

Vesileikkaussovelluksen ohjauksen kehitys

Ville Huhtala

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

HUHTALA, VILLE:
Vesileikkaussovelluksen ohjauksen kehitys

Opinnäytetyö 22 sivua
Toukokuu 2020

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vesileikkaussovelluksen ohjauksen kehitystä. Työssä on korvattu vanhalla tekniikalla rakennettujen koneiden vesileikkaukoneiden ohjauskomponenttien vaihtaminen uudemman sukupolven komponentteihin. Uusi ohjaus myös sallii joustavan koneiden suunnittelun ja graafiset toteutukset

Työssä käydään läpi ongelmia, joita esiintyy vanhojen komponenttien käyttämisessä ja uudempien komponenttien tarjoamat mahdollisuudet.

Opinnäytetyö käsittelee kaupalliseen käyttöön tehtyjä tuotteita, joita Muototerä Oy myy, eikä täten tässä työssä voida esittää tarkkoja tietoja käytetyistä komponenteista tai menetelmistä. Opinnäytetyö keskittyy ohjauksen käyttöliittymän suunnitteluun.

Asiasanat: vesileikkaus, ohjauksen päivitys, sukupolven vaihto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

HUHTALA, VILLE:
Water Jet Machine Control Development

Bachelor's thesis 22 pages
May 2020

The focus of this thesis is the development of water jet cutting machine control. The thesis introduces how older generation technology components are replaced with components of a new generation. The new controller also allows for more flexible machine design and graphical implementations.

The thesis explains problems of using old components and the possibilities offered by the new components.

This thesis reveals products that are made for commercial use and sold by Muototerä Oy. Due to confidentiality issues, thesis cannot provide specific information about components and working methods.

Key words: water jet cutting, control update, new generation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU	7
	2.1 Ben Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä käyttöliittymän suunnitteluun.....	8
	2.2 Jakob Nielsenin säännöt käyttöliittymän suunnitteluun	9
	2.3 Käyttöliittymän kehitysmallin neljä pääkohtaa	10
3	HAASTEET	12
	3.1 Vanhentuva tekniikka	12
	3.2 Käyttöliittymän rajoitteet	12
	3.3 Heikosti moduloitavissa oleva rakenne	13
	3.4 Koneturvallisuusstandardit	14
	3.5 Ohjauksen mukana kulkevat ylimääräiset ominaisuudet	14
4	RATKAISUT	16
	4.1 Uuden tuoteperheen komponentit	16
	4.2 HMI-paneeli.....	16
	4.3 Modulaarisuus.....	18
	4.4 Liikkeenohjauksen turvallisuus.....	19
	4.5 Vikadiagnostiikka	20
5	POHDINTA	21
	LÄHTEET	22

LYHENTEET JA TERMIT

B&R	Bernecker & Rainer
GPU	Graphical User Interface
HMI	Human-Machine Interface
LOI	Local Operator Interface
MMI	Man-Machine Interface
OIT	Operator Interface Terminal
OT	Operator Terminal
PLC	Programmable Logic Controller
Powerlink	ethernet väyläteknikka

1 JOHDANTO

Muototerä Oy on valmistanut vesileikkauslaitteita jo vuodesta 1987 ja edelleen osa alkuvaiheiden koneista on edelleen tuotannossa. Pyrimme antamaan tukea kaikkiin valmistamiimme laitteistoihin, jolloin on äärimmäisen tärkeää käyttää mahdollisimman uusia ja valmistuskaarensa alkupään tuotteita, jolloin varaosien saatavuus on myös hyvä.

Olemme käyttäneet koneissa B&R:n ohjausta jo useita vuosia, joten tuntui luontevalta pysyä saman valmistajan komponenteissa. Perimmäinen syy lähteä kehittämään ohjausta oli käytössä olevien komponenttien saapuminen valmistuskaarensa loppupuolelle. Tämä tarkoittaa, ettei kriittisiä komponentteja enää valmisteta ja tavoitteena on valmistaa laitteistoja teollisuudelle, jotka ovat käytössä vähintään 20 vuotta. On äärimmäisen tärkeää turvata huoltokomponenttien saatavuus.

Toimin kehitysprojektissa automaation esimiehenä, jonka tehtäviin kuului ohjeistaa käyttöliittymän visuaalinen ilme sekä huolehtia ohjauksen helposta käytettävyydestä loppukäyttäjän näkökulmasta. Tein myös sähkösuunnittelun piirikaaviot ja layoutit.

Työssä keskitytään uuden käyttöliittymän suunnitteluun, haasteisiin ja keskeisiin ratkaisuihin, jotka palvelevat teollisuuden tarpeita nyt ja tulevaisuudessa. Työssä pohditaan hyvän käyttöliittymän ratkaisuja ja pääkohtia, joilla nämä ratkaisut saavutetaan. Työ keskittyy nykyisen konekannan ongelmiin ja haasteisiin, josta päästään nykyisiin ratkaisuihin ja toteutustapaan.

