

**OAMK_KONE
WITH PASSION**

VUODESTA 1894

**SÄHKÖ - ,
AUTOMAATIO -
&
KONETEKNIIKAN**

ERIKOISNUMERO

SISÄLLYSLUETTELO

- 3 Oppimateriaali sähköajoneuvoista Oulu-Koillismaan pelastuslaitokselle
- 5 Siemens PCS7 -projektin ohjelmalohkojen generointi IEA-työkalulla
- 7 Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa
- 10 Työturvallisuuden riskien arviointi ja kemikaaliluettelot
- 12 Vetokoesauvojen dimensiomittausaseman suunnittelu
- 15 Savukosken uudessa koulurakennuksessa panostettiin rakennusautomaatioon
- 17 Lapin 110 kV:n verkon maasulkusuojauksen erityispiirteet
- 19 Miksi tuotannon tehokkuutta mitataan
- 21 Tuulivoiman laitteistojen kunnossapito
- 23 Onnistuneen suunnitteluprojektin toteuttaminen

Toimituskunta

Kansikuva ja taittaminen

Tuija Juntunen - lehtori

Mira Kekkonen

Mira Kekkonen - koulutussihteeri

Tuija Juntunen

Julkaisija

Oulun ammattikorkeakoulu sähkö-, automaatio & konetekniikan osasto

ALKUSANAT

Vuosi 2020 oli mullistuksia täynnä niin maailmalla kuin Oulun ammattikorkeakoulussakin. Yhtenä muutoksen seurauksena syntyi uusi sähkö-, automaatio- ja konetekniikan osasto SAK. Uusi osasto yhdistää eri tekniikan aloja kiinnostavaksi kokonaisuudeksi.

SAKilaiset perehtyvät päivittäisessä työssään tekniikan maailmaan monipuolisesti. Tämä julkaisu antaa ensi katsauksen osaston opintojen sisällöstä. Mielenkiintoisia lukuhetkiä!

Oppimateriaali sähköajoneuvoista Oulu-Koillismaan pelastuslaitokselle

Vuoden 2020 aikana tehdyssä opinnäytetyössä Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien ajoneuvojen turvallisuus onnettomuustilanteessa tuotettiin kurssimateriaali Oulu-Koillismaan pelastuslaitokselle asioista, jotka tulee huomioida, kun kohtaa sähköajoneuvon onnettomuuspaikalla. Materiaalille oli tarvetta, koska pelastuslaitoksella oli aiemmin käytössä varsin suppeasti tietoa sähköajoneuvoista.



Kuva 1. Sähköajoneuvot yleistyvät kovaa vauhtia ja näin myös mahdollisuus kohdata sellainen onnettomuustilanteessa (Frydenlund 2015)

Materiaali toteutettiin nykyisin kouluissa hyvin laajalti käytössä olevalle Moodle-oppimisolustalle, koska kyseinen palvelu on käytössä Oulun ammattikorkeakoulussa ja Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksessa. Moodleen voidaan tehdä kurssi, johon lisätään opetusmateriaalia esimerkiksi PowerPoint-tiedostoina, ja niiden pohjalta voidaan tehdä tenttejä, jolla mitataan opiskelijan osaamista aiheesta.

Kurssimateriaali toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun, Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksen sekä vapaasti internetistä saatavilla olevan materiaalin pohjalta. Koska pelastuslaitoksen työntekijät eivät ole ajoneuvotekniikan ammattilaisia, pyrittiin materiaali pitämään mahdollisimman helposti ymmärrettävänä menemättä liian syvälle teknisiin yksityiskohtiin, jolla ei pelastustoiminnan kannalta ole suurta merkitystä. Materiaali jaettiin osioihin siinä järjestyksessä kuin ne tapahtuvat pelastustoiminnassa, mutta kuitenkin siten, että jokainen osio on mahdollista opiskella ilman, että siihen tarvitaan muita osioita pohjatiedoksi.

Perusasiat haltuun

Tuotetussa materiaalissa ensimmäiseen osioon kirjattiin perustiedot sähköajoneuvoista, jotta pelastushenkilökunta saa varmasti tarpeeksi kattavan pohjatiedon. Osioon koottiin tarpeellista perustietoa täysin sähköllä toimivista autoista sekä poltto- ja sähkömoottoria käyttävistä hybridiautoista. Lisäksi kerrottiin myös oleellisin tieto sähköajoneuvoissa yleisimmin käytetystä akkutyypistä eli litiumioniakusta, jota käytetään myös esimerkiksi matkapuhelimista.



