



MEKAANISEN SORVIN MODERNISOINTI

Reeti Hyvärinen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2012
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma, automaatiotekniikka

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Tekijä | Reeti Hyvärinen |
| Työn nimi | Mekaanisen sorvin modernisointi |
| Sivumäärä | 32 sivua, 20 liitesivua |
| Valmistumisaika | Maaliskuu 2012 |
| Työn ohjaaja | Diplomi-insinööri Martti Honkiniemi |
| Työn tilaaja | Tampereen ammattikorkeakoulu |

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli modernisoida Tampereen ammattikorkeakoulun sähkötyöpajalla oleva Myford Super Seven mekaaninen sorvi, koska se ei täyttänyt nykyisiä standardin mukaisia turvallisuusvaatimuksia. Työ rajattiin ohjauksen toimintaan ja käyttöön.

Työn teoriassa käytiin läpi modernisointiprosessin vaatimuksia ja velvollisuuksia sekä nykytilanne ennen suunnitelmien pohjalta tehtyjä muutoksia. Riskien arviointi tehtiin ennen ja jälkeen muutosten.

Toteutusosassa selvitetään, kuinka työn fyysinen osuus on toteutettu suunnitelmien ja standardien pohjalta. Tähän osaan liittyy myös todentaminen, jossa modernisoitu sorvi todetaan vaatimusten mukaiseksi.

Työn tuloksena sorvi saatiin toimimaan suunnitellulla tavalla niin, että se sisälsi vaaditut turvallisuusvaatimukset. Riskit saatiin pienennettyä siedettävälle tasolle, joten sorvin käytön voidaan todeta olevan turvallista. Käyttäjäpalautteen perusteella sorvin käytettävyys parani, ja näin modernisointiprosessin voidaan todeta onnistuneen.

TAMK University of Applied Sciences
Department of Electrical Engineering, Automation Technology

| | |
|----------------------|--|
| Writer | Reeti Hyvärinen |
| Thesis | Modernisation of Mechanical Lathe |
| Pages | 32 pages, 20 appendix pages |
| Graduation time | March 2012 |
| Thesis Supervisor | Master of Science in Engineering Martti Honkaniemi |
| Co-operating Company | Tampere University of applied sciences |

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to modernize the Myford Super Seven mechanical lathe in the electrical workshop of TAMK University of applied sciences, because the lathe did not meet the safety regulations. The work was limited to the function and the usage of the control mechanism.

The theoretical part presents the requirements and the responsibilities of the modernization process and also the present situation before the changes were made on the basis of plan. The assessments of risks were made before and after the modifications.

The realization part presents how the construction was made on the basis of the plan and the standards. This part also includes verification that the modernized lathe is made under the conformity to standards.

As a result the lathe was functioning as planned so that it also fulfilled the necessary safety regulations. The risks were reduced to tolerable level and it can now be stated that the usage of the lathe is safe. On the basis of the user feedback the usage of the lathe was improved and thereby the modernization process was succeeded.

.

Keywords: safety of machinery, modernization, AC drive

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähkötyöpajalle syyskuun 2011 ja helmikuun 2012 välisenä aikana.

Haluan kiittää sähkötyöpajalla työskennelleitä saamistani käytännön neuvoista sekä valmiista työstä saadusta palautteesta.

Lisäksi kiitän Hannu Valkamaa, joka toimi sorvin käyttäjänä ja auttoi uusien ohjauslaitteiden paikkojen suunnittelussa, sekä työn valvojana toiminutta Martti Honkiniemeä.

Erityisesti haluan kiittää laboratorioinsinööri Matti Kohtalaa avustamisesta käytännön työn- ja sähkökuvien piirtämisessä ja suunnittelemisessa.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| SANASTO | 7 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 1.1 Työn tavoitteet | 9 |
| 1.2 Koneen modernisoinnin vaatimuksia | 10 |
| 1.3 Koneen modernisointi | 11 |
| 2 NYKYTILANNE | 12 |
| 2.1 Sorvin ohjaus | 12 |
| 2.2 Suojavarusteet | 12 |
| 2.3 Pyörimisnopeus | 13 |
| 2.4 Moottori | 13 |
| 3 UUDEN OHJAUKSEN SUUNNITTELU | 15 |
| 3.1 Moottorin taajuusmuuttajakäyttö | 15 |
| 3.1.1 Teoriaa taajuusmuuttajasta | 15 |
| 3.1.2 Taajuusmuuttajan valinta ja mitoitus | 16 |
| 3.1.3 EMC-suojaus | 17 |
| 3.2 Taajuusmuuttajan testaus | 17 |
| 3.2.1 Testauksen kulku | 18 |
| 3.3 Testauksen päätelmät | 19 |
| 4 UUDEN OHJAUKSEN TOTEUTUS | 19 |
| 4.1 Ohjauksen toimintaselostus | 19 |
| 4.1.1 Tehon syöttö | 20 |
| 4.1.2 Ulkoinen suojajohdin | 20 |
| 4.1.3 Syötön erotuskytkin | 20 |
| 4.1.4 Hätäpysäytys toiminto | 22 |
| 4.1.5 Ohjauspainikkeet | 23 |
| 4.1.6 Laitteiston suojaaminen | 25 |
| 5 RISKIN ARVIOINTI | 25 |
| 5.1 Käyttörajat | 25 |
| 5.2 Vaarojen tunnistaminen | 26 |
| 5.2.1 Pyörivät kone-elimet | 26 |
| 5.2.2 Sorvausjäte | 26 |
| 5.3 Riskin suuruuden arviointi | 26 |
| 6 MUUTOSTEN KUSTANNUKSET | 28 |
| 7 TODENTAMINEN | 29 |
| 7.1 Aistinvarainen tarkastaminen | 29 |
| 7.2 Tarkastusmittaukset | 29 |
| 7.3 Muut vaatimukset | 30 |
| 8 LOPPUPÄÄTELMÄT | 31 |

| | |
|---------------|----|
| LÄHTEET | 32 |
|---------------|----|

LIITTEET

- Liite 1. Testauslaatikon piirikaavio
- Liite 2. Vacon ohjauskytkennät
- Liite 3. Koneen lohkokaavio
- Liite 4. Aistinvarainen tarkastaminen
- Liite 5. Piirikaaviot
- Liite 6. Vikakoodit
- Liite 7. SFS-EN ISO 12100 liite B: esimerkkejä vaaroista
- Liite 8. Käyttöohje
- Liite 9. EMC-luokitus
- Liite 10 Vacon ohjeet eristysvastusmittauksiin

SANASTO

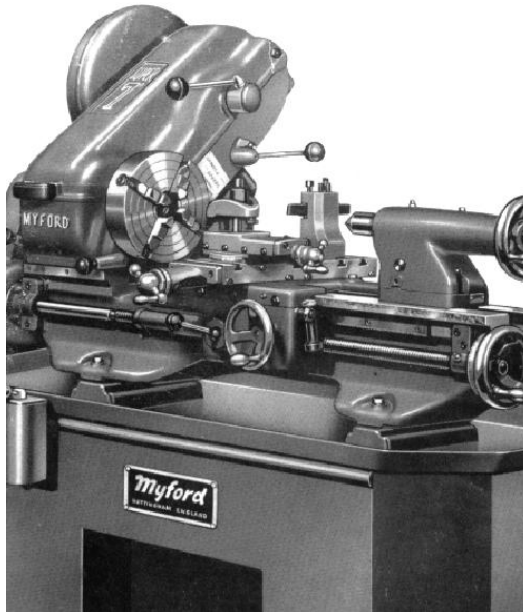
| | |
|-------------------|---|
| CE-merkintä | Valmistaja ilmoittaa, että tuote on arvioitu ennen markkinoille tuomista, ja että se täyttää Euroopan unionin turvallisuutta, terveyttä ja ympäristösuojelua koskevat vaatimukset. (TJS91 2009, 15) |
| Ohjain | Laitteen tai laitteiston osa, johon ulkoinen käsin tapahtuva toiminta kohdistetaan. Esimerkiksi kahva, nuppi tai painike. (SFS EN60204-1 2006, 26) |
| Ohjauspiiri | Koneen ja sähkölaitteiston ohjaukseen käytettävä virtapiiri. (SFS EN60204-1 2006, 28) |
| Ohjauslaitteisto | Sähkötehoa vaativien laitteiden sähkötehon ohjaamiseen käytetyt kytkinlaitteet ja niiden yhdistelmät, niiden sisältämät ohjaus-, mittaus- suoja- ja säätölaitteet sekä niistä kootut laitteistot sisäisine kytkentöineen, lisälaitteineen, koteloineen ja kiinnitysrakenteineen. (SFS EN60204-1 2006, 28) |
| Hätäpysäytyslaite | Käsin käytettävä hätäpysäytyksen käynnistävä ohjauslaite. (SFS EN60204-1 2006, 28) |
| Kotelointi | Laitteiden suojaus tietyiltä ulkoisilta vaikutuksilta ja miltä tahansa suunnalta tapahtuvaa suoraa kosketusta vastaan. (SFS EN60204-1 2006, 30) |
| Laitteisto | Koneen sähkölaitteiston osana käytetyt tai siihen liittyvät materiaalit, varusteet, laitteet, komponentit, kalusteet ja kojeet. (SFS EN60204-1 2006, 30) |
| Vikatila | Kohteen tila, jolloin se ei pysty suorittamaan vaadittua toimintoa. (SFS EN60204-1 2006, 32) |
| Vaara | Fyysisen vamman tai terveyshaitan mahdollinen lähde. (SFS EN60204-1 2006, 32) |
| Kone | Toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva, ja jossa on tarvittavat koneen toimilaitteet sekä ohjaus- ja energiansyöttöpiirit, ja joka on kokoonpantua tiettyjä toimintoja, kuten materiaalin käsittelyä varten. (SFS EN60204-1 2006, 34) |
| Nollajohdin | Järjestelmän nollapisteeseen yhdistetty johdin, joka kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon. (SFS EN60204-1 2006, 34) |