2 KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU

HMI (Human-Machine Interface) on käyttäjän rajapinta, joka yhdistää operaattorin koneeseen, järjestelmään tai laitteistoon. Termiä voidaan soveltaa kaikkiin näyttöpäätteisiin, jotka mahdollistavat käyttäjän kommunikoinnin laitteistoon. Yleisesti HMI-termiä käytetään teollisuuden sovellusten yhteydessä.

HMI on yleisin käytetty termi tässä teknologiassa ja seuraavia termejä voidaan myös käyttää MMI (Man-Machine Interface), OIT (Operator Interface Terminal), LOI (Local Operator Interface) tai OT (Operator Terminal). HMI ja GUI (Graphical User Interface) ovat samankaltaisia mutteivat kuitenkaan synonyymejä. GUI on enemmänkin käyttöliittymän visualisointia. (Inductive automation 2018)

Käyttöliittymän tarpeellisuus teollisuuden näkökulmasta on laitteiston toiminnallisuuden seuraaminen ja reagoida tuotannon muuttuviin tarpeisiin, jotka lisäävät tehokkuutta ja pienentävät seisakki aikoja. Nämä edus ovat seurausta parannetuista diagnostiikasta ja luettavuudesta.

Käyttöliittymän suunnittelu nojautuu seuraaviin kohtiin:

- toimivuus erilaisten ohjelmistokomponenttien välillä
- ohjelmiston, kenttälaitteiden ja käyttäjän antamien tietojen käsittely
- käyttäjälle miellyttävä tapa kommunikoida ohjelmiston kanssa

Teknologia kehitys tarjoaa monia mahdollisuuksia kehittää graafista käyttöliittymää aikaisempaan verrattuna. Laitteiden kasvaneet laskentateho ja graafinen näyttävyyys ovat parantuneet huomattavasti. Kuitenkin monet graafiset käyttöliittymät sisältävät monia ongelmia, ovat vaikeita käyttää, sekavia, anteeksiantamattomia ja tuskastuttavia.

ISO 9241-standardi selventää muutamaa pääasiallista näkökohtaa millainen käyttöliittymän on oltava. (ISO 9241-11:2018)

- Sopiva kyseiseen tehtävään: kyettävä tarjoamaan käyttäjälle tapa suorittaa tehtävä tehokkaasti.
- Käyttöliittymä on arvettava: jokainen toiminto on oltava helppotajuinen tai selvitetty käyttäjän pyynnöstä.

- Hallittavissa: käyttäjän on mahdollista hallita suuntaa ja nopeutta
- Sallittava virheet: ohjauksen on hallittava käyttäjän virheellinen käyttö ja ilmoittaa käyttäjälle.
- Muokattavuus: käyttöliittymässä on oltava mahdollisuus muokata tehtävän mukaan, yksilöllisen mieltymyksen ja käyttäjän taitotason mukaan.
- Ohjeistettavuus: käyttöliittymän on tarjottava ohjeita ja opastusta, jotta käyttäjä voisi oppi käyttämään järjestelmää.

2.1 Ben Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä käyttöliittymän suunnitteluun

Käyttöliittymän suunnittelussa pyritään noudattamaan tiettyjä lainalaisuuksia, jotta näiden käyttö olisi yksinkertaista ja loogista. Alla on listattuna Ben Shneidermanin ajatukset hyvän käyttöliittymän suunnitteluun. (Oshana, R & Kraeling, M)

1. Yhteneväisyys: pyrkiä tekemään yhteneväisiä toimintoja samankaltaisissa toiminnoissa. Terminologia olisi sama ohjeissa, valikoissa ja ikkunoissa. Komennot olisi myös pidettävä koko ajan samoina.
2. Usein käytettävät toiminnot pitäisi olla helposti käytettävissä: Toiminnon käyttöasteen lisääntyessä käyttäjä haluaa vähentää tehtäviä toimintoja ja käyttää pikakuvakkeita. Funktiot, piilotetut toiminnot eivät palvele peruskäyttäjää ollenkaan normaalissa käytössä.
3. Informatiivinen palaute: Kaikista käyttäjän tekemistä toiminnoista pitäisi tulla ohjaukselta tietoa takaisin päin tehdyistä toiminnoista. Usein käytetyistä ja vähäisistä toiminnoista palaute voi olla vaatimatonta. Harvinaisista ja radikaaleista toiminnoista ilmoitus on välttämätön ja se pitää tuoda käyttäjälle tiedoksi selkeästi.
4. Toimintojen onnistuminen: Informatiivinen palaute käyttöliittymästä antaa käyttäjälle onnistumisen tunteen osaamisestansa.
5. Tarjota virheetön käyttö: Käyttäjän tekemät virheet pitää pyrkiä minimoimaan. Mahdollisesti estää toimintoja tapahtumasta, jos se voi aiheuttaa vakavia seurauksia. Jos virheen mahdollisuutta ei voida estää, järjestelmän on tunnistettava virhe ja tarjottava helposti ymmärrettävä mekanismi käyttäjälle korjata virhe.