Kuva 2. Euroopassa valmistettujen sähköajoneuvojen korkeajännitejohdot ovat oranssin väriset (InSapphoWeTrust 2011)

Auto-onnettomuudessa pelastustoiminnan kannalta tärkeä ensiaskel on saada mahdollisimman paljon tietoa onnettomuudessa osallisena olevista ajoneuvoista, joten materiaalin toinen osio tehtiin helpottamaan sähköajoneuvon tunnistamista. Osioon listattiin sähköajoneuvojen erityispiirteitä, jotka helpottavat ajoneuvon tunnistamista sähköajoneuvoksi. Tällaisia erityispiirteitä ovat esimerkiksi mittaristossa oleva akun varauksen mitta-asteikko, EV-merkkivalo, jolla ilmaistaan kyseessä olevan sähköajoneuvo, latauspistoke ja oranssit virtakaapelin konehuoneessa

Seuraavana käsiteltiin riskien arviointia. Riskinarviossa määritetään kohteen riskit ja päätetään sen

pohjalta, mitä on turvallista tehdä. Riskinarviossa käsiteltiin esimerkiksi sähköturvallisuutta ja paloturvallisuutta.

Sähköajoneuvoissa on omat turvalaitteensa, joiden tehtävänä on katkaista virransyöttö auton akulta muualle autoon, mikäli järjestelmä vaurioituu. Näiden turvalaitteiden tehtävänä on estää sähköiskun saaminen esimerkiksi auton korista ja estää autoa lähtemästä yllättäen liikkeelle. Kun akun virransyöttö katkaistaan, ei sähkömoottori saa virtaa, jolloin se ei voi toimia. Näiden turvalaitteiden toimintaa ei kuitenkaan voida aina luottaa, minkä takia myös mahdolliset sähköiskut ja akun palamaan syttyminen otettiin huomioon riskinarviointiosiossa.

Riskienarviointi turvallisen työskentelyn perustana

Riskienarvioinnin pohjalta alettiin toteuttamaan toimintataktiikka osiota, jossa kerrottiin, miten mahdollisia riskejä voidaan välttää. Vaikka pelastushenkilökunta joutuu ottamaan työssään riskejä, on kaikki mahdolliset turvallisuutta parantavat asiat tehtävä mahdollisuuksien mukaan. Ensimmäisenä on syytä kääntää auton virta-avaimesta virrat pois ja vaihtaa auton vaihde vapaalle, mikäli näin ei ole jo tehty. Näin estetään auton mahdollinen liikkeelle lähteminen. Auto on tarpeen tehdä myös virrattomaksi. Virrattomaksi tekemiseen pelastushenkilökunta löytää ohjeet pelastuslaitoksen omasta Crash Recovery System -ohjelmasta tai pelastuskortista. Pelastuskortti on paperi, josta selviävät esimerkiksi ajoneuvon erilaisten turvalaitteiden sijainnit. Auton omistaja huolehtii itse pelastuskortin hankkimisesta, ja varsinkin sähköajoneuvojen omistajien olisi syytä hankkia pelastuskortti autoonsa mahdollisen onnettomuustilanteen varalle.

Pelastus- ja sammutustoimintaosioihin listattiin sähköajoneuvojen ominaisuuksia, jotka vaativat pelastustoiminnan suorittamista eri lailla kuin perinteisen polttomoottoriauton kanssa toimiessa. Esimerkiksi perinteiset jauhe- ja vaahtosammuttimet eivät tehoa sähköauton akkuihin vaan paras sammutustapa on suuri määrä vettä. Vesi jäähdyttää akkua, ja akun jäähdyttäminen on todettu sen sammuttamisen kannalta parhaaksi keinoksi. Jos auto on saanut osuman akkuun tai akun läheisyyteen, on myös silloin syytä jäähdyttää akkua, jotta se ei syttyisi palamaan.

Tiedottaminen tärkeässä roolissa jatkotoimissa

Materiaalin viimeiseen osaan listattiin onnettomuuden jälkeen tehtäviä toimia. Tällaisia asioivat ovat esimerkiksi onnettomuuden huolellinen kirjaaminen pelastuslaitoksen omaan tietokantaan, jotta vakuutusyhtiölle voidaan antaa mahdollisimman paljon tietoa onnettomuudesta vakuutusasioiden käsittelyn helpottamiseksi. Lisäksi osioon koottiin asioita, joita pelastushenkilökunnan olisi syytä kertoa ajoneuvon kanssa jatkossa tekemisissä oleville henkilöille, kuten hinausautonkuljettajalle. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi litiumioniakkujen mahdollinen syttyminen tuleen jopa päiviä itse onnettomuuden jälkeen.

Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksen henkilökunta oli tyytyväinen opinnäytetyönä tuotettuun materiaaliin. Koska sähköajoneuvot yleistyvät koko ajan varsin nopeaan tahtiin, tulee myös pelastushenkilökunta työskentelemään sähköajoneuvon kanssa, ja näin materiaalista on apua pelastushenkilökunnan valmistautumiseen sähköajoneuvojen koostamista varten

Lähteet

- Frydenlund, Stålen 2015. elbil.no Hakupäivä 14.12.2020. <https://www.flickr.com/photos/elbilforeningen/20841256319/>.
- InSapphoWeTrust 2011. Hakupäivä 14.12.2020. <https://www.flickr.com/photos/skinnylawyer/5871298909/>.
- Uhre, Henri 2020. Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien ajoneuvojen turvallisuus onnettomuustilanteessa. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Hakupäivä 16.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/354034>.

Siemens PCS7 -projektin ohjelmaloikojen generointi IEA-työkalulla

Insinööriopiskelija Janne Keskimölä toteutti laajojen automaatiojärjestelmien konfigurointiin liittyvän opinnäytetyön, jossa käsiteltiin Siemensin PCS7-automaatiojärjestelmän IEA-työkalua. Projektin toteuttaja oli PCS Engineering Oy, jonka toimialoihin kuuluvat muun muassa automaatiosuunnittelu ja automaatiourakointi.

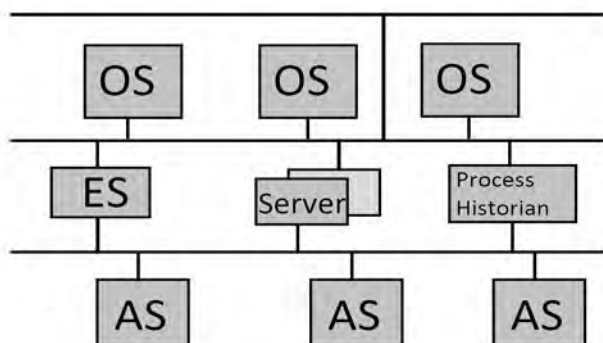
Opinnäytetyössä luotiin yksityiskohtainen työohje Siemensin PCS7-järjestelmän IEA-työkalun käytämisestä. Aluksi työssä tutustuttiin hajautettujen ohjausjärjestelmien (DCS) eri osiin, rakenteeseen ja niiden käyttämiin kommunikointimenetelmiin. DCS-järjestelmän perusteiden läpikäynnin jälkeen tutustuttiin PCS7-järjestelmän ohjelmistoon. Eri sovelluksien käyttötarkoitukset käytiin yleisellä tasolla läpi, mutta Import/Export Tool -työkalun käytämisessä menttiin pintaa syvemmälle. Työssä käytettiin esimerkkinä oikean automaatiojärjestelmän päivitysprojektin ohjelmaloikojen generointia.

- ”IEA-työkalua käyttämällä säästetään huomattavasti aikaa, jota voidaan käyttää projektin muuhun sovellussuunnitteluun.”

Hajautetut ohjausjärjestelmät

Isojen tehtaiden ja laitoksien prosessit sisältävät suuria määriä erilaisia mittaus- ja säätöpiirejä, jotka voivat sijaita laajalla alueella. Näiden hallinnoimiseen ei riitä välttämättä enää yksi prosessori tai logiikkaohjain, vaan järkevämmäksi tulee toiminnaltaan redundanttisen hajautetun ohjausjärjestelmän valitseminen.

Hajautettu ohjausjärjestelmä koostuu autonomisista prosessiasemista, jotka on usein sijoitettu lähelle kenttälaitteita, jotta kaapeloinnit säilyisivät suhteellisen lyhyinä. Prosessiasemien rinnalla voi olla muita asemia, joille on määriteltynä omat käyttötarkoituksensa (kuva 1).



