteestä. Laskentoja tehdessä on oletettu, että kaikki varavoimaa tarvitsevat kuormat ovat verkossa kiinni, sekä kaikki yhteydet ovat kytkettyinä. Poikkeuksena tarkasteltiin myös tilannetta, jossa muuntamoiden M51 ja M61 välinen 10 kV:n yhteys on auki. Tällä ei ollut juurikaan vaikutusta laskentatuloksiin, joten sitä ei tulla käsittelemään tässä työssä.

4.2 Petrokemian varavoimaverkon jännitteenalenemat

Liitteessä 4 nähdään laskentatulokset petrokemian varavoimaverkolle. Kuvista nähdään muutaman varavoimakeskuksen osalta, että jännitetasoa on syytä nostaa. Taulukossa 2 jännitteenalenemat on esitelty selkeämmin.

Taulukko 2. Jännitteenalenemat Petrokemian varavoimaverkon keskuksilla

Kojeisto	U_n / kV	u / %
M51+100H	0,4	100
M51+9100H	0,4	99
51RH2	0,4	99
M52+100H	0,4	97
M55+V4-V7	0,4	97
M55+V1-V3	0,4	97
M58+100H	0,4	96
M61+10H	0,4	98
PKV1	0,4	99
M64+1000H	0,69	100
M64+2000H	0,4	100
M64+20H	0,4	99
M64+100H	0,69	100
M64+10H	0,4	93
M64+21H	0,4	99
M62+100H	0,4	100
M53+100H	0,4	98
M74+100H	0,4	97

Muuntamon M64 10H -varavoimakeskuksen jännitetaso on selkeästi alle tavoiterajan. Merkittävä syy tähän on muuntajan T32M muuntosuhde 693V/380V, jonka kautta 10H saa syöttönsä [Vaittinen 2015: 5]. Jo pelkästään muuntajan toisiopuolen jännite on vain 95 % keskuksen tavoitejännitteestä.

Muuntamon M52 100H-varavoimakeskuksen jännitetaso on tavoiterajassa, mutta sen kautta syöttönsä saavat myös muuntamoiden M55 ja M58 varavoimakeskukset. M55 muuntamon keskukset pysyvät tavoiterajassa, mutta muuntamon M58 varavoimakeskuksen jännite on alle tavoitteen.

Huomion arvoinen on myös muuntamon M74 100H-keskuksen jännitetaso, joka on alarajassa.

4.2.1 Jännitteenalenemien korjaus

Liitteessä 5 on esitelty korjaavien toimenpiteiden jälkeiset laskentatulokset. Muuntamoiden M52, M55 ja M58 jännitteet saadaan korjattua tavoiterajaan muuttamalla muuntajan VM52 väliottokytkimen asentoa yhdellä pykälällä. Tällä tavoin jännite nousee 2,5 % toisiopuolella, minkä jälkeen jännite on sallitulla tasolla edellä mainituilla muuntamoilla.

Muuntamon M64 10H-keskuksen jännite saadaan nostettua sallitulle tasolle muuttamalla muuntajan T32M väliottokytkimen asentoa kahdella pykälällä, eli jännite nousee toisio- puolella 5 %. Näin 10H-keskuksen jännite nousee 98 %:n tasolle nimellisjännitteestä. [Vaittinen 2015: 5.]

Taulukossa 3 on edellä mainitut jännitetasot esitelty selkeämmin.

Taulukko 3. Varavoimakeskusten jännitetasot korjaavien toimenpiteiden jälkeen

Kojeisto	U_n / kV	u / %
M52+100H	0,4	100
M55+V4-V7	0,4	99
M55+V1-V3	0,4	99
M58+100H	0,4	99
M64+10H	0,4	98

Muuntamon M74 varavoimakeskuksen jännitetasoa ei voida korjata, koska se ei saa syöttöään muuntajan kautta. Sama koskee myös keskusta M53+100H. Jos näihin kes- kuksiin tulee lisää kuormaa, jännite tulee laskemaan alle sallitun 97 %:n alarajan. Tässä tapauksessa on joko kaapeliyhteyttä parannettava tai lisättävä kondensaattori kesku- siin. [Vaittinen 2015: 6.]

4.3 Generaattorien kuormitusasteet

Taulukosta 4 nähdään eri varavoimageneraattorien kuormitusasteet, kun kaikki varavoi- makuormat on kytketty.

Taulukko 4. Dieselgeneraattorien kuormitusasteet

	Nimellisteho [kVa]	Kuormitus [kVa]	Kuormitusaste [%]
GE-18401	1000	699	70
GE-18402	1100	418	38
GE-6108	1110	905	82
GE-18403	637	359	56

Muuntamon M64 generaattoreilla GE-18401 ja GE-18402 on melko suuri ero kuormitus- asteissa. Tätä eroa voidaan tasoittaa yhdistämällä generaattorien syöttämät keskuskes-

kaapelilla. Tämä vaatii tarkastelun generaattorien käynnistysautomaattiin, jotta ne kykenevät syöttämään yhteistä verkkoa, jota ne eivät tähän asti ole tehneet. Tämä tarkastelu on syytä tehdä, kun varavoimaverkkoa aletaan uudistamaan.

Muuntamon M51 generaattorin GE-6108 kuormaa olisi syytä saada jaettua myös toiselle generaattorille. Täydellä kuormalla suurimpien moottorien käynnistys alkaa näkymään sähkön laadun heittelynä, kun suuret käynnistysvirrat rasittavat generaattoria. Koska olefiinilaitoksille on kaavailtu uusia investointeja, jotka tulevat vaatimaan suuren määrän sähköenergiaa, ja osa suunnitteilla olevasta laitteistosta vaatii myös varavoimaa, ei generaattorin GE-6108 tarjoama tehokapasiteetti tule riittämään yksinään. Generaattori GE-6108 on jo nykyisellään kuormitettuna lähes maksimiin. Edellä mainituista syistä on syytä harkita uuden dieselgeneraattorin hankintaa olefiinilaitoksille.

5 Varavoimaverkon parannusehdotukset

Aromaattit ja olefiinit olisi syytä saada omiin varavoimaverkkoihinsa, jotta laitokset olisivat mahdollisimman riippumattomia toisistaan. Tämä konkretisoituu seisokkitöissä, joita laitoilla pidetään myös eri aikoina toisen laitoksen ollessa käynnissä. Poikkeuksena on muuntamo M74 olefiinilaitoksen säiliöalueella. Sen sijainti olefiinin muista muuntamoista on niin etäällä, että ei ole käytännössä järkevää irrottaa sitä muuntamosta M62. Muuntamalla M74 ei myöskään voida juurikaan seisakkitöitä tehdä, jolloin muuntamon M62 syötöstäkään ei koidu ongelmia.