| | |
|-----------------------|---|
| Päävirtapiiri | Verkosta laitteiston eri toimintoihin käytetyille laiteyksiköille ja ohjauspiirien muuntajille tehoa syöttävä piiri. (SFS EN60204-1 2006, 36) |
| Suojajohdin | Johdin, jota suojaava potentiaalintasaus edellyttää eräissä sähköiskua vastaan käytetyissä suojausmenetelmissä seuraavien osien välisiin kytkentöihin: jännitteelle alttiit johtavat osat, muut johtavat osat ja päämaadoitusliitin. (SFS EN60204-1 2006, 36) |
| Riski | Vahingon esiintymistodennäköisyyden ja kyseisen vahingon vakavuuden yhdistelmä. (SFS EN60204-1 2006, 36) |
| Suojaustekninen laite | Suojus tai turvalaite, jota käytetään keinona henkilöiden suojaamiseksi vaaralta. (SFS EN60204-1 2006, 36) |
| Oikosulkuvirta | Ylivirta, joka aiheutuu piirin viasta tai virheellisestä kytkennästä johtuvasta oikosulusta. (SFS EN60204-1 2006, 38) |
| Kytkinlaite | Yhden tai useamman piirin virran kytkemiseen tai katkaisemiseen tarkoitettu laite. (SFS EN60204-1 2006, 38) |

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön aiheena on modernisoida Tampereen ammattikorkeakoululla käytössä oleva Myford Super Seven -sorvi. Tarkoituksena on suunnitella ja rakentaa uusi ohjaus vanhan mekaanisen tilalle. Työ on rajattu teorian ja käytännön osuuksiin. Kuvassa 1 on esitettyä modernisoitava sorvi.



Kuva 1. Myford Super Seven –sorvi (Myford lathes)

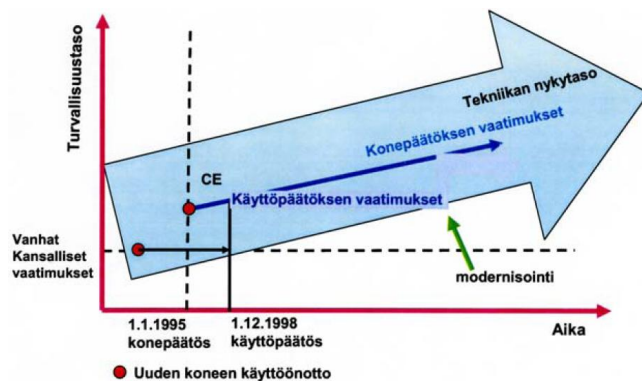
Työhön liittyy seuraavia vaatimuksia:

- Sorvin modernisointi
- Laadittava uusi käyttöohje sorville
- Fyysisen työn dokumentointi: piirikaaviot, osa-luettelo, keskuskaavio
- Moottorin käyttöluokan selvitys
- Selvitys nykytilanteesta ja muutoksien jälkeen
- Tulosten arviointi
- Vaarojen arviointi ennen ja nyt

Työ rajataan ohjauksen toimintaan ja käyttöön. Sorvi on toiminut ja ollut käytössä jo pitkään, mutta sen turvallisuustaso ei enää täytä tämänhetkisiä vaatimuksia.

1.2 Koneen modernisoinnin vaatimuksia

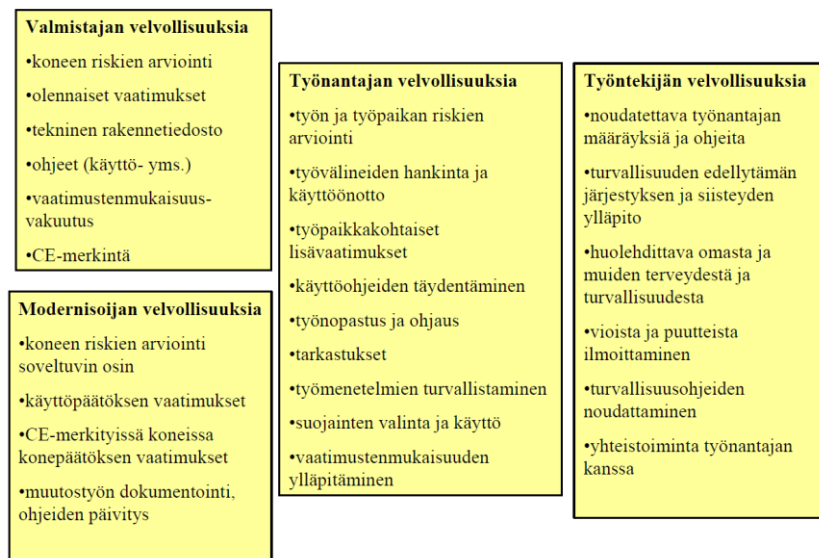
Tekniikan kehittyessä myös turvallisuuden vaatimustaso nousee. Voidaan olettaa, että työn kohteena olevan, ennen vuotta 1965 valmistetun sorvin alkuperäinen turvallisuustaso on alemmalla tasolla kuin nykyaikaisten koneiden, joiden turvallisuustaso määräytyy nykyisen lainsäädännön perusteella. Sorvi on täten saatettava käyttöasetuksen (403/2008) edellyttämälle turvallisuustasolle. Koneen turvallisuuden parantamista edellytetään myös työturvallisuuslaissa (738/2002), jonka 8§:n mukaan turvallisuutta tulee parantaa, kun käytettävissä olevat keinot ja tekniikan kehittyminen tekevät sen mahdolliseksi. Ei siis riitä, että kone on ollut aikoinaan sitä koskeneiden määräysten mukainen. (TJS91 2009, 40)



Kuvio 1. Koneiden turvallisuustason kehittyminen (TJS91 2009, 40)

Kuvio 1 havainnollistaa turvallisuustason paranemista ja turvallisuusvaatimusten tiukentumista tekniikan kehittyessä. Käyttöasetusta tarkasteltaessa käytössä olevilta koneilta ei voida edellyttää korkeampaa turvallisuustasoa kuin mikä esitetään koneasetuksessa uusille koneille, ellei työpaikan erityisolosuhteista riskinarvioinnin perusteella muuta johdu. Käyttöasetuksen vaatimusten soveltaminen perustuu riskin arviointiin, jolloin arvioinnissa on otettava huomioon työpaikan olosuhteet ja muutkin asiaan vaikuttavat seikat. (TJS91 2009, 41)

Modernisoitaessa järjestelmää vastuullisina osapuolina ovat yleensä tilaaja ja modernisoinnin toteuttaja, laitetoimittajat ja alihankkijat. Kukin osapuoli on vastuussa lopputuloksen turvallisuudesta omalta osaltaan: komponenttien ja alajärjestelmien sekä laitteiden toimittajat, turvajärjestelmien toimittajat, koneen muutostyön suunnittelija ja toteuttaja sekä lopulta tilaaja (käyttäjä). Kuvio 2 havainnollistaa eri osapuolten velvollisuuksia. Nämä liittyvät työpaikalla olevaan koneeseen. Luovutushetkeen liittyvät velvollisuudet kuuluvat valmistajalle ja modernisoijalle, kun taas jatkuvaan toimintaan liittyvät velvollisuudet kuuluvat työnantajalle ja työntekijälle. (VTT 2359 2006, 12)



Kuvio 2. Eri osapuolten velvollisuudet (VTT 2359 2006, 13)

1.3 Koneen modernisointi

”Koneen modernisointi tarkoittaa jo käytössä olevan koneen tai koneyhdistelmän uudistamista niin, että koneen elinkaari jatkuu uudistettuna. Koneeseen tehtävät muutokset eivät saa olennaisesti muuttaa koneen käyttötarkoitusta ja ominaisuuksia. Koneen kuuluessa konepäätöksen soveltamisalaan, ja jos se on tuotu markkinoille tai otettu käyttöön ensimmäisen kerran Euroopan talousalueella vuoden 1995 alun jälkeen, sitä ovat koskeneet käyttöönottohetkellä konepäätöksen vaatimukset ja vaatimus CE-merkinnästä. Sen jälkeen kun kone on otettu käyttöön uudistettuna, turvallisuusvaatimukset perustuvat työturvallisuuslakiin ja käyttöpäätökseen. Käytössä olevan koneen modernisoinnin jälkeen sille ei tehdä vaatimustenmukaisuusvakuutusta eikä CE-merkintää.” (VTT 2359 2006, 14)

Käytettyyn koneeseen tehtyjen muutosten laajuutta voidaan arvioida soveltamalla työsuojelujulkaisun nro.57:2007 Koneturvallisuus Säädökset ja soveltaminen avulla. Sen mukaan kone jatkaa elinkaartaan muuttuneena, mutta sen tunnistustiedot (tyyppi, sarjanumero) pysyvät ennallaan. Koneelle tehdään kuitenkin todentaminen standardin SFS EN60204-1:2006 Koneiden sähkölaitteistot luvun 18 mukaan, joka käydään läpi myöhemmin työssä.