6. Sallia lupa yksinkertaisiin muutoksiin: Helpottaa uskallusta käyttää toimintoja, kun käyttäjä tietää voivansa palauttaa tekemänsä muutokset takaisin, täten rohkaisee tutkimaan outoja toimintoja. Palauttaminen takaisin alkuperäiseen voi olla toteutettu yksinkertaisesti yhdellä toiminnolla.
7. Tukee sisäistä sijaintia: Edistyneemmät käyttäjät haluavat tuntea olevansa hallussa järjestelmästä. Järjestelmä on suunniteltava siten että käyttäjä tuntee tekevänsä toiminnot eikä ole sivustaseuraaja.
8. Vähentää lyhytaikaista muistin käyttöä: Ihmisen lähimuisti on rajallinen eikä pysty käsittelemään useita asioita yhtä aikaa. Tästä syystä näytettävä informaatio on pidettävä yksinkertaisena. Käyttöliittymästä on saatava muistintueksi riittävästi ja helposti ymmärrettävässä muodossa opastusta.

2.2 Jakob Nielsenin säännöt käyttöliittymän suunnitteluun

Käyttöliittymän suunnittelun ohjeet Jacob Nielsenin mukaan esitelty alla (Nielsen Jacob 1994)

1. Järjestelmän tila: Järjestelmän pitäisi aina pitää käyttäjä ajan tasalla siitä, mikä on käynnissä asianmukaisen palautteen kautta kohtuullisessa ajassa.
2. Ymmärrettävyys: Järjestelmän pitäisi pysyä ilmaisemaan käyttäjän ymmärtämässä kielessä lauseiden ja käsitteiden avulla, jotka ovat tuttuja käyttäjälle.
3. Käyttäjän valvonta ja vapaus: Käyttäjät valitsevat usein järjestelmän toiminnot virheellisesti ja tarvitsevat selkeästi ilmoitetun paluu mahdollisuuden poistua kseen ei toivotusta tilasta mahdollisimman yksinkertaisesti.
4. Johdonmukaisuus ja standardit: Käyttäjän ei pitäisi arvuutella ovatko eri sana, tilanteet tai toimet samaa asiaa.
5. Virheiden estäminen: Hyvää virheilmoitusta parempi on huolellinen suunnittelu, joka estää mahdollisen ongelman muodostumisen. Estä virheen mahdollisuus tai hyväksyt ne käyttäjälle ennen kuin käyttövirhe tapahtuu.
6. Tunnistaminen ennen muistamista: Vähennä käyttäjän muistettavia asioita luomalla helppoja objekteja ja toimintoja. Käyttäjän ei tarvitse muistaa

aikaisempia tehtyjä toimintoja. Ohjeiden tulee olla näkyvissä tai helposti saatavilla, kun on tarpeen.

