

Jarno Toivainen

DC- KÄYTÖN MODERNISOINTI
AC- KÄYTÖKSI
IMUSUODIN 1

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>2.12.2010</p>	
<p>Tekijä(t)</p> <p>Jarno Toivainen</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</p> <p>Sähkötekniikan koulutusohjelma Sähkövoimatekniikka</p>	
<p>Nimeke</p> <p>DC- käytön modernisointi AC-käytöksi.</p>		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus on luoda perusteet Myllykoski Paperin puuhiomossa sijaitsevan imusuotimen 1 sähkökäytön modernisointiin. Lisäksi on pyritty luomaan pohjaa ABB Service yksikölle Myllykoskelle vastaavanlaisia tilanteita varten, joita on esimerkiksi kaksi samanlaista laitetta puuhiomossa.</p> <p>Työssä esitellään ja käydään läpi vanhan ja uuden nopeussäädetyinkäytön ominaisuuksia. Lisäksi tarkastellaan tarkemmin moottorien, tyristorisuuntaajan ja taajuusmuuttajan ominaisuuksia. Käydään läpi laitteen ja prosessin vaatimuksia. Pyritään esittämään tarve imusuotimen 1 sähkökäytön modernisointiin.</p> <p>Lopputuloksena työssä pystytään esittämään yksinkertaiset perusteet modernisointiin. Komponenttien valintaa rajoittaa jo aikaisemmin uusittu imusuodin 4 ja laitteen iän takia puutteelliset tiedot laitteen vaatimista pyörimisnopeuksista, tehoista ja momenteista.</p> <p>Riittäväksi perusteeksi modernisointiin työssä esitetään luotettavuuden kasvattaminen ja vikaantumisriskin pienentäminen. Lisäksi uuden tekniikan luomat mahdollisuudet laitteen ohjaukseen ja tarkkailemiseen vaikuttavat asiaa.</p> <p>Opinnäytetyön rinnalla luotiin ABB Servicelle Myllykoskelle tiivistetty versio modernisointi suunnitelmasta imusuotimelle 1, jota tullaan käyttämään esitettäessä modernisoinnin tarvetta asiakkaalle.</p>		
<p>Asiasanat (avainsanat)</p> <p>Sähkökäyttö, modernisointi, taajuusmuuttaja</p>		
<p>Sivumäärä</p> <p>27+ 3</p>	<p>Kieli</p> <p>Suomi</p>	<p>URN</p>
<p>Huomautus (huomautukset liitteistä)</p>		
<p>Ohjaavan opettajan nimi</p> <p>Arto Kohvakka</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja</p> <p>ABB Oy, SIPP</p>	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 2.12.2010	
Author(s) Jarno Toivainen		Degree programme and option Electrical engineering Electrical power engineering	
Name of the bachelor's thesis DC usage modernization to AC usage			
Abstract <p>The purpose of this thesis is to create a basis for the modernization of the electric drive of the aspirating filter 1 in the stone ground wood plant of Myllykoski Paper. In addition, the thesis aims to lay a foundation for ABB Service unit in Myllykoski for similar situations, as there are two identical devices in the stone ground wood plant.</p> <p>The thesis presents the features of the old and the new variable-speed drivers. Moreover, the qualities of the engines, the thyristor rectifier and the frequency converter will be presented in more detail. Also, the requirements of the device and the process will be dealt with, and the need for the modernization of the aspirating filter 1 will be considered.</p> <p>Ultimately, simple reasons for the modernization will be presented. The choice of components is limited because of the aspirating filter 4 modernization before and the lack of information, due to the age of the device, concerning the device's rotational speeds, power and momentum.</p> <p>The increase of reliability and the decrease of the risk of malfunctions are mentioned as a sufficient reason for modernization. Furthermore, the possibilities created by new technology for controlling and monitoring the device also have an effect on the issue.</p> <p>Alongside the thesis a summarized version of the modernization plan for aspirating filter 1 was created for ABB Service Myllykoski, and this will be used when presenting the need of modernization to the client.</p>			
Subject headings, (keywords) electric drive, modernization, frequency converter			
Pages 27+ 3	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Arto Kohvakka		Bachelor's thesis assigned by ABB Ltd, SIPP	

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty ABB Oy:lle, Myllykosken Service yksikköön. Haluan kiittää ohjaajiani Työnjohtajia Janne Malmströmiä ja Toni Hannulaa. Lisäksi kiitos kuuluu myös Myllykosken yksikölle mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö ja muulle yksikön henkilöstölle tuesta työtä kohtaa.

Kouvola 2.12.2010

Jarno Toivainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	MODERNISOINTI	1
2.1	Imusuodin 1	2
2.2	Nopeussäädetyt käytöt.....	3
2.3	Tavoitteet.....	4
3	VANHA SÄHKÖKÄYTTÖ.....	5
3.1	Tasavirtakäyttö.....	5
3.1.1	DC- Moottori.....	6
3.1.2	Tyristorisuuntaaja	8
3.2	Muut laitteet.....	11
4	UUSI SÄHKÖKÄYTTÖ.....	12
4.1	Vaihtovirtakäyttö	12
4.1.1	Oikosulkumoottori.....	15
4.1.2	Taajuusmuuttaja.....	18
5	INVESTOINTI	21
5.1	Hinta	21
5.2	Takaisinmaksuaika.....	21
5.3	Vikaantumisriski	22
5.4	Varaosat.....	24
6	PÄÄTELMÄT	24

LIITTEET

- 1 Takaisinmaksuaika- laskelma
- 2 PH 1-3 Prosessikaaviot
- 3 Imusuodin 1 virta (yhden vaihejohtimen)

LYHENNELUETTELO

ABB	Asea Brown Boweri
SC-paperi	Päälystämätön painopaperi
MWC- paperi	Päälystetty painopaperi
PK 4/6/7	Paperikone 4/6/7
PH1-3	Puuhiomo 1-3
H1	Hiokesäiliö 1
Kw	Kilowatti
AC	Vaihtovirta
DC	Tasavirta
DTC	Direct torque control, suora momentin säätö
PID- säädin	Proportional integral derivative- säädin
MTBF	Mean Time Between Failures, Keskimääräinen aika vikaantumisten välillä

1 JOHDANTO

Tässä työssä on tarkoitus luoda modernisointisuunitelma Myllykoski Paperin puuhiomossa sijaitsevalle Imusuodin 1 sähkökäytön uusinalle. Modernisoinnissa DC-käyttö modernisoidaan AC-käytöksi. Tavoitteena on valmistella modernisointia ja osoittaa asiakkaalle modernisoinnin tarve.

Opinnäytetyöni toimeksiantaja on ABB Oy. ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB:n palveluksessa on yli 117 000 henkilöä noin 100 maassa. /1/

Työ suoritettiin ABB Servicelle Myllykosken toimipisteeseen. ABB Servicellä ja Myllykoski Paperilla on ollut Full Service kunnossapitosopimus tammikuusta 2007 lähtien. Se sisältää kokoisvaltaisen käynnissäpitosopimuksen ja tuotantotehokkuuden parantamisen. Kouvolassa sijaitseva Myllykosken yksikkö on ABB:n yksi suomen suurimmista Service- yksiköistä.

Myllykoski Paper markkinoi, kehittää ja valmistaa korkealaatuisia puupitoisia painopapereita kannattavasti, tehokkaasti ja kilpailukykyisesti. Tuotteet ovat päällystämättömät, kiillotetut SC-paperit ja päällystetyt MWC-paperit, joita käytetään syväpaino- ja offsetpainotuotteissa: aikakauslehdissä, luetteloissa, mainosliitteissä ja esitteissä. Myllykoski Paperin vuotuisesta yli 500 000 tonnin tuotannosta menee vientiin 90 prosenttia. Päämarkkina-alueena on Eurooppa, ja paperia viedään myös USA:han, Kaukoitään ja Afrikkaan. Vuonna 2009 liikevaihto oli 259 miljoonaa euroa. /2/

2 MODERNISOINTI

Imusuodin 1 (kuva 1) sähkökäytön modernisoinnin suurin yksittäinen painava syy on käytön ikä. Laite on otettu käyttöön maaliskuussa 1970, eli ikää laitteella on yli 40 vuotta. Lisäksi käytössä oleva tekniikka on 60- luvun puolivälin tekniikkaa. Laitteelle on vuosien saatossa tehty pieniä muutoksia ja parannuksia toimenpiteitä. Varaosien saatavuus on minimaalista tälle vanhalle tekniikalle. Hiomossa on neljä samanlaista

imusuodinta. Imusuodin 4 uusittiin varaosatarpeen takia kesäseisokissa kesäkuussa 2010. Kyseistä uusintaa varten ei tehty modernisointisuunitelmaa tai ehdotusta.



