



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

NOSTON TAAJUUS- MUUTTAJAKÄYTTÖ

Nosturin modernisointi nostomoottorin
taajuusmuuttajakäytöllä

TEKIJÄ: Veli Miettinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Veli Miettinen	
Työn nimi Noston taajuusmuuttajakäyttö	
Päiväys 5.5.2014	Sivumäärä/Liitteet 22
Ohjaajat Lehtori Jari Ijäs, Yliopettaja Ari Suopelto	
Toimeksiantaja mr. nosturi Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää nosturin kontaktorikäyttöisen nostoliikkeen modernisointia taajuusmuuttajaa käyttäen. Tavoitteena oli sähkö- ja määräystekniset seikat huomioonottava taajuusmuuttajasovellus joka olisi potentiaalinen tuote toimeksiantajalle.</p> <p>Työ tehtiin selvittämällä asiaa koskevat standardit, haastattelemalla toimeksiantajaa henkilöstöineen, hyödyntämällä kursseilla opittua ja omaa henkilökohtaista kokemusta käyttäen.</p> <p>Työssä tuloksina saavutettiin yleismalli taajuusmuuttajan ohjelmaa varten. Yksinkertaisin ja vaatimukset täyttävä ohjelma ohjaa jarrua sekä käyttää vakionopeuksia joihin lisätään ajosuunnasta riippuvainen vakiotekijä. Mikäli käytettävissä on pulssianturi, voidaan taajuusmuuttajassa käyttää vektoriohjausta, jolloin pienetkin nopeudet ovat helposti hallittavissa.</p>	
Avainsanat taajuusmuuttaja, nosturi, modernisointi, levyjarru, kartiojarru,	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Veli Miettinen			
Title of Thesis Hoist AC Inverter			
Date	May 5, 2014	Pages/Appendices	22
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Lecturer, Mr. Ari Suopelto, Principal Lecturer			
Client Organisation mr. nosturi Oy			
<p>Abstract</p> <p>Most cranes use old contactor control for squirrel-cage motors. Contactor control is cheap to build, but causes more unnecessary stress to crane structures compared to AC inverter control ones.</p> <p>The purpose of this thesis was to clarify the modernization possibilities of the cranehoist using the AC inverter.</p> <p>The thesis was done by studying standards, interviewing client organization's workers, using theories learned on courses and personal experiences.</p> <p>As a result, a model for a simple AC inverter program was created. The most basic program should contain at least a control for the brake and scalar control for motion. For a more advanced model, vector control can be used, if the encoder is applied. A better control, especially at low frequencies, is achieved using vector control.</p>			
Keywords ac drive, crane, modernization, disk-brake, cone-brake			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	NOSTIMET JA RAKENTEET	6
2.1	Nostotapa.....	6
2.1.1	Ketjunostimet	6
2.1.2	Köysinostimet	7
2.2	Moottorit	7
2.2.1	Monikäämityt	7
2.2.2	Monimoottoriset	8
2.2.3	Kartiojarrulliset	9
2.2.4	Levy- ja kenkäjarrulliset.....	10
3	TAAJUUSMUUTTAJAIN OMINAISUUKSIA	11
4	OHJAUS.....	12
5	TURVALLISUUSTEKIJÄT	14
5.1	European Federation of Materials Handling	14
5.2	Vian valvonta.....	15
6	KOHDE	16
6.1	Sovellus	17
6.2	Helpoin mahdollinen sovellus	18
6.3	Ajovakavointi	18
6.4	Itsevalvonta	18
6.5	Pysäytysproseduuri	19
6.6	Dokumentointi	19
7	PÄÄTELMÄT	20
	LÄHTEET	21

1 JOHDANTO

Nostureissa on lähes aina käytetty vanhahtavia kontaktorihjauksia kolmivaiheisten oikosulkukoneiden ohjauksissa. Kontaktorihjauksien aiheuttamien nopeiden kiihdytysten takia laitteet rasittuvat voimakkaasti, suuri sähköenergiankäyttö ja pieni hyötysuhde. Kontaktorihjauksien ollessa komponenteiltaan taajuusmuuttajia edullisempia ja yksinkertaisempia, ne ovat dominoineet markkinoita. Kone- ja työturvallisuuden vaikuttavien direktiivien ja asetusten takia, kynnys luoda energiatehokkaampia ja pitempään kestäviä ratkaisuja on ollut korkea. Harvinaisuuden ja pitkän toteutusaikavälin vuoksi ratkaisut ovat kirjavia ja monimutkaisia.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena kartoittaa taajuusmuuttajien mahdollisuutta vaihtoehtona uusiin ja jo olemassa oleviin laiteratkaisuihin. Taajuusmuuttajan potentiaalisimmat kohteet, tarkkuutta vaativat konepajojen vähintään 1 000 kg nimellistaakkaiset asennusnosturit, modernisoidaan nykyään vaihtamalla kokonainen siltanosturi, sen sijaan että käytettäisiin hyödyksi jo ennestään mainiot rakenteet ja laitteet lisäämällä taajuusmuuttaja tarvittavine ohjauksineen. Pahimmillaan hankitaan ensin suoraohjauksinen nostin, jota käytetään muutama kuukausi, minkä jälkeen huomataan että olisi tarvittu pehmeämmin toimiva nostin.

Laitteistoesimerkkinä käytetään Stahl SH -köysinostinta olemassa olevan instrumentoinnin, kokoluokan ja yleisyyden vuoksi. Valittua Stahl SH:ta verrataan myös muihin olemassa oleviin, hyvin yleisiin köysinostimiin, kuten Kone UN -sarjaan ja Demag B:hen. Turvallisuus- ja kustannussyistä mahdolliset muutokset pyritään pitämään mahdollisimman pieninä.