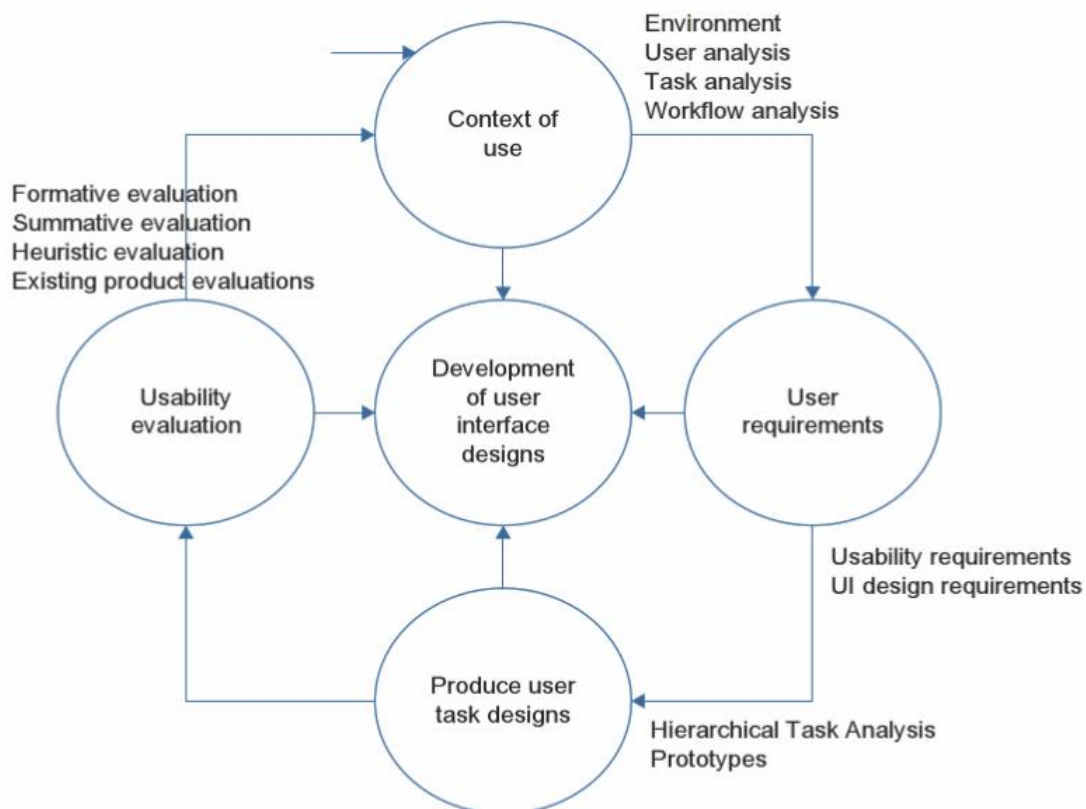
7. Joustavuus ja käytön tehokkuus: Pikatoiminnot, joita peruskäyttäjä ei näe, voivat nopeuttaa kokenutta käyttäjää siten, että järjestelmä pystyy palvelemaan kokeneita käyttäjiä sekä uusia käyttäjiä. Sallia käyttäjän itse muokata käyttöliittymän toimintoja.
8. Esteettinen ja minimalistinen muotoilu: Ilmoitukset ei eivät saisi sisältää tietoja, jotka ovat merkityksettömiä tai joita tarvitaan harvoin. Jokainen ylimääräinen ilmoitus heikentää tärkeiden ilmoitusten suhteellista näkyvyyttä.
9. Auta käyttäjiä tunnistamaan, diagnosoimaan ja palauttamaan virheitä: Virheilmoitukset tulee ilmaista yksinkertaisella kielellä (ei koodeja), ratkaista ongelma ja ehdottaa ratkaisua.
10. Ohje ja dokumentaatio: On parempi, jos järjestelmään voisi käyttää ilman dokumentointia, voi olla tarpeen antaa apua ja dokumentteja. Tällaisten tietojen pitäisi olla helposti etsittäviä, keskittyneet käyttäjän tehtävään, luetella konkreettiset vaiheet, jotka on suoritettava, eikä niiden pitäisi olla liian laajoja.

2.3 Käyttöliittymän kehitysmallin neljä pääkohtaa

Käyttöliittymän kehitysmallin yleiset ohjeet, joihin pyritään nojautumaan (Oshana, R & Kraeling, M)

1. Ymmärrettävä käytön asiayhteys: Tämä vaihe kohdentuu eri käyttäjiin, jotka käyttävät järjestelmää. Vaihe keskittää käyttäjän, tehtävän, sisällön ja työympäristön. Suunnittelija selvittää eri malleja järjestämätöiminnoista ja havainnollistaa niitä rajaamalla ihmisen ja koneen tehtäviin.
2. Selvittää käyttäjän vaatimukset: Määrittelee toiminnot, jotka käyttäjä tarvitsee toimintoihin.
3. Suorittaa käytettävyyssarviointi: Käyttäjän edustajan on vahvistettava käyttöliittymän toimivuus. Yleensä ensin tehdään prototyyppi versio, jota käyttäjä voi arvioida.

4. Selvittää käyttäjäliittymän malli: Käydään läpi toiminnot ja käyttäjäliittymän graafinen ilme. Tämä vaihe käydään käyttäjän kanssa lävitse, jolloin käyttäjä pääsee kokeilemaan käytettävyyttä.



