

Pekka Vartio

ALIKO L 2400-30 LEVYLEIKKURIN VAIHTOEHTOISEN KÄYTÖN
TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2014

ALIKO L 2400-30 LEVYLEIKKURIN VAIHTOEHTOISEN KÄYTÖN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU

Vartio, Pekka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2014
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Sivumäärä: 44
Liitteitä: 3

Asiasanat: levyleikkuri, aggregaatti, käynnistysvirta, sähköverkko

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella järkevin tapa toteuttaa Aliko L 2400-30 levyleikkurin käyttö, haja-asutusalueella toimivan metallialan yrityksen tarpeisiin.

Työssä suunniteltiin vaihtoehtoinen levyleikkurikäytön toteutus, jossa käytetään leikkurin sähkönsyöttöön aggregaattia. Tässä yhteydessä tutkittiin tapoja rajoittaa kolmivaiheisen oikosulkumoottorin käynnistysvirtaa. Lisäksi tarkasteltiin levyleikkurin käyttöönotto- ja käyttökustannuksia sekä sähköverkkoon liitettynä että aggregaattikäyttöisenä.

Tämän työn avulla on tarkoitus päättää, miten levyleikkurikäyttö tullaan toteuttamaan.

PLANNING OF ALTERNATIVE IMPLEMENTATION TO USE ALIKO L 2400-30 METAL PLATE CUTTER

Vartio, Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

February 2014

Supervisor: Nieminen, Esko

Number of pages: 44

Appendices: 3

Keywords: metal plate cutter, aggregate, starting current, grid

The purpose of this thesis was to plan the most reasonable way to use Aliko L 2400-30 metal plate cutter for the needs of a metal company located in sparsely populated area.

The main purpose of this thesis was to design an alternative implementation to use metal plate cutter while using aggregate as a power source of the cutter. In this context, ways to restrict starting current of a three phase cage induction motor were studied. Also start-up and operating costs were inspected in both implementations.

With help of this thesis, the way to implement the use of the cutter will be decided.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	HARJUNPÄÄN TERÄSRAKENNE OY.....	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Historia.....	7
3	ALIKO L 2400-30 LEVYLEIKKURI	8
3.1	Tekniset tiedot.....	8
3.2	Levyleikkurin sijoittaminen	9
4	LEVYLEIKKURIKÄYTÖN TOTEUTUSVAIHTOEHDOT	10
4.1	Sähköverkkoon liittäminen	10
4.2	Aggregaattikäyttö.....	10
5	AGGREGAATTIKÄYTÖN SUUNNITTELU.....	10
5.1	Aggregaatin valinta.....	10
5.2	Gesan DPS 140 aggregaatti	11
5.3	Aggregaattikäytön toteuttamiseen tarvittavat muutokset levyleikkurissa	12
6	MOOTTORIN KÄYNNISTYKSEN SUUNNITTELU	14
6.1	Aggregaatin tuottama virta	14
6.2	Hydraulikoneikon moottorin nimellisvirta	16
6.3	Suora käynnistys	17
6.4	Tähti- kolmio -käynnistys	18
6.5	Pehmokäynnistin.....	19
6.6	Käynnistys taajuusmuuttajaa apuna käyttäen	21
7	LEVYLEIKKURIKÄYTÖN KUSTANNUKSET.....	22
7.1	Käyttöönottokustannukset.....	23
7.2	Käytön aikaiset kustannukset.....	23
8	KUSTANNUSLASKELMA	24
8.1	Käyttöönottokustannukset sähköverkkoon liitettynä.....	24
8.1.1	Yrityksen sähköliittymän suurentamisesta aiheutuvat kustannukset	24
8.1.2	Uuden mittauskeskuksen hankinnasta aiheutuvat kustannukset	25
8.1.3	Toimitilojen syöttökaapelin uusimisesta aiheutuvat kustannukset.....	27
8.1.4	Laitekaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset.....	29
8.2	Käyttöönottokustannukset aggregaattikäytössä.....	31
8.2.1	Aggregaatin hankinnasta aiheutuvat kustannukset.....	31
8.2.2	Moottorin käynnistämisen mahdollistavan laitteiston hankinnasta aiheutuvat kustannukset.....	31
8.2.3	Levyleikkurin muutoksista aiheutuvat kustannukset.....	32

8.2.4	Laitekaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset.....	32
8.3	Käytön aikaiset kustannukset verkkoon liitettynä	33
8.3.1	Kulutuksen perusteella maksettavaksi tulevat kulut.....	34
8.3.2	Kuukausittain maksettavaksi tulevat kulut.....	34
8.4	Käytön aikaiset kustannukset aggregaattikäytössä	37
8.5	Kustannusten vertailu.....	38
9	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella järkevin tapa toteuttaa Aliko L 2400-30 levyleikkurin käyttö Harjunpään Teräsrakenne Oy:n tarpeisiin. Työssä suunnitellaan vaihtoehtoinen levyleikkurin käyttö, joka toteutetaan käyttämällä leikkurin sähkönsyöttöön aggregaattia. Tässä yhteydessä perehdytään erilaisiin tapoihin kolmivaiheisen oikosulkumoottorin käynnistysvirran rajoittamiseksi, sekä pohditaan niiden soveltuvuutta tähän käyttötarkoitukseen. Lisäksi käydään läpi mitä pitää ottaa huomioon, kun käytetään aggregaattia energian lähteenä verrattuna sähköverkkoon liittämiseen.

Työssä yhtenä osa-alueena oli selvittää molempien käyttövaihtoehtojen toteutuksesta aiheutuvat kustannukset sekä myös leikkurin käytöstä aiheutuvat kustannukset eri käyttövaihtoehdoilla. Työn lopuksi onkin tehty näistä asioista mahdollisimman tarkka kustannuslaskelma, jonka perusteella on tehty lopulliset johtopäätökset järkevimmästä tavasta toteuttaa leikkurikäyttö.

2 HARJUNPÄÄN TERÄSRAKENNE OY

2.1 Yleistä

Harjunpään Teräsrakenne Oy on Ulvilan Harjunpäässä toimiva metallialan yritys. Yritys työllistää tällä hetkellä kahdeksan henkilöä vakituisesti. Nimensä mukaisesti yritys valmistaa mittatilaustyönä erilaisia rakenteita metallista. Yrityksen valmistamia rakenteita käytetään muun muassa hallien, liikekeskusten ja muiden vastaavien tilojen rakentamisessa. Yrityksen palvelut kattavat koko prosessin valmistuksesta asennukseen, joten tilaaja saa halutessaan valmiin tuotteen asennettuna sovittuun paikkaan. Yritys on esimerkiksi valmistanut ja asentanut Satakunnan Ammattikorkeakoulun tiedepuiston kampuksen katolla olevien aurinkokeräinten telineet. Tällä hetkellä suurin työmaa on Poriin valmistuva kauppakeskus Puuvilla, johon yritys valmistaa muun muassa kannatinpalkkirakenteita.

Teräsrakenteiden lisäksi yritys valmistaa myös ovia, ikkunoita sekä julkisivurakenteita. Näiden valmistuksessa käytetään nykyisin suurimmaksi osaksi alumiinia, mutta valmistusmateriaalina myös teräs on edelleen käytössä. (Nakkila-Ulvila-Luvia 2013, 111)

2.2 Historia

Vuonna 1985 Simo Sundelin perusti teräsrakenteita valmistavan yrityksen, jonka nimeksi tuli silloin Tmi Simo Sundelin. Yrityksen toimiala on ollut alusta asti sama, mutta huomattavasti pienemmässä mittakaavassa kuin nykyään. Vuonna 2001 toiminta oli paisunut sellaisiin mittoihin, että yrityksen yhtiömuoto muutettiin osakeyhtiöksi, sekä samassa yhteydessä yrityksen nimi vaihtui Harjunpään Teräsrakenne Oy:ksi. Seuraavaksi tarvittiin lisää tilaa ja uusi halli valmistuikin vuonna 2006 aiempien toimitilojen rinnalle. Nykyisin vanhoissa toimitiloissa hoidetaan alumiinityöt ja uusissa tiloissa terästyöt. Asiakkaita yrityksellä on nykyään koko Suomesta ja lisäksi on myös ulkomaan vientiä. (Nakkila-Ulvila-Luvia 2013, 111)

3 ALIKO L 2400-30 LEVYLEIKKURI



Kuva 1. Aliko L 2400-30 levyleikkuri

3.1 Tekniset tiedot

Aliko L 2400-30 on Urjalalaisen Aliko Automation Oy:n vuonna 1998 valmistama hydraulinen levyleikkuri. Se painaa 33 000 kiloa ja on valmistettu teräslevystä ja putkesta hitsaamalla. Sillä pystytään leikkaamaan teräslevyä aina 30mm materiaalivahvuuteen saakka. Levyleikkurin liityntäteho on 75 kVA, joka koostuu käytännössä kokonaan leikkurin hydraulikoneikkoa käyttävän sähkömoottorin tehosta. Leikkuri on varustettu ohjausyksiköllä, jonka muistiin voidaan ohjelmoida ohjelmaskeleittain erilaisia takavasteen ja muiden leikkaustietojen arvoja. Muistiin talletettuja ohjelmia voidaan selata, ottaa käyttöön muistista ja tarvittaessa korjata tai poistaa. Kuvassa 2 on leikkurin käyttöpaneeli, jolla leikkuria ohjataan. Käyttöpaneeli on sijoitettu leikkurin keskuksen kylkeen. (Aliko hydraulinen levyleikkuri, käyttöohjekirja 1999)

4 LEVYLEIKKURIKÄYTÖN TOTEUTUSVAIHTOEHDOT

4.1 Sähköverkkoon liittäminen

Levyleikkuri on suunniteltu kytkettäväksi sähköverkkoon asennuskiinteistön keskukseen liitettävällä liitäntäkaapelilla. Tällöin leikkurin käyttöönotto ei vaadi erityistoimenpiteitä vaan onnistuu helposti, edellyttäen että leikkurin sijoituspaikkana on riittävän suurella sähköliittymällä varustettu kiinteistö.

4.2 Aggregaattikäyttö

Harjunpään Teräsrakenne Oy:n tilanteessa levyleikkurin sähköverkkoon liittäminen vaatisi yrityksen sähköliittymän suurentamista huomattavasti. Kyseisessä tilanteessa ongelmaksi muodostuu yrityksen sähköliittymäkoon kasvattaminen leikkurikäytön takia kohtuuttoman suureksi yrityksen muuhun sähköntarpeeseen sekä leikkurin vähäisiin käyttötunteihin nähden. Yrityksen sijainti haja-asutusalueella tekee liittymän suurentamisesta kallista, joten päädyttiin selvittämään mahdollisuutta käyttää leikkuria aggregaatilla. Tätä vaihtoehtoa puolsi myös leikkurikäyttöön sopivan aggregaatin löytyminen käytettynä edulliseen hintaan.

5 AGGREGAATTIKÄYTÖN SUUNNITTELU

5.1 Aggregaatin valinta

Tässä tapauksessa aggregaatin valinnalle asetti erityisiä haasteita se, että tiedettiin levyleikkurin hydraulikoneikon moottorin ottavan hyvin suuren käynnistysvirran kun leikkuri käynnistetään. Tästä hyvin suuresta käynnistysvirrasta johtuen oli alusta alkaen selvää, että moottorin käynnistysvirtaa tulisi joutua rajoittamaan. Näin myös käyttöön tarvittavan aggregaatin koko saataisiin pidettyä maltillisempaan.

Levyleikkurin liityntätehoksi valmistaja ilmoittaa 75 kVA, jonka perusteella voidaan karkeasti päätellä, että aggregaatin tulisi mielellään olla vähintään kaksi kertaa liityntätehon suuruinen käynnistysvirran rajoittamisesta huolimatta. Näin varmistetaan riittävä käynnistysvirran saanti ja samalla moottorin riittävän nopea käynnistyminen.