Samalla kun varavoimaverkkoon tehdään muutostöitä, olisi olefiinilaitoksilla syytä nostaa myös varavoimaverkon tehokapasiteettia. Tuotantolaitoksen varavoimaverkon tehokapasiteetti nykyisellä yhdellä dieselgeneraattorilla on liian matala verrattuna varavoiman tarpeeseen, kun otetaan huomioon suuret käynnistysvirrat laitteistojen uudelleenkäynnistyksissä. Riippuen siitä, minkälaiseen varavoimaverkon malliin päädytään, saattaa edessä olla useamman dieselgeneraattorin hankinta.

5.1 Omat saarekkeet

Varavoiman saanti olisi mahdollista tuottaa muuntamoiden varavoimakeskuksille rakentamalla ns. omat saarekkeet liitteen 4 mukaisesti. Tällä tavoin saataisiin laitokset irti toisistaan, sekä tuotantolaitokset ja ulkoalueet toisistaan riippumattomiksi. Myös tehonsiirtoa ajatellen välimatkoja saataisiin lyhennettyä huomattavasti, jolloin 10 kV:n ringistä voitaisiin luopua. Tämä toteutustapa palvelee myös kappaleessa 2.1 suositeltua tapaa pitää verkko mahdollisimman yksinkertaisena. Toisaalta muuntamot M52, M53 ja M55 ovat yhden dieselin varassa, jolloin generaattorivian sattuessa tämä piiri jää ilman sähköä. Voidaan kuitenkin olettaa edellä mainitun skenaarion olevan suhteellisen harvinainen, joten sitä tilannetta ei tarvitse ottaa suunnittelussa huomioon.

Olefiinin tuotantolaitoksien varavoimasaarekkeeseen olisi syytä hankkia toinen dieselgeneraattori, koska nykyisen koneen tehokapasiteetti on turhan matala verrattuna kuormaan. Uudella koneella saadaan myös varmistus verkon tehonsaantiin tilanteessa, jossa GE-6108 vikaantuu.

5.1.1 Muutostyöt aromaattilaitoksella

Aromaattilaitokselle ei tarvitse suuria muutoksia tehdä, koska sen muuntamoilla on kolme varavoimadieseliä ja suurin osa kuormasta on muuntamon M64 varavoimakeskuksien perässä. Muuntamolle M61 on rakennettava uusi 400 V:n yhteys muuntamolta M62.

Muuntamalla M64 olisi hyvä varmistaa varavoimakeskuksien sähkönsaanti myös dieselin vikatilanteessa rakentamalla varavoimakeskuksien 100H ja 1000H välille varayhteys.

5.1.2 Muutostyöt olefiinilaitoksella

Muuntamolle M58 kaavailtuun uuteen osaan olisi syytä hankkia uusi dieselgeneraattori, jolla saadaan lisää tehoa olefiinilaitoksen varavoimaverkkoon. Tällä tavoin myös saadaan varmistus tilanteessa, jossa GE-6108 vikaantuu. Myös ohjaamon varavoimakeskuksen sähkönsaanti voitaisiin varmistaa uudelta M58 muuntamolta.

Merivesipumppaamon sekä olefiinin ulkoalueen sähkönsaanti varmistetaan muuntamolle M52 hankittavalla uudella dieselgeneraattorilla. Muuntamon M53 tulee kääntää muuntamolta M62 muuntamolle M52. Muuntamoiden M53 ja M55 välille voidaan mahdollisesti tehdä varayhteys ajatellen tilannetta, jossa toisen muuntamon syöttö jostain syystä katkeaa.

5.2 Olefiinilaitoksille 10 kV:n rinki

Toinen tarkasteltava tapa toteuttaa varavoima on muuttaa verkkoa liitteen 5 mukaan niin, että muutetaan nykyinen 10 kV:n rinki kattamaan olefiinituotannon muuntamot, pois lukiin M74, joka jätetään muuntamon M62 perään. Koska olefiinilaitoksen muuntamot ovat kaukana toisistaan, tulee niiden välinen sähkönsiirto toteuttaa 10 kV:n jännitetasossa. Aromaattilaitoksen muuntamoiden välimatkat eivät välttämättä tarvitse suurjänniteyhteyttä.

5.2.1 Muutostyöt 10 kV ringin kattamiseksi vain olefiinilaitos

Aromaattilaitoksen varavoimaverkko tulisi olemaan kappaleen 5.1 mukainen, joten siihen pätevät samat muutostyöt kuin ko. kappaleessa esitettiin.

Jotta olefiinilaitokselle saadaan 10 kV:n rinki toteutettua, tulee muuntamolle M52 hankkia 10 kV:n kojeisto sekä muuntaja. Muuntamoiden M51 ja M58 välille on rakennettava uusi kaapeliyhteys 10 kV:n tasoon, samoin muuntamoiden M52 ja M58 välille.

Muuntamolle M58 tulisi hankkia uusi dieselgeneraattori, jotta tehontarve saadaan katettua olefiineilla. Kahdella n. 1000 kW:n koneella pystytään tuottamaan tarpeeksi tehoa koko olefiinien tarpeisiin, joten lisäkonetta ei tällä toteutuksella tarvita muuntamolle M58. Uusi dieselgeneraattori voitaisiin mitoittaa myös niin, että tarvittaessa sillä pystytään tuottamaan tarpeeksi tehoa koko verkon tarpeisiin yksinään.

Muuntamon M53 syöttö tulisi siirtää muuntamolle M52 samoin kuin omien saarekkeiden tapauksessakin.

5.3 Nykyinen 10 kV rinki kattamaan koko petrokemia

Kolmas tapa parantaa varavoimaverkon käyttöä olisi liittää muuntamoiden M51, M52 ja M61 väliseen 10 kV:n rinkiin myös muuntamo M62 sekä yhdistää muuntamalla M64 kojeistot 100H ja 1000H liitteen 6 mukaisesti. Tällä tavalla turvattaisiin huomattavasti nykyistä paremmin sähkön saatavuus mahdollisien vikojen sattuessa, kun suurimpaan osaan verkosta olisi olemassa vaihtoehtoinen reitti. Tämä tapa ei kuitenkaan palvele ajatusta, jossa laitoksien varavoimat olisivat riippumattomia toisistaan, mikä taas hankaloittaa seisokkitöitä. Myös ajatus kappaleen 2.1 mukaisesta yksinkertaisesta verkosta jää toteutumatta tällä toteutustavalla verrattuna muihin esiteltyihin verkkoihin.