KUVA 1: Imusuodin 1. /5/

2.1 Imusuodin 1

Imusuodin 1 on kriittisin laite kaikista neljästä imusuotimesta koska se on ainut, johon on putkitettu PP- laitokselta PH 1-3 jauhettu rejekti. Liitteessä 2 esitetyssä prosessikaavioissa näkyy että imusuodin 1 toimii rinnan kiekkosuotimen kanssa vedenerotuspisteenä. Vedenerotuspisteessä hiokemassasta erotetaan hiomossa käytettävä vesi. Imusuotimien jälkeen massaan lisätään paperikoneilla kiertävä vesi. Imusuodin 1 ja kiekkosuodin jakavat rejekti käsitellyn hiokkeen PK4 ja PK6/7 välillä. Jauhettu rejekti on varsinaisen puuhionnan jälkeen hylättyä massaa, joka on jatkokäsitelty vastaamaan hiokkeen vaatimuksia. Imusuotimen hioke ajetaan imusuotiminen yhteiseen pudotusputkeen, josta sitä pystytään ajamaan kaikille koneille. Kiekkosuotimelta pystytään ajamaan hioketta vain H1 säiliöön ja sieltä eteenpäin kaikille koneille. Jos kiekkosuodin ei pysty vastaanottamaan rejektiä on ainoa mahdollisuus ajaa massa imusuotimen 1 kautta. Tässä tilanteessa tai kiekkosuotimen vikatilanteessa imusuotimen tärkeys prosessikasvaa korvaamattomaksi.



KUVA 2: Imusuodin 1 ja kuivausviiralta irtoava kuivattu hioke. /5/

Kuvassa 2 näkyy kuinka kuiva hioke irtoaa kuivausviiralta ja putoaa pudotusputkeen. Imusuotimen yksinkertainen toimintaperiaate on kuivattaa hioke liikkuvalla kuivausviiralla ilmavirran ja puristuksen avulla. Hiokkeen kuivuusaste määräytyy siitä kuinka paksu kerros hioketta on viiralla. Tähän vaikuttavia asioita ovat viiran nopeus ja viiralle ajettavan hiokkeen määrä. Nopeus jolla viiraa ajetaan on lähes vakio, mutta pieniä säätötoimenpiteitä voidaan suorittaa viiran nopeutta muuttamalla halutun lopputuloksen takaamiseksi.

2.2 Nopeussäädetyt käytöt

Sähköverkkoon liitännän ja pyörimisnopeudensäädön kannalta epätahti-, tahti- ja tasavirtamoottorit eroavat toisistaan. Vaihtovirtatekniikkaan perustuva epätahti- ja tahtimoottori voidaan liittää suoraan kolmivaiheverkkoon ilman erillistä ohjausyksikköä, mikäli ei tarvita pyörimisnopeussäätöä. Tasavirtamoottorien yhteydessä tarvitaan aina tasasuuntaava tehonohjausyksikkö. Käytännössä lähes kaikki teollisuuden tasavirtakäytöt ovat pyörimisnopeussäädettyjä, joita syötetään kolmivaiheverkosta tyristoriohjatulla tasasuuntausyksiköillä. Näillä saavutetaan erittäin hyvät säätöominaisuudet. Esimerkiksi kaikki paperikoneiden säädetyt

linjakäytöt ja metalliteollisuuden valssikäytöt, jotka vaativat säätötarkkuutta, toteutettiin vielä 1970- luvulla tasavirtakäyttöillä. 1980-luvun puolivälistä lähtien niitä alettiin toteuttaa vaihtovirtamoottorikäyttöillä. /8, s.9./

Taajuusmuuttajia voidaan käyttää ainoastaan epätahtimoottorien pyörimisnopeuden säätöön. Taajuusmuuttajien kehittämisessä Suomi on ollut yksi johtava maa maailmassa. Yksittäisiin moottorikäyttöihin taajuusmuuttajia alettiin asentaa jo 1970-luvulla. Säädöltään vaativiin teollisuuden moottorien linjakäyttöihin taajuusmuuttajilla syötettyjä oikosulkumoottoreita alettiin asentaa 1980- luvun puolivälistä alkaen. Puolijohdetegnologian ja säätöalgoritmien kehittymisen myötä taajuusmuuttajalla ohjattu epätahtimoottorikäyttö on saatu vastaamaan säätöominaisuuksiltaan tasavirtamoottorikäyttöä. Tämän vuoksi uusia tasavirtamoottorikäyttöjä ei juurikaan enää asenneta ja vanhat korvataan taajuusmuuttajilla ohjatuilla epätahtimoottoreilla. /8, s.9/

2.3 Tavoitteet

Modernisointi parantaa seuraavia tekijöitä:

Turvallisuus

- Koneen ja laitteiston suojaaminen
- Ihmisten turvallisuus
- Ympäristön suojele
- Paikalliset ja kansainväliset standardit täyttävät turvalaitteet.

Tuottavuus

- Luotettavuuden paranemisen kautta käytettävyyden maksimointi minimoisi suunnittemattomat käyttökatkokset.
- Vanhojen komponenttien tilalle vaihdetaan seuraavan sukupolven komponentit. Näin varmistetaan varaosien saatavuus.
- Järjestelmän nopeutta voidaan lisätä.
- Tuotannon laadun paraneminen. Vähemmän hylkyä.
- Huotokustannukset menetykset vähenevät.

Käytettävyys

- Uudet modernit käyttöliittymät helpottavat prosessin/ laitteen ohjausta.
- Käyttöliittymän helppokäyttöisyys vanhoihin järjestelmiin verrattuna.

Huolto

- Modernisointiprojektit toteutetaan asianmukaisesti ja kustannustehokkaasti.
- Laitteiston dokumentaatio saadaan ajantasalle.
- Varaosien saatavuus uusille komponenteille

Ympäristö

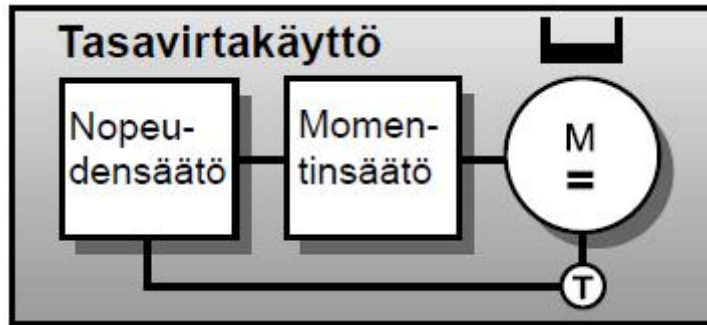
- Materiaalia säästyy, koska aiempia komponentteja, i/o kehikoita, jne. voidaan käyttää.
- Järjestelmän käyttöikä voidaan maksimoida.
- Energiankulutus vähenee ja energiatehokkuus paranee. /3/

3 VANHA SÄHKÖKÄYTTÖ

Vanhaan sähkökäyttöön kuuluu 20kW vierasmagnetoitu DC-moottori ja Ströbergin valmistama ohjattu tyristorisuuntaaja kuristimineen. Lisäksi imusuotimilla 1-3 on käytössä yhteinen 500/380V muuntaja, keskuslähtö ja välirelekaappi. Laite on otettu käyttöön vuonna 1970. Alkuperäisissä kuvissa laitteen vaatima teho on mitoitettu 18kW. Alkuun käytössä on ollut 18kW moottori, mutta vuosien aikana paikalle on vaihtunut 20kW moottori. Osasyllinen tähän voisi olla 18kW moottorien valmistuksen lopettaminen. Moottorin ja itse laitteen välissä on vielä varsin suurella välityksellä oleva vaihde. Tämän tappivaihteen välitysuhe $i=274,116$. Moottorille ei ole saatavilla laitteen vaatimia tarkkoja ominaisuuksia. Näitä ovat esimerkiksi nopeusalueet ja momentit. Alkuperäinen tehontarve voidaan katsoa ylimitoitetuksi, koska normaalissa käytössä laite ottaa vain 7-10% käytön maksimitehosta.

3.1 Tasavirtakäyttö

Tasavirtakäyttöjen etuna on, että nopeutta ja momenttia, kahta loppukäyttäjälle tärkeintä ominaisuutta, säädetään suoraan ankkurivirran avulla. Tällöin momenttisäätö on sisempi säätöpiiri ja nopeudensäätö ulopompi säätöpiiri (kuva 3).