2 NOSTIMET JA RAKENTEET

Nosturien nostimia on käytössä hyvin monentyyppisiä monien käyttötarkoituksien, valmistajien ja valmistusajankohtien vuoksi. Yleisimpiä nostinvalmistajia Suomen markkinoilla ovat Abus, Demag, Konecranes ja Stahl. Lisäksi on myös pienempiä valmistajia sekä edellisiin valmistajien tuotteisiin perustuvia laitteita, kuten SWF ja Finox, jotka ovat Konecranes-johdannaisia. Valmistajasta riippumatta laitteet käyttävät lähes poikkeuksetta oikosulkukoneita ja nykyään myös levyjarrua.

2.1 Nostotapa

Nostureissa yleisesti käytettäviä nostotapoja ovat köysi - ja ketjuvälitteiset nostimet sekä puominostimet. Puominostimet ovat lähes aina hydraulisia ja ne asennetaan lähes poikkeuksetta ajoneuvoihin, kuten kuoma-autoihin. Puominostimet ovat oma ryhmänsä ja eivät kuulu tämän työn tutkimuspiiriin. Köysi- ja ketjunostimet ovat käytetyimpiä teollisuuden nostimia. Nostintyyppi valitaan ensisijaisesti nostettavien taakkojen perusteella: Kevyet, alle 1 000 kg:n taakat nostetaan ketjunostimin ja yli 3 000 kg:n taakat köysinostimin. Väliin jäävään alueeseen käytetään sovelluksittain kumpaa tahansa. Valintaan vaikuttavat esimerkiksi nostokorkeus, vapaatilat, nostomedian kiertymisen haitta, nosto- ja siirtonopeudet ja henkilö- sekä sovelluskohtaiset mieltymykset.

2.1.1 Ketjunostimet

Ketjunostimien tyypillisin sovellus on pienten taakkojen nosto. Ketjunostin sietää suuremmat lämpötilavaihtelut, likaisemmat olosuhteet ja jopa syövyttävät ilmanepäpuhtaudet paremmin kuin köysinostin. Mikäli nostimella ajataan harvoin, voi ajokertojen välillä kertyvä pöly voi olla köysinostimelle tuhoisaa. Ajokertojen harvuus on tavallista huoltonostimissa. Ketjunostimien huonoja puolia ovat heikentynyt kierteen esto, lyhempi käyttöikä, hitaammat nopeudet ja rajoittunut nostokorkeus ketjun painon takia.

Ylikuormasuojana on lähes poikkeuksetta liukukytkin, joka sijaitsee moottorin ja vaihteiston välissä tai vaihteiston ja ketjupyörän välissä. Liukukytkimen rakenne on yksinkertainen. Se koostuu kahdesta toisistaan laakeroidusta liukupinnasta ja liukupintoja yhteen painavasta jousesta. Liukupintojen välissä on ohut kitkalevy joka kiristetään säätöruuvilla ja lukitaan mutterilla. (Stahl ST ketjunostimet, 2012, 11.)

Uudemmissa ketjunostimissa heikoin kohta on liukukytkin, joka yleensä päättää laitteen käytön, sillä kytkimen käyttöäksi on laskettu yksi minuutti jatkuvaa luistoa. Käytännössä liukumisen kestoikä voi olla huomattavasti enemmän. Aikarajoitukset tulevat standardista SFS EN 14492-2:5.2.2.5.

Ketjunostimellisten nostureiden sillan- ja vaunusiirtoliikkeitä varustetaan taajuusmuuttaja käytöllä. Usealla valmistajalla on jo tarjolla taajuusmuuttajallista ketjunostinta. Esimerkkeinä taajuusmuuttajallisista ketjunostimista mainittakoon SWF ChainsterGT ja Stahl SC.

2.1.2 Köysinostimet

Tyypillisesti nostimet, joilla ajetaan paljon tai joiden taakka on useita tuhansia kiloja, ovat köysinostimia. Köysinostimien vahvuuksia ovat suuremmat nostonopeudet, monimutkaisempia rakenteita mahdollistava nostomedia, pitempi käyttöikä ja parempi huollettavuus. Etuja ovat nostopisteen parempi kiertojäykkyys, jolloin nostoelin tai koukku ei ala taakkaa nostettaessa tai laskettaessa pyörimään vetäen nostomediaa kierteelle. Kiertojäykkyys on erityisen tärkeä sovelluksissa, joissa nostopisteeseen tuodaan energiasyöttö, koska kiertyessään nostoelin voi rikkoa energiasyötön kaapeloinnit tai putkistot. Pitempi käyttöikä ja suuremmat nostonopeudet ovat seurausta köysitelan ominaisuudesta jakaa nostoon käytetty köysialue telalle pidemmälle matkalle verrattuna ketjunostimen ketjupyörään, jossa rattaan tavoin sama lovi nostaa ketjua aina joka kuudes, kahdeksas tai kymmenes lenkki ketjupyörän koon ja rakenteen mukaan.

2.2 Moottorit

Yleisesti nostureissa käytetään tavallisia oikosulkumoottoreita, joskin myös roottorivastuksellisia sovelluksia on olemassa. Oikealla, kuvassa 1, on vanhempi levyjarrullinen, tavanomainen oikosulkuroottorinen nostomoottori.



KUVA 1. Levyjarrullinen nostomoottori. (Miettinen 2014-01-14).

2.2.1 Monikäämityt

Lähes kaikki uudemmat, kontaktorein ohjatut nostimet ovat monikäämittyjä, tavallisimmin käämikoneita, joissa yleensä käytetään nelinapaista käämitystä nopeassa nostossa ja kuusinapaista käämitystä hitaassa nostossa. Rakenne on luja, vaihteisto yksinkertainen ja yhdistelmä kompakti. Huono puoli on käämityksien heikentyneet jäähdytysominaisuudet ja suuret korjauskustannukset viikatilanteissa. Korjattaessa molemmat käämitykset on poistettava staattorista ja korvattava uusilla. Korjauksen ajaksi laite tarvitsee toisen soveltuvan moottorin tilalle tai odottaa toimimattomana korjauksen loppuun saattamista.