5.3.1 Muutostyöt aromaattilaitoksella

Tämän verkon rakenteen toteuttamiseksi on aromaatin muuntamolle M62 rakennettava 10 kV:n kojeistoa sekä hankittava uusi muuntaja. Myös kaapeliyhteys väleille M61–M62 sekä M62–M52 tulisi rakentaa. Muuntamo M64 toimii omilla dieseleillään, joten sinne ei turhaan kannata alkaa rakentamaan varavoiman 10 kV:n yhteyttä. Kuitenkin muuntamalla M64, kuten muissakin tavoissa toteuttaa varavoima, tulisi tehdä yhteys kojeistojen 100H ja 1000H välille varavoiman saannin varmistamiseksi kaikille kuormille vian sattuessa.

5.3.2 Muutostyöt olefiinilaitoksella

Muuntamolle M58 tulevaan uuteen osaan tulisi rakentaa 10 kV:n kojeisto sekä hankkia uusi muuntaja varavoimalle. Yhteys muuntamolle M58 rakennettaisiin muuntamolta M51 ja vanha 400 V:n yhteys muuntamolta M52 voidaan purkaa. Ohjaamon varavoiman saanti varmistetaan muuntamon M58 uudesta osasta.

5.4 Kustannusarviot

Kustannusarviot perustuvat vanhoihin kokemuksiin töiden ja laitteistojen kustannuksista sekä dieselgeneraattoreiden osalta tarjouspyyntöihin tulleisiin vastauksiin.

Omien saarekkeiden rakentaminen olisi muiden etujensa lisäksi myös kustannuksiltaan edullisin tapa toteuttaa varavoimaverkko petrokemian tehtaalle. Tämä toteutustapa tarkoittaa kahden dieselgeneraattorin hankintaa, jolloin huolto- ja ylläpitokustannukset ovat verrattuna muihin tapoihin vähän suuremmat kappaleen 3.3.1 mukaisesti.

Toiseksi edullisin tapa toteuttaa varavoimaverkon rakennemuutos on rakentaa olefiinilaitoksen muuntamoiden välille 10 kV:n rinki ja lisäksi erottaa laitoksien verkot toisistaan. Ylläpito- ja huoltokustannukset tällä toteutuksella ovat pienemmät verrattuna omiin saarekkeisiin, koska uusia dieselgeneraattoreita ei tulisi kuin yksi.

Kallein tapa toteuttaa varavoimaverkon rakennemuutos on rakentaa nykyinen 10 kV:n rinki kattamaan koko petrokemian varavoiman tarve.

6 Yhteenveto

Borealis Polymers Oy:n Porvoon petrokemian laitoksien varavoimajärjestelmän rakenne ei palvele ajatusta selkeästä sähköverkosta nykyisellään. Tästä syystä tässä työssä mietittiin vaihtoehtoja millä saataisiin varavoimaverkon rakennetta selkeytettyä. Lisäksi tavoitteena oli erottaa aromaattituotannon ja olefiinituotannon varavoimaverkot toisistaan seisokkitöiden helpottamiseksi. Samalla tarkastettiin verkostolaskennan avulla jännitetasot varavoimakeskuksilla sekä kuormanjako dieselgeneraattoreille.

Verkostolaskennassa apuna käytettiin Neste Jacobsin asiantuntemusta NEPLAN-verkostolaskentaohjelmasta. Laskelmia varten petrokemian varavoimaverkosta kerättiin lähtötietoja, joihin perustuen laskennat suoritettiin. Koska työn kohteena on vuosikymmeniä vanha laitos, ei käytössä oleva tekniikka ole välttämättä aivan markkinoiden uusinta mallia. Se asettaa eräänlaisia haasteita, kun tietoa ei välttämättä kaikesta löydy nykypäivänä kovin helposti. Muutamassa tapauksessa jouduttiin turvautumaan vastaavanlaisen, mutta uudemman laitteen tietoihin. Myöskään vanhimpien tehtaan osien dokumentointi ei kaikilta osin ollut aivan nykyajassa. Dokumentteja päivitettiin samalla kun puutteita löytyi.

Verkostolaskennan avulla huomattiin muutaman varavoimakeskuksen jännitetason olevan alhainen. Näihin ongelmiin löydettiin tavat, joilla jännitteet saadaan sallittujen rajojen sisään. Laskentojen avulla huomattiin myös, että muutaman varavoimageneraattorin

kuormitusasteet ovat korkeat. Nämä ongelmat korjataan samalla, kun koko varavoimaverkon muutostyöt toteutetaan.

Varavoimaverkon muutostarpeeseen valmistui kolme eri suunnitelmaa kustannusarvioineen verkon rakenteen muuttamiseksi. Näiden suunnitelmien avulla Borealiksella etsitään paras mahdollinen toteutustapa tulevalle varavoiman muutosprojektille, jonka ajankohdaksi tämän työn tekohetkellä ajateltiin 2017 seisokkia.

Lähteet

Borealis Polymers Oy. Verkkodokumentti. Kilpilahden www –sivusto <<http://www.kilpilahti.fi/yritykset-kilpilahdessa/borealis-polymers-oy/>> Luettu 21.9.2015.