KUVA 3: Tasavirtakäyttö. /6/

Ominaisuudet

- Kentän suunta määräytyy mekaanisen kommutaattorin avulla.
- Säätosuureet ovat ankkurivirta ja kenttävirta, jotka mitataan suoraan moottorista.
- Momenttisäätö on suora. /6/

Edut

- Tarkka ja nopea momenttisäätö.
- Hyvä dynaaminen nopeusvaste.
- Helppo säätää. /6/

Alun perin nopeudensäätöä vaativissa laitteissa käytettiin tasavirtakäyttöjä, koska niiden momentti- ja nopeusvaste on hyvä ja tarkka. /6/

3.1.1 DC- Moottori

Tasasähkökone (kuva4) on säätöyhtälöidensä yksinkertaisuuden ja hyvän dynamiikkansa takia ollut suosittu konetyyppi aina 1980- luvulle asti. Tavallisesti on käytetty erillismagnetoitua konetta, koska sen vuota voidaan säätää ankkurivirrasta tai – jännitteestä riippumatta. /9, s.29./

Tasavirtamoottorin ominaisuudet riipuvat olennaisesti siitä, miten koneen magneetointi suoritetaan. Magneetoinnin perusteella tasavirtamoottorit jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- vierasmagnetoidut moottorit
- sivuvirtamoottorit
- sarjamoottorit
- kompondi- eli yhdysvirtamoottorit. /4, s.291/



KUVA 4: 20kW DC- moottori ja lisätuuletin. /5/

Tasavirtamoottorissa staattorin kenttäämin lävitse kulkeva virta luo magneettikentän. Tämä kenttä on aina kohtisuorassa ankkurikäämin luomaan kenttään nähden. Tätä tilaa kutsutaan kentän suuntaamiseksi. Se on välttämätöntä suurimman mahdollisen momentin aikaansaamiseksi. Kommutaattori ja hiiliharja varmistavat, että tämä tila säilyy roottorin asenosta riippumatta. Kun kentän suunta on saavutettu, tasavirtamoottorin momenttia voidaan helposti säätää muuttamalla ankkurivirtaa sekä pitämällä magneetointivirta vakiona. /6/

Tasavirtamoottorin tuottama momentti on:

- Suora, moottorin momentti on verrannollinen ankkurivirtaan. Momenttia voidaan säätää suoraan ja tarkasti.
- Nopea, momenttisäätö on nopeaa. Käytön dynaaminen nopeusvaste on hyvä. Momenttia voidaan muuttaa hetkessä, jos moottoria syötetään ideaalisesta virtalähteestä. Jännitesyötetyinkin käytön nopeusvaste on hyvä, sillä sitä rajoittaa vain roottorin sähköinen aikavakio, eli ankkuripiirin kokonaisinduktanssi ja σ -vastus.
- Yksinkertainen, kentän suunta muodostetaan yksinkertaisella kommutaattorin ja hiiliharjojen yhdistelmällä. Tällöin ei tarvita monimutkaista elektronista säätöpiiriä, joka lisäisi moottorin säätöjärjestelmän kustannuksia. /6/

Tasavirtamoottorin suurin haitta on sen heikko luotettavuus: hiiliharjat ja kommutaattori kuluvat ja edellyttävät säännöllistä huoltoa, tasavirtamoottorin hankintakustannukset ovat korkeat, ja se tarvitsee nopeuden ja asennon takaisinkytkennän. /6/

Tasasähkökoneet on pidettävä puhtaina ja kuivina niin kuin yleensäkin sähkökoneet. Nämä seikat vaikuttavat olennaisesti koneiden käyttövarmuuteen ja ikään. Tasasähkökoneiden puhdistukseen, kuivaukseen ja laakerihuoltoon sekä tuuletukseen pätee samat asiat kuin muihinkin sähkökoneisiin. Tasasähkökoneissa on kommutaattori harjalaitteineen ehkä tärkein tarkkailun ja huoltoa vaatia koneen osa, jota ei muissa pyörivissä sähkökoneissa ole. /4,s.307./

3.1.2 Tyristorisuuntaaja

Tyristorisuuntaaja (kuva 5) on Strömbergin valmistama kuusipulssisuuntaaja. Tekniikka on peräisin 60- luvun puolivälistä. Suuntaaja on lähes alkuperäisessä kunnossa. Nopeusohje tulee järjestelmästä mA- viestillä.

Kun kysymyksessä on tasasuuntaaja, voidaan suuntaajat jakaa ryhmiin niiden kehittämän suodattamattoman tasajännitteen suhteen, jolloin puhutaan tasasuuntaajan kehittämän tasajännitteen sykkeluvusta tai pulssiluvusta. Tasasuuntaajan kehittämän jännitteen sykkeluvulla tarkoitetaan suodattamattoman tasajännitteen jännitepulslien

lukumäärää syöttävän vaihtojännitteen yhden jakson aikana. Mitä suurempi on sykelukku, sitä lähempänä suodattamatonta tasasähköä on puhdasta tasasähköä ja sitä pienempi on vaihtosähkökomponenttien määrä suodattamattomassa tasasähkössä. /4, s.379/



KUVA 5: Tyristorisuuntaaja. /5/

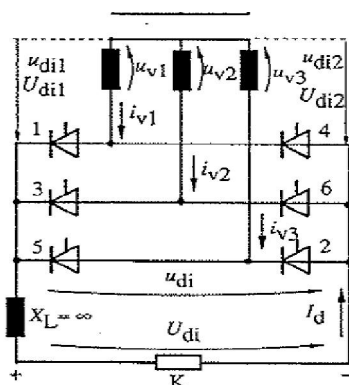
Tasasuunnattu virta muodostuu venttiileiden läpi kulkevista virtapulsseista. Koska syöttävä jännite on sinimuotoinen, ovat jännitepulssit suodattamattomia siniaallon osin. Useimmissa käytännön tehtävissä ei tasavirtapiireissä hyväksytä vaihtosähkökomponenttia, joten se suodatetaan pois. Suodatuskuristimen teoreettinen mitoittaminen on vaikea tehtävä. Kokeellisesti on kuitenkin päädytty riittävän tarkkoihin suositusarvoihin, joita on taulukoitu. Mitä suurempaa sykelukua suuntaajassa käytetään, sitä pienempi suodatuskuristin tarvitaan, jos muut vaatimukset pysyvät samoina. Tasasähkömoottorit, joita syöttävä tasasähkö kehitetään kolmivaiheisessa tyristorisillassa on valmistettu siten, että ne eivät yleensä tarvitse erillistä suodatinkuristinta. Tämän tiedon valmistaja antaa luetteloissaan. Tällaista

moottoria voidaan luonnollisesti syöttää ilman kuristinta, jos suuntaajan pulssiluku on kuutta korkeampi. /4, s. 405./

Suuntaajan verkkovirta sisältää aina yliaaltoja, joiden vaikutuksia vaihtovirtaverkoissa pyritään vähentämään. Suuritehoisten suuntaajien syöttöverkkoon aiheuttamia yliaaltoja pyritään vaimentamaan vaihtosähköpiiriin kytkettävien suodattimien avulla. Yliaaltovirtoihin voidaan vaikuttaa myös suuntaajan kytkennän valinnalla. /4, s.406./

Ohjausloisteho esiintyy verkkokommutoiduilla suuntaajilla. Sitä voidaan pienentää korvaamalla siltakytkennän toisen osasuuntaajan tyristorit diodeilla eli valmistamalla ns. puoliksi ohajattu suuntaaja. Tällainen suuntaaja ei voi toimia vaihtosuuntaajana, joten sillä ei voida toteuttaa esimerkiksi moottorin hyötyjarrutusta. Ohjausloisteho voidaan pienentää nollaan siirtymällä käyttämään hilakommutoivista komponenteista valmistettuja suuntaajia. Tällaisissa kytkennöissä voidaan venttiilin syyttämisen ja sammuttamisen valita vapaasti, eikä suuntaajaa ole synkronoitu syöttävään vaihtojännitteeseen. Tällaista suuntaajaa voidaan käyttää myös loistehon kompensointiin. /4, s.406/

Kolmivaiheisen siltakytkennän, joka on kuusisykesuuntaaja, voidaan ajatella muodostuvan kahdesta sarjaan kytketystä kolmivaiheisesta yksitiekytkennästä, joissa vaiheet ovat 180° :n vaihesiirroissa. Kuva 6 esittää kolmivaiheista siltakytkentää. Kytkennässä esiintyy neljä eri katodipotentialia, joten venttiilirakenteita, joissa on yhteinen katodi, ei voida käyttää. /4, s.396./



KUVA 6: Kuusipulssisuuntaaja, kolmivaiheinen siltakytkentä. /4, s.397/

Tyristorisillan etuna on säädettävyys ja vaihtosuuntausmahdollisuus. Haittana on huono tehokerroin lähtöjännitteen ollessa lähellä nollaa. Tällä on merkitystä, jos

tasasähkömoottorikäytöltä vaaditaan pienillä nopeuksilla suurta vääntömomenttia. Säätdynamiikaltaan kuusipulssinen tyristorisilta on kohtuullisen hyvä. Tyristorisillan säädön ongelmina ovat epälineaarisuudet, jotka ovat vaikeita mallintaa ja tuovat epätarkkuutta ohjaukseen. /9, s.44/

3.2 Muut laitteet

Imusuotimilla on yhteinen 500V keskuslähtö, jonka jälkeen on 500/380V muuntaja (kuva 8). Muuntajan jälkeen sähkönsyötön jako tapahtuu jakokeskuksessa (kuva 7), joka sijaitsee kerrosta alempana seinällä. Jakokeskuksesta menee syötöt imusuotimen vieressä sijaitseville tyristorisuuntaajakaapeille. Kentällä olevan jakokaapin ja kaapeleiden kunto on heikko. Sähkötilan lattialla sijaitseva kuivamuuntaja on hyvä kuntoinen ja ei silmämääräisesti ole huollon tarpeessa.