Työsuojelujulkaisun nro:57 perusteella koneeseen voidaan tehdä muun muassa seuraavia muutoksia, jolloin kone jatkaa elinkaartaan muuttuneena:

- Varaosien vaihto
- Koneen kunnostaminen
- Koneen varustaminen lisälaitteilla
- Koneen nopeuden tai tehon nostaminen
- Koneen varustaminen automaattisella ohjauksella
- Koneen varustaminen uudella turvalaitteella

Koneeseen tehtyjen muutoksien jälkeen on työnantajan tai muutostyön tekijän varmistettava koneen turvallisuus ja huolehdittava koneen dokumenttien saattamisesta ajan tasalle. Näitä ovat esimerkiksi käyttö- ja kunnossapito-ohjeet sekä piirikaaviot. (VTT 2359 2006, 15)

2 NYKYTILANNE

2.1 Sorvin ohjaus

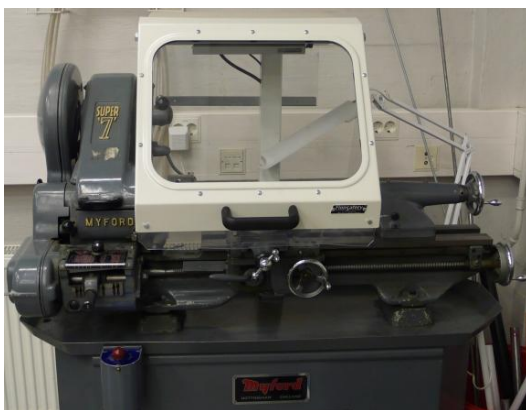
Modernisoinnin kohteena on 1953-luvulta peräisin oleva Englannissa valmistettu Myford Super Seven -sorvi. Se saa kolmivaiheisen 400V syötön suoraan verkosta. Syöttöä ohjataan mekaanisella kytkimellä, jolla valitaan sorvin karan pyörimissuunta. Suunnan vaihto tapahtui vaihejärjestystä muuttamalla. Kuvassa 2 on esitetty vanha mekaaninen kytkin.



Kuva 2. Mekaaninen kytkin

2.2 Suojavarusteet

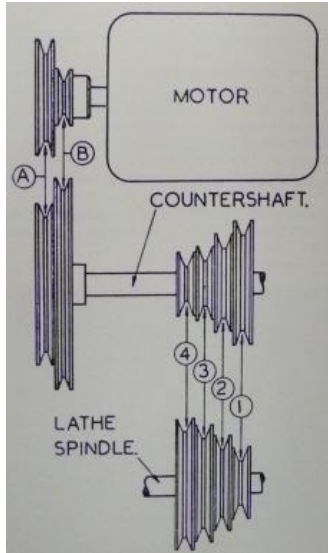
Sorviin oli myöhemmin asennettu FinnSafetyn SLS-109-300 lastunsuoja, jonka on tarkoitus suojata käyttäjää sorvausjätteeltä. Siinä on Pizzato Elettrican rajakytkin avautuvalla ja sulkeutuvalla koskettimella. Rajakytkin ei ollut kuitenkaan käytössä, joten sorvi toimi, vaikka lastunsuoja ei ollut alhaalla. Kuvassa 3 on esitetty sorvi varustettuna lastunsuojalla.



Kuva 3. Sorvin lastunsuoja.

2.3 Pyörimisnopeus

Sorvin karan pyörimisnopeus riippui siinä olevassa alennusvaihteistossa olevan hihnan paikasta. Työstettäessä eri materiaaleja on käytettävä karan eri nopeuksia, mutta sujuvan käytön kannalta hihnan vaihtaminen ei ole paras vaihtoehto. Hihnan vaihtaminen ei vaikuta turvallisuuteen, mutta se lisää työskentelyn tehokkuutta. Kuviossa 3 on esitettyä kuinka moottorin teho siirretään alennusvaihteiden kautta sorvin karalle (lathe spindle).



Kuvio 3 Alennusvaihteet (Myford Super 7 Lathe, 21)

Sorvin normaali käytössä ensimmäinen hihna on paikassa A ja toisella hihnalla valitaan haluttu pyörimisnopeus paikoista 1-4. Taulukossa 1 on esitetty pyörimisnopeudet eri hihnanpaikoilla.

TAULUKKO 1. Eri pyörimisnopeudet

| Hihnan paikka | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---------------|-----|------|------|------|
| RPM | 700 | 1020 | 1480 | 2150 |

2.4 Moottori

Tehon lähteenä sorvissa on 3-vaiheinen oikosulkumoottori, jonka tiedot löytyvät taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Moottorin kilpitiedot

| Volts | Phase | C/S | Hp | A | RPM |
|-------------------|-------|------|-----|----------|------|
| 220/250 - 380/440 | 3 | 50Hz | 0,5 | 1,5/0,87 | 1425 |

Moottori toimii tähtikytkennässä, jossa kaikki kolme vaihetta on kytketty staattorikämeihin eli yksi vaihe kuhunkin käämiin. Jokaisen käämin yli vaikuttaa 230V jännite, jolloin virta on nimellisesti 0,87A.

IEC 60034-1 standardissa on määritelty moottoreiden erilaisille käyttötavoille luokat S1-S10

TAULUKKO 3. IEC 60034-1 standardin käyttöluokitukset. (ABB TT-käsikirja)

| Käyttöluokka | Määritelmä |
|--------------|---|
| S1 | Jatkuva vakiokuormitus niin kauan, että loppulämpötila saavutetaan. |
| S2 | Lyhytaikainen vakiokuormituskäyttö loppulämpötilaa saavuttamatta. Moottori ehtii jäähtyä ennen uutta käyttöä. |
| S3 | Jaksottainen ajoittaiskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa vakiokuormitus- ja seisona-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S4 | Jaksollinen käynnistyskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa käynnistys-, vakiokuormitus- ja seisona-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S5 | Jaksollinen käynnistys- ja jarrutuskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa käynnistys-, vakiokuormitus-, jarrutus- sekä seisona-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S6 | Pysähtymätön ajoittaiskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa vakiokuormitus- ja tyhjäkäyntiaika. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S7 | Pysähtymätön käynnistys- ja jarrutuskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa käynnistys-, vakiokuormitus- ja jarrutusaika. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S8 | Pysähtymätön määräjaksolliskäyttö. Koostuu sarjoista samanlaisia jaksoja, joissa vakiokuormitus erilaisilla pyörimisnopeuksilla. Loppulämpötilaa ei saavuteta. |
| S9 | Käyttö vaihtelevalla kuormalla. Käyttö muodostuu sallitulla käyttöalueella tapahtuvista kuorman ja nopeuden vaihteluista, jotka yleensä eivät ole jaksollisia. |
| S10 | Käyttö vaihtelevalla vakiokuormalla. Käyttöjakso muodostuu enintään neljästä osajaksosta erisuurella vakiokuormalla. Käyttöaika kullakin vakiokuormalla on niin pitkä, että loppulämpötila saavutetaan. |

Sorvissa käytettävän moottorin käyttöluokka on S9. Moottorin kuormitus vaihtelee työstettävän materiaalin ja käytettävän terän koon mukaan. Moottorin nopeus pysyy vakiona muutettaessa karan pyörimisnopeutta alennusvaihteilla. Käyttö ei ole jaksottaista vaan jatkuvaa, eli moottori pyörii koko käytön ajan.

3 UUDEN OHJAUKSEN SUUNNITTELU

Suunnittelu on toteutettu standardin SFS-EN 60204-1:2006 Koneiden sähkölaitteistot mukaan käyttäen hyväksi liitettä 3 (koneen lohkokaavio), josta selviää, mitä standardin kohtia työssä on otettava huomioon. Standardia apuna käyttäen valittiin sopivat komponentit ja laitteet toimivaa ja turvallista ohjausta varten.

3.1 Moottorin taajuusmuuttajakäyttö

Tarkoituksena on parantaa sorvin turvallisuustasoa ja käytettävyyttä, jolloin päädyttiin taajuusmuuttaja ohjaukseen. Taajuusmuuttaja asennetaan sähköverkon ja moottorin välille, jolloin taajuutta muuttamalla voidaan portaattomasti säätää moottorin pyörimisnopeutta. Aikaisemmin tämä tapahtui alennusvaihteistolla, joka haluttiin korvata portaattomalla säädöllä.