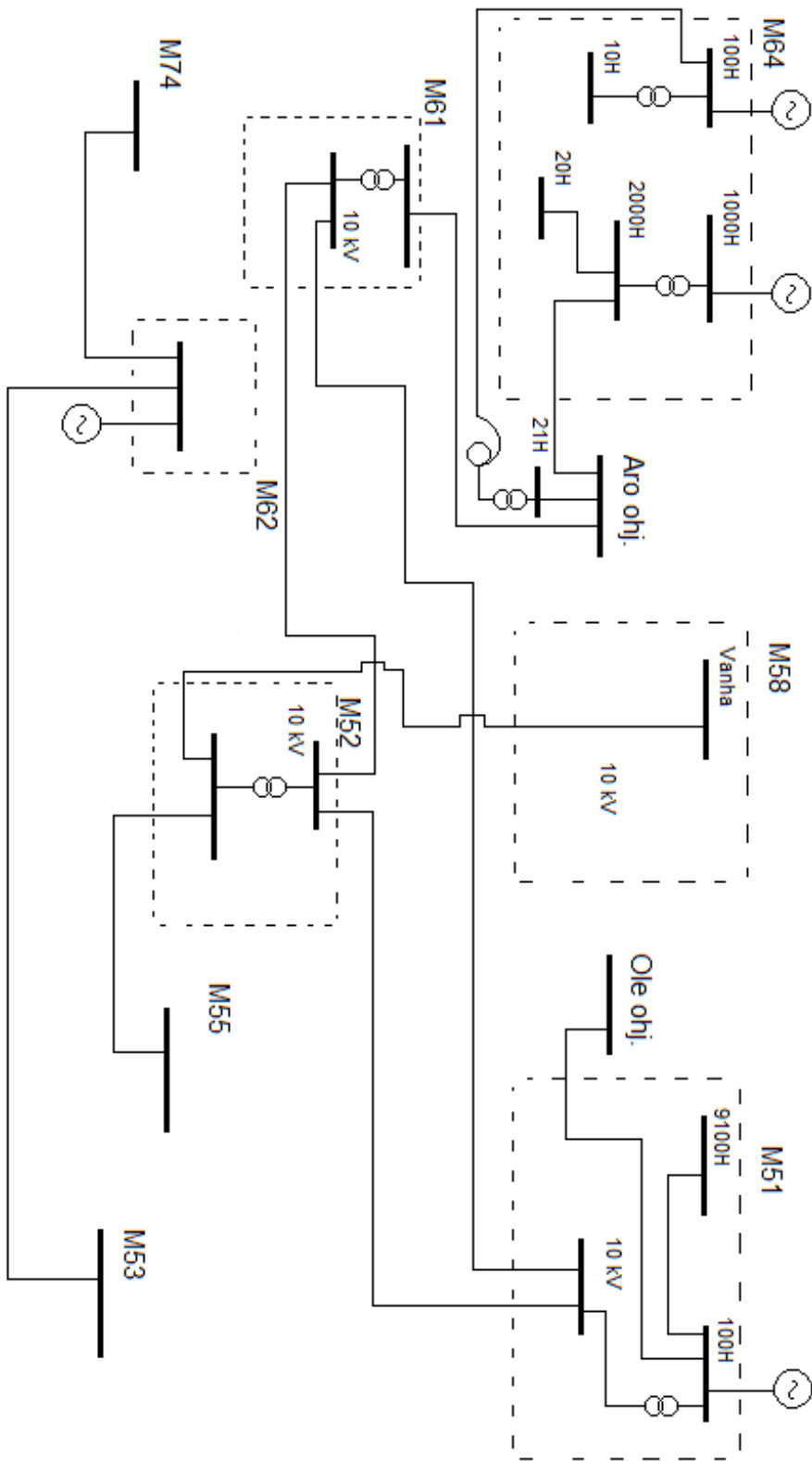
Ijäs, J. *Muuntajat, avaus*. Helsinki 2011. Metropolia AMK, luentomateriaali.

Sähkötieto ry 2005: *ST-käsikirja 20 – Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät*. Sähköinfo Oy, Espoo.

Sähkötieto ry 2013: *ST-käsikirja 31 – Varavoimailaitokset*. 3. painos. Sähköinfo Oy, Espoo.

Vaittinen, O. 2015: *Varavoimaverkon mallinnus -raportti, Borealis*. Neste Jacobs Oy, Porvoo.

Varavoimaverkon nykyinen rakenne



Olefiinituotannon tämänhetkinen tilanne varmennettujen laitteiden osalta

Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M51	9101HC	GAM-13201S	15	26,6	400	AMCMK 3x25+10	235
M51	9101HD	GAM-13202S	5,5	11	400	MCMK 3x10+10	210
M51	9102HB	GAM-13804	7,5	15	400	MCMK 3x6+6	250
M51	9102HC	GAM-13201S	15	26,6	400	AMCMK 3x25+10	235
M51	9102HD	GAM-12106S	22	42	400	AMCMK 3x35+10	115
M51	9105HA	GAM-12106	22	42	400	AMCMK 3x35+10	115
M51	9105HD	GAM-12702S	37	68	400	AMCMK 3x70+21	165
M51	9106HC	GAM-12702II	55	96	400	(A)MCMK 185+57/95+50	200+80
M51	110H1	GAM-12105SII	285	550	400	2x MCMK 3x240+120	130
M51	116H1	GAM-12129	1,1	2,5	400	MCMK 3x2,5+2,5	
M51	9112HB	EOV-12201	3,2	6,6	400	MCMK 3x4+4	240
M51	9112HC	EOV-12202	2,93	5	400	MCMK 3x4+4	240
M51	9112HD	EOV-12203	3,2	6,6	400	MCMK 3x4+4	220
M51	9112HE	EOV-12204	3,2	6,6	400	MCMK 3x4+4	240
M51	9113HB	EOV-12504	3,2	6,6	400	MCMK 3x4+4	250
M51	9113HC	EOV-12505	9,6	16,3	400	MCMK 3x10+10	250
M51	9113HD	EOV-12205	1,1	3,8	400	MCMK 3x6+6	230
M51	9113HE	EOV-12206	1,1	3,8	400	MCMK 3x4+4	230
M51	9116HB	EOV-12602	0,26	1,05	400	MCMK 3x6+6	260
M51	9116HC	EOV-12604	1,5		400	MCMK 3x6+6	260
M51	9116HD	EOV-12501	3,2	6,4	400	MCMK 3x4+4	250
M51	9116HE	EOV-12329	0,67	2,4	400	MCMK 3x4+4	180
M51	9116HF	EOV-12330	0,67	2,4	400	MCMK 3x4+4	180
M51	9117HD	EOV-12331			400	MCMK 3x16+16	246
M51	9117HD	EOV-12332			400	MCMK 3x16+16	248
M51	9117HD	EOV-12337			400	MCMK 3x16+16	248
M51	9117HD	EOV-12311	1,5		400	MCMK 3x10+10	167
M51	9117HD	EOV-12312	3		400	MCMK 3x4+4	192
M51	9117HD	EOV-12315	3		400	MCMK 3x10+10	166
M51	9117HD	EOV-12316	1,5		400	MCMK 3x10+10	164
M51	9117HD	EOV-12317	1,5		400	MCMK 3x10+10	168
M51	9117HD	EOV-12318	2,2		400	MCMK 3x10+10	169
M51	9117HD	EOV-12321	3		400	MCMK 4x10+10	166
M51	9117HD	EOV-12322	0,77		400	MCMK 4x10+10	166
M51	9118HB	EOV-12323	1,5		400	MCMK 3x10+10	168

Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M51	9118HB	EOV-12324	3		400	MCMK 3x10+10	180
M51	9118HB	EOV-12327	3		400	MCMK 3x10+10	174
M51	9118HB	EOV-12328	1,5		400	MCMK 3x10+10	176
M51	9118HB	EOV-12601	0,62		400	MCMK 3x16+16	260
M51	9118HB	EOV-12802			400	MCMK 3x16+16	259
M51	9119HC	EOV-12503		7,5	400	MCMK 3x6+6	250
M51	9119HF	EOV-12603		4	400	MCMK 3x6+6	260
M51	105H1	EOV-12207		4	400	MCMK 3x6+6	300
M51	108H1	EOV-12801	0,08		400	MCMK 3x6+6	310
M51	108H2	EOV-12110	0,67		400	MCMK 3x6+6	150
M51	108H3	EOV-12111	1,27		400	MCMK 3x6+6	150
M51	108H4	EOV-12112	0,24		400	MCMK 4x6+6	150
M51	111H2	EOV-12903	0,47		400	MCMK 3x6+6	320
M51	111H3	EOV-12904	0,47		400	MCMK 3x6+6	320
M51	111H4	EOV-12901	2,1		400	MCMK 3x6+6	320
M51	111H5	EOV-12902	2,1		400	MCMK 3x6+6	320
M51	112H2	EOV-12116	0,4		400	MCMK 3x16+16	181
M51	112H2	EOV-12117	0,09		400	MCMK 3x16+16	185
M51	112H2	EOV-12118	0,4		400	MCMK 3x16+16	165
M51	112H2	EOV-12119	0,09		400	MCMK 3x16+16	165
M51	112H2	EOV-12120	0,4		400	MCMK 3x16+16	172
M51	112H2	EOV-12121	0,09		400	MCMK 3x16+16	164
M51	112H2	EOV-12122	0,4		400	MCMK 3x16+16	163
M51	112H2	EOV-12123	0,09		400	MCMK 3x16+16	163
M51	112H3	EOV-12124	0,4		400	MCMK 3x16+16	169
M51	112H3	EOV-12125	0,09		400	MCMK 3x16+16	165
M51	112H3	EOV-12126	0,4		400	MCMK 3x16+16	187
M51	112H3	EOV-12127	0,09		400	MCMK 3x16+16	181
M51	112H3	EOV-12128	0,4		400	MCMK 3x16+16	185
M51	112H3	EOV-12129	0,09		400	MCMK 3x16+16	188
M51	112H3	EOV-12130	0,53		400	MCMK 3x16+16	200
M51	112H3	EOV-12131	0,21		400	MCMK 3x16+16	199
M51	113H3	EOV-12905	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H3	EOV-12906	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H3	EOV-12907	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H3	EOV-12908	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H3	EOV-12502	1,5		400	MCMK 3x10+10	260
M51	113H4	EOV-12909	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H4	EOV-12910	1,42		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H4	EOV-12911	0,21		400	MCMK 3x10+10	
M51	113H4	EOV-12912	0,21		400	MCMK 3x10+10	
M51	114H1	EOV-12113	2,22		400	MCMK 4x6+6	300

Liite 2
3 (4)

Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M51	114H2	EOV-12114	0,21		400	MCMK 3x6+6	159
M51	114H3	EOV-12115	0,21		400	MCMK 3x6+6	160
M51	103H	VM51			400	2x XZB28 3x800+800	2x30
M51	104H3	51RH2 ohj. Varavoimakus		100	400	2x (3x300Al+88Cu)	200
M51	105H2	PAM-12504X		5,2	400	MCMK 3x16+16	260
M51	109H	9100H syöttökaapeli			400	3x MCMK 4x185+95	3x96
M51	111H1	AICA-12132			400	MCMK 4x2,5+2,5	350
M51	114H4	PAM-12211X	1,5	9	400	MCMK 3x16+16	260
M51	114H5	PAM-12606X	1,5	3,8	400	MCMK 3x2,5+2,5	280
M51	9106H	Analysaattorikopin puhallin B	1,1	2,8	400	MCMK 3x4+4	130
M51		Valaistukset		30A/vaihe			
M51		H-430 puhallin II huuhdeltu					
M51		JF-12023					
M51		JF-12088					
M52	V2	Valaistus+tulppavarokelähdöt			400		
M52	V3	M55 varasyöttö			400	AMCMK 3x50+15	300
M52	V3	M58 varasyöttö			400	AMCMK 3x95+30	300
M52	V3	Saatto H65	1,26	5,2	400	MLJRM 4x2,5	90
M52	V3	EOV-12333	0,21	1,7	400	MCMK 3x16+16	155
M52	V3	EOV-12334	0,19	1,34	400	MCMK 3x16+16	155
M52	V3	EOV-12335	0,21	1,7	400	MCMK 3x16+16	155
M52	V3	EOV-12336	0,19	1,34	400	MCMK 3x16+16	155
M52	V4	GAM-13801	11	21,5	400	AMCMK 3x35+10	260
M52	V4	52H52.1	3 x 0,46	3 x 2,1	230		
M52	V4	52H52.2	3 x 0,36	3 x 1,6	230		
M52	V4	52H53.1	3 x 0,47	3 x 2,14	230		
M52	V4	52H53.2	3 x 0,5	3 x 2,28	230		
M52	V4	GAM-13286-5x			400	MCMK 3x2,5+2,5	50
M52	V4	GAM-13285-5X			400	MCMK 3x2,5+2,5	50
M53	102HA	53-RK1 syöttö		10	400	MCMK 4x16+16S	13
M53	102HB	G-5301		25	400	MCMK 4x6+6S	20
M53	102HC	G-5302		10	400	MCMK 4x6+6S	20
M53	103HA	GAM-13303-AC jäähdytys			400	MCMK 3x10+10	20
M53	103HC	GAM-13291SX	0,18	0,7	400	MCMK 3x2,5+2,5S	75
M53	104HB	Tulppavarokelähdöt			400		
M53	104HD	GAM-13292SX	0,55	1,7	400	MCMK 3x2,5+2,5S	75
M53	53-RK1	Tilojen lämmitys			400		
M53	53-RK1	Tilojen valaistus			400		
M53	53-RK1	Ulkovaalaus			400		
M55	V1D	GAM-13251-2X	1,1	2,8	400	MCMK 3x2,5+2,5	31
M55	V5B	GAM-13253 kytkentäkotelon lämmitys			400		