Tällainen 150 kVA:n aggregaatti löytyi sopivaan hintaan käytettynä, joten tässä tapauksessa aggregaatin valintaa ei tarvinnut sen enempää miettiä, vaan päätettiin että aggregaattikäyttöön päädyttäessä levyleikkurin teholähteeksi tultaisiin hankkimaan kyseinen Gesan DPS 140 aggregaatti.

5.2 Gesan DPS 140 aggregaatti



Kuva 3. Gesan DPS 140 aggregaatti

Caterpillar logosta huolimatta käyttöön valikoitunut aggregaatti on Espanjalaisen Gesan:in valmistama DPS 140 malli. Caterpillar logo aggregaatin kyljissä johtuu aggregaatin moottorista, joka on Englantilaisen Perkins:in valmistetta. Perkins Engines on näet Caterpillar:in tytäryhtiö.

Kuvassa 4 olevasta aggregaatin tyyppikilvestä nähdään aggregaatin tärkeimmät tiedot, kuten sen nimellisteho, tehokerroin sekä tuotetun sähkön taajuus ja jännite. Nämä ja lisäksi paljon muuta tietoa aggregaatista käyvät ilmi myös liitteenä 2 olevista aggregaatin teknisistä tiedoista.



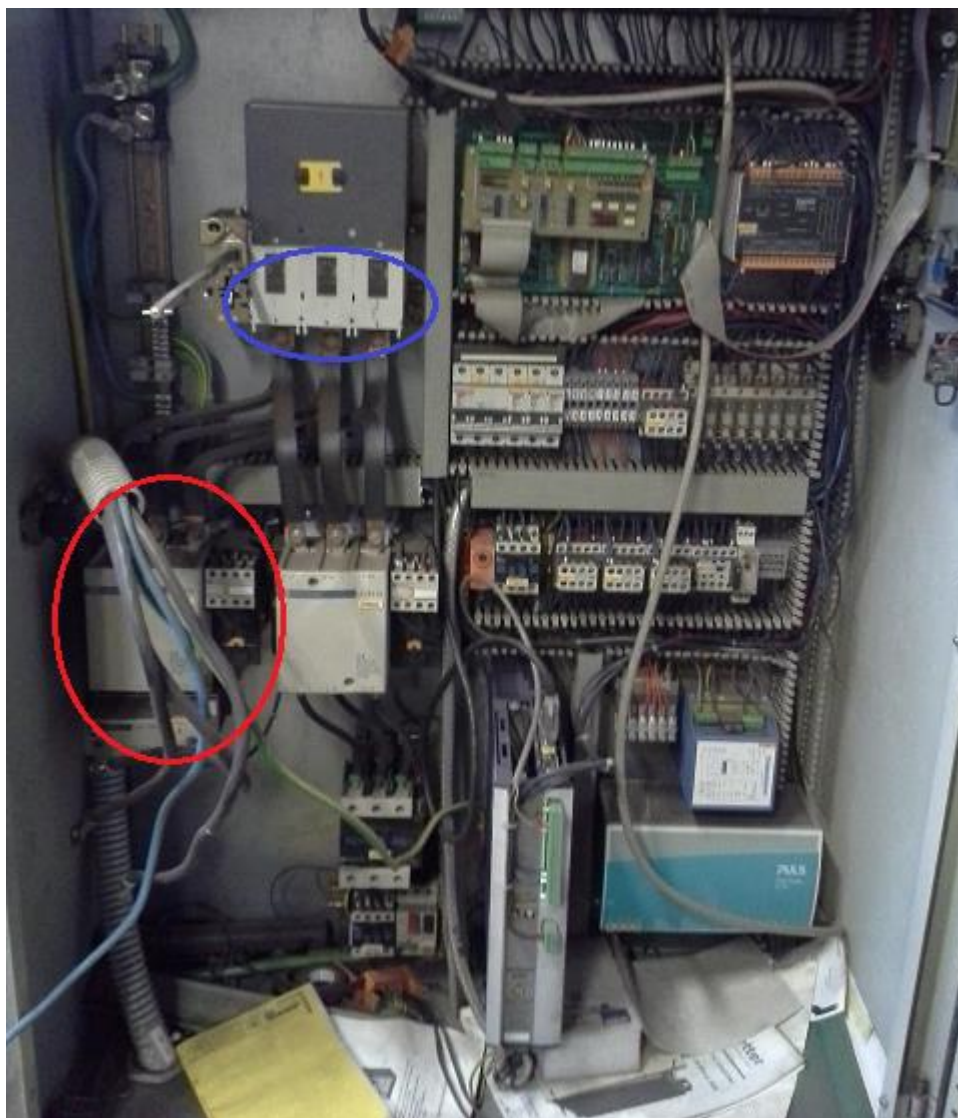
Kuva 4. Aggregaatin tyyppikilpi

5.3 Aggregaattikäytön toteuttamiseen tarvittavat muutokset levyleikkurissa

Levyleikkurin käyttö aggregaatilla vaatii hieman muutoksia levyleikkurin sähköistykseen. Vähimmillään leikkurin hydraulikoneikon moottorin syöttökaapeliin tulee kytkeä jonkinlainen käynnistysvirtaa rajoittava komponentti. Kun moottorin käynnistysvirran rajoitus on hoidettu, voidaan aggregaatti kytkeä leikkurin keskuksen syöttöön ja tarvittavien kalibrointien jälkeen aloittaa laitteen käyttö.

Käytännössä käynnistysvirran rajoitus on helpoin toteuttaa poistamalla käytöstä levyleikkurin keskuksessa oleva moottorin pääkontaktori ja kytkemällä moottorin syöttö-

kaapeli suoraan keskuksen pääsulakkeille. Näiden muutoksien jälkeen voidaan käynnistysvirtaa rajoittava komponentti kytkeä moottorin syöttökaapeliin, keskuksen ja moottorin väliin. Kuvassa 5 on leikkurin keskus, johon on ympyröity punaisella poistettava pääkontaktori ja sinisellä keskuksen pääsulakkeet.



Kuva 5. Levyleikkurin keskus jossa ympyröity muutettavat kohteet

Levyleikkurin käyttöä voidaan tarvittaessa helpottaa tekemällä lisää muutoksia leikkurin keskuksen. Tällöin keskusta tulee muuttaa siten, että levyleikkurin hydraulikon moottorin syöttö poistetaan keskukselta ja keskuksen syötön liitännät pienennetään niin, että keskuksen on mahdollista kytkeä levyleikkurin jäljelle jäävän liitännät mukainen syöttökaapeli. Moottorin syötön erottamisella muun levyleikkurin syötöstä saavutetaan parannusta levyleikkurin käytettävyydessä, näin säästy-

tään leikkurin leikkuupöydän takavasteen kalibroinnilta jokaisella käynnistykerralla. Liittämällä levyleikkurin keskus suoraan sähköverkkoon saadaan leikkurin kalibrointitiedot pysymään muistissa silloin kun leikkuria ei käytetä. Jos koko leikkuria käytetään aggregaatilla pelkän moottorin sijaan, aiheutuu tästä kalibrointitietojen häviäminen leikkurin muistista kun aggregaatti sammutetaan.

Tulevaisuudessa nähdään onko tarpeellista ryhtyä edellä mainittuihin muutoksiin leikkurin käytön helpottamiseksi. Näin aluksi tyydytään tekemään vain pakolliset muutokset aggregaattikäytön mahdollistamiseksi, sillä leikkurin käyttö tulee olemaan vähäistä ainakin ensi alkuun ja laitteen kalibroinnissa ei pitäisi kestää kuin muutama minuutti. (Aliko hydraulinen levyleikkuri, käyttöohjekirja 1999)

6 MOOTTORIN KÄYNNISTYKSEN SUUNNITTELU

Alusta asti oli selvää, että hydraulikoneikon moottorin käynnistäminen aggregaatilla vaatii tässä tapauksessa järjestelmän, jolla moottorin käynnistysvirtaa saadaan rajoitettua huomattavasti suoran käynnistyksen vaatimasta virran arvosta. Näin täytyy toimia siksi, että aggregaatista ei saada hetkellisestikään otettua virtaa niin paljon kuin moottorin suorakäynnistys vaatii. Sähköverkosta sen sijaan voidaan hetkellisesti ottaa huomattavasti liittymän pääsulakkeiden kokoa suurempi virta, esimerkiksi juuri moottorin käynnistysvirta. Seuraavaksi on määritetty aggregaatin tuottama virta, käynnistysvirran raja-arvo, moottorin käynnistysvirran tarve suoralla käynnistyksellä sekä perehdytty erilaisiin tapoihin käynnistysvirran rajoittamiseksi.

6.1 Aggregaatin tuottama virta

Lasketaan aluksi aggregaatin tuottama virta täydellä kuormituksella. Aggregaatin tyyppikilvessä on ilmoitettu aggregaatin tuottama teho kuormitettuna, tehokerroin ja jännite. Aggregaatin tuottama virta voidaan siis laskea kolmivaihetehon kaavalla:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

josta ratkaistaan virta:

$$I = P/(\sqrt{3} * U * \cos\phi)$$

$$I_{\text{kuormitettu}} = 108800\text{W}/(\sqrt{3} * 400\text{V} * 0,8)$$

$$I_{\text{kuormitettu}} = 196,3\text{A}$$

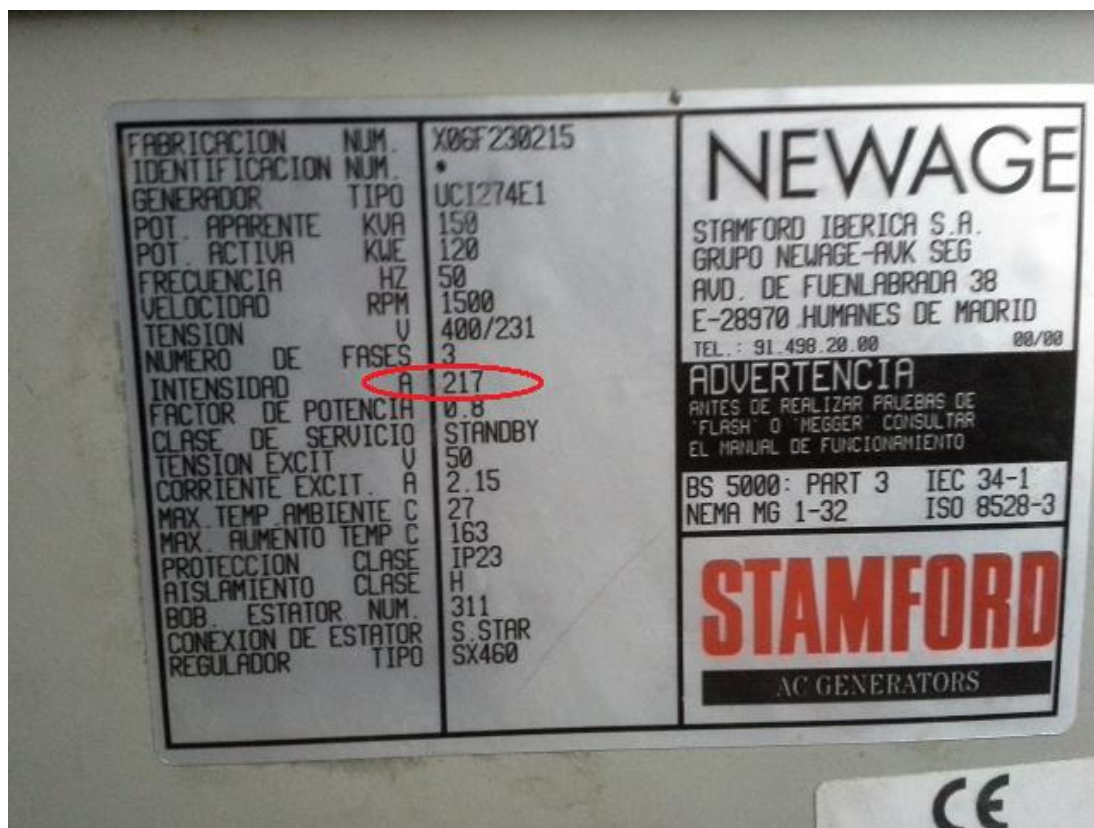
Tämä virran arvo on siis se virta, jonka aggregaatti pystyy tuottamaan täysin kuormittuna jatkuvasti. Koska moottorin käynnistyksessä ottama virta on hyvin lyhytaikainen, niin voidaan käytännössä pitää raja-arvona virtaa, jonka aggregaatti tuottaa kuormittamattomana. Kuormittamattoman tilanteen virta on laskettavissa liitteessä 2 annettujen arvojen perusteella edellä mainitulla kaavalla:

$$I = P/(\sqrt{3} * U * \cos\phi)$$

$$I_{\text{kuormittamaton}} = 120000\text{W}/(\sqrt{3} * 400 * 0,8)$$

$$I_{\text{kuormittamaton}} = 216,5\text{A}$$

Näillä arvoilla laskettuna saadaan virralle sama arvo, kuin mitä aggregaatin generaattoriosan valmistaja on generaattorin tyyppikilpeen merkinnyt.