2.2.2 Monimoottoriset

Uudemmissa nostimissa harvoin käytetyssä monimoottorisessa rakenteessa käämitykset on sijoitettu erillisiin moottorirunkoihin. Moottorirungot ovat yhdistetty välilytkimin ja toisinaan myös välivaihteistoa on käytetty. Etuina ovat erittäin

laajat toimintamahdollisuudet eri nopeuksien välillä, parempi käämi-

tyksen jäähtyminen ja parantunut vikasietoisuus. Moottorin nopean päänostomoottorin käämityksen palaessa voidaan työskennellä hitaalla nostonopeudella. Huono puoli on vaihteistojen monimutkaisuus ja lisääntynyt komponenttien määrä.

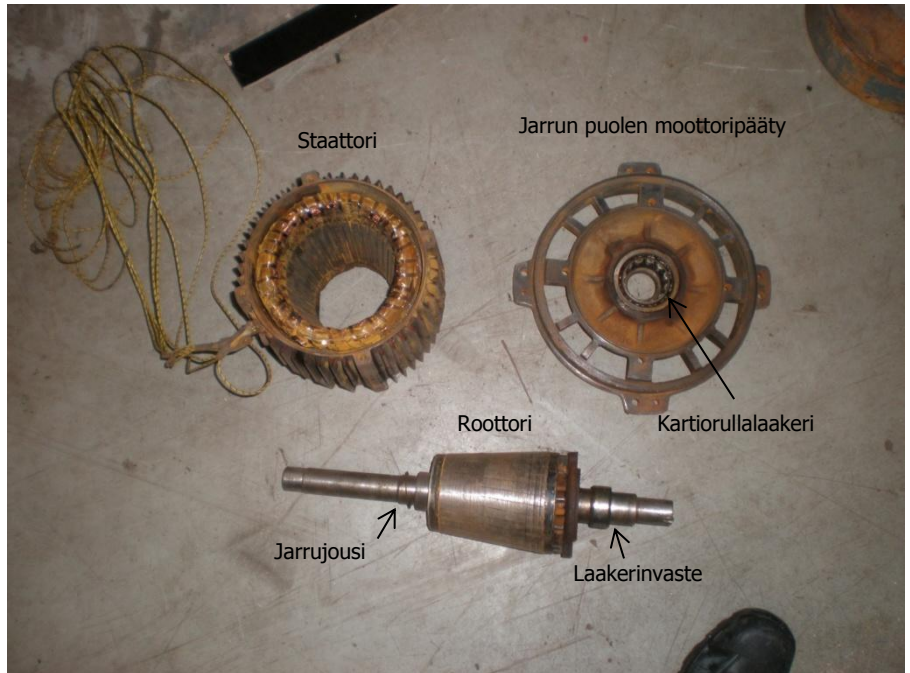
Ylhäällä oikealla, kuvassa 2, on esimerkkikuva monimoottorisesta nostokoneesta. Oikeasta reunasta alkaen kuvassa on hitaan noston kone, jonka jälkeen hienosäätövaihteisto ja välilytkin. Samassa kuvassa varsinainen päänostokone näkyy vain hieman vasemmassa reunassa. Päänostokonetta ei jäähdytetä lainkaan puhaltimin, vaan moottorin käämitys ja runko on mitoitettu siten, että luonnollinen konvektio riittää jäähdyttämään moottorin.



KUVA 2. Demag B - kaksimoottorinen nostokoneikko kartiojarrulla. (Miettinen 2014-01-14).

2.2.3 Kartiojarrulliset

Kartiojarru on jarrurakenne, jossa moottorin staattori ja roottori ovat kartion muotoisia, esiteltynä oikealla kuvassa 3. Lepotilassa roottoriin vaikuttava jarrujousi painaa roottorin puhaltimeksen päässä sijaitsevan jarrukilven jarrukenkää vasten. Käynnisty-



KUVA 3. Kartiojarrumootorin osia. Valmistaja Kone. (Miettinen 2014-01-14).

essä roottori pyrkii pakenemaan kentästä kartion muotonsa vuoksi ja avaa jarrun. Moottorin roottorin liikkuessa lepoasennosta käyntiasentoon ilmaväli pienenee, ja mm. vääntö ja hyötysuhde lisääntyvät. Liittyminen vaihteistoon tapahtuu kytkimellä, joka antaa pitkitäissuuntaisen liikevaran lukitteen pyörimissuuntaiset voimat. Roottorin laakerit ovat joko akselilla liukuvia tai jousiavusteisia kartiolaakereita. Jarrun toimintavällysäädetään muuttamalla jarrunkitkapinnan ja staattorin välistä etäisyyttä prikoja tai erityisiä säätölevyjä käyttäen.



KUVA 4. Kone UN-nostomoottori. (Miettinen 2014-01-14).

2.2.4 Levy- ja kenkäjarrulliset

Lähes kaikissa uudemmissa nostimissa, aina muutaman sadan kilon ketjunostimesta, satojen tonnin köysinostimiin, käytössä oleva jarrutyyppejä, jolla saadaan aikaan moottorista riippumaton toiminta. Suurimmat edut moottorista riippumattomassa toiminnassa ovat moottorin magnetoimintamahdollisuus, ilman että jarrun pitävyyttä menetetään, jarrun päälle kytkemisen mahdollisuus turvatoimintona ja jälkipito, joka myös on turvatoiminto.



KUVA 5. Levyjarrun osia. (Miettinen 2014-01-14).

Moottorin häviöt jäävät pienemmiksi

ilmavälin pysyessä vakiona ja pienempänä kuin kartiojarrullisessa moottorissa. Kenkäjarru vaatii tyypillisesti enemmän energiaa auetakseen. Kenkäjarru, kuva 6, voi olla asennettu voimansiirron ensiopuolelle levyjarrun, kuva 5, tavoin tai toisiopuolelle, ts. vaihteen jälkeen, jolloin vaihteiston rikkoutuessakin voidaan taakka pitää ylhäällä. Suurimmat nosturit on varustettu yleensä kenkäjarrulla.