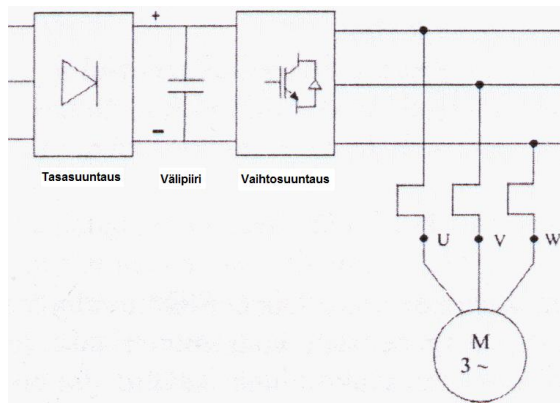
Taajuusmuuttajien monipuoliset ohjausliitynnät mahdollistavat myös hätäpysäytys ja turvalaitteiden lisäämisen ohjauspiiriin. Tämä oli olennaista turvallisen käytön kannalta. Ohjauspainikkeet ja portaattomaan säätöön tarvittava säätövastus vaativat myös omat ohjausliityntänsä.

3.1.1 Teoriaa taajuusmuuttajasta

Taajuusmuuttajalla muokataan kiinteätaajuisesta ja -amplitudisesta vaihtosähkösyöttöverkosta vaihtosähkömoottorille haluttu syöttötaajuus ja -jännite. Moottorin pyörimisnopeus ja sen tuottama vääntömomentti voidaan ohjata halutuiksi säätämällä moottorin syöttötaajuutta ja -jännitettä. Osalla taajuusmuuttajista voidaan pyörivästä moottorista tuleva teho ohjata kiinteätaajuisen syöttöverkkoon jarrutuksessa. (Lauri Aura & Antti J.Tonteri 1996, 342)

Taajuusmuuttaja sisältää yleisimmin kolme kokonaisuutta: tasasuuntaajan, välipiirin ja vaihtosuuntaajan. Tasasuuntaaja muuttaa sinimuotoisen vaihtosähkön tasasähköksi esim. diodi- tai tyristorisillalla. Välipiirissä on kapasitanssi, joka varastoi sähköenergiaa ja pitää tasajännitteen vakaana. Kolmivaiheinen vaihtosuuntaus toteutetaan kolmella kytkinparilla (esim. IGBT-transistori), jotka muodostavat esim. pulssinleveysmodulaatiota käyttäen pulssinleveydeltään vaihtelevaa, sinikäyrää mukailevaa kanttiaaltoa. (Lauri Aura & Antti J.Tonteri 1996, 342)

Taajuusmuuttajan etuja ovat mm. tarkka nopeuden säätö, pehmokäynnistys ja –jarrutus sekä väyläliitäntä. Se sisältää tarvittavat moottorinsuojalaitteet, mutta ei juuri sisällä kuluvia mekaanisia osia. (Lauri Aura & Antti J.Tonteri 1996, 342)



Kuvio 4 Taajuusmuuttajan rakenne (Hietalahti 2011,64, muokattu)

3.1.2 Taajuusmuuttajan valinta ja mitoitus

Taajuusmuuttajaa valittaessa oli otettava selville seuraavat tiedot:

- Verkon jännite ja taajuus
- Moottorin teho
- Moottorin nimellisvirta
- Kuormitusprofiili
- Kotelointiluokka
- Lisävarusteet

Verkon jännite on 400V ja taajuus 50Hz. Taulukosta 2 moottorin tehoksi on ilmoitettu 0,5hv, joka on kilowateissa 0,37 ja nimellisvirta 0,87A. Kuormitusprofiilia on vaikea määrittää, koska moottorin kuormitus riippuu työstettävästä materiaalista ja alennusvaihteen hihnan paikasta. IP-luokaksi riittää 20, koska taajuusmuuttaja asennetaan kytkentäkaappiin. Lisävarusteeksi tarvitaan oviasennuspaneeli, jotta taajuusmuuttajan tiedot voidaan lukea kytkentäkaapin ulkopuolelta.

Teholtaan sopivimmaksi osoittautui Vacon NXS-sarjan taajuusmuuttaja, jonka tilaustiedot on esitettyinä taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Vacon taajuusmuuttaja

| PRODUCT CODE | MOTOR SHAFT POWER AND CURRENT | | | | SIZE/ PROT. |
|---------------------|-------------------------------|------|---------------------|----------------|-----------------|
| | High Overload (150%) | | Low Overload (110%) | Overload Amps | FR/NEMA/ IP |
| | kW | Amps | kW Amps | (1 Min/10 Min) | |
| Nema 1/ IP21 | | | | | |
| NXS00035A2H1SSSA1A2 | 0.75 | 2.2 | 1.1 3.3 | 3.3 | FR4/NEMA1/ IP21 |

Taulukosta 4 ja taajuusmuuttajan käyttöohjeesta voidaan lukea seuraavat tiedot:

- Teho 0,75kW

- Nimellisvirta 3A
- Nimellinen verkkojännite 380-500Vac
- Numeerinen ohjauspaneeli
- Kotelointiluokka IP21
- EMC-häiriöpäästötaso H

Taajuusmuuttaja ylittää vaadittuun 0,37kW:n tehoon ja on näin kaksi kertaa tehokkaampi kuin tarpeen. Numeerinen ohjauspaneeli mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden reaaliaikaisen näytön, mikä on oleellista portaattomassa säädössä.

3.1.3 EMC-suojaus

Taajuusmuuttajan häiriöpäästötason ollessa H on otettava huomioon valmistajan antamat kaapelivaatimukset (liite 9), jotta EMC-suojaus täyttyy. Vaconin käyttöohjeessa on määritelty kaapelityypit ja -koot, jotka on otettu huomioon valinnoissa. Työssä käytetyt kaapelit ovat seuraavat:

- Verkkokaapeli: MMJ 5x2,5S ja MMJ 5x1,5S
- Moottorikaapeli: Nexans Rheyflex 500-ICYJZ 4G1,5
- Ohjauskaapeli: NOMAK 2x2x0,5+0,5

Moottorikaapelien välissä on EMC-suojattu turvakytin, jossa on 360 asteen maadoitusholkit.

3.2 Taajuusmuuttajan testaus

Taajuusmuuttajaohjausta testattiin rakentamalla ohjauslaatikko, johon tulee syöttö verkosta, ja josta lähtee syöttö sorville. Väliin saa liitettyä taajuusmuuttajan, jolla sorvia ja sen toimintoja ohjataan. Kuvassa 4 on testauskäytössä ollut ohjauslaatikko.



Kuva 4. Ohjauslaatikko

Liitteessä 1 on ohjauslaatikon piirikaavio, josta selviää testauskytkennän toimintaperiaate. Pääkytkin katkaisee syötön verkosta taajuusmuuttajalle, jolloin sen on oltava kokoajan asennossa

1, jos asetuksiin halutaan tehdä muutoksia. Taajuusohje annetaan $10k\Omega$ säätövastuksella, jolla muutetaan sorvin pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttaja tarvitsee jatkuvan suuntatiedon, joten testauskytkentään oli helpointa asentaa pitokytkin sorvin eteenpäin pyörittämiseen. Taaksepäin pyörittämiseen oli käytössä painonappi, mutta ilman pitopiiriä sitä joutui painamaan koko ajan. Pysäytyspainiketta ei kytketty, koska moottori pysähtyi pitokytkimen asettuessa 0-asentoon. Lastunsuojan ylös nostaminen pysäyttää myös moottorin, mutta testauksessa se alas laskettaessa myös käynnisti moottorin. Tämän aiheutti pitokytkimen antama jatkuva suuntatieto.

Liitteestä 2 on Vaconin taajuusmuuttajan perussovelluksen ohjausliittynät, joiden perusteella ohjauslaatikon ohjauskaapelit kytkettiin.

Taajuusmuuttajalle tehtiin seuraavat asetukset ennen koekäyttöä:

- Moottorin maksimipyösimisnopeus 1425 RPM
- Minimi –ja maksimitaajuudet 11,8Hz - 50Hz
- Paneeliohjaus
- Tehokerroin $\cos \phi = 0,9$

Maksimipyörimisnopeus asetettiin moottorin kilpitietojen mukaan. Minimitaajuudeksi asetettiin 11,8Hz, koska se oli alhaisin taajuus, jolla moottori lähti pyörimään. Paneeliohjauksen alta valittiin ohjauspaikaksi riviliitin, jolloin taajuusmuuttaja sai ohjauksen ohjausliityntöjen kautta. Moottorin tarkkaa tehokerrointa ei tiedetty, joten se arvioitiin olevan $\cos \phi = 0,9$.