KUVA 1. Hajautetun ohjausjärjestelmän rakenne

Automaatioasemat keräävät informaatiota prosessista ja suorittavat prosessin vaatimia ohjauksia. Valvomoasemat toimivat käyttäjän ja automaatiolaitteiston välisenä rajapintana, ja niiden avulla prosessia seurataan ja ohjataan. Ne ovat automaatiolaitteistojen hierarkkisessa rakenteessa client-laitteina. Informaatiota kerätään, säilytetään ja jaetaan serveriasemien kautta, jotka toimivat valvomoiden ja automaatioasemien välikätenä. Kenttälaitteet ovat yhteydessä prosessiasemaan IO-moduulien kautta, joita on käyttötarkoituksen mukaan tarjolla useita erilaisia tyyppisiä. Järjestelmän konfigurointi ja muutokset määritellään ohjelmointitietokoneella, jonne järjestelmän suunnitteluhjelmisto on asennettuna.

Siemens PCS7 ja IEA-työkalu

Siemens PCS7 on prosessiteollisuudessa laajasti tunnettu hajautettu ohjausjärjestelmä. Se käyttää Siemensin modulaarisia S7-400-sarjan logiikkaohjaimia, ja PCS7 tukee yleisimpiä kommunikointiprotokollia, kuten Profinet-, Profibus- ja Foundation Fieldbus -protokollia (Siemens AG 2017).

PCS7:n ohjelmiston käyttämisessä olennaisin työkalu on Simatic Manager, jonka kautta kaikki konfigurointityökalut voidaan avata. Simatic Manager sisältää projektihakemiston, jonka kautta löytyvät projektin laitteistokomponentit, ohjelmaloikat ja muut yksittäiset parametrit. Hakemistoa voidaan selata usean eri näkymän kautta, jotka suodattavat ja järjestelevät näkyvissä olevia objekteja.

Laajoissa automaatiototeutuksissa erilaisia mittaus- ja säätöpiirejä voi olla jopa tuhansia. Piirien lisääminen ohjelmaan yksitellen olisi työlästä, joten järkevämpää on käyttää Siemens PCS7:n IEA-työkalua. Samankaltaisille piireille, esimerkiksi mittauksille, luodaan pohjana käytettävä tyyppiipiiri, joka sisältää kaikki toiminnan kannalta olennaiset määrittelyt. Piirien yksilölliset parametrit kerätään yhteen IEA-tiedostoon, jonka perusteella piirien generointi tyyppiipiiristä suoritetaan. IEA-työkalua käyttämällä säästetään huomattavasti aikaa, jota voidaan käyttää projektin muuhun sovellussuunnitteluun.

Piirien generoiminen

Projektissa oli yhteensä satoja mittaus-, säätöventtiili- ja moottorinohjauspiirejä, jotka täytyi lisätä ohjelmaan. Työohjeessa käytettiin esimerkkeinä projektin kaikkien prosessialueiden on-off-venttiileitä, joiden lähtötiedot kerättiin IEA-tiedostoon.

Ensimmäisessä työvaiheessa tyyppiiriistä luotiin Process Tag Type, johon valittiin IEA-tiedostoon muokattavaksi tulevat toimilohkojen I/O-pisteet. Kun Process Tag Type oli määritetty, voitiin siitä luoda IEA-tiedosto, jota muokattiin Microsoft Excelissä tai Siemensin IEA File Editor -ohjelmassa. IEA-tiedoston sisältö on muokattavissa taulukossa, jonka rivit vastaavat generoitavia piirejä ja sarakkeet toimilohkojen I/O-pisteitä ja muita parametreja (kuva 2). Taulukko täytettiin projektin on-off-venttiilien lähtötietojen mukaisesti ja sen jälkeen tiedosto importoitiin takaisin projektiin.

Project	Hierarchy	CPID	CHName	CHComment	Chan	SymbolName	ChnComment	Block Name	BlockComment
	PI		AS1		CS			SP	
			AS1	Compressed air to screw heater		HS-2343_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 line to Heating Tank 20 F 204		HS-2401_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 line to Digester 20 F 214		HS-2402_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 from pump 20 F 204		HS-2501_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 line after Pump 20 F 200		HS-2502_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 line to Heating Tank 20 F 204 Emergency venting		HS-2601_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 line after Heating Tank 20 F 204		HS-2602_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in recirculating line of Digester before pump 20 F 200		HS-2603_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve 1 in CO2 line before Heater 20 E 222		HS-2605_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in CO2 by valve line of Heater 20 E 222		HS-2606_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve 2 in CO2 line before Heater 20 E 222		HS-2671_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve in distillation line of acid cooked acid from Digester		HS-2672_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	Blow valve of Digester 20 F 214		HS-2748_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve of Digester 20 F 214 Emergency venting		HS-2821_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve		HS-2438_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve		HS-2439_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve		HS-2438_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	On-Off valve		HS-2439_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	Send True		HS-1213A_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	Send True		HS-1213B_CTR	Output value	Output	Digital output driver
			AS1	Send True		HS-1213C_CTR	Output value	Output	Digital output driver