KUVA 6. Kenkäjarrun käyttölaite. (Miettinen 2014-01-14).

3 TAAJUUSMUUTTAJAN OMINAISUUKSIA

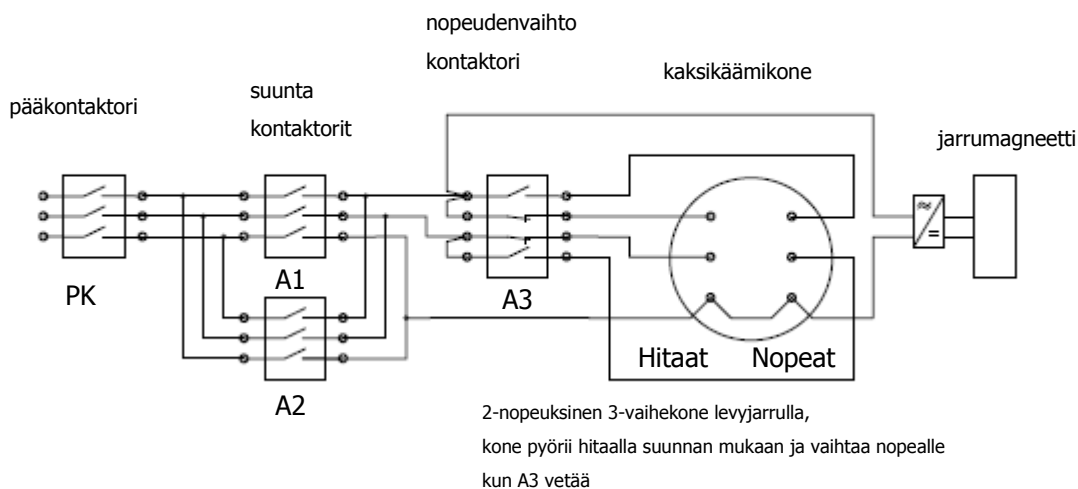
Taajuusmuuttaja on hieno laite. Muuttamalla moottorin tuntemaa taajuutta oikosulkukone saadaan toimimaan hyvin tasavirtakoneen tavoin, kiihtyen ja hidastaen tasaisesti sekä tarkasti. Tällainen toiminta pidentää laitteistojen oletettavissa olevaa elinikää vähentämällä kovia momentti-iskuja, jotka rikkovat esimerkiksi laakereiden liukupintoja. Pienillä, muutaman hertzin nopeuksilla, skalaarisäätö ei ole kovinkaan käyttökelpoinen momentin ja nopeuden epätarkkuuden sekä epätasaisuuden takia. Vektorisäätöä varten taajuusmuuttaja tarvitsee pulssianturin roottorin nopeuden mittaamista varten. Tutkimisen arvoinen seikka olisi kuormatietoon perustuva nopeussäätö, joka saatasiin jo nyt jokaisesta Stahlin köysinostimien SLE-valvontayksiköstä. Oikosulkukone kun kasvattaa jättämää momenttia lisätäkseen, voitaisiin kuormatiedosta johdettavin sopivin korjaustermein lisätä staattoriin ajettavaa taajuutta, jolloin suuremmallakin kuormalla taakka nousisi tai laskisi aina samalla nopeudella.

Kuten lähes kaikissa muissakin taajuusmuuttajaratkaisuuissa, noston taajuusmuuttaja mitoitetaan nostomoottorin maksimivirran mukaan, ottaen huomioon riittävän korjauskertoimin tarvittavat ylivirrat koekäyttöjä ja tarkastuksia varten. Vacon NXS -sarjan laitteet mitoitetaan raskaan käytön mukaan.

Taajuusmuuttajakäyttöisen laitteen korjaamiseen liittyy epäluuloja ja uskonpuutetta verrattuna kontaktorikäyttöiseen. Kontaktorikäyttöistä ohjausjärjestelmää voi tutkia helpommin ja yksinkertaisimmilla välineillä kuin taajuusmuuttajakäyttöistä. Omien kokemusten mukaan kuitenkin oikein soveltuvin varaosin ja välinein taajuusmuuttajakäyttöinen laite saadaan nopeamin takaisin käyttöön, sillä mahdollisesti rikkoutuvia laitteita on vähemmän. Taajuusmuuttajakäyttö sisältää pakollisesti moottorin, rajalaitteiston, taajuusmuuttajan ja pääkontaktorin. Kontaktorikäyttö puolestaan korvaa edellisestä taajuusmuuttajan vähintään kolmella kontaktorilla.

4 OHJAUS

Nosturien ohjaus on pääasiassa yksinkertaista päälle/pois-ohjausta, tosin ohjausjännitetasoina käytetään 230 V vaihtojännitteen lisäksi 50 V vaihtojännitettä, 48 V vaihtojännitettä, 24 V tasajännitettä ja 12 V tasajännitettä. Mittauksissa, kuten kuormatiedoissa, käytetään niin 4 - 20 mA virtaviestejä kuin 0 - 10 V jänniteviestejä. Nosturistandardeissa SFS-EN 13001 määritellään, että nostureissa tulisi käyttää vain yhtä ohjausjännitetasoa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mikäli jokin laite käyttää eri signalointijännitettä, tämä on muutettava esimerkiksi releistyksellä laitteen sisällä yhteiseen jännitetasoon.



KUVIO 1. Tyypillinen kontaktoriohjauksen päävirtakaavio. (Miettinen 2014).

Köysinostimet tarvitsevat ylä- ja alarajatiedot, jotka Stahl SH:ssa toteuttaa SLE, jottei köyttä ajeta pois telalta tai kelata nurin telalle. Vanhemmissa laitteissa, kuten Koneen UN:ssä tai Demagin B-sarjassa, vastaavat rajat toimivat rajakytkimin, jotka katkaisevat sopivan suuntakontaktorin kelan ohjauspiirin. Tyypillisesti rajakytkimet on sijoitettu ottamaan paikoitustieto köydenohjaimesta tai on varustettu erillisellä käyttötankolaitteistolla, joka puolestaan käyttää rajoja. Erikoisempia järjestelmiä ovat erilaiset paikoitusreleistyksset, jotka on aiemmin toteutettu yksittäiskomponentein, kontaktorein ja ristilukituksin. Nämä toiminnot voivat käyttää ylä- ja alarajan lisäksi myös erillisiä rajakytkimiä.