KUVA 1. Käyttäjäliittymän kehityksen pääkohdat (Oshana, R & Kraeling, M)

3 HAASTEET

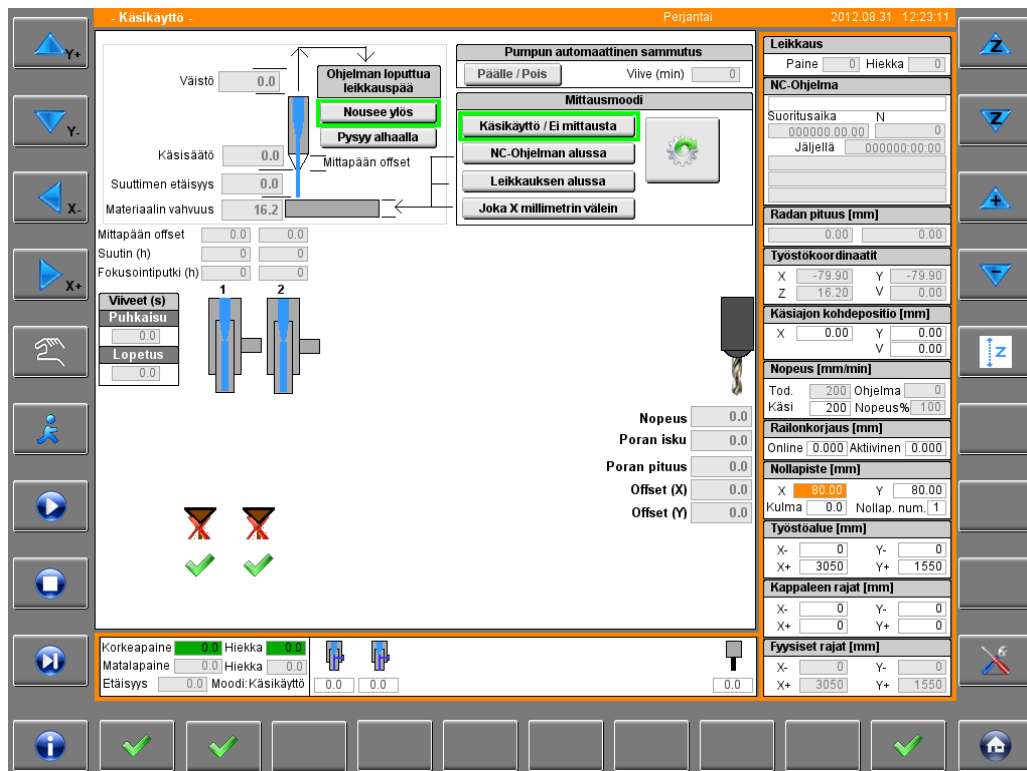
Käytämme B&R:n (Bernecker & Rainer), joka on nykyään ABB:n omistama tytäryhtiö (ORF news 2017) valmistamaa ohjausta ja liikkeenohjausta nykyisissä vesileikkausjärjestelmissämme, jotka ovat olleet käytössä jo useita vuosia. Vaihtaminen toisen valmistajan ohjaukseen olisi ollut turhan suuri muutos ja B&R tarjoaa myös uudempaa tuoteperhettä, joka osoittautui varsin kiinnostavaksi ratkaisuksi.

3.1 Vanhentuva tekniikka

Nykyisin käyttämiemme komponenttien valmistuksen loppuminen häämöttää lähitulevaisuudessa, eikä pitkän elinkaaren järjestelmissä voida käyttää pian markkinoilta poistuvia komponentteja. Kaikkia ominaisuuksia ei voida toteuttaa tämän sukupolven komponenteilla.

3.2 Käyttöliittymän rajoitteet

Nykyinen 15"-näyttö (Kuva 2) käy ahtaaksi suuren tietomäärän esittämiseksi ja tämä pakotti tekemään valikoita valikoiden alle, jotka ovat käyttäjille haasteellisia ja sekavia käyttää. Nykyinen 15"-näyttö on tekniikaltaan kapasitiivinen kosketusnäyttö, jonka käyttäminen on mahdotonta hanskat kädessä. Työskentely koneella on varsinkin abrasiivihiekan kanssa likaista, joten operaattorilla on lähes poikkeuksetta hanskat kädessä työskentelyn yhteydessä. Ideologiamme koneen käyttöön pitäisi tarjota mahdollisimman helppo ja vaivaton koneen käyttö ja hanskojen riisuminen näytön operoinnin ajaksi ei tue tätä.



KUVA 2. Kuvakaappaus vanhasta 15” paneelista

3.3 Heikosti moduloitavissa oleva rakenne

Nykyiset komponentit eivät salli joustavuutta eri konekonfiguraatioiden välillä vaan pakottivat jokaisen konfiguraation tiettyihin komponentteihin ja tiettyyn ohjelmistoversioon. Tämä aiheuttaa jokaisen sovelluksen kohdalla huomattavan määrän määrittelyä, suunnittelua ja työtä.

Jokaiselle servomootorille on oma vahvistimensa, jotka ovat sähkökeskuksen suurimpia yksittäisiä komponentteja, joista jokainen tuottaa lämpöhäviötä keskuksen sisälle. Servomootoreille viedään kaksi kaapelia, joista toinen on moottorin ohjaus ja toinen takaisinkytkentä moottorin paikkatiedosta. Nämä lisäävät merkittävästi kustannuksia koneen asennuksessa ja varaosien varastointiin (Kuva 3).