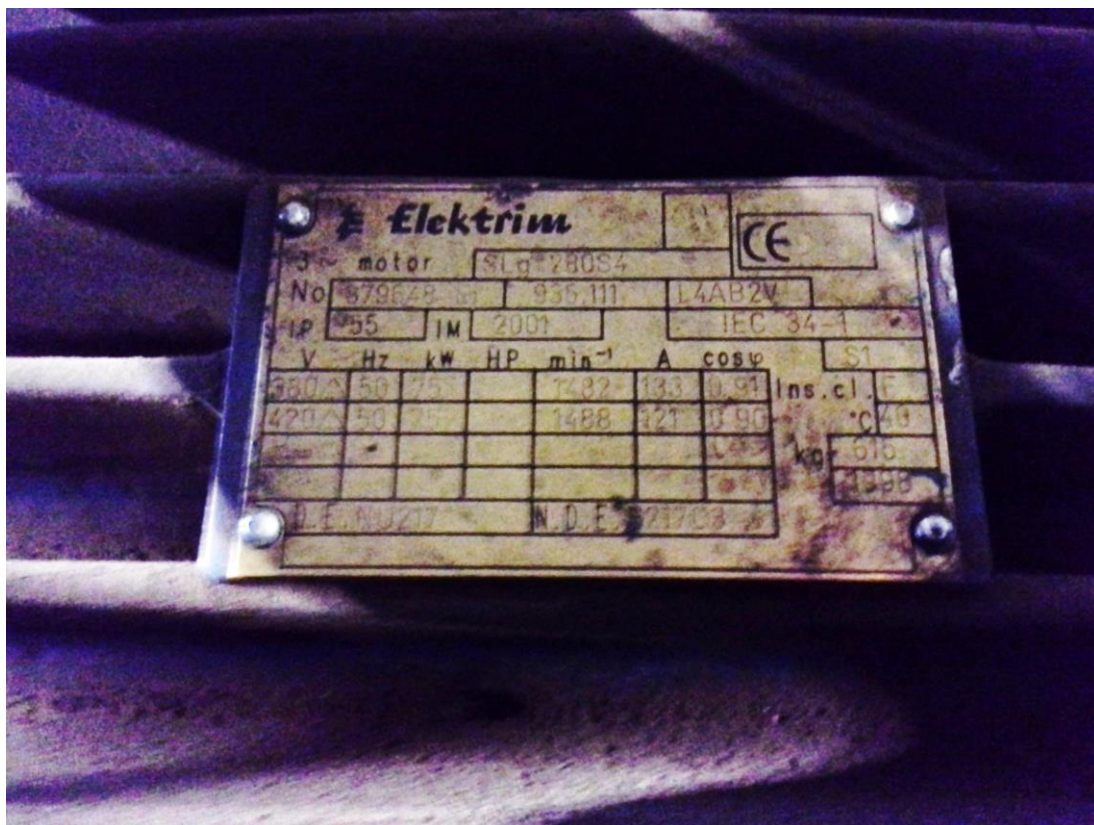


Kuva 6. Generaattoriosan tyyppikilpi

Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta, että moottorin käynnistysvirta täytyy saada pidettyä kaikissa tilanteissa alle 217A suuruisena. Lisäksi virta ei saa pitkäkestoisesti ylittää 196A, joten moottorin käynnistyksen tulee tapahtua suhteellisen nopeasti. Mitä nopeammin moottori saadaan pyörimään nimellisoopeudella, sitä nopeammin virta saadaan lähtemään laskuun.

6.2 Hydraulikoneikon moottorin nimellisvirta

Hydraulikoneikon moottorin käynnistysvirran määrittämiseksi pitää ensin laskea moottorin nimellisvirta 400 voltin jännitteellä, sillä se on käytettävän aggregaatin tuottama jännite. Moottorin tyyppikilvessä on annettu nimellisvirta sen sijaan vain jännitteen arvoilla 380 ja 420 voltia.



Kuva 7. Hydraulikoneikon moottorin tyyppikilpi

Lasketaan moottorin ottama sähköteho tyyppikilven arvojen perusteella. Moottorin ottama sähköteho voidaan laskea kolmivaihetehon kaavalla:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos\varphi$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot 420\text{V} \cdot 121\text{A} \cdot 0,9$$

$$P_1 = 79220,5\text{W}$$

Koska moottori tarvitsee nimellinopeudella pyöriäkseen aina saman tehon syöttöjännitteestä riippumatta, kaava moottorin nimellisvirran laskemiseksi saadaan johdettua kolmivaihetehon kaavasta:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos\varphi$$

$$I_n = P_1 / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi)$$

Tällä kertaa voidaan tehokertoimen arvona käyttää tyyppikilven perusteella päätettyä arvoa, sillä tässä tapauksessa näin toimien saavutetaan täysin riittävä laskentatarkkuus. Sijoitetaan kaavaan arvot ja ratkaistaan nimellisvirta 400 voltin jännitteellä.

$$I_n = 79\,220,5\text{W} / (\sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 0,905)$$

$$I_n = 126,4\text{A}$$

6.3 Suora käynnistys

Suora käynnistys on markkinoiden yleisin käynnistystapa. Käynnistyslaitteisto koostuu ainoastaan pääkontaktorista sekä lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. Tämän menetelmän haittana on se, että käynnistysvirta on suurin mahdollinen. Normaali arvo on 6–7 kertaa moottorin nimellisvirta, mutta arvo voi nousta jopa 9–10-kertaiseksi nimellisvirtaan verrattuna. Käynnistysvirran lisäksi käynnistyksen aikavan ensihetkellä moottori ottaa n. 14x nimellisvirransuuruisen virtapiikin.

Arvot vaihtelevat moottorin rakenteen ja koon mukaan, mutta yleensä pienillä moottoreilla arvot ovat suurempia kuin suurilla moottoreilla. Suoran käynnistyksen aikana myös käynnistysmomentti on erittäin suuri, yleensä tarpeettoman suuri sovelluksen kannalta. Suuri momentti aiheuttaa suuret voimavaikutukset, jotka rasittavat kytkimiä ja käytettäviä laitteita tarpeettomasti. Tietenkin joissakin tapauksissa tämä käyn-

nistystapa toimii täydellisesti ja joskus se on myös ainoa mahdollinen ratkaisu. (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 9)

Näin ollen voidaan päätellä moottorin suorakäynnistyksen olevan mahdotonta tässä toteutuksessa, sillä jos moottorin käynnistysvirta on vähintään kuusinkertainen moottorin nimellisvirtaan verrattuna, saadaan käynnistysvirraksi:

$$I_s > 6 \cdot I_n$$

$$I_s > 6 \cdot 126,4A$$

$$I_s > 758,4A$$

Aggregaatti sen sijaan ei pysty antamaan virtaa hetkellisestikään kuin 217A, joten edellä esitetty väite suorakäynnistyksen mahdottomuudesta pitää tässä tapauksessa täysin paikkansa.

6.4 Tähti- kolmio -käynnistys

Yksi tapa moottorin käynnistysvirran pienentämiseen on varustaa moottori tähti-kolmio-käynnistimellä. Tähti- kolmio-käynnistin (Y/D-käynnistin) on laite jolla saadaan vähennettyä moottorin käynnistysvirtaa ja -momenttia.

Tähti- kolmio-käynnistimen toiminta perustuu siihen, että kolmiokytkentäinen moottori kytketään käynnistyksen ajaksi tähteen. Tällä toimenpiteellä saavutetaan moottorin käämityksen jännitteen aleneminen $1/\sqrt{3}$ nimelliseen verrattuna, samalla myös moottorin käämivirta alenee samassa suhteessa. Tähtikytkennästä ja alemmasta jännitteestä johtuen moottorin verkosta ottama virta on vain kolmasosa kolmioon kytketyn moottorin käynnistysvirrasta. Tästä aiheutuu kuitenkin myös käynnistysmomentin pieneminen kolmasosaan kolmiokytkentään verrattuna. Tähti- kolmio -käynnistys on yleisesti käytetty käynnistystapa pienillä ja keskisuurilla moottoreilla, johtuen siitä, että kyseinen käynnistystapa on kohtalaisen halpa toteuttaa. (Korpinen 1998, 12)

Tavallisesti tähti- kolmio -käynnistin koostuu kolmesta kontaktorista, ylikuormitus-releestä ja ajastimesta, jolla määritetään aika, jonka moottori on tähtikytkennässä (käynnistysasennossa). (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 10)

Tämä käynnistystapa soveltuu vain tilanteisiin, joissa kuormitus on käynnistettäessä pieni. Jos moottorin kuormitus on liian suuri, momentti ei riitä moottorin kiihdyttämiseen käyntinopeuteen ennen kolmiokytkentään siirtymistä. (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 10)

Lasketaan nyt pienin mahdollinen moottorin ottama käynnistysvirta tähtikytkentäisenä edellä mainitun perusteella:

$$I_{\text{tähti}} > (758,4A/3)$$

$$I_{\text{tähti}} > 252,8A$$

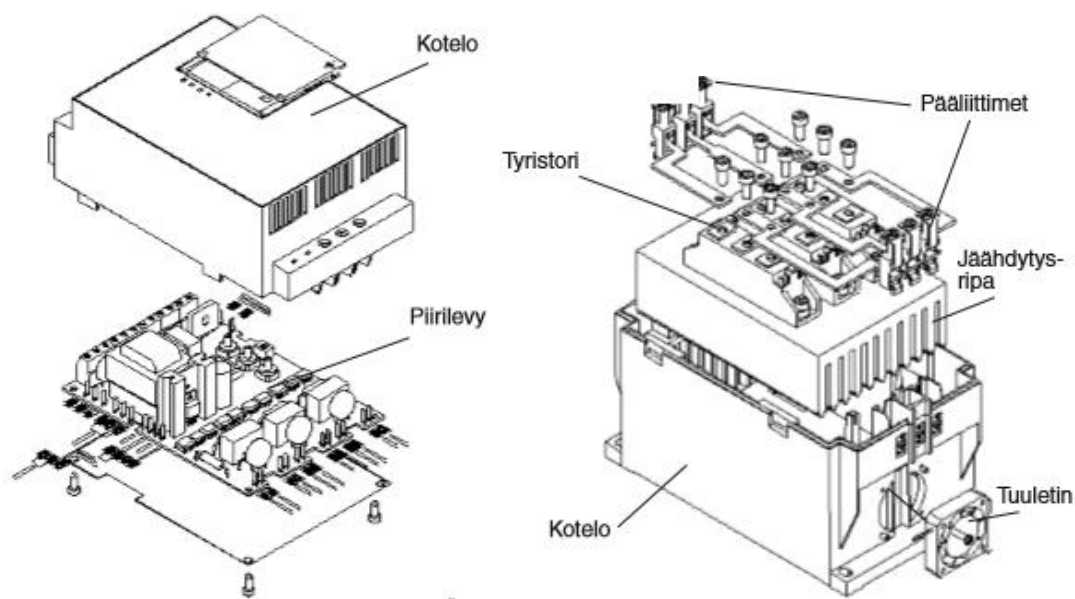
Voidaan siis päätellä moottorin käynnistyksen olevan tässä tapauksessa mahdotonta tähti- kolmiokäynnistimenkään avulla.