3.2.1 Testauksen kulku

Testiajoa varten sorvin karan alennusvaihteet asetettiin paikkoihin A ja 1 (kuvio 3). Tällöin sorvin karan maksimipyörimisnopeus on 2150RPM. Tarkoitus oli selvittää saadaanko koko pyörimisnopeus skaala (taulukko 1) toteutettua, kun moottorin kierroslukua muutetaan. Moottoria lähdettiin pyörittämään sen alimmalla mahdollisella pyörimisnopeudella aina sen maksiminopeuteen saakka. Moottorin pyörimisnopeus luettiin taajuusmuuttajan näytöltä ja sorvin karan pyörimisnopeus takometrillä. Näitä lukuja vertailemalla saadaan määritettyä suhdeluku kyseiselle alennusvaihteelle. Taulukossa 5 on esitetty pyörimisnopeudet ja suhdeluku hihnan paikalle 1.

TAULUKKO 5 Hihnan paikka 1

| Moottori RPM | Kara RPM | Suhde |
|--------------|----------|-------|
| 300 | 405 | 1,4 |
| 400 | 555 | 1,4 |
| 500 | 703 | 1,4 |
| 600 | 850 | 1,4 |
| 700 | 995 | 1,4 |
| 800 | 1150 | 1,4 |
| 900 | 1295 | 1,4 |
| 1000 | 1440 | 1,4 |
| 1100 | 1580 | 1,4 |
| 1200 | 1730 | 1,4 |
| 1300 | 1870 | 1,4 |
| 1400 | 2025 | 1,4 |
| 1450 | 2100 | 1,4 |

Taulukosta 5 voidaan havaita, että koko nopeusskaala saadaan toteutettua hihnan ollessa paikassa 1. Tällöin moottori pyörii alimmillaan 500RPM, minkä takia täytyi tehdä koesorvaus riittävän vääntömomentin tarkistamiseksi. Kokeessa työstiin muovitankoa 6mm terällä, jolloin saatiin aikaiseksi riittävä kuormitus. Vääntömomentti oli riittävä, eikä muita alennusvaihteita tarvitse näin käyttää.

Sorvin ohjaukseen ei tule reaaliaikaista nopeusnäyttöä karalle, joten myös muille hihnan paikoille oli määritettävä suhdeluvut. Suhdelukutaulukko on tarkoitus sijoittaa moottorin välittömään läheisyyteen, jotta se on helposti luettavissa. Taulukossa 6 on esitetty suhdeluvut kaikille hihnan paikoille.

TAULUKKO 6. Suhdeluvut kaikille hihnan paikoille

| | | | | |
|----------------------|-----|-----|---|-----|
| Hihnan paikka | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Suhdeluku | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,4 |

3.3 Testauksen päätelmät

Tarkoitus oli selvittää kuinka sorvin taajuusmuuttaja ohjaus toimii valmiissa ohjausympäristössä. Taajuusmuuttajaohjaus saatiin testattua niin kuin sen on tarkoitus toimia valmiina. Valmiiseen ohjaukseen sisällytetään vielä hätä-seis- ja turvakytkimet, joita testiohjaukseen ei ollut liitetty. Hätä-seis kytkimen on tarkoitus pysäyttää käyttö vaaratilanteessa ja turvakytkimellä tahattoman käynnin esto. Turvakytöntä on tarkoitus käyttää suojalaitteena, jolloin huolto- tai muutostoi-
menpiteet, kuten hihnan vaihto, voidaan tehdä turvallisesti. Testauksella haluttiin varmistua suunnitelman toimivuudesta ennen varsinaisen ohjauksen rakentamista.

4 UUDEN OHJAUKSEN TOTEUTUS

4.1 Ohjauksen toimintaselostus

Sorvia ohjataan käyttöpaneelistä, jossa on painonapit moottorin eteen ja taakse pyörimiselle. Taajuusmuuttajan I/O -tulo vaatii jatkuvan suuntatiedon, joten pitopiiri toteutettiin kontaktoreilla. Nopeutta säädetään potentiometrillä ja moottori pysähtyy joko pysäytyspainikkeella tai ulkoisen vian aiheuttamana. Ulkoisen vian aiheuttaa suojalasin ylös nostaminen, jota valvoo liukukytin tai turvakytkimen asettaminen 0-asentoon.

Hätä-seis painike sijoitetaan niin, että se on työskentelijän välittömässä läheisyydessä. Tämä katkaisee syötön verkosta ohjauskeskukseen. Turvakytin katkaisee syötön moottorille, jolloin taajuusmuuttajan parametrejä voidaan muuttaa moottorin käynnistymättä. Ohjauskeskuksen pääkytkin sijoitetaan sen etuseinään. Moottorin pyörimisnopeus näytetään taajuusmuuttajan käyttöpaneelistä, joka sijoitettiin ohjauskeskuksen etuseinään. Tästä käyttäjä voi muuntokertoimien avulla lukea sorvin karan pyörimisnopeuden.

4.1.1 Tehon syöttö

Syöttö sorville tulee jakokeskuksesta A001 5x2,5mm²MMJ kaapelilla. Syötössä on kolme 16A C-tyyppin johdonsuojakatkaisijaa. Vikavirtasuojaa ei käytetä, koska lisäsuojaa ei tarvita.

4.1.2 Ulkoinen suojajohdin

Ulkoinen lisäpotentiaalin tasausjohdin on 6mm² MK90-kaapelia, joka täyttää taulukon 7 vaatimukset. Vaihejohtimien ollessa 2,5mm² riittäisi suojajohtimen poikkipinta-alaksi 2,5mm². Suojajohtimen jatkuvuusmittauksella todettiin suojajohdin riittäväksi.

TAULUKKO 7. Johtimien poikkipinta-alat. (SFS EN60204-1 2006, 50)

| Laitteistoa syöttävien kuparisten vaihejohtimien poikkipinta $S \text{ mm}^2$ | Ulkoisen kuparisen suojajohtimen pienin poikkipinta $S_p \text{ mm}^2$ |
|--|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | $S/2$ |

4.1.3 Syötön erotuskytkin

”Syötönerotuskytkimellä on voitava tarvittaessa erottaa koneen sähkölaitteisto syöttöverkosta (esim. koneessa ja sen sähkölaitteistossa tehtäviä töitä varten).” (SFS EN60204-1 2006, 50)

Syötönerotuskytkin asennetaan kytkentäkaapin etuseinään, josta se ohjaa akselin välityksellä syötönerotinta. Kytkin on lukkiutuvaa mallia, joten kaapin ovea ei saa avattua 1-asennossa. Näin varmistetaan, ettei jännitteellisiin osiin pääse käsiksi huolto- tai korjaustoimenpiteitä tehtäessä.

Käytettävä ABB:n sulakkeeton kuormanerotin on standardin IEC 60947-3 käyttöluokan AC-23B mukainen. Se täyttää myös standardin SFS-EN60204-1 kohdan 5.3.3 mukaiset vaatimukset. (Kuva 5)



Kuva 5. ABB kuormanerotin

”Syötön erotuskytkimen ohjauslaitteen on sijaittava helposti luokse päästävässä paikassa. Sen korkeuden huoltotasosta on oltava 0,6...1,9 m, suurimmaksi korkeudeksi suositellaan 1,7 m.” (SFS EN60204-1 2006, 52)

Lukittuva ohjauslaite on sijoitettu 1,7m korkeuteen täyttäen näin standardin vaatimukset.

”Ellei konetta kytketä verkkoon pistokytkimellä, on suositeltavaa, että syöttöjohtimet kytketään suoraan syötön erotuslaitteeseen.” (SFS EN60204-1 2006, 48)

Liitteen 5 (piirikaavio) mukaan syöttöjohdin kulkee hätä-seis kytkimen kautta syötön erotuskytkimelle.

Työssä käytettiin seuraavia kaapeleita syötölle ja suojajohtimelle.

- Syöttöjohdin jakokeskukselta kytkentäkaappiin: MMJ 5x2,5S
- Johdinkaapeli kytkentäkaapilta hätä-seis kytkimelle: MMJ 5x2,5S
- Johdinkaapeli hätä-seis kytkimeltä syötön erotuskytkimelle: MMJ 5x1,5S
- Suojajohdinkaapeli: MK 6Kevi

”Kun käytetään nollajohdinta, se on selvästi mainittava koneen teknisissä dokumenteissa, kuten asennuspiirustuksissa ja piirikaavioissa, ja sille on oltava N:llä merkitty erillinen, eristetty nollaliitin.” (SFS EN60204-1 2006, 48)

Työssä ei ole erillistä nollajohdinta, koska taajuusmuuttaja ja moottori eivät vaadi sitä moottorin toimiessa pääjännitteellä. Nollajohdin on kuitenkin kytketty ohjauskeskukselle mahdollisia lisälaitteita varten.