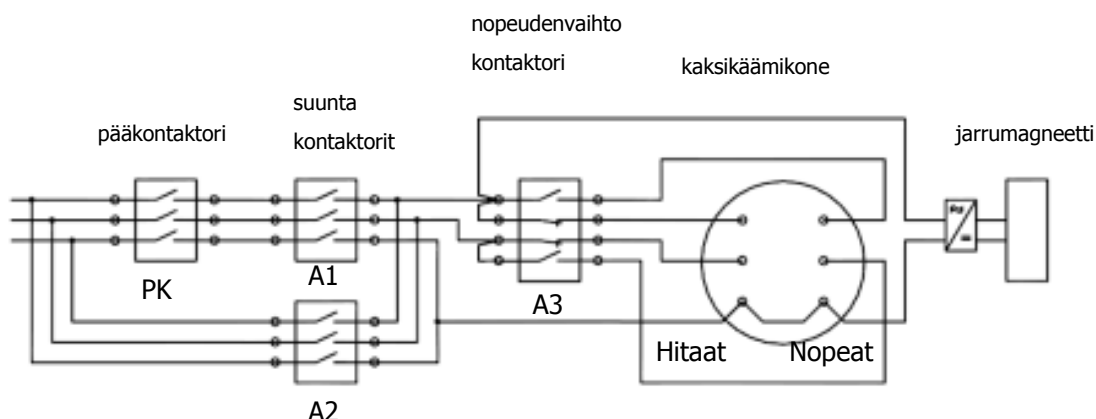
Turvallisuussyistä ylikuorman nosto on estettävä normaalikäytössä. Nämä toiminnot ovat uudemmissa nostimissa standardin mukaisesti pakollisia. Tavallisesti ylikuormitusta tarkkaillaan jousikytkin yhdistelmällä, kuvassa 7, jossa joko vaihtokytkimen kärjen avulla estetään ylös suunta tai katkaistaan pääkontaktorin ohjaus. Pääkontaktorin ohjausta voidaan katkoa vain silloin kun alas



KUVA 7. Jousitoiminen ylikuormakytin. (Miettinen 2014-01-14).

suunta on kiertää muuta kautta, kuin pääkontaktorin läpi. Edellä kytkentävaihtoeto alla kuviossa 2. Esimerkki kyt-

kennästä jossa suuntakontaktorin veto estetään ylikuormassa, on esiteltynä yllä kuviossa 1. Jousikytkin-yhdistelmän nykyaikaisempi sovellus on venymäanturi, joka on muutoin samantyyppinen, kuin jousikytkin, mutta mikrokytkimen tilalla on venymäanturi.



KUVIO 2. Noston päävirtakaavio turvakytkentäisellä pääkontaktorilla. (Miettinen 2014).

Jousi-kytkinylikuormasuoja säädetään jouta kiristämällä tai löysyttämällä toimimaan oikealla taakalla. Mekaniikasta johtuen, uudelleenviritys on tehtävä aika-ajoin. Venymäliuskanturia ei välttämättä tarvitse uudelleenvirittää mitenkään, kuten Stahlin SLE-järjestelmässä, jossa toimintarajat annetaan käyttöönoton yhteydessä SLE-valvontayksikön painiketta painamalla. Valvontayksikkö päättelee kuormituksen perusteella milloin laitteiston viritys on alkanut hiipimään ja suorittaa automaattisesti kompensoinnin.

5 TURVALLISUUSTEKIJÄT

Nosturistandardien ansiosta muutos kontaktorikäytöstä taajuusmuuttajakäyttöön on mahdollista tehdä turvallisesti. Nosturien yleissuunnittelustandardin SFS-EN 13001 mukaan kontaktorikäyttöön suunniteltu nosturi täytyy suunnitella kestäämään enemmän ja kovempia iskuja, kuin taajuusmuuttajakäyttöisellä olisi tarvetta. Tämä suunnittelunäkökohta johtuu kontaktorikäytön suorakäynnistyvyydestä, jossa kiihtyvyydet ovat suurempia. Toisaalta samaisen standardin mukaan laitteiston on kestettävä sama staattinen kuormitus, johon käyttötapa ei vaikuta. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei kuormannostokyky tule nosturissa nostaa, vaihtamalla entisen kontaktorikäytöllä olevaan nostimeen, taajuusmuuttajakäyttö. Mikäli nostokykyä tarvitaan lisätä, on järkevämpää vaihtaa suurempi nostin, mikäli ympäristekijät, kuten nosturirata, sen sallivat. Perusteellisissa määräaikaistarkastuksissa, kymmenen vuoden välein, ja käyttöönototarkastuksissa nostetaan nosturilla 110 % nimellistaakka, tarkoittaen että 3 200 kg:n nostimella nostetaan 3 520 kg:n taakka. Nostureissa jotka ovat kuormakapasiteetiltaan 12 tonnia tai enemmän, on vastaava kuormitus 105 %.

5.1 European Federation of Materials Handling

Eurooppalainen FEM (European Federation of Materials Handling) asettaa oman vaatimuksensa nostimille jäsenvaltioissaan. Nosturi ja nostolaitteoston jäsenvaltioita ovat Espanja, Italia, Ranska, Saksa, Suomi, Sveitsi ja Turkki. (FEM verkkosivu)

FEM antaa maksullisia dokumentteja, joita jokaisessa jäsenmaassa on noudatettava, jotta laite täyttää vaatimukset. Esimerkiksi sarjavalmisteisille taajuusmuuttajakäyttöisille nostimille on olemassa oma dokumenttinsa, jota ei voi soveltaa kaikilta osin yksittäisiin modernisointeihin. Suurin ero yksittäishyväksytyt ja sarjanostimen välillä on käyttökoe, jossa sarjanostimella ajetaan soveltuvalta taakalla käyttöluokan määrittelykokeen mukainen määrä nostoliikkeitä. Taakka ja nostomäärät on esiteltyinä FEM:in dokumenteissa.