6.5 Pehmokäynnistin

Pehmokäynnistimen päävirtapiirissä on tyristörejä ja moottorin jännitettä säädetään piirilevyn elektroniikalla. Pehmokäynnistimessä käytetään käynnistyksen aikana pientä jännitettä, jolloin myös käynnistysvirta on pieni. Samalla myös käynnistyksen aikainen momentti pienenee merkittävästi. (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 13)

Pehmokäynnistin sisältää yleisesti muutamia pääkomponentteja, joita ovat piirilevy, jäähditysriipa, tyristorit, tuulettimet ja kotelo (muovinen tai metallinen). Pehmokäynnistimen ohjauspiirit voivat olla digitaalisia, analogisia tai näiden yhdistelmiä. Ulos-tulosignaaliirelet voivat olla kiinteätoimisia tai vapaasti ohjelmoitavia. Pehmokäynnistimessä on toisinaan myös sisäänrakennettu elektroninen ylikuormitusrele (EOL), joka korvaa tavallisesti käytettävän perinteisen kaksoismetallireleen. Sisäänrakennet-

tu EOL on paljon perinteistä relettä tarkempi, koska arvot lasketaan elektronisesti. (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 33)



Kuva 8. Pehmokäynnistimen rakenne (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 34)

Tässä käyttösovelluksessa pehmokäynnistintä ei niinkään tarvita käynnistyksen pehmentämiseen, vaan sen pääasiallinen käyttötarkoitus on käynnistysvirran rajoittaminen. Tästä syystä käytettävässä pehmokäynnistimessä tulee olla virranrajoitustoiminto.

Virranrajoitusta voidaan käyttää, kun käynnistysvirtaa halutaan rajoittaa. Kun virran raja-arvo saavutetaan, pehmokäynnistin lopettaa tilapäisesti jännitteen kasvattamisen, kunnes virta laskee määritetyn raja-arvon alapuolelle. Tämän jälkeen rampitus täyteen jännitteeseen jatkuu. (ABB Oy. Pehmokäynnistinopas 2007, 37)

Tässä tapauksessa ei kuitenkaan päädytty pehmokäynnistimen käyttöön sen vuoksi, että kyseessä on hydraulikoneikkoa käyttävä moottori. Moottori siis pyörittää koneikon hydraulipumppua ja heti moottorin käynnistyessä koneikon hydraulipumppu alkaa kierrättää järjestelmässä hydraulikkaöljyä, jolloin järjestelmään alkaa muodostua painetta. Järjestelmän paine kasvaa käynnistysajan kuluessa, joten mitä kauemmin moottorin käynnistäminen täyteen pyörimisnopeuteen kestää, sitä enemmän momenttia vaaditaan pyörimisliikkeen ylläpitämiseen. Tästä syystä moottorilta vaa-

ditaan käynnistyksessä runsaasti vääntömomenttia. Tässä tilanteessa ajateltiin taajuusmuuttajan mahdollistamalla taajuuden säädöllä saatavan pehmokäynnistintä paremmin ylläpidettyä moottorin vääntömomenttia ja näin saadaan käynnistysaika pysymään riittävän pienenä, jotta moottorin käynnistys onnistuisi aggregaatin rajoittamasta käynnistysvirrasta huolimatta.

6.6 Käynnistys taajuusmuuttajaa apuna käyttäen

Taajuusmuuttaja on tehoelektroniikan laite, jolla pystytään muuttamaan verkkojännitteen taajuutta. Pääasiallinen taajuusmuuttajan käyttötarkoitus on kolmivaiheisen oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden säätö. Suoraan kolmivaiheiseen vakiotaajuiseen sähköverkkoon kytketty oikosulkumoottori pyörii vakionopeudella, jonka määrittävät sähköverkon taajuus sekä moottorin napapariluku. Taajuusmuuttaja mahdollistaa oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden portaattoman säädön, muuttamalla moottorille syötettävän jännitteen taajuutta. (Kiiski 2012, 3)

Suoraan sähköverkkoon kytkettyyn moottoriin verrattuna, voidaan taajuusmuuttajaa käyttämällä saavuttaa monia merkittäviä hyötyjä. Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin huonona puolena on sen käynnistyksessä ottama suuri käynnistysvirta, josta aiheutuu jännitteen alenemaa sähköverkossa. Taajuusmuuttajaa käyttämällä voidaan moottorin virtaa ja taajuutta säätää käynnistyksen aikana niin, että kiihdytys nimelliseen pyörimisnopeuteen tapahtuu ramppimaisesti jolloin myös käynnistysvirta pysyy kohtuullisena. Tästä johtuen sähköverkon jännite ei alene. Tällainen taajuusmuuttajakäytön mahdollistama ramppimainen kiihdytys ja pysäytys säästävät moottoria sekä muita voimansiirron komponentteja. (Kiiski 2012, 3)

Taajuusmuuttaja on elektroninen laite, jonka kotelo on usein valmistettu muovista. Taajuusmuuttaja yhdistää pienitehoisen ohjauselektroniikan sekä tehoelektroniikan, jota käytetään ohjaamaan ja siirtämään suuria tehoja. Taajuusmuuttaja kytketään syöttävän verkon ja moottorin väliin. Yleensä taajuusmuuttajaa käytetään kolmivaiheisessa syöttöverkossa ohjaamaan kolmivaiheista oikosulkumoottoria. Taajuusmuuttajan toiminta perustuu syöttöverkon kolmivaiheisen jännitteen muuttamiseen tasajännitteeksi kolmivaiheisen tasasuuntaussillan avulla. Sen jälkeen tasajännitteen

energia varastoidaan välipiirin kondensaattoreihin tai keloihin riippuen siitä, onko kyseessä jännitevälipiirillinen vai virtavälipiirillinen taajuusmuuttaja. Välipiiriin varastoidusta energiasta voidaan tuottaa halutun taajuista vaihtovirtaa syötettävälle moottorille vaihtosuuntaussillan avulla. (Kiiski 2012, 4)

Harjunpään Teräsrakenteen tapauksessa taajuusmuuttajaa käytettäisiin ainoastaan moottorin käynnistysvirran rajoittamiseen. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että taajuusmuuttajaan pitäisi olla mahdollista ohjelmoida käynnistysramppi, jolla moottori voitaisiin käynnistää esimerkiksi erilliseen kytkentärasiaan asennetusta painikkeesta. Näin levyleikkurin käytöstä saataisiin riittävän helppoa, jotta kaikki yrityksen työntekijät osaisivat käyttää leikkuria.

Tässä tilanteessa taajuusmuuttaja on paras vaihtoehto käynnistysvirran rajoittamiseksi ja sen mahdollistamalla taajuuden nostolla saadaan parannettua moottorin vääntömomenttia silloin, kun virranrajoitus estää käynnistysvirran kasvun.

7 LEVYLEIKKURIKÄYTÖN KUSTANNUKSET

Levyleikkurikäytöstä aiheutuu kustannuksia sekä leikkurin käyttöönotosta, että leikkurin varsinaisesta käytöstä. Tästä syystä on tärkeää, että molemmista aiheutuvat kustannukset ovat mahdollisimman hyvin tiedossa ennen leikkurin käyttöönottoa, sillä tilannekohtaisesti kustannukset voivat olla kohtuuttoman suuret laitteen tulevaa käyttöä ajatellen. Harjunpään Teräsrakenne Oy:n tilanteessa käyttöönottokustannukset ovat varteenotettava ongelma laitteen tulevia käyttötuntimääriä ajatellen, joten tästä syystä päädyttiin pohtimaan vaihtoehtoista tapaa leikkurikäytön toteuttamiseksi.

Seuraavaksi perehdytään leikkurikäytöstä aiheutuviin kustannuksiin niin tarkasti kuin tässä vaiheessa on järkevää ja ylipäätään mahdollista. Laskelmissa on pyritty määrittämään levyleikkurin käyttöönotosta ja käytöstä aiheutuvat kustannukset sekä suoraan sähköverkkoon liitettynä että aggregaattikäyttöisenä. Laskelmien jälkeen verrataan toteutustapojen käyttöönotto- ja käyttökustannuksia toisiinsa, jolloin selviää ta-

loudellisesti kannattavampi tapa toteuttaa leikkurikäyttö. Näiden laskelmien pohjalta on tarkoitus päättää rakennettavan levyleikkurikäytön toteutustapa.

7.1 Käyttöönottokustannukset

Käyttöönottokustannuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä levyleikkurin käyttöönotosta aiheutuvia kustannuksia, käytännössä kaikkia kustannuksia, jotka liittyvät leikkurin toimintakuntoon saattamiseksi. Näissä laskelmissa määritetään vain leikkurin sähköistämisestä aiheutuvat kustannukset, joten esimerkiksi leikkurin sijoituspaikkaan asentamisesta aiheutuvia kuluja ei näihin laskelmiin ole määritelty, sillä ne eivät ole toteutustapojen vertailun kannalta oleellista tietoa.

Olen pyrkinyt laatimaan kummastakin tässä käsitellystä toteutustavasta mahdollisimman tarkat laskelmat. Näissä laskelmissa keskitytään pelkästään leikkurin käytön mahdollistamiseksi tarvittaviin sähköistyksiin ja niiden kustannuksiin.

7.2 Käytön aikaiset kustannukset

Käytön aikaisilla kustannuksilla tarkoitetaan, toimintakuntoon saattamisen jälkeen, leikkurin käytöstä aiheutuvia kustannuksia. Käytön aikaisia kustannuksia kartoitettaessa pitää ottaa huomioon ovatko ne sellaisia, että kustannukset tulevat laitteen konkreettisesta käytöstä, vai siitä että laite on käyttövalmiina. Sillä mistä kustannukset aiheutuvat on tässä yhteydessä suuri merkitys sen vuoksi, että levyleikkuri saattaa yrityksen mukaan olla käyttämättömänä pitkiäkin aikoja. Näin ollen mitä vähemmän leikkurista aiheutuu kustannuksia silloin kun sitä ei käytetä, niin sitä parempi. Näissä laskelmissa ei oteta huomioon leikkurin huollosta ja muusta ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, sillä toteutustapojen vertailun kannalta ne eivät ole oleellista tietoa.

8 KUSTANNUSLASKELMA

8.1 Käyttöönottokustannukset sähköverkkoon liitettynä

Käyttöönottokustannukset sähköverkkoon liitettynä koostuvat pääosin yrityksen sähköliittymän suurentamisesta, uuden mittauskeskuksen, toimitilojen syöttökaapelin ja laitekaapelin hankinnasta.

8.1.1 Yrityksen sähköliittymän suurentamisesta aiheutuvat kustannukset

Yrityksellä on tällä hetkellä käytössään 3x63A suuruinen sähköliittymä. Leikkuri-käytön mahdollistamiseksi tulee yrityksen sähköliittymää suurentaa. Liittymän suurentamistarve oli tässä tapauksessa helppo määrittää, sillä yrittäjä itse pyysi toteuttamaan laskelmat niin, että leikkurin vaatiman lisäyksen jälkeen yrityksen käyttöön jäisi kaikissa tilanteissa sama 3x63A:n tarjoama kapasiteetti. Lasketaan siis levyleikkurin liityntätehon perusteella sen tarvitsema virta ja sen perusteella määräytyvä liittymän uusi pääsulakekoko.