KUVA 7: Tuotantotiloissa oleva jakokeskus. /5/



KUVA 8: Imusuotimien yhteinen 500/380V muuntaja. /5/

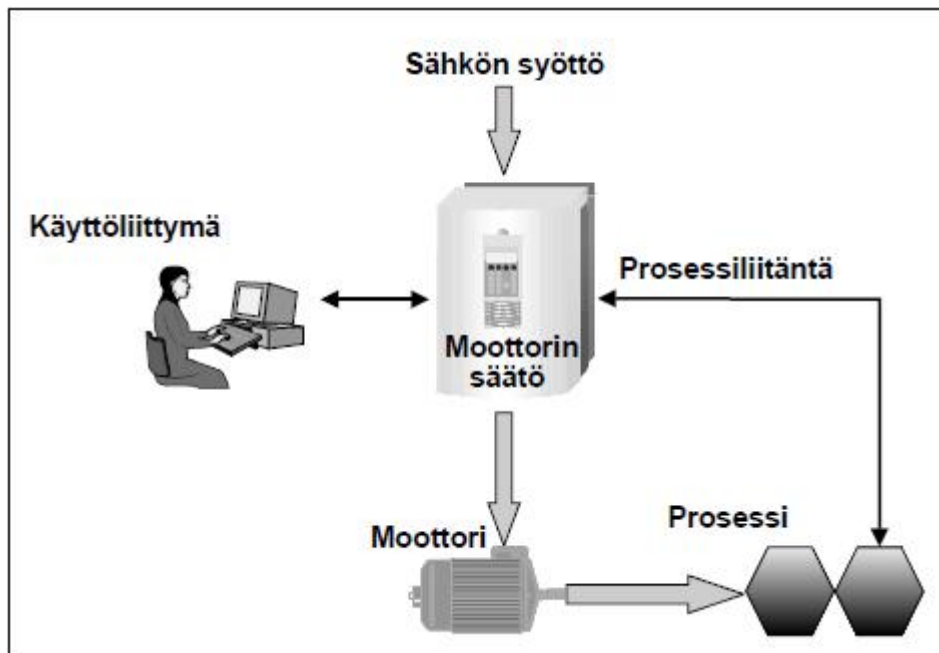
4 UUSI SÄHKÖKÄYTTÖ

Uusi sähkökäyttö sisältää ABB:n ACS800 –sarjan taajuusmuuttajan ja 22kW kolmivaihemoottorin. Sähkönsyöttö vaihtuu toiseen sähkökeskukseen, mutta syöttävä jännite on edelleen 500V. Taajuusmuuttajan ja moottorin valinta kopioidaan jo uusitusta imusuodin 4:sta. Tämä sen takia, että saadaan yhtenäistettyä imusuotimien käyttöjen komponentit. 22kW moottorin valinta johtuu siitä että imusuodin 4 vanha DC- moottori oli kooltaan 24kW. Laitteen vaatiman tehon perusteella oikea moottori koko olisi kenties ollut 18,5kW, mutta tehdasstandardi estää kyseisen teholuokan käytön. Myöhemmässä vaiheessa käsitellään olisiko ollut ja olisiko vielä kannattavaa vaihtaa paikalle pienempitehoinen moottori.

4.1 Vaihtovirtakäyttö

Kaaviossa 9 on esitetty AC- käytön perustoiminnot. AC –käytön moottorin säädössä on neljä eri komponenttia: käyttöliittymä, moottori, sähkönsyöttö ja prosessiliitäntä.

/7/

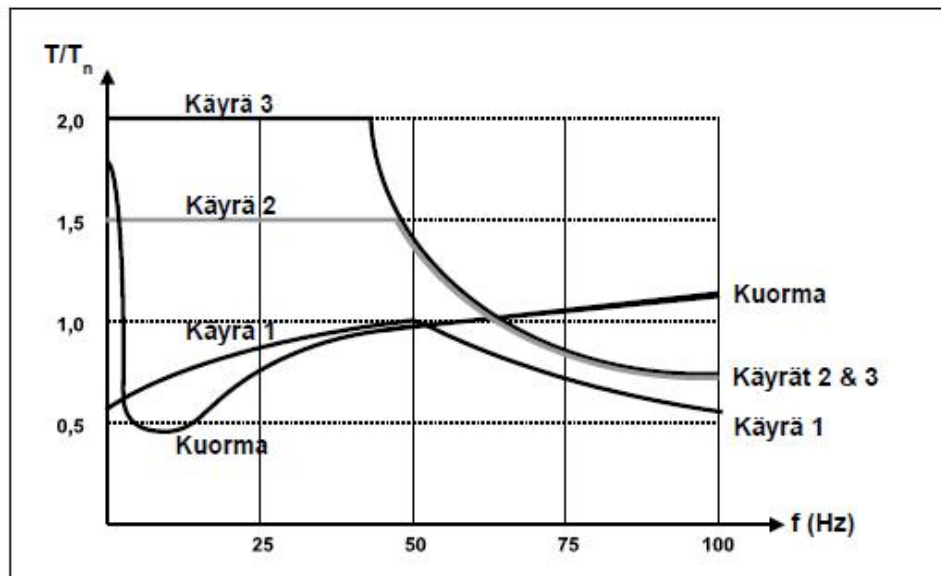


KAAVIO 9: AC- käytön perustoiminnot. /7/

Taajuusmuuttaja syöttää käyttöön jännitettä; eräs käytön valintakriteereistä on syöttöjännite ja sen taajuus. Taajuusmuuttaja muuttaa taajuuden ja jännitteen ja syöttää sen moottoriin. Moottoriprosessia ohjataan prosessin tai käyttäjän lähettämällä signaaleilla. /7/

Käyttöliittymä tarjoaa mahdollisuuden tarkkailla AC- käyttöä ja hankkia erilaista tietoa prosessista. Tämän ansiosta käyttö on helppo integroida muihin prosessinsäätölaitteisiin ja –järjestelmiin. /7/

Jos moottoria käytetään yhdessä taajuusmuuttajan kanssa, kuormitettavuusvaihtoehtoja on useita. Vakiokäyrän eli kaavion 10 käyrä nro.1 käyttö voi olla jatkuvaa. Muita käyriä voidaan käyttää vain tietty aika, sillä moottorin jäähdytysjärjestelmää ei ole tarkoitettu näin raskaaseen käyttöön. /7/



KAAVIO 10: Esimerkki kuormituskäyrästä. /7/

Suurempia kuormitettavuustasoja voidaan tarvita esimerkiksi käynnistyksen aikana. Joissakin sovelluksissa käynnistystä varten tarvitaan jopa kaksinkertainen momentti. Taajuusmuuttajakäytössä moottori voidaan mitoittaa normaalin käytön mukaan. Näin vähennetään myös investointikustannuksia. /7/

AC- käytön tärkeitä ominaisuuksia:

- Tulot ja lähdöt
- suunnanvaihtotoiminto
- kiihdytys ja hidastusajat neliöllisen momentin $V7Hz$ - asetukset
- momentin maksimointi
- mekaanisten värähtelyiden eliminointi
- kuormitusrajat vahinkojen estämiseksi
- verkkokatkossäätö
- jumitoiminto
- jättämän kompensointi
- vauhtikäynnistys. /7/

AC- käytöillä on myös muita ominaisuuksia ja toimintoja, joita parempaan prosessinsäätöön toisinaan tarvitaan. Yllä on esimerkkejä tällaisista ominaisuuksista. Esimerkiksi tulosten lähtöjen avulla käyttöön voidaan syöttää prosessia koskevia tietoja, jolloin se säätää moottoria annettujen tietojen mukaan. Vaihtoehtoisesti

kuormitusta voidaan rajoittaa vahinkojen estämiseksi ja työtätekevän koneen tai koko sähkökäytön suojaamiseksi. /7/