”Odottamattoman käynnistymisen estämiseksi (esim. kun koneen tai sen osan käynnistyminen huollon aikana voi aiheuttaa vaaran) on oltava kytkinlaitteet.” (SFS EN60204-1 2006, 54)

Sorville täytyi asentaa myös turvakytkin, joka katkaisee syötön taajuusmuuttajalta moottorille. Näin estetään moottorin tahaton käynnistyminen taajuusmuuttajan asetuksia muutettaessa tai pyöriviä osia käsiteltäessä. Turvakytkin aiheuttaa myös vikatilaa taajuusmuuttajalle, mikä varmistaa syötön katkaisun moottorilta. Vikatila luotiin taajuusmuuttajalle turvakytken apukoskettimen avulla. Vikatilan kuittaus tapahtuu erillisellä resetointi-painikkeella, joka vaatii lisäksi turvakytken asettamisen 1-asentoon. Työssä käytettiin Katkon EMC-suojattua ja kahdella apukoskettimella varustettua turvakytintä. (Kuva 6)



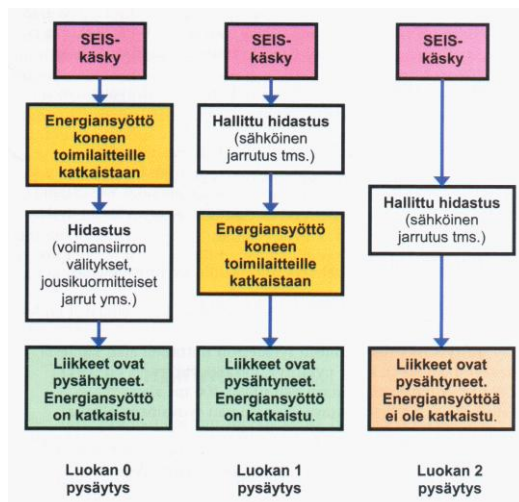
Kuva 6. Katkon turvakytin

4.1.4 Hätätyspysäytys toiminto

”Kun hätätyspysäyttimen ohjaimen aktiivinen käyttäminen, josta pysäytyskäsky seuraa, on lakanut, tämän käskyn on jäätävä voimaan siihen asti kunnes se kuitataan. Käskyn kuittaus ei saa uudelleen käynnistää konetta, vaan ainoastaan sallia uudelleen käynnistämisen.” (SFS EN60204-1 2006, 88)

Hätä-seis kytkin katkaisee syötön taajuusmuuttajalta, jolloin sen ohjaus myös resetoituu. Tämä varmistaa, ettei moottori käynnisty hätätyspysäytystoiminnon kuittaamisen jälkeen.

Koneen pysäytystavat voidaan jakaa kolmeen eri pysäytysluokkaan. Luokkien väliset erot liittyvät liikkeen pysäyttämiseen ja lopputuloksena olevaan tilanteeseen. Luokat esitellään kuviossa 4.



Kuvio 4. Pysäytysluokat (Siirilä & Kerttula 2007, 132)

Standardissa todetaan, että hätätyspysäytyksen on tapahduttava joko pysäytysluokan 0 tai 1 mukaisesti ja sen on ohitettava kaikki muut toiminnot kaikissa toimintatavoissa. Lisäksi koneen toimilaitteilta, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen, on poistettava teho joko välittömästi tai oh-

jattava niin, että vaaraa aiheuttava liike pysähtyy mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta muita vaaratekijöitä. (SFS EN60204-1 2006, 88)

Sorvin pysäytysluokka on 0. Siinä energian syöttö katkaistaan välittömästi pysäytyskäskyn jälkeen. Hallittuun ja riittävän nopeaan liikkeen pysäyttämiseen voidaan tarvittaessa apuna käyttää jousivoimalla toimivia jarruja, ellei pysähtymisaika muuten ole riittävän lyhyt. (Siirilä & Kerttula 2007, 133)

Hätäpysäytyslaitteen ohjaimen on oltava väriltään punainen ja sen taustan keltainen. Ohjaimen on oltava helposti tavoitettavissa. Se asennettiin kiinteästi sorviin, josta sen tavoittaa joko kädellä tai jalalla. (Kuva 7) (SFS EN60204-1 2006, 102)



Kuva 7. Hätä-seis painike

4.1.5 Ohjauspainikkeet

Ohjauspainikkeilla on eri käyttötarkoituksia ja niille on määritelty omat värikoodinsa. Taulukossa 8 on esitetty painikkeiden värit ja niiden merkitykset.

TAULUKKO 8. Painikkeiden värit merkityksineen (SFS EN60204-1 2006, 106)

| Väri | Merkitys | Selitys | Sovellutusesimerkkejä |
|---|----------------------------------|--|---|
| PUNAINEN | Hätä | Vaikuttaminen vaarallisessa tilanteessa tai hätätilanteessa | Hätäpysäytys Hätätoiminnon käynnistys (ks. myös 10.2.1) |
| KELTAINEN | Normaalista poikkeava | Vaikuttaminen normaalista poikkeavissa tilanteissa | Normaalista poikkeavan tilanteen lopettaminen Keskeytyneen automaattisen työkierron käynnistäminen |
| SININEN | Pakollinen | Vaikuttaminen pakollista toimintaa edellyttävissä tilanteissa | Kuittaustoiminto |
| VIHREÄ | Normaali | Vaikuttaminen normaalitilanteen käynnistämiseksi | (Ks. 10.2.1) |
| VALKOINEN | | | KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ (suositeltava) SEIS/POIS |
| HARMAA | Ei määriteltyä erikoismerkitystä | Yleensä toimintojen käynnistäminen lukuun ottamatta hätäpysäytystä (ks. huomautus) | KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ SEIS/POIS |
| MUSTA | | | KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ SEIS/POIS (suositeltava) |
| HUOM. Kun painikkeen tunnistamiseksi käytetään täydentäviä koodauskeinoja (esim. pintakäsittely, muoto tai sijainti) saa samaa väriä VAKOINEN, HARMAA tai MUSTA käyttää eri toiminnolle (esim. VAKOINEN: KÄYNNISTYS/PÄÄLLE- ja SEIS/POIS-painikkeille). | | | |

Sorvin ohjauksen pysäytyspainikkeen väriksi valittiin punainen. Painiketta valittaessa oli otettava huomioon myös taulukon 9 merkinnät. Sopivaa painiketta ympyrämerkinnällä ei ollut saatavissa, joten painike valittiin väritään punaiseksi sen huomioarvon takia.

TAULUKKO 9. Painikkeiden merkinnät (SFS EN60204-1 2006, 108)

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|
| KÄYNNISTYS tai PÄÄLLE | SEIS tai POIS | Painike, joka toimii vuorotellen KÄYNNISTYS- tai SEIS-painikkeena ja PÄÄLLE- tai POIS-painikkeena | Painike, joka toimii painettaessa KÄYNNISTYS- tai PÄÄLLE-painikkeena ja vapautettaessa SEIS- tai POIS-painikkeena (ts. pakkokäyttö) |
| IEC 60417-5007 (DB:2002-10) | IEC 60417-5008 (DB:2002-10) | IEC 60417-5010 (DB:2002-10) | IEC 60417-5011 (DB:2002-10) |
| | ○ | ⊞ | ⊞ |

Työssä ei ole varsinaista käynnistyspainiketta, vaan eteen ja taakse painikkeet. Painikkeisiin haluttiin myös ledvalot osoittamaan selkeästi pyörimissuuntaa. Painikkeiden väriä valittaessa oli otettava huomioon taulukon 10 merkkivalojen merkitykset. Väriksi valittiin vihreä, koska sitä taulukon 8 mukaan käytetään normaalitilan käynnistämiseksi ja taulukossa 10 vihreä ilmaisee tavanomaista tilaa.

TAULUKKO 10. Merkkivalojen värit (SFS EN60204-1 2006, 108)

| Väri | Merkitys | Selitys | Käyttäjän toimenpide |
|-----------|-----------------------|---|--|
| PUNAINEN | Hätä | Vaarallinen tila | Vaarallisen tilanteen edellyttämä välitön toiminta (esim. koneen syötön pois kytkeminen, vaarallisen tilan huomaaminen, koneesta erillään pysyminen) |
| KELTAINEN | Normaalista poikkeava | Normaalista poikkeava tila Kriittisen tilan uhka | Valvonta tai toimintaan puuttuminen (esim. tarkoitetun toiminnon uudelleen asettelu) |
| SININEN | Pakollinen | Käyttäjän toimintaa vaativan tilan ilmaisu | Pakollinen toiminta |
| VIHREÄ | Tavanmukainen | Tavanmukainen tila | Vaihtoehtoinen |
| VALKOINEN | Neutraali | Muut tilat: voidaan käyttää, kun PUNAISEN, KELTAISEN, VIHREÄN tai SINISEN soveltuvuus on epäselvä | Valvonta |

Kuvassa 8 on valmis ohjauslaatikko, jossa painikkeet on nimetty toimintojen selkeyttämiseksi.