KUVA 3. Valokuva vanhasta keskuksesta

3.4 Koneturvallisuusstandardit

Nykyiset kiristyneet koneturvallisuusstandardit vaativat liikkeen ohjaukselta paljon ja nykyisillä komponenteilla ainoa vaihtoehto saavuttaa vaadittava turvallisuus taso on katkaista energia moottoreilta ja toimilaitteilta. Tämä lisää johdotusta ja katkaisevia komponentteja järjestelmään. Näistä tilanteista elpyminen on myös turhan monimutkainen prosessi ja aiheuttaa turhia viiveitä koneen käyttöön.

3.5 Ohjauksen mukana kulkevat ylimääräiset ominaisuudet

Kuten kappaleessa 3.3 mainittiin jokaisen konfiguraation olevan uniikki, tämä aiheuttaa myös sen, ettei jokaista sovellusta ole tehty alusta vaan taustalla pyörii paljon erinäisiä ominaisuuksia, joita koneisiin on lisätty vuosien varrella. Useat lisäominaisuudet ovat olleet vain yhdessä sovelluksessa, mutta mahdollisten

ohjelmistopäivitysten sopiminen kaikkiin koneisiin vaatii kaikkien ominaisuuksien mukana kuljettamista. Tästä on tullut rajallisen laskentatehon vuoksi. Jokaisen erilaisen konfiguraation hallinta on varsin raskasta meille ja tämä vaikeuttaa merkittävästi ongelmien ratkaisua.