4.1.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottorit (Kuva 11) ovat yleistyneet nopeasti säädetyissä käytöissä. Niiden osuus uusista toimituksista ylitti 1990- luvun alkupuolella tasasähkökäyttöjen osuuden. Oikosulkumoottorikäyttöjen suosion kasvuun on ollut syynä elektroniikan kehityksen ohella koneen yksinkertainen ja luja rakenne, jonka johdosta se on halpa ja kestää hyvin ympäristön epäpuhtauksia ja kosteutta. /9, s.32/



KUVA 11: Oikosulkumoottori käytössä jo uusitussa imusuodin 4:ssä. /5/

Koneen toiminnan kannalta tärkeimmät osat ovat seisijan eli staattorin käämitys levypaketteineen. Nämä muodostavat koneen sähköisen toiminnan aktiiviset osat. Muut osat ovat passiivisia osia, jotka pitävät aktiiviset osat paikoillaan, johtavat sähköä koneeseen tai pois koneesta ja välittävät pyörivän liikkeen moottorista työkoneseen tai voimakoneesta generaattoriin. /4, s.119. /

Yhteistä kaikkien vaihtosähkökoneiden toiminnalle on, että niiden seisijaan on kehitettävä pyörivä megneettikenttä. Tämä tapahtuu eri tavoin kolmivaihe- ja

yksivaihekoneissa. Kolmivaiheisten vaihtosähkökoneiden toiminnan edellytyksenä oleva pyörivä magneettikenttä kehittyi näissä koneissa itsestään ilman lisälaitteita symmetrisen kolmivaihekäämityksen ja siinä kulkevan symmetrisen vaihtovirran avulla. /4, s.120/

Oikosulkumoottori kuuluu epätahtikoneisiin liukurengaskoneen ohella. Epätahtikoneille on tyypillistä, että nimensä mukaisesti niiden pyörimisnopeus poikkeaa kuormitettuna tahtinopeudesta. Tätä nopeuseroa kutsutaan jättämäksi, jättämä on tarpeen, koska vain näin saadaan oikosuljettuun häkkikäämitykseen indusoitua vääntömomenttia muodostava virta. /9, s.29./

Moottorin pyörimisnopeus on käytännössä moottorin magneetikentän pyörimisnopeus. Todellisessa pyörimisnopeudessa otetaan huomioon moottorin jättämä. Jos aikayksikössä virran jaksojen lukumäärä eli taajuus on f on koneen magneetikentän pyörimisnopeus eli tahtinopeus n_s . /4, s.125./

$$n_s = \frac{f}{p} \quad (3.2)$$

n_s = magneetikentän pyörimisnopeus

f = taajuus

p = napapariluku.

Kolmivaiheisen epätahtimoottorin sähköverkosta ottama sähköteho on

$$P_1 = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (3.73)$$

P_1 = moottorin sähköverkosta ottama teho

U = Vaihejännite

I = vaihevirta

$\cos \varphi$ = nimellistehokerroin.

Moottorin mekaaninen teho

$$P_2 = 2\pi n M_{mek} \quad (3.74)$$

P_2 = Mekaaninen teho

M_{mek} = työkoneen saama mekaaninen vääntömomentti

n = pyörimisnopeus.

Moottorin vääntömomentti on

$$M = \frac{P_{mek}}{2\pi n} \quad (3.79)$$

M = momentti

P_{mek} = moottorin mekaaninen teho

n = pyörimisnopeus.

Epätahtimoottorin arvokilpeen ei yleensä leimata hyötysuhdetta, mutta se on laskettavissa arvokilven muista leimaarvoista /4, s.158/. Nimellishyötysuhde on

$$\eta_n = \frac{P_n}{P_1} = \frac{P_n}{\sqrt{3}UI \cos \varphi} \quad (3.87)$$

η_n = nimellishyötysuhde

P_n = Moottorin mekaaninen teho

P_1 = Moottorin sähköteho

U = vaihejännite

I = vaihevirta

$\cos \varphi$ = nimellistehokerroin.

Tavallisesti oikosulkukoneen jäähdytys on toteutettu moottorin akselin pyörittämällä puhaltimella. Tällaisen moottorin jäähdytys riippuu oleellisesti pyörimisnopeudesta. Pienillä nopeuksilla puhaltimen teho on heikko, jonka johdosta moottoria voidaan kuormittaa nollanopeuden lähellä jatkuvasti vain noin 20...40 % vääntömomentilla nimellisivääntömomentista laskettuna. Jäähdytysongelmia pahentavat muuttajan

puolijohdekytkinten toiminnasta johtuvat virran yliaallot, jotka kuumentavat konetta normaalin sinisyötön häviöiden lisäksi. /9, s.31./

Moottori valitaan prosessin perustietojen mukaan. Kierrosalue, momenttikäyrät, jäähdytysjärjestelmä ja moottorin kuormitettavuus antavat ohjeita moottorin valintaan. Usein kannattaa vertailla erilaisia moottoreita, sillä valittu moottori vaikuttaa taajuusmuuttajan kokoon. /10/

Mikäli moottorin mitoitus vaikuttavista edellä mainituista ominaisuuksista ei ole saatavilla tarkkoja tietoja on normaalia ylimitoitaa moottori. Ylimitoituksella varmistetaan moottorin riittävä suorituskyky. Oikosulkumoottoreiden hankinta kustannukset eivät eroa paljoakaan toisistaan, jos siirrytään teholuokassa ylemmäs. Lisäksi uuden taajuusmuuttajatekniikan avulla saadaan koko käytön hyötysuhde ($\cos\varphi \approx 1$) lähelle yhtä, riippumatta paljoakaan moottorin hyötysuhteesta.

4.1.2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajia on olemassa kahta päätyyppiä, välipiirillisiä ja suoria. Välipiirilliset taajuusmuuttajat perustuvat sähkön muuttamiseen ensin tasasähköksi ja sitten vaihtosähköksi. Suorissa taajuusmuuttajissa syöttävän vaihtosähköverkon sähkö pilkotaan puolijohdekytkimillä suoraan halutun taajuiseksi ja jännitteiseksi vaihtosähköksi. /9, s.48/

Välipiirilliset taajuusmuuttajat koostuvat kolmesta osasta, tasasuuntaajasta, tasajännite- tai tasavirtapiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Luonnollisesti välipiirin tyyppi määrää vaihtosuuntaajan tyypin. /9, s.48./

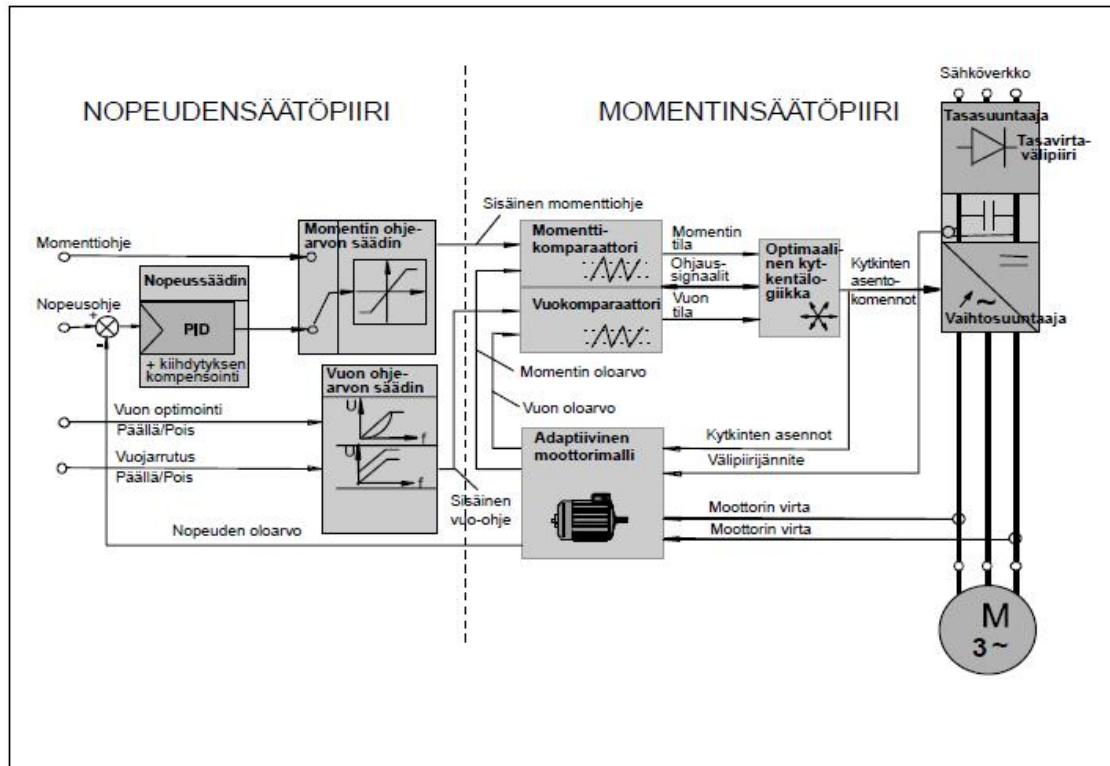
Modernisoinnissa tullaan käyttämään ABB:n ACS800- sarjan taajuusmuuttajaa (kuva 12), joka käyttää ABB:n kehittämää DTC-tekniikkaa. DTC- tekniikan avulla vuorovektorisäätö toetutetaan ilman takaisinkytkentää. Pitkälle kehitetyn moottoriteorian avulla moottorin momentti lasketaan suoraan ilman mudoulaatiota. Säättösuureet ovat moottorin magneettivuo ja moottorin momentti. /6/