Tällöin luokitetun sarjan laitteita voidaan asentaa valmistajan antamien ohjeiden mukaan, yksinkertaisimmillaan vain ylikuormasuojaa säätäen. Yksittäishyväksytyä laitetta täytyy koeajaa enemmän, että laitteen varma turvallinen toiminta varmistetaan. Lisäksi yksittäishyväksytyä laitetta ei tarkasteta samalla tavalla kuin sarjanostinta, vaan vähintään säädösten mukaan, kuitenkin suunnittelun mukaan, tarvittaessa useammin ja tarkemmin.

5.2 Vian valvonta

Koneturvallisuusstandardisarjassa SFS-EN ISO 13800 määrätään, että laitteen aiheuttamat turvallisuusriskit minimoitava siedettävälle tasolle. Korkean riskin laitteina nostimilla on oltava riittävän laaja vikavalvonta. Tällaisia vikoja ovat esimerkiksi köyden ajaminen liian ylös tai alas, jolloin köydenohjain saattaa vaurioittaa köyden, tai ylikuorman nostaminen, jolloin vaihteisto tai moottori voi rikkoutua. Molemmat vikatilanteet voivat pahimmillaan aiheuttaa henkilövahinkoihin johtavia tapaturmia. Nämä mainitut tilanteet ovat helposti estettävissä suojilla, joita voi olla erilaiset rajakytkimet, venymäliuskat tai pulssianturit. Hankalampia vikoja, kuten roottorin sauvan katkeaminen, on mahdollista valvoa erilaisin pyörintävahdein, joita kontaktorikäytöissä harvemmin edes on. Kulumisesta johtuvia vikoja kuten jarrulevyn kitkapinnan kulumisen, jolloin jarru saattaa alkaa luistamaan kesken käytön, tai köydenohjaimen takertuminen likaisuudesta johtuen. Sekä kulumista aiheutuvia että muutoin hankalasti havaittavia vikoja valvotaan tarkastuksilla että huolloilla.

Vianvalvonnan tulisi estää mahdollisimman tehokkaasti vahinkoja, muttei voi olla vastuussa käyttäjän käyttövirheistä. Tällaisia käyttäjästä aiheutuvia vikoja ovat kokemuksen mukaan ainakin erilaiset kontaktorikäytön ajalta opitut toimintatavat kuten jarrutus, moottorilla vastasuuntaan käyttäen tai pätkimällä ajaminen. Vastasuuntaan käytettäessä liike pysähtyy huomattavan paljon lyhemmällä matkalla. Jos on tottunut tekemään vastasuuntakäytön pysäytettäessä, onkin yllättävää että laite ei tottele aiemmin opitulla tavalla. Merkittävin asia tässä on se, että vaikka käyttäjille on kerrottu ja opastettu laitteen toiminnan muutokset ja silti käyttäjät jatkavat jonkin ajan kuluttua aiemmin opitulla tavalla ajamista.

6 KOHDE

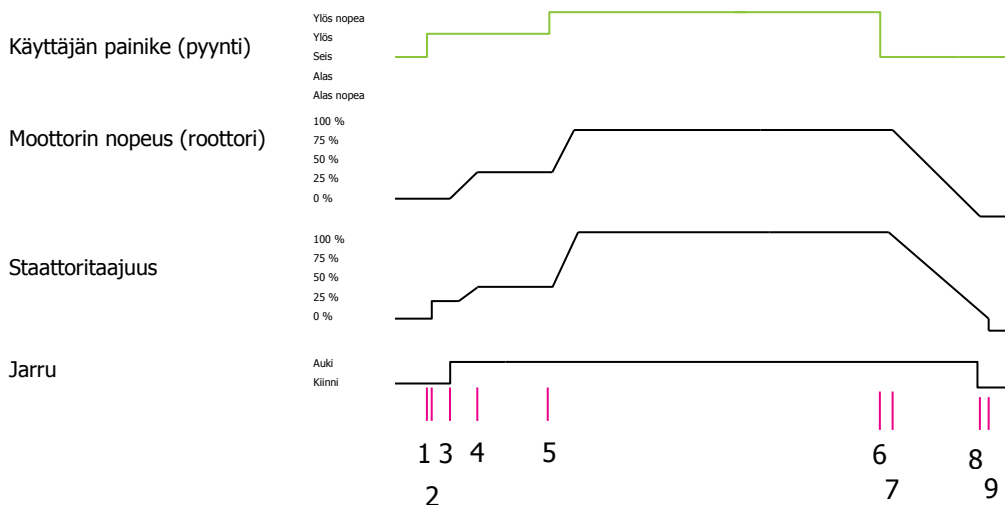
Esimerkkikohteena käytän tässä työssä Stahlin valmistamaa SH-köysinostinta. Stahl SH on roikkuvarakenteinen, levyjarrullinen, kaksikäämimoottorilla varustettu modulaarinen köysinostin. Nostimesta on olemassa tehdasvarustelussa sekä kontaktori- että taajuusmuuttajakäyttöiset mallit. Nostin on varustettu aina vähintään valvontalaitteella SLE, joka valvoo koukun ylä- ja alarajat, pyörimissuunnat, staattorin lämpötilaa sekä käynnistystaajuutta ja ohjaa jarrua. Vaikka nostinta on saatavilla suoraan taajuusmuuttajakäyttöisenä, ovat jotkin asiakkaat olleet kiinnostuneita muuttamaan kontaktori-käyttöisen taajuusmuuttajakäyttöiseksi. Usein syy kontaktorikäytön valintaan on raha tai vanhat tottumukset.