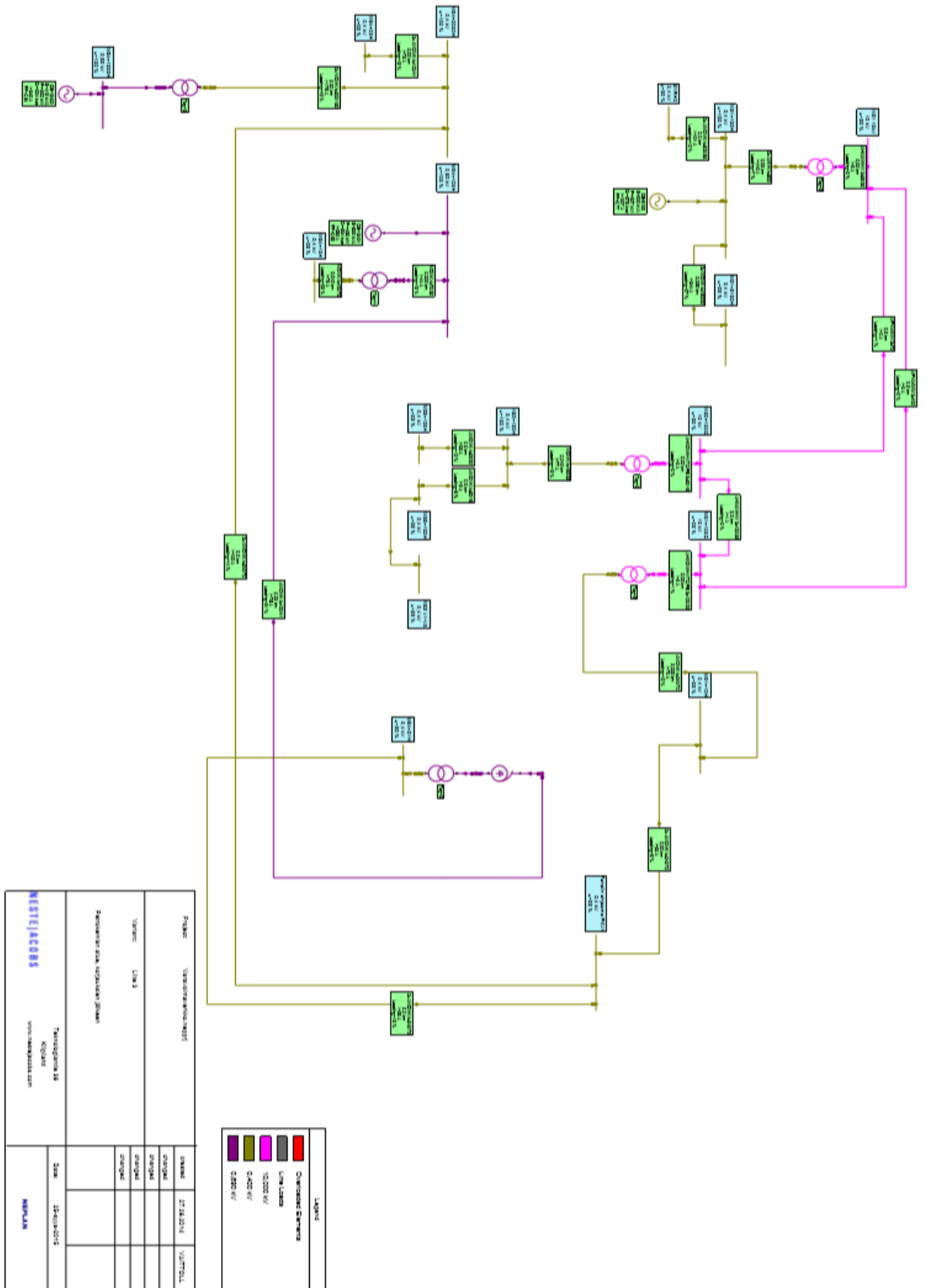
Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M55	V6B	OK55B, OK55C/Q2, OK55B - 51 U5, OK55B -52 U6, OK55B U41, OK55 pintamittaus, FIA-13283, OK55B GA-13281x & sx					
M55	V6C	EOV-13202				MCMK 3x6+6	70
	V6C	TK55					
M55	V7B	GAM-13295SX	1,5	3,45	400	MCMK 3x2,5+2,5	
M55	V7C	ECM-13285X	0,37	1,2	400	MCMK 3x2,5+2,5	
M55	V7D	GAM-13294X, ECM-13284X	0,55	1,29	400	MCMK 3x2,5+2,5	
M58	V3	GAM-16023XS	7,5	14	400		
M58	V4	GAM-16026	5,5	11	400	MCMK 4x6+6	130
M74	119HB	GAM-15021	22	42	400	AMCMK 3x70+21	243
M74	119HD	EA-13956			400	MCMK 3x6+6	220
M74	120HA	GAM-15018/II	17,5	31	400	MCMK 3x25+16	201
M74	120HB	UPS 0.1.1 ohitusyöttö			400	MMJ 5x10S	15
M74	120HC	GAM-15055	30	51	400	MCMK 3x70+35	185
M74	120HE	GAM-15012	15	26	400	AMCMK 3x35+16	130
M74	121HA	ECM-13956A/B			400	2x (MCMK 3x6+6)	220
M74	121HC	UPS 0.1.1 syöttö	10		400	MMJ 5x10S	15
M74	121HD	GAM-13964	7,5	15	400	MCMK 3x6+6	220