Leikkurin tiedoissa on annettu leikkurille liityntäteho 75kVA. Tehon yksiköstä kVA voidaan päätellä kyseessä olevan leikkurin näennäisteho S , näin ollen virta voidaan ratkaista näennäistehon kaavasta:

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

josta ratkaisemalla virta saadaan

$$I = S / (\sqrt{3} * U)$$

$$I_{\text{leikkuri}} = 75\text{kVA} / (\sqrt{3} * 400\text{V})$$

$$I_{\text{leikkuri}} = 108,25\text{A}$$

Kun lisätään leikkurin käynnissä ottama virta nykyiseen pääsulakekokoon, saadaan virran arvo jonka perusteella valitaan uusien pääsulakkeiden koko.

$$I = 63\text{A} + 108,25\text{A}$$

$$I = 171,25\text{A}$$

Näin ollen voidaan todeta, että liittymä kannattaa suurentaa vähintään 3x200A suuruiseksi.

Harjunpään Teräsrakenne Oy:n toimitusjohtaja Simo Sundelin kertoi olleensa yhteydessä sähköverkkoyhtiö Fortum:iin puhelimitse ja tiedustelleensa hintaa yrityksen liittymän suurentamiselle 200A:n suuruiseksi. Puhelintiedustelun jälkeen hän oli saanut sähköpostilla tarjouksen liittymän suurentamisesta, tarjouksessa liittymän hinnaksi oli määritelty 27 000€. Syy liittymän korkeaan hintaan on alueen sähköverkossa, tarkemmin sanottuna aluetta syöttävässä muuntajassa, jonka kapasiteetti ei liittymän suurentamisen jälkeen riitä alueen syöttämiseen. Näin ollen muuntaja pitäisi vaihtaa, jotta liittymä voitaisiin suurentaa. Kuitenkaan, kohtuullisen suuresta hinnasta huolimatta, sähköyhtiö ei olisi muuttamassa yrityksen syöttöä maakaapeliksi, vaan suurennuksen jälkeenkin yrityksen liityntäjohto tulisi edelleen säilymään ilmakaapelina. (Sundelin henkilökohtainen tiedonanto 8.2.2014)

8.1.2 Uuden mittauskeskuksen hankinnasta aiheutuvat kustannukset

Kuten edellä todettiin, yrityksen sähköliittymä tulee suurentaa pääsulakkeiltaan vähintään 200A:n suuruiseksi ja näin ollen myös yrityksen mittauskeskus joudutaan uusimaan. Tällä hetkellä yrityksen mittauskeskus on varustettu 63A:n pääsulakkeilla ja on sijoitettu ulos, ilmajohdon viimeiseen pylvääseen.

Helpoin tapa mittauskeskuksen uusimiseksi olisi hankkia suojausluokaltaan ulkosijoitukseen riittävä mittauskeskus. Näin keskuksen sijoittamiselle ei olisi rajoitteita, vaan keskus voitaisiin tarvittaessa asentaa joko vanhan keskuksen tilalle pylvääseen tai kiinteistön ulkoseinään. Ulkosijoitus asettaa kuitenkin lisävaatimuksia uuden keskuksen koteloinnille, jolloin tästä aiheutuu myös lisäkustannuksia. SFS 6000 standardin mukaan ulos, vähintään 0,5m metrin etäisyydelle maanpinnasta, asennettavan sähkölaitteen kotelointiluokituksen pitää olla vähintään IPX3. (SFS Käsikirja 600 2007, 570)

Ennen kuin voidaan selvittää uuden mittauskeskuksen hankintahinta, pitää myös muilta osin olla tiedossa millainen keskus asennukseen tarvitaan. Seuraavaksi on lisätty keskukselta vaadittuja ominaisuuksia:

- vähintään 200A pääsulakkeet
- sähkön kulutuksen mittaus
- 1kpl pääsulakkeiden suuruinen johtolähtö (leikkurin syöttöä varten)
- 2kpl 63A suuruinen johtolähtö (vanhan pääkeskuksen syöttöä varten ja toinen varalle)
- ulkoasennukseen soveltuva kotelointiluokka

Uutta mittauskeskusta etsiessäni huomasin nopeasti, että tähän asennukseen soveltuvaa keskusta ei ollut valmistajien vakiokeskusluetteloissa. Keskus olisi siis tilattava suoraan valmistajalta mittatilauksena. Mekeltek Oy:n kautta otettiin yhteyttä keskusvalmistaja UTU Oy:hyn tarkoituksena saada alustava kustannusarvio tarvittavasta keskuksesta.

UTU Oy:n edustaja kertoi heti, että ulkokäyttöön soveltuva keskus yli 200A pääsulakkeilla on hankintahinnaltaan huomattavasti sisätiloihin asennettavaa kalliimpi. Tästä syystä päädyttiin kysymään hinta-arvio sisätiloihin asennettavasta keskuksesta, sillä käytännössä keskus voidaan sijoittaa myös sisätiloihin kohtuullisen pienin lisäkustannuksin. Muilta ominaisuuksiltaan halutunlainen keskus on saatavilla mittatilauksena IP30 kotelointiluokassa, esimerkiksi ILVES-keskussarjan komponenteista kasattuna. UTU Oy:n edustaja oli kertonut sähkönmittauksella, 250A pääsulakkeilla sekä 250A ja 63A johtolähdöillä varustetun keskuksen arvioiduksi hinnaksi noin 1500€ + alv 24%. Näin ollen arvonlisäverollinen hinta kyseiselle keskukselle olisi noin 1860€. (henkilökohtainen tiedonanto 29.1.2014)

Lisäkustannuksia tässä tapauksessa aiheutuu ilmajohdon viimeiseen pylvääseen hankittavista ulkosijoituskelpoisista pääsulakkeista. Pääsulakkeet on tässä tapauksessa järkevää sijoittaa vanhan keskuksen paikalle pylvääseen, sillä kaapelointi uudelle keskukselle, rakennuksen sisälle, on pakko toteuttaa maakaapelilla. Näin toimien

pystytään kaapelointi pylväältä keskukselle toteuttamaan poikki-pinnaltaan pienemmällä kaapelilla kuin silloin, jos ilmajohto jatkettaisiin suoraan maakaapeliksi. Syynä tähän on sähköverkon selektiivisyys, jonka mukaan ylikuormitustilanteessa lähinnä kulutuspaikkaa olevan sulakkeen tulee palaa. Tästä johtuen sähköyhtiön on pakko suojata syöttökaapelinsa vähintään yhtä kokoa asiakkaan pääsulakkeita suuremmilla sulakkeilla, jonka vuoksi myös maakaapeli tulee mitoittaa näiden sulakkeiden mukaan. Kun voidaan käyttää poikki-pinnaltaan pienempää kaapelia, niin säästetään kaapelin hankintakustannuksissa.

Elektroskandian tuoteluettelosta löytyi etsinnän jälkeen tähän asennukseen sopiva pylväsvarokekytkin hintaan 433€ alv 0%, joten arvonlisäverollinen hinta kyseiselle pylväsvarokekytkimelle on 536,92€. Lisäksi pylväsvarokekytkimen asennusta varten joudutaan hankkimaan kytkimelle asennusteline jonka hinnaksi luettelon mukaan tulee 25,90€ + alv 24%, eli arvonlisäverollinen hinta telineelle on 32,12€. (Elektroskandia Oy:n www-sivut 2014)

Lisäksi se, että keskus täytyy asentaa sisätiloihin, aiheuttaa tässä tilanteessa lisäkuluja. Rakennuksessa ei tällä hetkellä ole pääkeskushuonetta ja jotta uusi keskus voitaisiin luotettavasti suojata pölyltä ja lialta hallissa, jossa tehdään metallitöitä, on pääkeskushuoneen rakentaminen käytännössä pakollinen toimenpide. Tästä aiheutuvat kustannukset ovat kuitenkin suhteellisen vähäisiä ja hankalia määrittää, joten niitä ei tässä lähdetä selvittämään. Nämä kustannukset tullaan merkitsemään määrittämättömän suuruisina tähän alustavaan kustannuslaskelmaan.

8.1.3 Toimitilojen syöttökaapelin uusimisesta aiheutuvat kustannukset

Liittymäkoon suurentuessa toimitilojen syöttökaapeli tulee myös päivittää vastaamaan suurentunutta liittymätehoa. Määritetään seuraavaksi uuden liittymän vaatima syöttökaapeli ja sen aiheuttama kustannus.

Syöttökaapelin kulkureitti on seuraavanlainen: kaapeli kulkee ilmajohtoon viimeisen pylvään pintaa pitkin kourulla suojattuna maahan, jossa se jatkaa matkaansa hallille.

Sisällä hallissa kaapeli kulkee seinäpinnalla pitkin tikashyllyä, jolla ei ole muita kaapeleita.

Standardin SFS 6000 taulukon A.52-1 mukaan kyseessä ovat tällöin referenssiasennustavat D ja E, monijohdinkaapeli maassa ja vapaasti ilmassa. (SFS Käsikirja 600 2007, 267)

Tässä tapauksessa asennustavat eivät standardin SFS 6000 taulukoiden A.52-17 ja A.52-18 mukaan aiheuta korjauskertoimia kaapelin kuormitettavuusvaatimuksen laskulle, koska kyseessä on yksittäinen kaapeli. Tilanteessa jossa kaapeleita olisi useampi asennettuna tikashyllylle, tai maahan toistensa lähelle, olisi kaapelin kuormitettavuutta laskettaessa otettava huomioon muiden kaapeleiden aiheuttama korjauskerroin. (SFS Käsikirja 600 2007, 276-277)

Tässä asennuksessa myöskään ympäristön lämpötila ei aiheuta kuormitettavuusvaatimuksen laskulle korjauskertoimia, sillä ulkoilman lämpötila ei Suomen olosuhteissa normaalisti ylitä 25 °C, eikä maan lämpötila 15 °C lämpötilaa. Myös hallin sisälämpötila pysyy normaalisti alle 25 °C. SFS 6000 taulukoista A.52-14 ja A.52-15 voidaan todeta, että PEX eristeisen kaapelin korjauskerroin edellä mainituille lämpötiloille on 1,00. (SFS Käsikirja 600 2007, 275)

Aiemmin on laskettu, että liittymän pääsulakkeiden on oltava vähintään 200A suuriset. Tällöin taulukon B.52-1 mukaan johtimen kuormitettavuuden minimiarvo on 221A. Tässä tapauksessa korjauskerroin sekä asennustavasta, että lämpötilasta, on molemmista 1,00. Täten korjauskertoimet huomioiden on kuormitettavuus sama kuin taulukosta saatu. (SFS Käsikirja 600 2007, 281)

Kuormitettavuusvaatimus:

$$221A/(1,00*1,00) = 221A$$

Kuormitettavuusvaatimusta vastaava johtimen poikkipinta SFS 6000 taulukon A.52-3 mukaan PEX-eristeiselle alumiinille asennustavalla D on 120 mm². Asennustapa D vaatii tässä tapauksessa isomman johtimen poikkipinta-alan kuin asennustapa E, jo-

ten oikea poikkipinta johtimelle on valittava asennustapa D:n perusteella. (SFS Käsi-
kirja 600 2007, 269)

Näin ollen syöttökaapelina voidaan käyttää esimerkiksi AXMK 4x120 S kaapelia, jonka hinta SLO:n verkkokaupan mukaan on 14,50€/m ALV 0% ja 17,98€/m sis. ALV 24%. Kaapelia tarvitaan tässä asennuksessa noin 40 metriä, jolloin kaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset ovat 580 euroa ALV 0% ja 719,20 euroa sis. ALV 24%. (SLO Oy:n www-sivut 2013)

Lisäksi kaapelin asennuksessa tulee kustannuksia muun muassa kaivutöistä, suojakouruista ja asennustöistä. Näitä kustannuksia ei tässä yhteydessä kuitenkaan käsitellä, sillä työstä aiheutuvia kustannuksia on vaikea määrittää ennalta ilman tarjouspyyntöjä alan urakoitsijoilta. Tarjouspyyntöjä ei katsottu tarpeelliseksi lähteä tekemään koska tämä kustannuslaskelma on alustava ja tarkemmat laskelmat aiheutuvista kustannuksista tehdään kun näiden laskelmien pohjalta on päätetty millaiseen toteutustapaan päädytään. Nämä puuttuvat kustannukset tullaan kuitenkin merkitsemään yhteenvetoon, ettei niitä unohdeta kun toteutustapoja vertaillaan.