KUVA 2. IEA-tiedoston näkymä projektin on-off-venttiilien lähtötiedoilla

Jos IEA-tiedosto on täysin oikein täytetty eikä muita ongelmia ilmene, generoinnin pitäisi onnistua nopeasti. Aina näin ei kuitenkaan ole, vaan pieniä korjauksia voidaan joutua suorittamaan, jotta generointi onnistuisi. Ongelmia voi tulla IEA-tiedoston ja tietokoneen käyttämissä listaerotusmerkeissä, jotka erottelevat rivien tekstijonot yksittäisiksi soluiksi. Listaerotusmerkin voi vaihtaa Windowsin Regional-asetuksista tai manuaalisesti Excelin Find and Replace -työkalulla. Toisena ongelmana saattaa ilmetä väärä desimaalierotin, joka voidaan päivittää samojen asetusten avulla kuin listaerotusmerkkikin.

IEA-työkalun hyödyllisyys ja tulevaisuus

Suurissa projekteissa erilaisia piirejä on huomattavia määriä eikä niitä kannatta lisätä yksitellen ohjelmaan. Siemens PCS7 -järjestelmän IEA-työkalu on tähän hyvin hyödyllinen työväline, ja uskon, että sille löytyy käyttöä vielä pitkälle tulevaisuudessaan.

Jossakin vaiheessa IEA-työkalu tulee kuitenkin jäämään PCS7:n uudemman Control Module -massaohjelmointityökalun varjoon. Sen toimintamenetelmä on samankaltainen kuin IEA-työkalussa, mutta Control Module -ohjelman etuina ovat kehittyneemmät ja monipuolisemmat ominaisuudet. Monissa automaatioprojekteissa suositaan nykyään vielä IEA-työkalua, koska Control Module on hyvin uusi ominaisuus. Kumpikin generointityökalu vaatii lisäksi omat lisenssit, jotka eivät ole ilmaisia. Kaikki asiakkaat tai alan toimijat eivät välttämättä ole heti ostamassa lähes tuntematonta työkalua. Tästä syystä uskon, että IEA-työkalu säilyy tuttuna ja turvallisena vaihtoehtona vielä kauan aikaa.

Lähteet

Keskimölo, Janne 2020. Siemens PCS 7 -projektin ohjelmalohkojen generointi IEA-työkalulla. Oulun ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Hakupäivä 9.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/352502>.

Siemens AG 2017. Catalog. SIMATIC PCS 7 Process Control System. Hakupäivä 25.9.2020. https://www.automation.siemens.com/w2/efiles/pcs7/pdf/76/KG_STPCS7_2017-V_en_Web.pdf.

Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa

Artikkeli liittyy opinnäytetyöhön, joka on tehty Euroopan sosiaalirahaston rahoittaman eMobiili-hankeen innoittamana. eMobiili on hanke, joka tähtää yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun, Koulutuskuntayhtymä OSAOn ja Oulun yliopiston kanssa hybridi- ja sähköajoneuvojen alueellisen koulutuksen uudistamiseen. Hankkeessa kehitetään uusia koulutussisältöjä ja yhtenäistä koulutusmallia voimakkaasti uudistuvalla ajoneuvo- ja työkonelalle. eMobiili-hanke auttaa ajoneuvo- ja työkonelalan koulutusta vastaamaan aikamme haasteeseen myös vaihtoehtoisten käyttövoimien käytössä.

Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa -opinnäytetyö kertoo uusista käyttövoimista, joita on tullut perinteisten diesel- ja bensiinimoottoreiden rinnalle. Ajoneuvoala on suuressa murrosvaiheessa esille nousseen ilmastonmuutoksen, maapallon saastumisen ja öljyn loppumisen seurauksena. Tämän takia ajoneuvoihin on alettu kehittää vaihtoehtoisia polttoaineratkaisuja. Uusia käyttövoimia ovat esimerkiksi sähkö, hybridi, vety sekä LNG- ja CNG-kaasu.