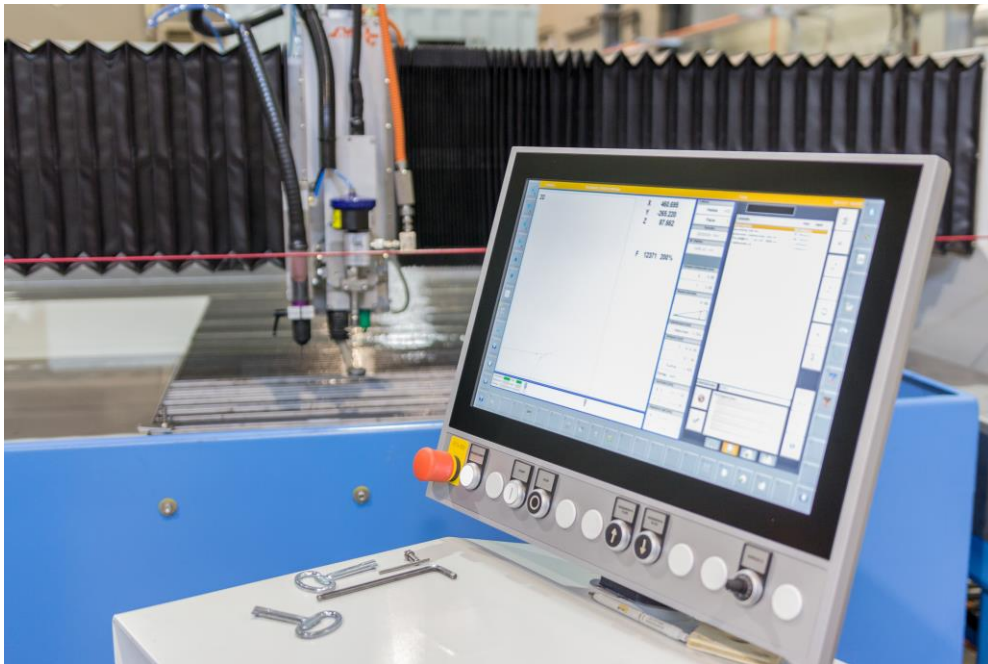
4 RATKAISUT

4.1 Uuden tuoteperheen komponentit

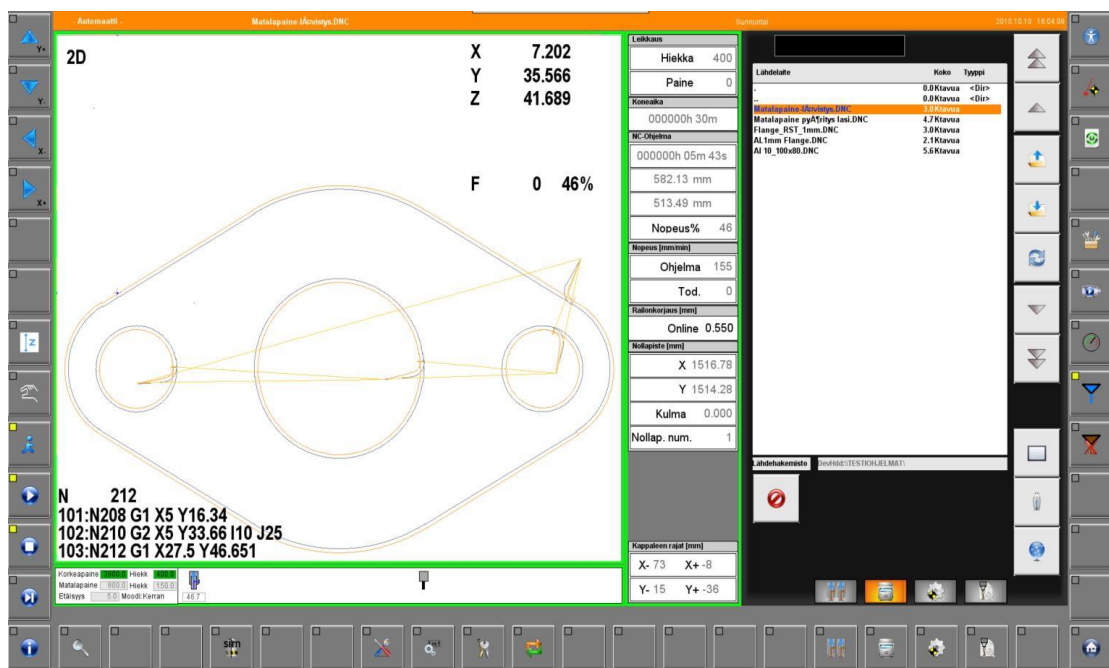
Vaihdoin ohjaukseen liittyvät komponentit B&R:n mallisarjan uusimpiin tuoteperheisiin, jotka takaavat saatavuuden vielä tulevaisuudessa. On tärkeää käyttää komponentteja, joiden elinkaaren pystymme ennustamaan pitkälle tulevaisuuteen. Tarkoituksena on profiloitua laadukkaana valmistajana, joten komponenttien on oltava laadukkaita ja mahdollisten varaosien saatavuus taattu.

4.2 HMI-paneeli

Ohjauspaneelin vaihdoin 21,5"-laajakuvan näyttöön (Kuva 4), jossa on resistiivinen kosketusnäyttö. Resisttiivisen kosketusnäytön tekniikassa näytön pinnalla on metalliset sähköjohtavat kerrokset, jotka koskettavat toisiaan. Valinnassa otettiin myös huomioon mahdollisuus käyttää kosketusnäyttöä hansikkaat kädessä. Paneeliin on integroitu PLC, josta ollaan muihin kenttälaitteisiin yhteydessä powerlink-väylätekniikalla. Powerlink-tekniikka käyttää IEEE 802.3 mukaista ethernet-standardia (Powerlink). Yhden väylän käyttäminen kenttälaitteisiin helpottaa asennusta ja mahdollisten vikojen diagnosointia. Vikaantuvien komponenttien vaihtaminen väyläteknologia ansiosta helppoa.



KUVA 4. B&R:n operointipaneeli vesileikkauslaitteiston edustalla.



KUVA 5. Kuvakaappaus uuden paneelin käyttöliittymästä

Tärkeimmät toiminnallisuudet on tuotu päänäytön reunoilla oleviin painikkeisiin (Kuva 5). Lisäksi erinäiset asetukset ja parametrit joita ei tarvita jatkuvasti on siirretty alareunan painikkeisiin. Nämä painikkeet avaavat uuden ikkunan.

4.3 Modulaarisuus

Jokaiselle omalla koneominaisuudellensa on määritelty oma IO-kortti, joita voidaan lisätä eri konfiguraation näin vaatiessa. Nämä toiminnot ovat helposti otettavissa käyttöön lisäämällä tarvittavat komponentit ja ohjauksesta parametreilla käyttöön. Tämä myös helpottaa myöhemmin asennettavien lisälaitteiden käyttöönottoa. Lisälaitteiden helppo käyttöönotto lisää kilpailuetua tarjousvaiheessa, jolloin koneen kustannukset pysyvät kohtuullisena osto hetkellä. Hankintahinta on monesti tärkeä julkisissa hankinnoissa.

Yhdellä servovahvistimella voidaan ohjata jopa kolmea eri servomoottoria. Servomoottorille vietään vain yksi hybrid-kaapeli, jossa samassa kaapelissa on moottorin ohjaus ja moottorilta takaisinpäin tuleva asentotunnistus. Merkittävin hyöty saadaan vapautuneesta tilasta sähkökeskuksessa ja moottorikaapelien väheneminen kaapelireiteillä. (Kuva 6)



KUVA 6. Valokuva uudesta keskuksesta.