8.1.4 Laitekaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset

Edellä mainittujen menoerien lisäksi on hyvä määrittää myös leikkurin liitántakaapelista aiheutuvat kulut. Kyseessä on kuitenkin melko suuri kaapeli ja täten myös kaapelin hankintakustannuksista aiheutuu suurehko menoerä.

Levyleikkurin liitántakaapelin koon määrittämiseksi pitää tietää syötön sulakekoko, kaapelin kulkureitti ja leikkurin nimellisvirta. Leikkurin nimellisvirta on laskettu jo aiemmin ja saatu tulokseksi:

$$I_{\text{leikkuri}} = 108,25A$$

Kaapelin määrittämiseksi tulee ensin mitoittaa sopivat sulakkeet leikkurin syötölle. Normaalisti leikkurin nimellisvirran perusteella valittaisiin sulakkeiksi 125A:n gG-sulakkeet, mutta tässä tapauksessa leikkurin suuren käynnistysvirran takia kannattaa

kuitenkin valita 160A:n gG-sulakkeet ja mitoittaa kaapelin tämän perusteella. D1-2009 kirjan taulukosta 41.5. nähdään, että 5s toimintavirta 125A:n gG-sulakkeelle on 715A. Kuten on aiemmin todettu niin leikkuri ottaa käynnistyksessä vähintään 758,4A:n virran, joten käynnistyvyyden varmistamiseksi on perusteltua valita poikkeuksellisesti syötölle 160A:n gG-sulakkeet. Näiden sulakkeiden 5s toimintavirta on 950A ja 0,4s toimintavirta 1600A, joten leikkurin käynnistysvirran ei näin ollen pitäisi muodostua ongelmaksi. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2010, 91)

Leikkurin liitäntäkaapelin kulkureitti on seuraavanlainen: kaapeli kulkee keskukselta levyleikkurille hallin sisälle asennettuja tikashyllyjä pitkin, enimmillään kolmen muun kaapelin kanssa.

Standardin SFS 6000 taulukon A.52-1 mukaan kyseessä on tällöin referenssiasennustapa E, monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa. (SFS Käsikirja 600 2007, 267)

Standardin SFS 6000 taulukon A.52-17 mukaan korjauskerroin kaapelin kuormitettavuusvaatimuksen laskulle tilanteessa, jossa on neljä kaapelia asennettu tikashyllylle niin, että ne koskettavat toisiaan on 0,80. (SFS Käsikirja 600 2007, 276-277)

Tässä asennuksessa ympäristön lämpötila ei aiheuta kuormitettavuusvaatimuksen laskulle korjauskertoimia, sillä hallin sisälämpötila pysyy normaalisti alle 25 °C. SFS 6000 taulukosta A.52-14 voidaan todeta, että PEX eristeisen kaapelin korjauskerroin edellä mainitulle lämpötilalle on 1,00. (SFS Käsikirja 600 2007, 275)

Aiemmin on todettu, että leikkurin syötön sulakkeiksi kannattaa valita 160A:n gG-tyyppin sulakkeet. Tällöin taulukon B.52-1 mukaan johtimen kuormitettavuuden minimiarvo on 177A. Tässä tapauksessa korjauskerroin asennustavasta on 0,80 ja lämpötilasta 1,00. Täten korjauskertoimet huomioiden on kuormitettavuus laskettavissa seuraavalla kaavalla. (SFS Käsikirja 600 2007, 281)

Kuormitettavuusvaatimus:

$$177A/(0,80*1,00) = 221.25A$$

Kuormitettavuusvaatimusta vastaava johtimen poikkipinta SFS 6000 taulukon A.52-7 mukaan PEX-eristeiselle alumiinille asennustavalla E on 95 mm^2 . (SFS Käsikirja 600 2007, 273)

Näin ollen leikkurin syöttökaapelina voidaan käyttää esimerkiksi AXMK 4x95 S kaapelia, jonka hinta SLO:n verkkokaupan mukaan on 13,20€/m ALV 0% ja 16,37€/m sis. ALV 24%. Kaapelia tarvitaan tässä asennuksessa noin 35 metriä, jolloin kaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset ovat 462 euroa ALV 0% ja 572,95 euroa sis. ALV 24%. (SLO Oy:n www-sivut 2013)

8.2 Käyttöönottokustannukset aggregaattikäytössä

Käyttöönottokustannukset aggregaattikäytössä koostuvat aggregaatin sekä tarvittavan käynnistyslaitteiston hankinnasta, levyleikkuriin tehtävistä aggregaattikäytön mahdollistavista muutoksista ja laitekaapelin hankinnasta.

8.2.1 Aggregaatin hankinnasta aiheutuvat kustannukset

Kuten aikaisemmin on todettu, niin tässä tapauksessa käyttöön soveltuva aggregaatti olisi mahdollista hankkia käytettynä. Kyseinen Gesan DPS 140 aggregaatti on mahdollista hankkia 13 200€ hintaan. (Sundelin henkilökohtainen tiedonanto 8.2.2014)

8.2.2 Moottorin käynnistämisen mahdollistavan laitteiston hankinnasta aiheutuvat kustannukset

Kuten on aiemmin todettu, ei levyleikkurin hydraulikoneikon moottorin käynnistäminen aggregaatilla ole mahdollista, ellei moottorin käynnistysvirtaa jotenkin rajoiteta. Selvitysten pohjalta tiedetään, että järkevin tapa virran rajoittamiseksi tässä tilanteessa, on käyttää taajuusmuuttajaa moottorin käynnistämiseen.

Käyttöön soveltuvan taajuusmuuttajan hintatiedustelussa päätettiin myös hyödyntää Mekeltek Oy:tä. Valitsin sopivan taajuusmuuttajan Vacon laitevalmistajan internet-

sivuilta löytyvän taulukon pohjalta (LIITE1). Tämän jälkeen Mekeltek Oy selvitti hinnan käyttöön sopivalle Vacon 100-3L-0170-5 taajuusmuuttajalle. Hintatiedustelun tuloksena oli alustava hinta-arvio 8200€ + alv 24%, joten arvonlisäverollinen hinta taajuusmuuttajalle olisi 10 168€. On kuitenkin hyvä muistaa, että taajuusmuuttajalle saatu hinta on ns. listahinta, joten kun taajuusmuuttajasta tehdään tarjouspyyntö laitevalmistajalle, niin se saadaan hankittua luultavasti jonkin verran halvemmalla. Näissä laskuissa käytetään kuitenkin saatua listahintaa kustannusten vertailuun. (henkilökohtainen tiedonanto 29.1.2014)

Tässä vaiheessa ei myöskään katsottu tarpeelliseksi lähteä kysymään hintaa muiden laitevalmistajien tuotteille, sillä alustavan kustannusarvion tekemisessä riittää, kun tiedetään suurin piirtein millaisessa hintaluokassa liikutaan.

8.2.3 Levyleikkurin muutoksista aiheutuvat kustannukset

Käytännössä ainut leikkuriin tarvittava muutos aggregaattikäytön mahdollistamiseksi on taajuusmuuttajan asennus hydraulikoneikon moottorin ja leikkurin keskuksen välille. Tästä työstä aiheutuvat kustannukset ovat niin pienet, että niitä on turha lähteä määrittämään sen tarkemmin. Kuitenkin on hyvä muistaa, että tästäkin aiheutuu kustannuksia.

8.2.4 Laitekaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset

Käynnistysvirran rajoituksen vuoksi leikkurin käynnistysvirta ei aggregaattikäytössä tule nousemaan yli 217A:n. Kuitenkin rajoituksesta johtuen käynnistysvirta tulee olemaan pitkäkestoinen normaaliin, suoraan verkkokytkeensä, verrattuna. Jotta riittävä käynnistysvirran saanti voidaan varmistaa, on järkevää käyttää tässäkin tilanteessa syötön ylikuormitussuojana 160A:n gG-sulakkeita.

Laitekaapelin kulkureitti aggregaattikäytössä on myös, sulakkeiden tavoin, samankaltainen verkkoon kytkettyyn tilanteeseen verrattuna. Laitekaapeli kulkee pitkin tikashyllyjä leikkurilta hallin vastakkaiselle puolelle, enintään kolmen muun kaapelin kanssa. Sitten kaapeli viedään seinän läpi ulos, jossa se kytketään aggregaattiin heti

seinän ulkopuolella. Käytännössä asennus vastaa koko matkalta referenssiasennustapaa E, monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa.

Näin ollen tässä tapauksessa voidaan aggregaattikäytössä käyttää leikkurin syöttämiin samaa kaapelia, kuin edellä on mitoitettu käytettävän leikkuria sähköverkkoon kytkettäessä.

Periaatteessa olisi mahdollista käyttää pienempää 125A:n gG-sulaketta ja poikkipinnoilta pienempää kaapelia, sillä pitkäkestoisesta, noin 200A:n suuruisesta, käynnistysvirrasta huolimatta käynnistys todennäköisesti onnistuisi myös näin toimien. Nyt haluttiin kuitenkin olla varmoja että leikkuri saadaan varmasti käynnistymään, joten päädyttiin käyttämään isompaa sulaketta ja kaapelia.

Aiemmin sähköverkkoon kytkennän kustannuslaskelman yhteydessä on todettu, että leikkurin syöttökaapelina voidaan käyttää esimerkiksi AXMK 4x95 S kaapelia, jonka hinta SLO:n verkkokaupan mukaan on 13,20€/m ALV 0% ja 16,37€/m sis. ALV 24%. Kaapelia tarvitaan aggregaattikytkennässä noin 70 metriä, jolloin kaapelin hankinnasta aiheutuvat kustannukset ovat 924 euroa ALV 0% ja 1145,90 euroa sis. ALV 24%. (SLO Oy:n www-sivut 2013)

8.3 Käytön aikaiset kustannukset verkkoon liitettynä

Verkkoon liitettynä leikkurin käytön aikaiset kustannukset muodostuvat sähköverkkoyhtiön laskuista. Sähköyhtiön laskun loppusumma koostuu kolmesta osa-alueesta: sähköenergian hinnasta, sähkön siirron hinnasta ja sähköverosta. Kaikki osa-alueet laskutetaan kilowattituntimäärien perusteella hinnoittelulla c/kWh, mutta sähköenergiasta sekä sähkön siirrosta laskutetaan molemmista myös kuukausikohtaisesti perusmaksu hinnoittelulla €/kk. Lisäksi sähkön siirrosta yli 63A:n liittymillä Fortum Sähkön siirto Oy laskuttaa mitatun kulutuksen perusteella kuukausikohtaisen tehomaksun ja loistehomaksun muotoa €/kW (tai kVAr), kk. Nämä kuukausiperustaisesti laskutettavat kulut eräänntyvät siis maksettavaksi joka kuukausi, riippumatta siitä millainen on ollut liittymän sähkönkulutus kyseessä olevana aikana. Kulut voidaan siis

jakaa kuukausittain laskutettaviin, sekä kulutuksen perusteella laskutettaviin. (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

8.3.1 Kulutuksen perusteella maksettavaksi tulevat kulut

Muodostetaan seuraavaksi kokonaishinta sähköverkkoyhtiöltä ostetulle kilowattitunnille. Alla olevaan Excel-taulukkoon on koottu eri osa-alueiden kilowattituntikohtaiset hinnat ja muodostettu niistä sen jälkeen kokonaishinta muodossa c/kWh.