KUVA 12: Imusuodin 4 ABB:n ACS800- sarjan taajuusmuuttaja asennettuna sähkötilaan. /5/

DTC- tekniikassa hyödynnetään nopeimpia saatavilla olevia digitaalisia signaalinkäsittelylaitteita ja pitkälle kehittyneitä matemaattisia malleja moottorin toimintaperiaatteista. Tämän ansiosta DTC- käytön momenttivaste on jopa kymmenen kertaa nopeampi kuin minkään vaihtovirta- tai tasavirtakäytön. DTC- käyttöjen dynaaminen nopeustarkkkus on kahdeksan kertaa parempi kuin takaisinkytkemättömillä vaihtovirtakäyttöillä, ja se on verrattavissa takaisinkytkettyyn tasavirtakäyttöön. /6/

Kaaviossa 13 ilmenee, että DTC muodostuu kahdesta pääosasta: momentinsäätöpiiristä ja nopeudensäätöpiiristä. Momentinsäätöpiirin normaalissa toiminnassa kahta moottorivirran vaihetta ja välipiirin jännitettä mitataan yhdessä taajuusmuuttajan kytkimien asentojen kanssa. Moottorista saadut mittaustulokset käsitellään adaptiivisen moottorimallin avulla. /6/



KAAVIO 13: DTC- tekniikan lohkokaavio. /6/

Nopeudensäädin koostuu PID- säätimestä ja kiihdytyskompensaattorista. Ulkoista nopeusohjetta verrataan moottorimallista saatavaan nopeuteen. Näiden eroarvo johdetaan sekä PID- säätimeen että kiihdytyskompensaattoriin. Lähtevä signaali on molempien säätöpiirien lähtöjen summa. /6/

Taajuusmuuttaja valitaan käyttöolosuhteiden ja valitun moottorin perusteella. Taajuusmuuttajan kyky tuottaa tarvittava virta ja teho on tarkistettava. Taajuusmuuttajan ylikuormitettavuus voidaan hyödyntää, jos kyseessä on lyhytaikainen jaksoittainen kuormitus. /10/

ABB:n laitteelle määrittämä vikaantumistaajuuteen perustuva MTBF- arvo on 61 vuotta /11/. MTBF kuvaa keskimääräistä aikaa laitteen vikaantumisen välillä ja sen laskenta perustuu tilastollisiin komponenttien vikaantumistaajuuksien arvoihin. Näin ollen MTBF:n avulla ei voida tarkasti ennustaa koska tietty laite tulee vikaantumaan, sillä 37% laitteista on vielä lasketun MTBF:n jälkeen toimintakunnossa. Vaikka MTBF:n avulla ei voida tarkasti ennustaa koska tietty laite tulee vikaantumaan, voidaan sitä käyttää tehokkaasti laitteen eliniän ennustuksessa, sekä laskettua MTBF-arvoa voidaan vertailla valmistajien ilmoittamiin omille laitteilleen laskemiin MTBF-arvoihin. /12, s.40./

Lisäksi merkittävä asia on varaosien saatavuus valmistuksen lopetuksen jälkeen. ABB pyrkii pitämään varaosia vähintään 10 vuotta tuotesarjan aktiivisen valmistamisen jälkeen /11/.

5 INVESTOINTI

5.1 Hinta

Investoinnin hinta muodostuu moottorin ja taajuusmuuttajan hankintahinnasta, sekä uusien kaapeleiden ja releiden hinnasta. Lisäksi hintaan lasketaan asennuskustannukset ja suunnittelukustannukset.

Alle on poimimittu asiakkaalle tehdystä tarjouksesta kokonaishinta ja hinnat eri osa-alueilta:

Taajuusmuuttaja ABB ACS800-01-0030-5	1626,37€
Moottori ABB M3BP 180 MLB 4 22kW 1500 r/min 500V	1765,93€
Kaapelointi	1648,35€
Dokumentointi ja työt	13184,00€
Investoinnin hinta yhteensä	18225€

/13/

5.2 Takaisinmaksuaika

Microsoft Excelillä tehty takaisinmaksuaikalaskelma on esitetty Liitteessä 1. Huoltokustannukset huomioon ottaen takaisinmaksuaika on noin 24 vuotta. Laskennassa ei ole käytetty laskentakorkoa. Takaisinmaksuaika ei ole riittävä syy uusinnalle, mutta uusi tekniikka pienentää sähkönkulutusta noin 40 %. Vanha ja uusi käyttö ottavat normaalikäyttö tilanteessa vain 7-10 % moottorin maksimitehosta. Laskelmat on tehty moottorin ottamalla näennäisillä keskitehoilla. Vanhassa käytössä teho mitattiin ennen tyristorikäyttöä ja uudessa teho saatiin taajuusmuuttajasta. Eli takaisinmaksuaikalaskelma voidaan todeta viitteelliseksi, mutta se on riittävä kyseisessä tapauksessa.

Vaikka uusi moottori mitoitettaisiin edellinen huomioon ottaen reilusti pienemmäksi, takaisinmaksuaika ja hyötysuhde eivät tulisi merkittävästi muuttumaan. Koska moottorin ja taajuusmuuttajan hankintahinnassa ei ole suurta eroa. Lisäksi tässä tapauksessa on erittäin vaikea määrittää optimaalista moottoria, koska käytön vaatimista momenteista eikä pyörimisnopeuksista ole tarkkaa tietoa.

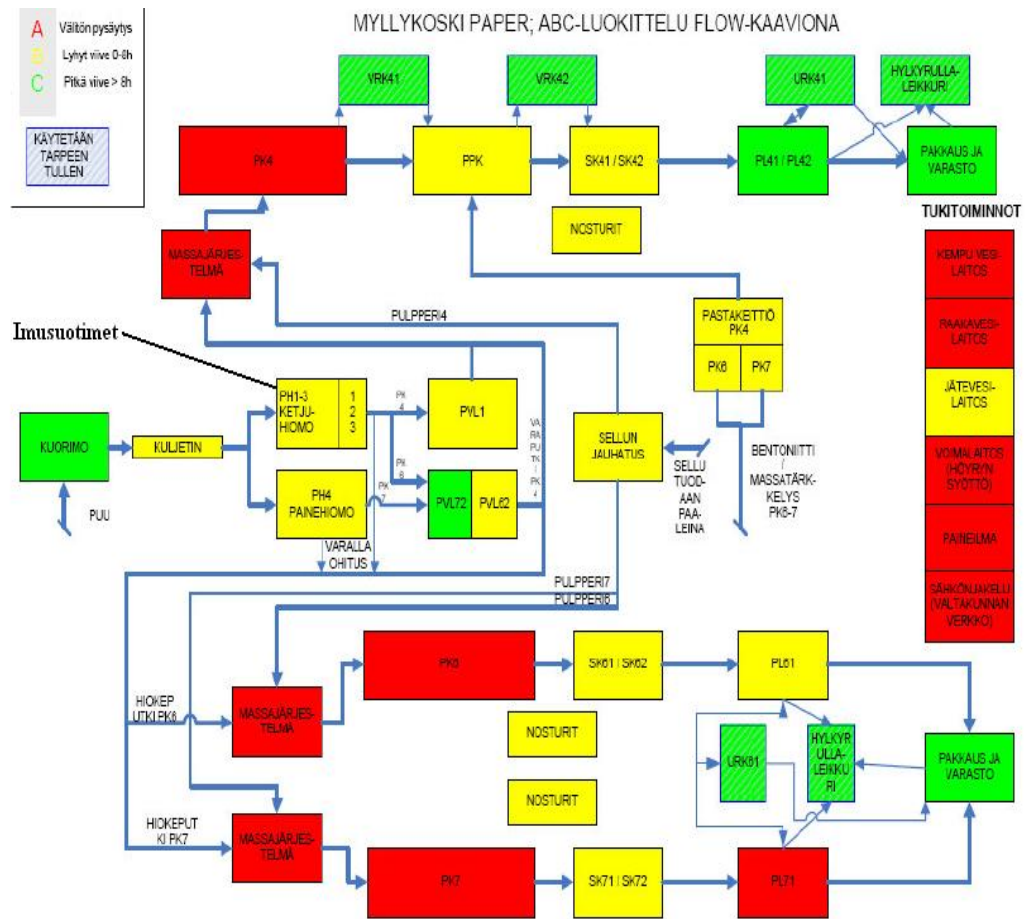
5.3 Vikaantumisriski

Merkittävin säästö saadaan pienentämällä vikariskiä. Jos vanha laitteisto vikaantuu, nopeutuu takaisinmaksuaika huomattavasti. Esimerkkinä jos joudutaan vaihtamaan tai huollattamaan moottori, niin takaisinmaksuaika voi puolittua jo tässä vaiheessa riippuen huollon tarpeesta. Lisäksi jos tuotanto joutuu pysähtymään tämän suuren vikaantumisriskin takia, niin investoinnin hinta on hyvin nopeasti saavutettu kannattavaksi.