Kuva 8. Ohjauslaatikko

4.1.6 Laitteiston suojaaminen

Standardi esittää toimenpiteitä laitteiston suojaamiseksi seuraavilta vaikutuksilta:

- Oikosulusta aiheutuva ylivirta
- Moottorin ylikuormitus ja/tai moottorin jäähdytyksen menettäminen
- Epätavallinen lämpötila
- Syöttöjännitteen häviäminen tai aleneminen
- Koneiden tai niiden osien ylinopeus
- Maasulku/vuotovirta
- Virheellinen vaihejärjestys
- Ukkosen tai kytkennän aiheuttama ylijännite (SFS EN60204-1 2006, 64)

Vacon NSX-sarjan taajuusmuuttaja sisältää suojaukset yllä olevilta vaikutuksilta. Erillisiä moottorinsuojakomponentteja ei tarvitse käyttää, vaan vian ilmaantuessa vikakoodi ilmaisee syyn. Vikakoodit on esitetty liitteessä 6. Vikoja on neljää erilaista tyyppiä, ja ne eroavat toisistaan sen perusteella, miten laite käyttäytyy vian ilmetessä. Nämä tyypit on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Vikatyypit (Vacon käyttöohje, 84)

| Vikatyypisymboli | Merkitys |
|-------------------------|--|
| A (Alarm) | Tämän tyyppinen vika on merkki poikkeavista käyttöolosuhteista. Se ei aiheuta laitteen pysähtymistä, eikä vaadi erityistoimenpiteitä. "A-vika" näkyy näytöllä n.30 sekuntia. |
| F (Fault) | "F-vika" aiheuttaa laitteen pysähtymisen. Vaatii toimenpiteitä, jotta laite voitaisiin käynnistää uudelleen. |
| AR (Fault Autoreset) | Myös "AR-vian sattuessa laite pysähtyy välittömästi. Vika kuittaautuu automaattisesti ja laite yrittää käynnistää moottorin uudelleen. Lopulta, jos uudelleen käynnistys ei onnistu, seurauksena on vikalaukaisu FT. |
| FT (Fault Trip) | Mikäli laite ei pysty käynnistämään moottoria uudelleen AR-vian ilmettyä seuraa FT-vika. "FT-vian" vaikutus on sama kuin F-vian: laite pysähtyy. |

5 RISKIN ARVIOINTI

5.1 Käyttörajat

"Riskin arviointi alkaa koneen raja-arvojen määrittämisellä ottaen huomioon koneen elinkaaren kaikki vaiheet. Käyttörajiin sisältyy tarkoitettu käyttö ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö". (SFS-EN ISO 12100 2010, 36)

Sorvia saa käyttää vain henkilöt, jotka ovat saaneet opastavan koulutuksen sen käyttöön. Tiilaan, jossa sorvi sijaitsee, ei ole mahdollista päästä ilman erityislupaa. Luvan saaminen edellyttää tilakohtaisen koulutuksen, jossa työtilan riskit tulevat esille.

5.2 Vaarojen tunnistaminen

Vaarojen tunnistamisen apuna käytetään SFS-EN ISO 12100 liitteen B esimerkkejä vaaroista. (Liite 7)

5.2.1 Pyörivät kone-elimet

Sorvin karan pyöriessä on vaara, että käsi tai vaatteet voivat takertua siihen. Sorvin terä voi aiheuttaa viillon, jos käsi takertuu liikkuviin osiin. Alennusvaihteen hihnaa vaihdettaessa voi sorvin tahaton käynnistyminen aiheuttaa vaaratilanteen. Seurauksena voi olla henkilö- tai materiaali- vahinkoja.

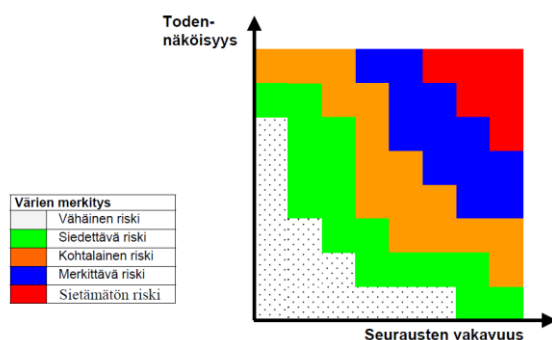
5.2.2 Sorvausjäte

Sorvatesa voi sinkoutua sorvausjätettä käyttäjää kohti. Myös rikkoutuneet sorvin terät voivat aiheuttaa vaaran. Seurauksena voi olla silmävaurio tai viiltohaavoja.

5.3 Riskin suuruuden arviointi

Koneessa olevien vaaratekijöiden tunnistamisen jälkeen kuhunkin vaaratekijään liittyvä riski on arvioitava sopivaksi katsotulla menetelmällä. (TJS 91 2009, 51)

”Riski on yhdistelmä vaaratekijän aiheuttamien mahdollisten seurausten vakavuudesta ja näiden seurausten toteutumisen todennäköisyydestä.” Työsuojeluhallinnon julkaisussa 91: käyttöasetuksen soveltamissuosituksia riski on jaettu viiteen tasoon, joka riippuu seurausten vakavuudesta sekä toteutumisen todennäköisyydestä (kuvio 5). (TJS 91 2009, 51)



Kuvio 5. Seurausten vakavuus ja tapahtuman todennäköisyys (TJS 91 2009, 51)

Tapio Siirilän & Tuija Kerttulan Koneturvallisuuden perusteet –kirjassa seurauksien arviointi tapahtuu asteikolla 1-100 ja toteutumisen todennäköisyys asteikolla 0,1-1. Riskille saadaan sitä kuvaava lukuarvo kertomalla seuraukset ja todennäköisyys. Riskit jaetaan viiteen eri tasoon taulukon 12 mukaan. Riski on riittävän pieni, kun se on siedettävä tai vähäinen.

TAULUKKO 12. Riskien tasot (Siirilä & Kerttula 2007, 47)

| | |
|-------------|------------|
| Vähäinen | 0,1 ... 5 |
| Siedettävä | 6 ... 15 |
| Kohtalainen | 16 ... 28 |
| Merkittävä | 29 ... 48 |
| Sietämätön | 49 ... 100 |

TAULUKKO 13. Riskit alkujaan

| Vaaratekijä | | Riski alkujaan | | | Toteutettavat turvallisuustoimenpiteet |
|-------------|---|----------------|----------------|-------|---|
| | | Seuraukset | Todennäköisyys | Riski | |
| 1 | Käden tai vaatteen takertuminen pyörivään karaan. | 80 | 0,3 | 24 | Hätä-seis painikkeella sorvin nopea pysäyttäminen vaaratilanteessa. |
| 2 | Sorvausjätteen, tai sorvin terän sinkoutuminen. | 100 | 0,5 | 50 | Sorvin käyttö mahdotonta ilman lastensuojaa. |
| 3 | Käden tai vaatteen takertuminen hihnan väliin. | 80 | 0,3 | 24 | Portaaton nopeuden säätö, hätä-seis painike ja turvakytin. |
| 4 | Käden tai vaatteen takertuminen rattaiden väliin. | 80 | 0,3 | 24 | Hätä-seis painike ja turvakytin |

TAULUKKO 14. Riskit turvallisuustoimenpiteiden jälkeen

| Vaaratekijä | | Riski toteutettavien turvallisuus toimenpiteiden jälkeen | | |
|-------------|---|--|----------------|-------|
| | | Seuraukset | Todennäköisyys | Riski |
| 1 | Käden tai vaatteen takertuminen pyörivään karaan. | 80 | 0,1 | 8 |
| 2 | Sorvausjätteen, tai sorvin terän sinkoutuminen. | 100 | 0,1 | 10 |
| 3 | Käden tai vaatteen takertuminen hihnan väliin. | 80 | 0,1 | 8 |
| 4 | Käden tai vaatteen takertuminen rattaiden väliin. | 80 | 0,1 | 8 |

Taulukossa 13 on riskit ennen sorville tehtyjä turvallisuustoimenpiteitä ja taulukossa 14 sen jälkeen. Riski oli ennen kohtalainen tai sietämätön, mutta se saatiin siedettävälle tasolle. Näin riskin pienentämistavoite on saavutettu, ja sorvin käytön voidaan todeta olevan turvallista.

Kaikkia riskejä ei voida kuitenkaan poistaa, vaan käyttäjältä vaaditaan huolellisuutta ja käyttöohjeiden noudattamista. Suurin turvallisuusriski oli sorvin mahdollinen käyttö ilman lastunsuojaa. Riski eliminointiin asentamalla rajakytkin valvomaan lastunsuojan asentoa, jolloin sorvin käyttö on mahdotonta ilman että lastunsuoja on alhaalla.

6 MUUTOSTEN KUSTANNUKSET

Sorvin modernisoinnin kustannuksiin on laskettu vain tilatut tarvikkeet ja komponentit. Liitteessä 5 (osaluettelo) on esitetty kaikki käytetyt tarvikkeet ja komponentit, joista suurin osa saatiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähkötyöpajan varastoista. Taulukossa 15 on kustannuslaskelma sorvin modernisoinnista.