4.4 Liikkeenohjauksen turvallisuus

Nykyisillä komponenteilla on mahdollista toteuttaa turvahyväksytyjä liikkeen ohjauksia. Turvahyväksytyllä liikkeellä tarkoitetaan liikettä, jonka nopeus on tässä tapauksessa alle 2 m/min (MRO). Käytössä on erillinen turva-PLC, joka voi ohjata powerlink-väylän yli liikkeen ohjaukseen turvallisen pysähtymisen tai mahdollistaa turvanopeuksilla ajamisen. Tämä vähentää huomattavasti johdotusta keskuksissa ja keskuksien välillä, joissa jokaisessa voidaan käyttää omaa hajautuksen turvatuloa ja viedä vain väyläkaapeli keskusten välillä.

4.5 Vikadiagnostiikka

Pitkän elinkaarensa vuoksia laitteet kuluvat ja vaativat huolenpitoa. Ohjauksen sisällä on erinäisiä laskureita, jotka ilmoittavat käyttäjälle mahdollisista huoltotoimenpiteistä. Tärkeimpinä näistä ovat käyttötunteja akselin liikkeistä laskevat laskurit, jotka voivat ilmoittaa ennakoivasta huollosta, kuten laakereiden rasvauksen tarpeesta. Kasvava momentin tarve moottorilta indikoi mahdollista mekaanista vikaa, johon on tärkeä reagoida ajoissa, jotta voidaan välttää koneen yllättävä seisakki. (Kuva 7)

Koneen huoltomerkinnät	Käyttötunnit (h)	Seuraava huolto (h)
KP-pumpun vesisuodatin, vaihto	0	1000
X-akselin rasvaus	3558	200
Y-akselin rasvaus	1916	5
Z1-akselin rasvaus	1942	124
Z2-akselin rasvaus	366	206
X-, Y-, Z-, B- ja C- akselin johteiden puhdistus ja tarkistus	3876	2000
Jäähdyttimen suodattimen puhdistus	3876	1000
KP-pumpun hydrauliliijän vaihto + suodatin	0	3000
Koneaika (yhteensä)	3876	
Koneaika (laskuri)	17	
Vesi päältä (yhteensä)	3535	
Vesi päältä (laskuri)	20	
Hiekka päältä (yhteensä)	3269	
Hiekka päältä (laskuri)	20	

KUVA 7. Kuvakaappaus käyttötuntilaskureista.

Ohjaukseen on myös mahdollista saada etäyhteys parempaa vikadiagnostiikkaa varten. Tätä samaa yhteyttä hyödyntäen voidaan myös kerätä mahdollista statistiikkaa koneen käytöstä asiakasta varten.

5 POHDINTA

Mielestäni projekti oli varsin onnistunut ja uusia vesileikkaussovelluksia on valmistunut asiakkaille Suomeen, Eurooppaan ja Aasiaan. Sain melko vapaat kädet lähteä toteuttamaan uutta ohjausta ja pyrin pitämään kiinni jo hyväksi havaituista ominaisuuksista ja valmistusmenetelmistä.

Valitettavasti yleensä niin kuin tässäkin asiassa yritysmaailmassa raha näyttelee suurta roolia ja tuotantoon menevät kehitystyö tehdään tämän ehdoilla. Paremminkin modulaarinen ratkaisu olisi ollut liittimien käyttö kaikissa keskuksiin tulevilla kaapeleissa.

Ratkaisut osoittautuivat kokonaisuudessa toimiviksi toistensa kanssa. Koneita on valmistettu tällä konstruktiolla tuotantoon, jotka ovat päätyneet tyytyväisille loppuasiakkaille.

LÄHTEET

Oshana, R & Kraeling, M. Software engineering for embedded systems

Nielsen Jacob 1994, 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Luettu 12.4.2019

<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Inductive automation 2018, What is HMI Inductive automation. Luettu 17.5.2020

<https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>

Machine design 2015, What are Human Machine Interfaces and Why Are They Becoming More Important? Machine design Luettu 17.5.2020

<https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21834387/what-are-human-machine-interfaces-and-why-are-they-becoming-more-important>

B&R, Automation Panel 5000 swing arm multi-touch. Luettu 17.5.2020

<https://www.br-automation.com/en-gb/products/hmi/automation-panel-5000-swing-arm-multi-touch/>

MRO, Getting CNC machine safety right. Luettu 17.5.2020

<https://www.mromagazine.com/features/getting-cnc-machine-safety-right/>

ORF news 2017, ABB kauft öö. Automatisierer mit 3.000 Mitarbeitern. Luettu 23.5.2020

<https://orf.at/v2/stories/2386109>

ISO 9241-11:2018, Ergonomics of human-system interaction

Powerlink, How POWERLINK works. Luettu 23.5.2020

<https://www.ethernet-powerlink.org/index.php?id=5116&L=474>