ABB Oy:llä on oma käytössä oleva ABC- luokittelu. Myllykoski Paperilla se on jaettu eri prosessin osaluokkien kesken. ABB:n luokittelussa (A,B,C) PH1-3 kuuluu B-luokkaan (kaavio 14) . Se tarkoittaa että vaikutus tuotantoon ilmenee 0-8h aikana. /14/

ABC luokittelukriteerit (tuotantokone tasolla)

- A= Pysäyttää välittömästi paperikoneen
- B= Pysäyttää lyhyellä (0-8h) viiveellä paperikoneen
- C= Pysäyttää paperikoneen pitkällä viiveellä (> 8h). /15/



KAAVIO 14: ABC- luokittelu flow- kaaviona. /15/

Tehtaalla on lisäksi laitteilla käytössä kriittisyysluokaluokittelu(1-5). Laitteiden tärkeysluokaluokittelussa kaikki imusuotimet ovat luokassa 3, kun asteikko on välillä 1-5. Imusuodin 1 on kuitenkin aivan lähellä 4 luokitusta, koska sillä on suuri vastuu rejektin käsittelyssä. /14/

1-5 kriittisyysluokittelukriteerit (laite- tasolla)

- 5= Vakava turvallisuus- ja/ tai ympäristöseuraamus
- 4= Pysäyttää välittömästi tuotantokoneen
 - Seisontaaika > 2h
 - Merkittävät aineelliset vahingot (> 25000€)
- 3= Rajoittaa tuotantokoneen toimintaa/ laadullinen vaikutus
 - Toiminnan rajoitus/ lyhyt pysäytys (< 2h)

- 2= Ei vaikutusta tuotantokoneen toimintaan
- 1= Muut/ määrittelemättömät. /15/

5.4 Varaosat

Aikaisempaan tulee merkittävä muutos sillä varaosien saatavuus turvataan ja hinta tulee merkittävästi parantumaan. Tehtaan oman varastoinnin lisäksi ABB pyrkii säilyttämään varaosavarastoja vähintään 10 vuotta tuotteen valmistuksen lopettamisen jälkeen, joka kasvattaa ennestään laitteelle ennustettua pitkää elinkaarta. Oikosulkumoottori on standardien mukainen ja helposti saatavilla useilta valmistajilta. Lisäksi moottorityyppiä on käytössä useissa kohteissa tehdasalueella, joten sitä voidaan kutsua yleiskoneeksi. Uudet komponentit ovat pienempikokoisia ja yleisempiä nykypäivän käytöissä. Mikäli kaikki imusuotimet saadaan uusittua voidaan varastosta poistaa muutamia jäljelläolevia artikkeleita, joista esimerkkinä kyseisillä käytöillä pelkästään käytössä oleva tasavirtamoottori tyyppi. Mutta jo pelkästään imusuotimen 1 uusinta toisi jatkoaikaa varaosien takia imusuotimille 2 & 3. Käytettyihin varaosakomponentteihin pitää varautua varauksella, sillä esimerkiksi vanhat kondensaattorit saattavat olla erittäin heikkoja uudelleen käyttöön otolle vähänkin pidemmän varastoinnin jälkeen. Lisäksi tämänhetkiseen varaosatarpeeseen vaikuttaa tasavirtamoottoreiden huollon tarve, joita ovat esimerkiksi jatkuva hiiliharjojen tarve.

6 PÄÄTELMÄT

Työn lähtökohta oli tehdä modernisointisuunitelma imusuotimelle 1 ja tuoda esiin modernisoinnin tarve ja modernisoinnilla saavutettavat hyödyt yksinkertaisesti esittäen. Lisäksi työssä esitellään vanhaa ja tulevaan käyttöön käytettävää uutta tekniikkaa, sekä myös vertaillaan vanhan ja uuden tekniikan ominaisuuksia keskenään.

Työssä esitetään riittävät perusteet modernisoinnille kasvavan luotettavuuden kautta. Laite on loppujenlopuksi kriittinen osa prosessia, joka ilmenee selvimmin kriittisyysluokittelussa. Lisähyötyä etsittäessä voidaan nostaa esiin uuden tekniikan antamat mahdollisuudet säädettävyydessä ja yhteensopivuudessa. AC- käytön komponenttien luotettavuus on aivan eri luokkaa kuin vanhentuneessa käytössä.

Moottori tyyppin vaihdolla myös vähennetään huollontarvetta ja lisätään luotettavuutta oikosulkumoottorin paremman rakenteen ansiosta. Varaosien saatavuuden turvaaminen on myös merkittävä modernisoinnin tuoma lisä. Yksi kasvava ja huomioitava osa on myös parantuva turvallisuus. Uusi taajuusmuuttaja on sijoitettu sähkötilaan eroten vanhan tyristorisuuntaajan paikasta laitteen vierellä, jossa olusuhteet olivat huonot. Moottorin välittömään läheisyyden sijoitettava turvakytin selventää myös turvallisuusnäkökohtaa ja ehkäisee tahattomat vahinkokäynnistykset, mikäli laitteella on esimerkiksi lyhytaikaisia huoltotoimenpiteitä. Taajuusmuuttajalla pystytään valvomaan käyttöä ja suojaamaan moottoria mahdollisilta vikatiloilta. Dokumentoinnin saattaminen ajan tasalle on myös kasvavaa turvallisuutta ja helpottaa mahdollista vianetsintää. Tällä hetkellä vanha käyttö on useina toisistaan erillään sijaitsevinä komponentteina hieman epäselvä ja tietoa laitteen sähköistyksestä on vain muutamilla asentajilla.

Uusi tekniikka pienentää myös sähkönkulutusta noin 40 %. Käytön tyyppin ja pienen tehontarpeen takia takaisinmaksuajasta ei saada riittäviä perusteita uusinnalle, jos katsotaan että vanha sähkökäyttö toimii moitteettomasti tulevaisuudessa. Sähkönkulutuksen pieneminen yli 1MWh vuodessa voidaan nostaa esiin ympäristöä säästävissä asioissa. Uusi tekniikka ei synnytä verkkoon yliaaltoja ja synnytä loistehoa samassa määrin kuin vanha tekniikka, joka vähentää verkon kuormitusta.

Työssä esitetty modernisointisuunnitelma on mielestäni käytännönläheinen, koska teollisuudessa on tulevana vuosina paljon samankaltaisia modernisoinnin kohteita. Seuraavien vuosien aikana teollisuudessa tullaan modernisoimaan erilaisia nopeussäädettyjä käyttöjä, joita ovat kyseiset DC- käytön modernisoinnit AC-käyttöiksi, mutta myös ensimmäisten 90- luvun vaihteen taajuusmuuttajakäyttöjen modernisoinnit. Työssä esitetään perusteet imusuotimen 1 modernisoinnille, mutta käydään myös läpi perusteet modernisoinnille yleensä ja tuodaan esiin nykytekniikan ominaisuudet pääpiirteittäin. Tarkempi tarkastelu pitää tehdä jokaiselle kohteelle yksilöllisesti, jotta voidaan varmistua investoinnin kannattavuudesta.