Taulukko 1. Kilowattitunnin kokonaishinta (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Osa-alue	c/kWh alv 0%	c/kWh alv 24%
Energian hinta	5,27	6,53
Sähkön siirto	2,18	2,70
Sähkövero	1,90	2,36
Yhteensä:	9,35	11,60

Kuten taulukosta nähdään, tulee sähköverkkoyhtiöltä ostettaessa kilowattitunnin hinnaksi 11,60 c sisältäen arvonlisäveron 24%.

8.3.2 Kuukausittain maksettavaksi tulevat kulut

Määritetään seuraavaksi kuukausittain maksettavaksi erääntyvät maksut ja niiden yhteenlaskettu kokonaiskustannus. Lisäksi pitää määrittää yrityksen nykyisestä liittymästä aiheutuvat kustannukset, jotta ne voidaan vähentää suuremman liittymän kustannuksista ja näin saada vertailukelpoista tietoa siitä, kuinka paljon enemmän suuremmasta liittymästä aiheutuu sähkön kulutuksesta riippumattomia kustannuksia.

Sähköenergian perusmaksulle sekä sähkön siirron perusmaksulle löytyy euromääräiset hinnat suoraan Fortum Oyj:n www-sivuilta, joten näiden osalta kuukausittaiset kustannukset on helppo määrittää. Tehomaksu nimikkeellä kulkeva, energian mitattuun kulutukseen perustuva, kuukausittainen maksu on sen sijaan vaikeampi määrittää tarkasti. Fortum Sähkönsiirto Oy:n verkkopalveluhinnasto kertoo tehomaksusta seuraavaa: Tehomaksun mittausjakso on yksi tunti. Tehomaksussa laskutustehona käytetään viiden viimeisen talvikuukauden (1.11.–31.3. klo 07.00–22.00) aikana mi-

tatun kahden suurimman kuukausitehon keskiarvoa. Tehomaksua veloitetaan pienjännitteellä vähintään 40 kW tehon mukaan. (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Arvioidaan siis yrityksen sähkötehon tarve silloin kun leikkuria käytetään, näin voidaan arvioida tehomaksun suuruus. Aiemmin on määritetty yrityksen virran tarve leikkurin asennuksen jälkeen, uuden pääsulakekoon määrittämiseksi. Käytetään tässä edellä mainittua virtaa selvittääksemme yrityksen tehon tarpeen.

$$I_{\text{yritys}} = 171,25\text{A}$$

Käytetään arvioidun tehon määrittämiseksi näennäistehon kaavaa. Ratkaistaan tehon tarve näennäistehon kaavasta:

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

$$S = \sqrt{3} * 400\text{V} * 171,25\text{A}$$

$$S = 118,65\text{kVA}$$

Vaikka laskettu teho on käytännössä kokonaan pätötehoa, niin näin laskettu tehon tarve on luultavasti jonkin verran todellista suurempi, joten voidaan käyttää kustannusten määrittämisessä arvoa:

$$P_{\text{yritys}} = 110\text{kW}$$

Saadaan siis tehomaksun arvioiduksi suuruudeksi ilman arvonlisäveroa:

$$110\text{kW} * 1,66\text{€/kW, kk (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)}$$

$$182,60\text{€/kk}$$

Fortum laskuttaa tehosiirroissaan myös loistehosta kuukausittain, myös loistehon laskutus perustuu mitattuun arvoon. Fortum Sähkönsiirto Oy:n verkkopalveluhinnasto kertoo loistehomaksusta seuraavaa: Loistehomaksun perusteena on kuukausittainen loistehohuippu, josta on vähennetty 20 % saman kuukauden pätötehoaiipun määrää. Harjunpään Teräsrakenteen tapauksessa loistehon määrä on kuitenkin niin alhainen ja vaikeasti määritettävissä, että tässä tilanteessa ajateltiin saatavan riittävän

tarkkaa tietoa kustannusten vertailua varten käyttämällä laskuissa vain arvioitua tehomaksua. Lisäksi aiemmin on todettu että arvioitu tehomaksu tulee olemaan suurempi kuin todellinen, joten puuttuva loistehomaksu tulee näin ollen kompensoitua laskelmissa myös tällä tavoin. (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Listataan seuraavaksi liittymän sähkön kulutuksesta riippumattomat, kuukausittain maksettaviksi erääntyvät kustannukset alla olevaan Excel-taulukkoon ja määritetään näiden perusteella liittymälle kuukausihinta.

Taulukko 2. 3x200A:n liittymän kuukausihinta (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Osa-alue	€/kk alv 0%	€/kk alv 24%
Energia perusmaksu	5,00	6,20
Sähkön siirto perusmaksu	28,30	35,09
Tehomaksu (arvioitu)	182,60	226,42
Yhteensä:	215,90	267,72

Näin saadaan 3x200A liittymälle arvioitu arvonlisäverollinen kuukausihinta 267,72€.

Jotta voitaisiin verrata miten paljon liittymän suurentaminen ja leikkurin kytkeminen sähköverkkoon vaikuttaa liittymän kuukausihintaan, pitää selvittää kuukausihinta myös nykyiselle 63A:n liittymälle. Aggregaattikäyttöisessä vaihtoehdossa leikkurin käyttämiseksi jää yrityksen sähköliittymä ennalleen, joten vain liittymien kuukausihintojen erotus on merkityksellinen kustannusten vertailussa. Nykyiselle liittymälle kuukausihinnan määrittäminen on helpompaa kuin 200A:n liittymälle, sillä 63A:n liittymälle on olemassa siirron osalta sulakekoon perusteella määräytyvä perusmaksu. Tehomaksua 63A:n liittymässä ei ole lainkaan. Tehdään 63A:n liittymän kuukausihinnasta samanlainen taulukko kuin edellä 200A:n liittymästä. (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Taulukko 3. 3x63A:n liittymän kuukausihinta (Fortum Oyj:n www-sivut 2014)

Osa-alue	€/kk alv 0%	€/kk alv 24%
Energia perusmaksu	5,00	6,20
Sähkön siirto perusmaksu	60,16	74,60
Yhteensä:	65,16	80,80

Taulukosta nähdään, että arvonlisäverollinen kuukausihinta 3x63A:n liittymälle on 80,80€.

Nyt voidaan laskea hintojen erotukset ja selvittää kuinka paljon 3x200A:n liittymä maksaa kuukaudessa enemmän kuin 3x63A:n liittymä.

$$267,72\text{€} - 80,80\text{€} = 186,92\text{€}$$

3x200A:n liittymän tulee siis kuukaudessa 186,92€ kalliimmaksi kuin 3x63A:n liittymä.

8.4 Käytön aikaiset kustannukset aggregaattikäytössä

Leikkurin käyttämisessä aggregaatilla on hyvänä puolena se, että käyttöönoton jälkeen maksettavaa kertyy ainoastaan konkreettisesti leikkurin käytöstä. Käytännössä siis vain jokaisesta käyttöminuutista maksetaan, kun taas leikkurin käyttövalmiudessa pitämisestä ei maksettavaa kerry.

Käytön aikaisten kustannusten vertailua varten on järkevää määrittää aggregaatilla tuotetulle sähkölle hinta muodossa c/kWh, näin toimimalla saadaan helposti vertailtua leikkurin käyttökustannuksia eri toteutuksien välillä. Määritetään siis seuraavaksi aggregaatilla tuotetulle energialle hinta.

Liitteestä 2 nähdään, että aggregaatti tuottaa täydellä kuormalla 400V:n jännitteellä tehoa 108kW. Liitteestä 3 taas nähdään että täydellä kuormalla aggregaatti kuluttaa polttoainetta 31 litraa tunnissa. Näin ollen pystytään aggregaatin tuottamalle energialle laskemaan hinta käyttämälle polttoaineen tämänhetkistä hintaa. Aggregaatissa on diesel-moottori, joten polttoaineena voidaan käyttää moottoripolttoöljyä. Moottori-

polttoöljyn hinta tällä hetkellä korkeimmillaan on noin 1,30€ litralta polttoaine.net sivuston mukaan, joten käytetään laskuissa polttoöljyn hintana kyseistä summaa 1,30€/l. Lasketaan seuraavaksi hinta muodossa c/kWh aggregaatilla tuotetulle energialle.

Aggregaatti kuluttaa täydellä kuormalla tunnissa 31 litraa polttoainetta, joten hinnalla 1,30€/l aggregaatin käyttäminen maksaa tunnissa:

$$31\text{l/h} * 1,30\text{€/l} = 40,30\text{€/h} = 4030\text{c/h}$$

Kun aggregaatin tuottama teho täydellä kuormalla on 108kW, niin kilowattitunnin hinnaksi saadaan:

$$4030\text{c/h} / 108\text{kW} = 37,31\text{c/kWh}$$

8.5 Kustannusten vertailu

Seuraavaan taulukkoon on koottu käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset molemmilla käyttövaihtoehdoilla, taulukkoon on merkitty myös ne kustannukset joiden suuruutta ei ole määritetty.

Taulukko 4. Käyttöönottokustannukset yhteenveto

Käyttöönottokustannukset

Sähköverkkoon liitettynä		Aggregaattikäyttöisenä	
Kustannuslaji	€ sis. alv	Kustannuslaji	€ sis. alv
Liittymän suurennus	27000,00	Aggregaatti	13200,00
Uusi mittaus/pääkeskus	1860,00	Taajuusmuuttaja	10168,00
Pylväsvarokeytkin	536,92	Laitekaapeli	1145,90
Pylväsvarokeytkimen teline	32,12		
Syöttökaapeli	719,20		
Laitekaapeli	572,95		
Yhteensä:	30721,19	Yhteensä:	24513,90

Lisäksi aiheutuu määrittämättömän suuruisia kustannuksia

Keskushuoneen rakentaminen	Aggregaatin nouto
Kaivutyöt (syöttökaapelin asennus)	Leikkuriin tehtävät muutokset
Suojakourut (syöttökaapelin asennus)	Asennustyöt
Asennustyöt	

Taulukon perusteella voidaan päätellä, että leikkurikäyttö on tässä tapauksessa edullisempi toteuttaa käyttämällä sähkönsyöttöön aggregaattia. Tällä tavoin voidaan säästää leikkurin käyttöönottokustannuksissa noin 6200 euroa, lisäksi aggregaattikäytössä määrittämättömät kustannukset ovat pienemmät kuin sähköverkkoon liitettynä. Aggregaattikäytössä ei tarvitse suorittaa kaivu- ja rakennustöitä, vaan kustannukset koostuvat pääosin tehtävistä sähkötöistä.

Seuraavaan taulukkoon on koottu levyleikkurin käytöstä aiheutuvat kustannukset.

Taulukko 5. Käytön aikaiset kustannukset yhteenveto

Käyttökustannukset

Sähköverkkoon liitettynä			Aggregaattikäyttöisenä		
Kustannuslaji	hinta sis. alv		Kustannuslaji	hinta sis. Alv	
	c/kWh	€/kk		c/kWh	€/kk
Energia	11,60		Energia	37,31	
Perus- ja tehomaksu*		186,92			

Muut käytöstä aiheutuvat kustannukset

	Aggregaatin huoltokustannukset
--	--------------------------------

*Perus- ja tehomaksulla tarkoitetaan 200A:n liittymän yhteenlaskettuja perus- ja tehomaksua, josta on vähennetty 63A:n liittymän perusmaksut

Taulukosta nähdään että aggregaatilla tuotettu energia on huomattavasti kalliimpaa kuin sähköyhtiöltä ostettu, kuitenkin 200A:n liittymästä aiheutuu lähes 190€ kustannuksia joka kuukausi, vaikka leikkuria ei käytettäisi lainkaan. Aggregaattikäytössä etuna on se, ettei kustannuksia aiheudu, jollei leikkuria käytetä. Aggregaattikäytössä ainoat kustannukset polttoaineen lisäksi ovat aggregaatin huollosta aiheutuvia kustannuksia.