Taajuusmuuttajakäyttöiseksi kontaktori-käyttöisen mallin muuttaminen on edullista yhteisten komponenttien vuoksi. Molemmissa malleissa on sama moottori, vaihde, tela ja ohjaus. SH:n moottoria ei taajuusmuuttajan vakioratkaisussa jäähdytetä erillisellä puhallinmoottorilla lainkaan, mikä vaikuttaa erikoiselta, koska moottori tuottaa kuitenkin vakiomomentin mukaisesti vakiolämpötehon ja pienellä kierrosnopeudella pyörivälle akselille kiinnitetyn tuulettimen jäähdysteho on vähintäänkin kyseenalainen. Lisävarusteena nostomoottoriin saa Stahlilta puhaltimet sovitettuine koteloineen. Puhaltimien toimintaa, toimivatko puhaltimet kokoajan, lämpötilaohjattuna tai muutoin, ei selviä Stahlin julkisesta materiaalista. Stahl SH:n vakiotaajuusmuuttajasovelluksen taajuusmuuttajana on Vacon-pohjainen ratkaisu. Laitemerkkivalinta johtune omistajanohjauksesta. Taajuusmuuttajasovelluksen yhteydessä näkyvä kontaktori on noston jarrun ohjauskontaktori. (SH köysinostin 2014, 11.)

Jälkiasennuksena tehtävä taajuusmuuttaja-asennus muutoin toimivaan jo asennettuun nostimeen, on tuskin taloudellisesti kovin kannattava pois lukien erityissovellukset, kuten modernisoitavat kuulnostimet. Asennustyön ja tarvikkeiden hinta jälkityönä tai tuntityönä voi johtaa tilanteeseen jossa olisi voitu hankkia vastaava taajuusmuuttajakäyttö uutena nostimena. Omien kokemusten mukaan muutosten ja lisäysten teko ovat hidasta, erityisesti jos laite on jo asennettu paikoilleen ja muutokset on tehtävä korkealle asennettuun kohteeseen. Asentajilta kuultu sanonta puuhun linnan rakentamisen hitaudesta pitänee siis paikkansa.

6.1 Sovellus

Mikäli tyydytään toimimaan ilman hyvin pieniä nopeuksia ja moottorin momentti riittää, voidaan käyttää taajuusmuuttajaa skalaariohjauksella, jonka alin toimintataajuus tulee selvittää nostinkohtaisesti. Omakohtaisen kokemuksen perusteella, suurin parannus nykyisiin taajuusmuuttajaratkaisuihin olisi parempi terminen mitoitus, ts. ottamalla huomioon ympäristön pölyisyys ja lämpötilat. Eräät ratkaisut, joissa taajuusmuuttajan jäähdytysrivat tulevat kotelon ulkopuolelle, johtaa jäähdytyksen nopeaan heikkenemiseen prosessitilojen pölyisyyden vuoksi. Alla kuviossa 3 on esimerkki aikakaaviosta.



KUVIO 3. Taajuusmuuttajakäytön aikakaavio. (Miettinen 2014).

Yllä olevassa kuviossa 3 seuraavaa;

- (1) Käyttäjä antaa suuntakäskyn, ts. painaa painikkeen ylös keskiasentoon.
- (2) Havahtumisajan jälkeen taajuusmuuttaja aloittaa alkumagnetoinnin. Tässä on käytetty havainnollistamisen vuoksi liioiteltua 25 %:n alkumagnetointia staattorissa.
- (3) Taajuusmuuttajan virta- ja jännitemittauksien mukaan moottorikäytön on todettu olevan kunnossa, jarru avataan ja aloitetaan kiihdytys tavoitenostonopeuteen.
- (4) Tavoitenopeus saavutettu. Vakioidaan nostonopeus, ts. poistetaan nostomedian pystysuuntainen heijausliike.
- (5) Käyttäjä komentaa nopean nostonopeuden havahtumisajan jälkeen taajuusmuuttaja kiihdyttää nopeaan nopeuteen.
- (6) Käyttäjä lopettaa käskyn, ts. irrottaa otteen painikkeesta.
- (7) Havahtumisajan jälkeen taajuusmuuttaja aloittaa nopeuden hidastuksen.
- (8) Roottorin saavutettua riittävän hidas pyörimisnopeus suljetaan jarru.
- (9) Jarrun pitävyyden havaittuaan, ts. roottorin pysähtyttyä, taajuusmuuttaja lopettaa moottorin magnetoinnin.

6.2 Helpoin mahdollinen sovellus

Yksinkertaisimmillaan sovellus on rakennettavissa laitteistoon, jossa moottori on moninopeuksinen, levy- tai kenkäjarrullinen ja vaihteisto vinohampainen. Tällöin taajuusmuuttaja voi todentaa laitteiston kriittisyyden magnetoimalla moottoria, pitäen jarrua suljettuna, jolloin voidaan todeta pääkäytöpiirin ehjyys ja jarrun pitävyys. Samalla ylöspäin ajettaessa voidaan korjata taakan mahdollisesti aiheuttamaa hetkellistä laskua. Mikäli laitteisto havaitsee vian, annetaan vikahälytys ja tarvittaessa laitteisto menee vikatilaan. Havaittavia vikoja voi olla esimerkiksi epätasaisen vaihevirran, joka voi johtua hyvin monesta syystä kuten kaapelivauriosta.

Mikäli taajuusmuuttaja havaitsee laitteiston ehyeksi, avataan jarru ja aloitetaan varsinainen kiihdytys.