Aromaattituotannon tämänhetkinen tilanne varmennettujen laitteiden osalta

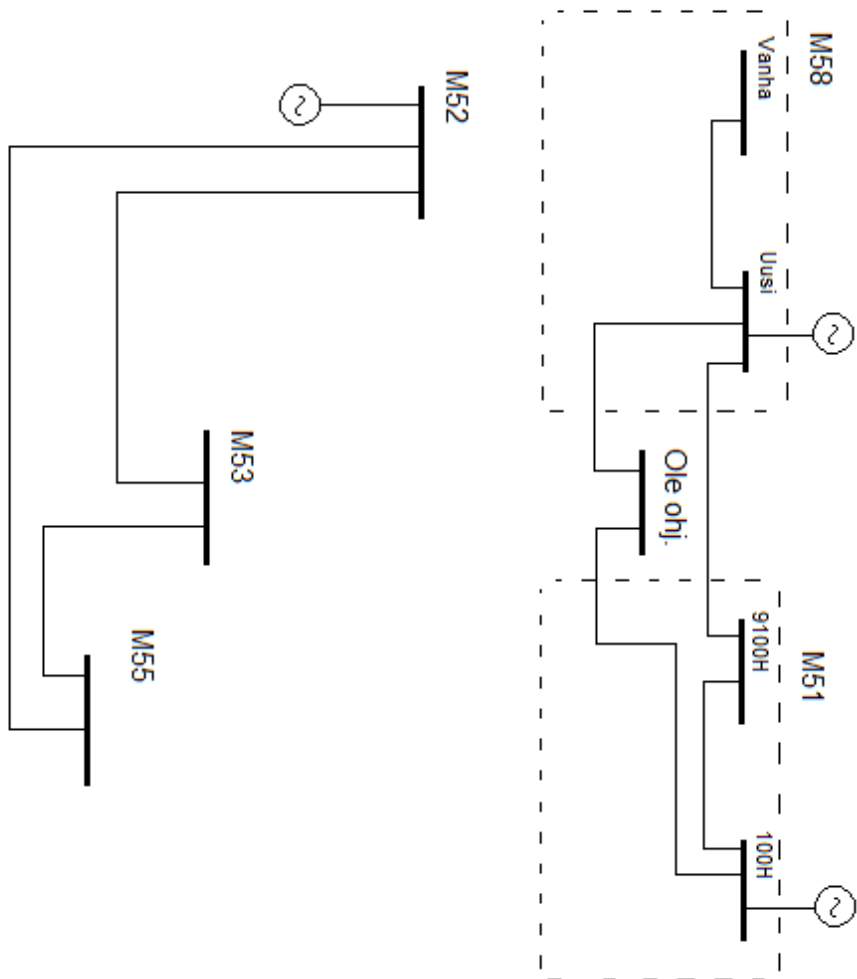
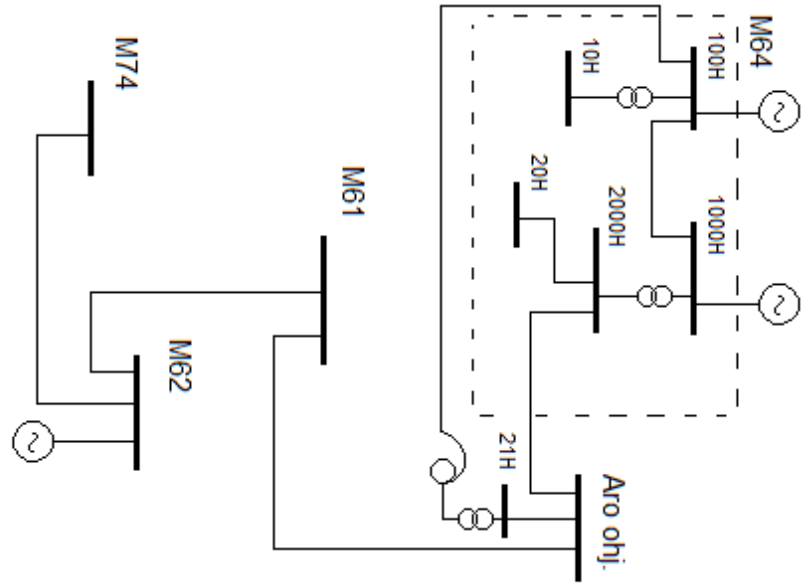
Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M61	01HB	DC100L		10	400		
M61	01HC	GAM-17406	11	22	400	MLJRM 5x10S	108
M61	01HD	GAM-17407	11	22	400	MLJRM 5x10S	110
M61	01HE	GAM-17410	11	22	400	MLJRM 5x10S	117
M61	01HF	GAM-17411	11	22	400	MLJRM 5x10S	115
M61	07HD	Aromaatin ohj. PKV1		100	400	2x (AMCMK 4x240+72)	290
M61		Valaistukset		30A/vaihe			
M62	100H3	DG -katkaisija			400		
M62	107HA	GAM-15019	55	65	400	MCMK 3x70+35	70
M62	107HB	GAM-15019S	37	65	400	MCMK 3x70+35	70
M62	107HC	GAM-15022	64	105	400	MCMK 3x120+41	60
M62	107HD	GAM-15022S	64	105	400	MCMK 3x120+41	60
M62	108HA	GAM-15046	11	24	400	MCMK 3x10+10	60
M62	108HB	GAM-15046S	11	24	400	MCMK 3x10+10	60
M62	108HC	GAM-15045	29	65	400	MCMK 3x70+35	60
M62	108HD	GAM-15045S	29	65	400	MCMK 3x70+35	60
M62	106HD	M74 varavoimasyöttö			400	2x AMCMK 4x240+72	2x380
M62	106HC	M53 varavoimasyöttö			400	2x AMCMK 4x240+72	2x500
M62		200F .R1 ryhmäkeskus					
M64	101H2	GAM-18201S	15	17,3	690	MCMK 3x6+6	130
M64	101H3	GAM-18202S	15	17,3	690	MCMK 3x6+6	120
M64	101H4	GAM-18203S	15	17,3	690	MCMK 3x6+6	115
M64	101H5	GAM-18205S	45	50,8	690	AMCMK 3x35+10	120
M64	103H2	GAM-18215S	11	13	690	MCMK 3x6+6	90
M64	103H3	GAM-18803S	85	113	690	MCMK 3x120+70	308
M64	103H4	GAM-18359	37	38	690	AMCMK 3x35+16	130
M64	104H2	GAM-18216S	7,5	9	690	MCMK 3x4+4	100
M64	104H3	GAM-18230S	2,2	3,5	690	MCMK 3x4+4	130
M64	104H6	GAM-18313S	37	41,6	690	MCMK 3x35+10	100
M64	105H3	GAM-18235	15	17	690	MCMK 3x6+6	145
M64	105H4	GAM-18235S	15	17	690	MCMK 3x6+6	145
M64	105H5	GAM-18352S	90	99,6	690	AMCMK 3x120+41	130
M64	106H2	GAM-18601	15	21	690	MCMK 3x16+16	100
M64	106H3	GAM-18601S	15	21	690	MCMK 3x16+16	100
M64	106H4	GAM-18237S	15	15,2	690	MCMK 3x10+10	201
M64	107H2	GAM-18237	15	15,2	690	MCMK 3x10+10	201