Leikkurin liityntäteho on ilmoitettu 75kVA ja se on lähes kokonaan pätötehoa, joten leikkurin käyttäminen aggregaatilla maksaa siis karkeasti laskettuna:

$$75kW * 0,3731€/kWh = 27,98€/h$$

Vertailun vuoksi voidaan siis todeta, että summalla joka aggregaattikäytössä säästetään liittymän kuukausimaksuissa yhden kuukauden aikana, voidaan käyttää leikkuria noin 6-7 tuntia.

Lasketaan vielä myös kuukausittainen käyttötuntimäärä, jolla leikkurin käyttökustannukset ovat samat molemmilla käyttövaihtoehdoilla. Muodostetaan asian ratkaisemiseksi yhtälö ja sijoitetaan yhtälöön tarvittavat tiedot:

$$186,92€ + x * 75kW * 0,116€/kWh = x * 27,98€$$

Ratkaistaan yhtälöstä x :

$$x = 9,695h$$

Joten kun kuukausittainen käyttöaika ylittää kymmenen tuntia, on käyttökustannusten kannalta edullisempaa käyttää leikkuria sähköverkkoon kytkettynä. Jos taas jäädään käyttöajassa alle kymmenen tunnin, on kannattavampaa käyttää leikkuria aggregaatilla. Käytännössä asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen, sillä sähköverkkoon liitettynä leikkurin käyttöönottokulut olivat huomattavasti suuremmat kuin aggregaattikäyttöisenä. Näin ollen leikkurin käyttäminen aggregaatilla on tässä tapauksessa järkevin vaihtoehto leikkurin vähäisten käyttötuntien takia. Tästä johtuen ei katsottu tarpeelliseksi määrittää sellaisia käyttötuntimääriä, joilla leikkurikäyttö todella kannattaisi toteuttaa sähköverkkoon liitettynä.

9 YHTEENVETO

Leikkurikäyttö kannattaa Harjunpään Teräsrakenteen tapauksessa toteuttaa aggregaatilla leikkurin vähäisen käytön vuoksi. Vaikka aggregaatilla tuotettu energia on yli kolme kertaa kalliimpaa kuin sähköyhtiöltä ostettu, on liittymän kuukausimaksuista aiheutuva säästö kuitenkin niin huomattava, että kalliimman energian käyttö kannattaa vähillä käyttötunneilla. Lisäksi tässä tapauksessa aggregaattikäyttöä puoltaa myös se fakta, että se on huomattavasti edullisempi vaihtoehto toteuttaa, kuin leikkurin liittäminen sähköverkkoon. Jos leikkurin käyttöaste olisi huomattavasti suurempi kuin mitä se tässä tapauksessa tulee olemaan, olisi leikkurikäyttö kannattavampaa toteuttaa liittämällä leikkuri sähköverkkoon.

Leikkurikäytön toteuttamisesta aggregaatilla saavutetaan myös muunlaista hyötyä, kuin pelkästään kustannussäästöjä. Tarvittaessa yrityksen sähkönsyöttö voidaan hoitaa aggregaatilla, esimerkiksi sähköverkkovian aikana, ja näin varmistaa toiminnan jatkuvuus myös silloin, kun sähköt ovat jostakin syystä poikki. Kaiken lisäksi yrityksen syötön korvaaminen aggregaatilla onnistuu käytännössä hyvin pienin, yrityksen sähköjärjestelmään tehtävin, muutoksin. Aggregaatin mahdollistama toiminnan jatkuminen sähkökatkosten aikana on varteenotettava etu, sillä lähivuosina on esiintynyt jopa useamman päivän mittaisia sähkökatkoja alueella, jolla yrityksen toimitilat sijaitsevat.

LÄHTEET

ABB Oy. Pehmökäynnistinopas 2007. Viitattu 23.4.2013.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6de96a2197b01677c125725f00468d4a/\\$file/pehmokaynnistinopas%202007%20fi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6de96a2197b01677c125725f00468d4a/$file/pehmokaynnistinopas%202007%20fi.pdf)

Korpinen, L. 1998 Sähkövoimatekniikkaopus, Sähkökoneet, OSA 1. Viitattu 6.5.2013. www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf

Aliko Automation Oy. 1999 Aliko hydraulinen levyleikkuri, käyttöohjekirja. Viitattu 7.11.2013.

Kiiski T. 2012. Taajuusmuuttajien luotettavuus, huollettavuus ja kunnossapito teollisessa ympäristössä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 8.11.2013. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21246/kiiski.pdf>

SFS Käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 16.12.2013.

SLO Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 8.1.2014.

<http://www.slo.fi/www/fi/Tuotteet/Tuoteluettelo/Sivut/tuotetietosivu.aspx?partno=0622512>

Myyjä. 2014. Mekeltek Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 29.1.2014

Nakkila-Ulvila-Luvia. 2013. Lohja: Aero-Kuva / Euroopan Ilmakuva Oy

Sundelin, S. 2014. Toimitusjohtaja, Harjunpään Teräsrakenne Oy. Ulvila. Henkilökohtainen tiedonanto 8.2.2014

D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2010. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto. Viitattu 13.2.2014.

Fortum Oyj:n www-sivut. 2014. Viitattu 20.2.2014.
<http://www.fortum.com/countries/fi/pages/default.aspx>

Elektroskandia Suomi Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 20.2.2014. www.rexel.fi

TAULUKKO VACON TAAJUUSMUUTTAJISTA

Mains voltage 380—500 V, 50/60 Hz, 3~												
AC drive type	Loadability				Max current I _S	Motor shaft power				Frame size	Dimensions WxHxD (mm) WxHxD (inch)	Weight (kg) Weight (lbs)
	Low*		High*			400V supply		480V supply				
	Continuous current I _L [A]	10% overload current [A]	Continuous current I _H [A]	50% overload current [A]		10% overload 40°C [kW]	50% overload 50°C [kW]	10% overload 104°F [hp]	50% overload 122°F [hp]			
VACON 0100-3L-0003-5	3.4	3.7	2.6	3.9	5.2	1.1	0.75	1.5	1.0	MR4	128x328x190 5x12.9x7.5	6.0 13.0
VACON 0100-3L-0004-5	4.8	5.3	3.4	5.1	6.8	1.5	1.1	2.0	1.5			
VACON 0100-3L-0005-5	5.6	6.2	4.3	6.5	8.6	2.2	1.5	3.0	2.0			
VACON 0100-3L-0008-5	8.0	8.8	5.6	8.4	11.2	3.0	2.2	4.0	3.0			
VACON 0100-3L-0009-5	9.6	10.6	8.0	12.0	16.0	4.0	3.0	5.0	4.0			
VACON 0100-3L-0012-5	12.0	13.2	9.6	14.4	19.2	5.5	4.0	7.5	5.0			
VACON 0100-3L-0016-5	16.0	17.6	12.0	18.0	24.0	7.5	5.5	10.0	7.5	MR5	144x419x214 5.7x16.5x8.4	10.0 22.0
VACON 0100-3L-0023-5	23.0	25.3	16.0	24.0	32.0	11.0	7.5	15.0	10.0			
VACON 0100-3L-0031-5	31.0	34.1	23.0	34.5	46.0	15.0	11.0	20.0	15.0			
VACON 0100-3L-0038-5	38.0	41.8	31.0	46.5	62.0	18.5	15.0	25.0	20.0	MR6	195x557x229 7.7x21.9x9	20.0 44.0
VACON 0100-3L-0046-5	46.0	50.6	38.0	57.0	76.0	22.0	18.5	30.0	25.0			
VACON 0100-3L-0061-5	61.0	67.1	46.0	69.0	92.0	30.0	22.0	40.0	30.0			
VACON 0100-3L-0072-5	72.0	79.2	61.0	91.5	122.0	37.0	30.0	50.0	40.0	MR7	237x660x259 9.3x26x10.2	37.5 83.0
VACON 0100-3L-0087-5	87.0	95.7	72.0	108.0	144.0	45.0	37.0	60.0	50.0			
VACON 0100-3L-0105-5	105.0	115.5	87.0	130.5	174.0	55.0	45.0	75.0	60.0			
VACON 0100-3L-0140-5	140.0	154.0	105.0	157.5	210.0	75.0	55.0	100.0	75.0	MR8	290x966x343 11.4x38x13.5	66.0 145.5
VACON 0100-3L-0170-5	170.0	187.0	140.0	210.0	280.0	90.0	75.0	125.0	100.0			
VACON 0100-3L-0205-5	205.0	225.5	170.0	255.0	340.0	110.0	90.0	150.0	125.0			
VACON 0100-3L-0261-5	261.0	287.1	205.0	307.5	410.0	132.0	110.0	200.0	150.0	MR9	480x1150x365 18.9x45.3x14.4	108.0 238.0
VACON 0100-3L-0310-5	310.0	341.0	251.0	376.5	502.0	160.0	132.0	250.0	200.0			
VACON 0100-3L-0140-5	140.0	154.0	105.0	157.5	210.0	75.0	55.0	100.0	75.0	MR8 IP00	290x794x343 11.4x31.3x13.5	62.0 136.7
VACON 0100-3L-0170-5	170.0	187.0	140.0	210.0	280.0	90.0	75.0	125.0	100.0			
VACON 0100-3L-0205-5	205.0	225.5	170.0	255.0	340.0	110.0	90.0	150.0	125.0			
VACON 0100-3L-0261-5	261.0	287.1	205.0	307.5	410.0	132.0	110.0	200.0	150.0	MR9 IP00	480x970x365 18.9x38.2x14.4	97.0 213.8
VACON 0100-3L-0310-5	310.0	341.0	251.0	376.5	502.0	160.0	132.0	250.0	200.0			

* For all VACON 100 drives, overloadability is defined as follows: High: 1.5 x I_H (1 min/10 min) @ 50°C; Low: 1.1 x I_L (1 min/10 min) @ 40°C; I_S for 2 sec.

GESAN DPS 140 AGGREGAATIN TEKNISET TIEDOT

DPS 140 NC 400/230 V | 50HZ |

1 / 8

Technical specifications

Diesel Prime Gensets

DPS 140 NC

Voltage: 400/230 V

Frequency: 50HZ



TECHNICAL INFORMATION

Standby Power (ESP)	kVA	150
	kW	120
Prime Power (PRP)	kVA	135
	kW	108
Mechanical structure	Soundproofed	
Engine	PERKINS 1006 TAG	
Alternator	LEROY SOMER LSA 44.2 S75	
Control card	DEEP SEA 7310	
Measures (L x W x H)	mm	3.400 x 1.100 x 1.755
Empty weight	kg	2.110
Fuel tank	L	244
Acoustic pressure, LpA	dB(A) a 7	71
Acoustic power LwA	dB(A)	97

Voltages	Prime Power (PRP)		Standby Power (ESP)	
	(kVA)	(kW)	(kVA)	(kW)
380/220	130	104	144	115
400/230	135	108	150	120
415/240	130	104	144	115

GESAN DPS 140 AGGREGAATIN POLTTOAINEEN KULUTUS

Fuel supply system

The fuel intake system with filter is the original from the engine manufacturer.

Includes level sensor with low fuel alarm signal that indicates the amount of fuel available in the tank to the electrical panel.

Fuel tank capacity (L)	244
-------------------------------	-----

Fuel consumption panel (range according to the standard configuration)

Load	Prime Power (PRP)		Standby Power (ESP)	
	(l/h)	Range (h)	(l/h)	Range (h)
25%				
50%	16,1	15,2		
75%	24	10,3	25	9,6
100%	31	7,9	34	7,2