LÄHTEET

1. ABB lyhyesti 2010. WWW- dokumentti.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx?v=ED92&leftdb=global/fiabb/fiabb251.nsf&e=fi&leftmi=b69958d6e9604a20c2256b3a00455105>. Päivitetty 24.02.2010. Luettu 26.10.2010.
2. Myllykoski Paper yleistä. WWW- dokumetti.
<http://www.myllykoski.com/FI/Myllykoski+Group/Myllykoski+Paper/About+us/frontpage.htm>. Päivitetty 2010. Luettu 26.10.2010.
3. Satmatic Oy. WWW- dokumetti.
<http://www.satmatic.fi/fi/palvelut/modernisoinnit-/modernisoinnit--.html>.
Luettu 26.10.2010.
4. Lauri Aura- Antti J. Tonteri. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Porvoo: WSOY 1996.
5. Jarno Toivainen. Valokuvat. Kouvola: 2010.
6. ABB Tekninen opas nro.1. Suora momentti säätö. WWW- dokumetti.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/fdba0b31a34b89d1c1256d280040b4ae/\\$File/Tekninenopasnro1.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/fdba0b31a34b89d1c1256d280040b4ae/$File/Tekninenopasnro1.pdf) . Päivitetty 10.1.2001. Luettu 28.10.2010.
7. ABB Tekninen opas nro. 4. Nopeussäädettyjen käyttöjen opas. WWW- dokumentti.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/\\$File/Tekninen_opas_nro4.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/$File/Tekninen_opas_nro4.pdf) . Päivitetty 19.2.2001. Luettu 1.11.2010.
8. Tutkimusraportti. Sähkönsäätöpotentiaali energiatehokkailla sähkömoottorikäyttöillä Suomen energiavaltaisessa teollisuudessa. Espoo 15.10.2008
http://www.ek.fi/www/fi/tutkimukset_julkaisut/2008/VTT_sahkomoottorikaytot.pdf.
9. Jouko Niiranen. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki 1999.
10. ABB Tekninen opas nro.7. Sähkökäytön mitoitus. WWW- dokumentti.
[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/\\$File/Tekninen_opasnro7.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/$File/Tekninen_opasnro7.pdf)
Päivitetty: 20.2.2001 Luettu: 3.11.2010
11. Asko Salminen 8.11.2010. Sähköpostikeskustelu. Tuotepäällikkö ABB Oy, Drivers.
12. Lauri Puranen. Opinnäytetyö. DC/DC- tehonlähde kiskokalustokäyttöön. Turku Kesäkuu 2010. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010061612302>
13. Janne Malmström. Tarjouslaskelma 26.10.2009. Työnjohtaja ABB Service, Myllykoski.
14. Tero Kerstinen 2010. Haastattelu. Huoltoinsinööri ABB Service, Myllykoski.

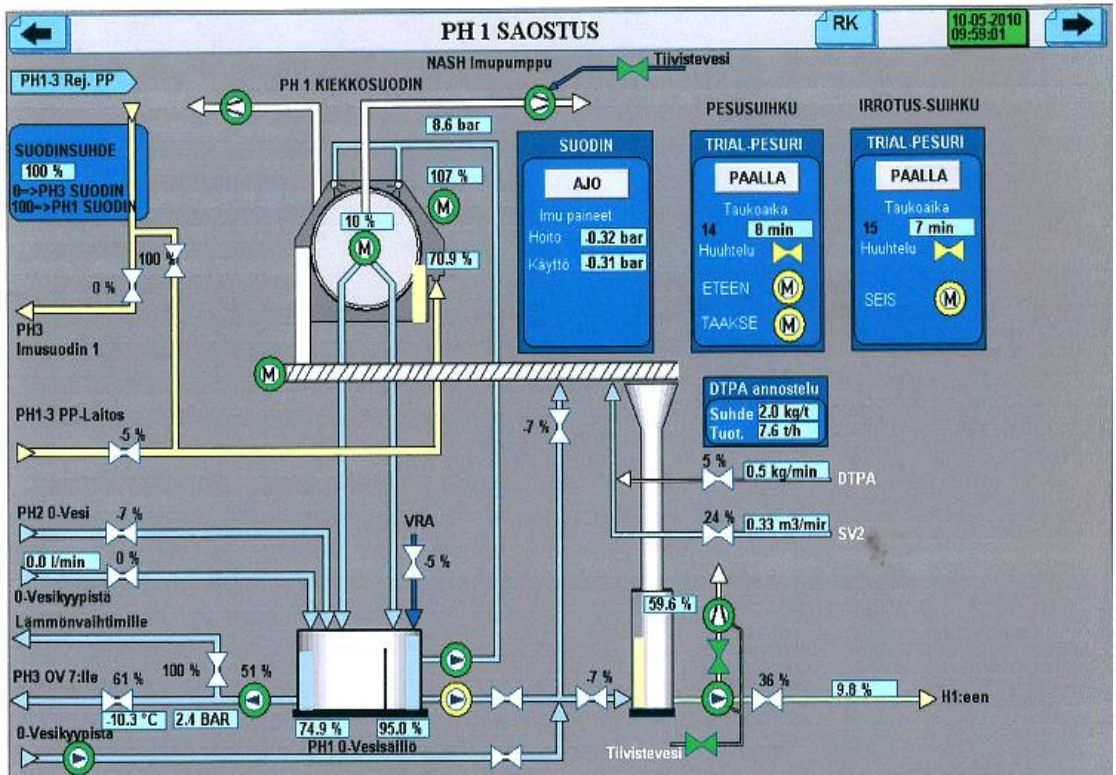
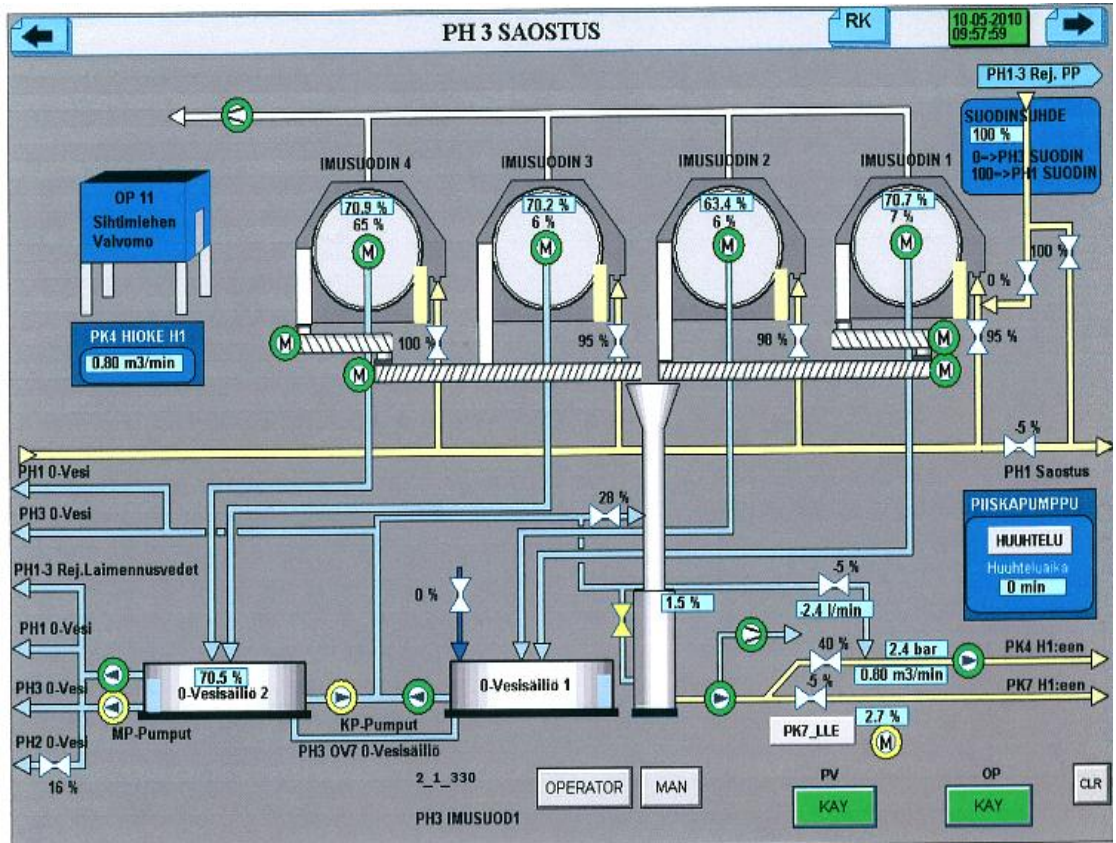
15. Rått, K. Paperitehtaan laitteiden luotettavuuden ja elinkaarihallinan kehittäminen.
Power- point- esitys. ABB Oy Myllykoski. Päivitetty: 9.2.2009

LIITE 1. Takaisinmaksuaika- laskelma

TAKAISINMAKSUAIKA

	Uusi	Vanha	
Teho	1,95 kW	3,22 kW	
Energia vuodessa	15912 kWh/a	26275,2 kWh/a	340 käyttöpäivää vuodessa
Energian hinta 5cent/kwh	795,6 €/kWh/a	1313,76 €/kWh/a	
Huoltokustannukset vuodessa	20 €	250 €	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Yhteensä</div>	815,6 €	1563,76 €	
Säästö vuodessa	748,16 €		
		Takasin maksu aika	24,4 Vuotta
Investoinnin hinta	18225 €		

LIITE 2. PH 1-3 Prosessikaaviot



LIITE 3: Imusuodin 1 virta (yhden vaihejohtimen)