Muuntamo	Lähtö	Syötettävä kohde	Teho [kW]	Virta [A]	Jännite [V]	Kaapeli	Pituus
M64	107H3	GAM-18201	15	15	690	MCMK 3x6+6	130
M64	107H4	GAM-18202S	15	15	690	MCMK 3x6+6	120
M64	108H2	GAM-18203	15	17,3	690	MCMK 3x6+6	115
M64	108H5	GAM-18205	45	50,8	690	AMCMK 3x35+10	120
M64	109H3	GAM-18215	11	13	690	MCMK 3x6+6	90
M64	109H5	GAM-18313	37	40	690	AMCMK 3x35+10	100
M64	110H2	GAM-18216	7,5	8,7	690	MCMK 3x4+4	100
M64	110H3	GAM-18230	2,2	2,8	690	MCMK 3x4+4	130
M64	110H6	GAM-18803	85	113	690	MCMK 3x120+70	308
M64	112H4	GAM-18352	90	100	690	AMCMK 3x120+41	130
M64	1006HA	GAM-18515X	4	5,5	690	MCMK 3x6+6	170
M64	1006HB	GAM-18430	4,5		690	MCMK 3x16+16	360
M64	1006HC	GAM-18430S	3		690	MCMK 3x16+16	360
M64	1006HE	GAM-186600A	75	79	690	MCMK 3x50+25	105
M64	1006HF	GAM-186600B	75	79	690	MCMK 3x50+25	104
M64	1007HA	GAM-18204	37	40	690	MCMK 3x25+16	138
M64	1007HB	GAM-18204S	37	40	690	MCMK 3x25+16	138
M64	1007HC	GAM-18238	30	32	690	MCMK 3x25+16	165
M64	1007HD	GAM-186600S	75	79	690	MCMK 3x50+25	103
M64	1007HE	GAM-18238S	30	32	690	MCMK 3x25+16	157
M64	1008HB	GAM-18427	4,5	4,8	690	MCMK 3x16+16	315
M64	1008HC	GAM-18427S	2,2	2,3	690	MCMK 3x16+16	315
M64	111H2	Hissi JF-18002			690	MLVMK 3x35+16	100
M64	111H3	Hissin ilmastointi	0,87		690	MCMK 3x4+4	100
M64	2006HC&D	PKV1			400	2x AMCMK 4x240+72	2x200
M64		Valaistukset		50A/vaihe			
		C1000H kondensaattori					
		Portti					
		Huoltorakennus PKV					
PKV1	R1V						
	R2V						
	R3V						
	R4V						
	R5V						
	R6V						
	RK1V ruokala						
	PK03V						
	T3201						
	UPS-3221						
	UPS-3211						
	Fenoli instrumenttisyöttökeskus						

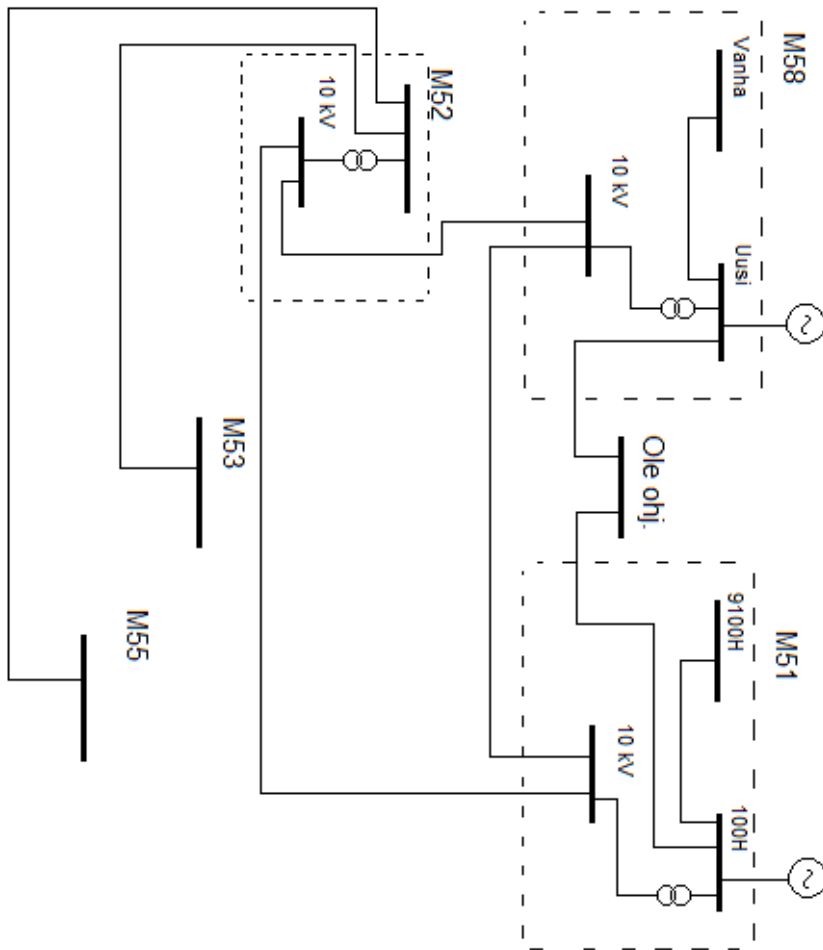
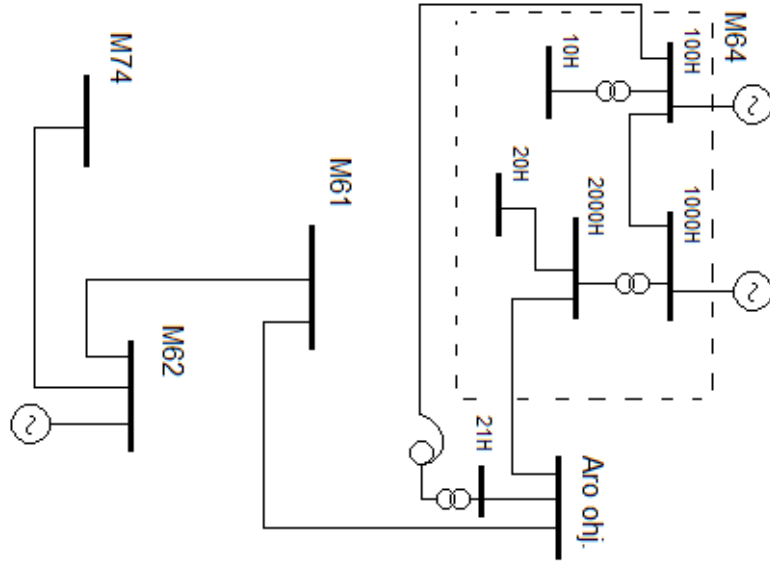
Jännitteenalenemat korjaavien toimenpiteiden jälkeen



Omat saarekkeet



Olefiinilaitoksille 10 kV:n rinki



Nykyinen 10 kV:n ringi kattamaan koko petrokemia