TAULUKKO 15. Kustannuslaskelma

| Elfa | | | |
|----------------------|-------------------|-----------------|-------|
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| Vihreä painike led | 23 216 67 | 24,60 € | 2 |
| Punainen painike | 23 207 40 | 6,91 € | 1 |
| Potentiometri | 64-848-28 | 17,30 € | 1 |
| Potentiometrin nuppi | 38-125-91 | 17,40 € | 1 |
| Kontaktori | 38 601 06 | 86,50 € | 3 |
| Ensto | | | |
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| Cubo-S kotelo | 3443430 | 17,80 € | 1 |
| Rittal | | | |
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| AE-kytkentäkaappi | 3404629 | 200 € | 1 |
| Onninen | | | |
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| Turvakytkin | 3600454 | 28,70 € | 1 |
| ABB | | | |
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| Kuormankytkin | 36 012 03 | 34,95 € | 1 |
| Vacon | | | |
| Tuote | Sähkö/tuotenumero | Hinta/kpl alv0% | Määrä |
| Taajuusmuuttaja | NXS00035A2H1SSSA1 | 322,00 € | 1 |
| Oviasennussarja | DRA-02B | 98 € | 1 |
| Hinta yhteensä alv0% | | | |
| 854,16 € | | | |

7 TODENTAMINEN

Todentamisen laajuus tietyille konetyypeille esitetään niille tarkoitetuissa tuotestandeissa. Jos koneelle ei ole sille tarkoitettua tuotestandardia, todentamisen on sisällettävä aina seuraavat kohdat: (SFS EN60204-1 2006, 158)

- Todennetaan, että sähkölaitteisto on teknillisen dokumentaation mukainen
- Kun kosketusjännitesuojaus toteutetaan syötön automaattisella poiskytkennällä, sille asetetut ehdot on toteuduttava
- Eristysresistanssimittaus (mahdollisesti)
- Laitteiston testaus

7.1 Aistinvarainen tarkastaminen

Aistinvarainen tarkastaminen tehdään yleensä ennen testausta koko asennuksen ollessa jännitteettömänä. Siinä on tarkastettava, että kiinteään asennukseen kuuluvat sähkölaitteet täyttävät seuraavat vaatimukset. (SFS 6000-6 2008, 355)

- Ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia
- Eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita.
- Ovat standardin SFS-EN 60204-1 vaatimusten ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja

Tarkastuksia tehdessä on otettu huomioon liitteen 4 kohdat.

7.2 Tarkastusmittaukset

Mittaukset suoritettiin PROFITEST Mtech mittaus- ja testauslaitteella. Kyseisellä laitteella pystyi tekemään myös oikosulkumittaukset, jotka vaadittiin työhön. Sähkökoneiden testaus SFS EN60204-1:2006 Koneiden sähkölaitteistot mukaan vaaditut mittaukset voidaan tehdä kyseisellä laitteella.

Mittauksia tehdessä oli otettava huomioon Vaconin ohjeet eristysresistanssin mittaukseen (liite 10). Mittauksista saadut tulokset ovat taulukossa 16.

TAULUKKO 16. Tarkastusmittaus tulokset

| | Vaadittu | Mitattu | Tila |
|--------------------------|----------|---------|------|
| Suojajohdinpiirin vastus | <1Ω | 0,06Ω | OK |
| Eristysresistanssi | >1MΩ | >500MΩ | OK |
| Syötön oikosulkuvirta | >184A | 589A | OK |

7.3 Muut vaatimukset

EMC-vaatimusten täyttyminen todennettiin luvussa 3.1.3 tehtyjen valintojen pohjalta. Näihin oli otettu huomioon Vaconin antamat ohjeet.

Johtimien mitoitus oli tehty Vaconin ohjeiden mukaan, joka on esitetty taulukossa 17. Työssä käytetyt johtimet on esitetty kappaleessa 3.1.3.

TAULUKKO 17. Vaconin ohjeet johtimien ja sulakkeiden mitoitukseen (Vacon käyttöohje, 45)

| Koko-luokka | Tyyppi | I_L [A] | Sulake [A] | Verkko- ja moott.kaap. Cu [mm ²] | Liittimien kaapelikoot | |
|-------------|-----------------|--------------|---------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | | Pääliitin [mm ²] | Maad.liitin [mm ²] |
| FR4 | NX0004 2—0008 2 | 3—8 | 10 | 3*1.5+1.5 | 1—4 | 1—4 |
| | NX0003 5—0009 5 | 3—9 | | | | |

Sorvilta oli löydyttävä myös seuraavat dokumentit:

- Taajuusmuuttajan käyttöohje
- Piirikaaviot
- Sorvin käyttöohje

Testauksessa oli tarkoitus selvittää toimiiko sorvin uusi ohjaus, kuten on tarkoitus. Tätä varten suoritettiin testisorvaus, jolla laitteisto todettiin toimivaksi. Koneeseen kiinnitetään käyttöönotto-päivämäärä ja maininta standardista SFS-EN 60204-1:2006 minkä mukaan todentaminen on tehty.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Sorvin modernisointiprosessi oli työläs toteuttaa, koska tehtävässä ei jääty vain suunnitteluasteelle, vaan työ rakennettiin myös fyysisesti. Suunnitelmat elivät rakentamisen aikana ilmenneiden ongelmien takia. Rakennusprosessi oli oleellinen osa työtä, koska siinä pääsi korjaamaan ilmenneet virheet, ja näin oppi ymmärtämään, mistä ne johtuivat. Rakentaminen sijoittui syys- ja joulukuun 2011 väliselle ajalle vieden näin ison osan opinnäytetyölle suunnatusta ajasta.

Työssä käytetyt materiaalit ja komponentit löytyivät suurimmaksi osaksi varastosta, joten rakennuskustannukset eivät nousseet pilviin. Osa komponenteista oli myös käytettyjä, jotka saatiin purkamalla ne vanhoista laitteista. Tämä laski myös valmistuskustannuksia. Näin voi todeta, että vanhan sorvin modernisointi kannatti koska uusi maksaisi moninkertaisesti enemmän.

Sorvin lähtökohta oli se, että turvallisuusvaatimukset eivät täyttyneet. Tähän lähdettiin hakemaan muutosta, ja samalla pyrittiin parantamaan käytettävyyttä. Suurimmat muutokset kohdistuivat turvallisuuteen. Hätä-seis- ja turvakytkimien lisääminen pienensivät oleellisesti käyttäjään kohdistuneita riskejä, ja lastunsuojan pakotettu käyttö poisti huolimattomuudesta johtuvat vaaratilanteet. Sorvin karan pyörimissuunnan mekaaninen valinta muutettiin toimimaan painonapeilla ja kontaktoreilla. Näin tahaton käynnistyminen ei ole enää mahdollista sähkökatkon jälkeen, pitopiirin katketessa, koska taajuusmuuttaja siirtyy alkutilaan. Näin käynnistyminen vaatii käyttäjän antaman suuntakäskyn.

Pyörimisnopeuden säätäminen muutettiin portaattomaksi entisen neliportaisen säädön sijaan, joka edellytti hihnan paikan vaihtoa. Tämä mahdollistaa tarkemman säädön, kun halutaan saada mahdollisimman hyvä sorvausjälki eri materiaaleille. Nopeuden valinta on näin myös helpompaa, koska hihnan paikkaa ei tarvitse enää vaihtaa. KytKentäkaapin etuseinään asennetusta taajuusmuuttajan näytöstä on luettavissa moottorin pyörimisnopeus ja tästä muuntokertoimen avulla karan pyörimisnopeus. Käyttäjän kannalta tarkempaan pyörimisnopeuden mittaamiseen ei ole tarvetta.

Sorvin muuttaminen taajuusmuuttaja ohjatuksi onnistui hyvin, ja siitä saatiin toiminnaltaan suunnitelmien mukainen. Merkittyjen kaapeleiden ja liitteinä olevien dokumenttien pohjalta huolto ja kunnostustyöt onnistuvat helposti. Tämä helpottaa tulevaisuudessa tehtäviä toimenpiteitä. Uudesta käyttöohjeesta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen, jotta sorvin käyttö on mahdollisimman helppo omaksua. Sorville tehty todentaminen todisti sen olevan standardien mukaisesti suunniteltu ja rakennettu.

LÄHTEET

IEC 60034-1. ABB. TT-käsikirja

Lauri Hietalahti. Säädetty sähkömoottorikäytöt. 2011. Tammertekniikka.

Lauri Aura & Antti J.Tonteri. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. 1996.
Werner Söderström osakeyhtiö

Myford Super 7 Lathe. Operation, installation and maintenance.

Myford lathes
<http://www.lathes.co.uk/myford/>

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. 2010. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto

SFS 6000-6 Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2008. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto

SFS-EN60204-1. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. 2006. Helsinki:
Suomen Standardisointiliitto

Työsuojelujulkaisuja nro 91. Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. 2009. Tampere.
Työsuojeluhallinto

Työsuojelujulkaisuja nro 57. Koneturvallisuus – Säädökset ja soveltaminen. 2009. Tampere.
Sosiaali- ja terveysministeriö, Työ-suojeluosasto.

Tapio Siirilä & Tuiri Kerttula. Koneturvallisuuden perusteet. 2007. Otavan Kirjapaino Oy

Vacon NX-taajuusmuuttajat käyttöohje

Vacon NX-taajuusmuuttajat sovellusopas

VTT tiedotteita 2359 Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2359.pdf>