6.3 Ajovakavointi

Skalaarisäädössä alin taajuus on kohtuullisen suuri roottorin magnetoinnin takaamiseksi. Kartiojarrullinen kone saattaa kiihtyä voimakkaasti irrottuaan jarrulta, jolloin äkillinen kiihtyvyys aiheuttaa joustoresonansseja nostomediassa. Resonoivissa joustoissa saattaa roottori hetkellisesti saavuttaa staattorin taajuuden. Magnetointi oikosulkumoottorissa katkeaa ja jarrun ollessa auki, saattaa kuorma jaksaa vetää moottorin pyörimään hetkellisesti vastasuuntaan. Taakkaa laskeutuu yllättävästi. Alaslaskettaessa taakan laskunopeus saattaa kiihtyä vielä ripeämmin jarrun auetessa. Levyjarrullisessa koneessa jarrulla voidaan hidastaa jos laitteiston laskunopeus ylittää suurimman sallitun maksiminopeuden. Taajuusmuuttajan minimitaajuuksinen alaslaskutaajuus voi olla pienempi kuin noston minimiylösajotaajuus, toisin sanoen nostonopeuksissa otettaisiin huomioon maan vetovoiman vaikutus.

6.4 Itsevalvonta

Vika ja käyttötapahumien tallennus lokiin olisi hyvä ominaisuus. Loki olisi käyttökelpoinen työkalu suunniteltaessa huoltoja ja apuna mahdollisia laitekorvaus ja –toimintapäätöksiä tehtäessä. Lisäksi toimittaja ja asiakas voivat välttyä takuuongelmilta ja myös CE-merkintä voisi olla helpompi hankkia. Vastaavaa löytyy ainakin Vacon NX-sarjan taajuusmuuttajissa jo vakiona.

Ylikuorma on voitava laskea pois, eli ylikuorma-anturi ei estä laskua. Tällöin turvatoimintona voisi olla, että ylikuormalla alasajettaessa pyörimisnopeutta vähennetään entisestään. Samalla vaimenisi pysäytysheijaus, ts. alaspäin suuntautuva isku laskun alkaessa pienenee.

6.5 Pysäytysproseduuri

Toiminnan päättyessä tulisi pysähtyä mahdollisimman siististi ylimääräisen kuormituksen välttämiseksi. Kartiojarrullisessa koneessa taajuuden vähentyessä voi tapahtua yllättävää alaslaskua ylöspäin ajettessa. Tämä tapahtuu kontaktorikäytössäkin, sitä käyttäjä osaa odottaa ja jarrun isku on vahvempi, kitkapinnat purevat toisiinsa paremmin ja jarrumatka voi jäädä lyhemmäksi. Levyjarrullisessa taajuusmuuttajakäytössä pysähtyminen ei ole kovin hankalaa, lasketaan vain roottorin pyörintänopeus riittävän alhaiseksi, vapautetaan jarru ja lopetaan tehonsyöttö moottoriin.

6.6 Dokumentointi

Laitteistoon tehtyjen muutosten vuoksi tarkastaja ei voi tietää entisen dokumentaation perusteella, miten kauan jarrut kestävät, onko vaihteiston öljypinta riittävän korkea, mitä lokitapahtumia täytyy tarkkailla ja onko nostokoneeseen lisätty puhallin toiminnaltaan aina pyörivä vai ainoastaan tarvittaessa. Erityisesti nämä tiedot on dokumentoitava riittävän laajasti ja toimitettava laitteen mukaan turvallisen käytön varmistamiseksi. Huoltoa ja korjausta varten täytyy myös olla riittävät dokumentoinnit käytön turvallisuuden takaamiseksi.

7 PÄÄTELMÄT

Suunniteltaessa johonkin nosturiin taajuusmuuttajamodernisaatiota on erityisesti selvitettävä laitteistosta tietoa kunnosta, huollontarpeesta ja käyttötarpeesta. Tarvittaessa voidaan suorittaa perusteellinen määräaikaistarkastus, jolla varmistetaan, ettei laitteistossa ole muutostyötä erityisesti vaikeuttavia ominaisuuksia, estäviä ongelmia tai vikoja. Mikäli laitteisto on käyttöikänsä loppupuolella, voi olla kannattavampaa asentaa uusi, kuin muuttaa vanhaa.

Nosturin ohjaus taajuusmuuttajalla on yksinkertaista vakionopeusajoa, joskin tilamuutokset eli liikkeellelähöt, pysäytykset, kiihdytykset ja jarrunohjaus vaativat tarkaavaisuutta.

Taajuusmuuttaja on syytä valikoida riittävin varmuuskertoimin, kuten on tehty kaikissa nosturin komponenteissa. Riittävällä asiaan paneutumisella tämäkin muutos onnistunee helpohkosti, mikäli aikataulutuksia tavarantoimituksineen ja asennus- sekä testausaikoineen ei oteta liian tiukasti.

LÄHTEET

NOSTURIT. KONEKÄYTTÖISET VINSSIT JA NOSTIMET. SFS-EN 14492-2 + A1 + AC. Vahvistettu 2009-11-23. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

FEM 2013. Cranes & Lifting Equipment. Nosturit ja nostovälineet [verkkosivu]. [Viitattu 2013-11-30] http://fem-eur.com/index.php/prodGroups_cranes/en/

STAHL CRANESYSTEMS GMBH 2012. The ST chain hoist. ST ketjunostinten esite [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2013-11-30] Saatavissa:

http://www.stahlcranes.com/_media/download/pdf/produkte/hebezeuge/kettenzuege/br_kettenzug_st_en.pdf

STAHL CRANESYSTEMS GMBH 2014. The SH wire rope hoist. SH köysinostinten esite [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2014-04-20] Saatavissa:

http://www.stahlcranes.com/_media/download/pdf/produkte/hebezeuge/seilzuege/br_seilzug_sh_en_03_2014.pdf

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Levyjarrullinen nostomoottori [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Demag B - kaksimoottorinen nostokoneikko kartiojarrulla [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Kartiojarrumoottorin osia [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Kone UN-nostomoottori [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Levyjarrun osia [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Kenkäjarrun käyttölaite [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-1-14. Jousitoiminen ylikuormakytkin [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-02-20. Tyypillinen kontaktoriohjauksen päävirtakaavio. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-05-01. Noston päävirtakaavio turvakytkentäisellä pääkontaktorilla. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

MIETTINEN, Veli 2014-05-01. Taajuusmuuttajakäytön aikakaavio. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.