Sähkö

Sähköajoneuvot ovat saaneet jalansijan vaihtoehtoisena ajoneuvotekniikkana, koska ne ovat paikallispäästöttömiä ja hiljaisempia kuin polttomoottori-käyttöiset ajoneuvot. Näitä ominaisuuksia erityisesti suurkaupungeissa arvostetaan. Sähköajoneuvojen voimanlähteenä toimivat sähkömoottorit. Sähköajoneuvot vaativat suuren määrän sähkövirtaa liikkumiseen, ja sen takia ne vaativat suuren akkukapasiteetin. Akut taas ovat raskaita ja tilaa vieviä, jolloin ajoneuvojen kuormaamiskapasiteetti vähenee, ja taas jos akkuja vähennetään, lyhenee ajoneuvon toimintasäde. Lisäksi akkujen lataamisaika riippuu akkukapasiteetista ja lataustavasta. Akkujen lataaminen kestää muutamasta kymmenestä minuutista useisiin tunteihin. Sähköajoneuvojen toimintasäde on noin 100–500 km. Kuvas-
sa 1 on Kian e-Niro-sähköauto.

Sähköajoneuvojen lataaminen lisää sähkö-
n kulu-
tusta ja kuormittaa sähköverkkoa. Sähkö tuotetaan sähkövoimaloissa, ja kaikki sähkövoimalat eivät kuitenkaan ole päästöttömiä, minkä takia sähköajoneuvoakaan ei voida pitää päästöttöminä. Lisääntyvän sähköajoneuvokannan energian tarpeen kattamiseksi on sähkövoimaloita myös rakennettava lisää. Akut ovat myös pääasiassa litiumioniakkuja, ja niiden valmistus vaatii paljon litiumia, joka tuotetaan maissa, joissa ilmansaastumisesta ja päästöistä ei niinkään välitetä.



Kuva 1. Kia e-Niro -sähköauto

Hybridi

Hybridiajoneuvot käyttävät voimanlähteenään polttomoottoria ja sähkömoottoria. Hybriditekniikka tarvitsee toimiakseen akuston ja sähkömoottorin, jolla voimaa tuotetaan ja akkuja ladataan. Hybridiajoneuvot lataavat akkuja silloin, kun kuormitusta on vähän, eli moottorijarrutuksissa. Akkuihin varastoitunut energia taas käytetään kiihdytyksissä tuomaan lisätehoa sähkömoottorin avulla. Tällä tavoin polttomoottori joutuu työskentelemään vähemmän ja saavutetaan selviä polttoainekustannussäästöjä sekä vähemmän pakokaasupäästöjä. Hybridiajoneuvoissa polttomoottorin on oltava käynnissä aina ajettaessa.

Pistokehybridi

Pistokehybridit käyttävät akkujen lataamiseen regeneroivaa moottorijarrutusta, mutta akut voidaan myös ladata sähköverkosta pysäköinnin yhteydessä. Niillä voidaan ajaa latauksen jälkeen pelkällä sähköllä eikä polttomoottoria tarvitse heti käynnistää. Ulkoisen akkujen lataamisen ja mahdollisen sähköllä ajamisen takia pistokehybridit kuuluvat periaatteessa sähköautoihin, vaikka

niissä onkin sähkö- sekä polttomoottori. Kuvassa 2 on Scanian pistokehybridi-kuorma-auto latauksessa.



Kuva 3. Scanian pistokehybridi-kuorma-auto (Scania 2016)

Vety

Vety on monipuolinen polttoaine, koska sitä voidaan käyttää sellaisenaan polttoaineena tai siihen voidaan varastoida sähköenergiaa. Vedystä syntyy palaessaan ainoastaan vettä, joka ei ole ilmaansaaste. Vetypolttokennoautoissa vetyä taas käytetään sähkön tuottamiseen, ja se onkin huomattavasti kevyempi kuin sähköautojen akustot. Vedyn lisääminen ajoneuvoon hoituu huomattavasti nopeammin kuin akkujen lataaminen sähköverkosta.

Kaasu

Liikennekaasuna käytetään metaanikaasua, joka on maa- ja biokaasua. Metaanikaasun käyttö liikennekaasuna on järkevää, koska se on noin 20 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi ja öljynporauksessa nouseva maakaasu joudutaan polttamaan tai varastoimaan, ettei se sellaisenaan pääse ilmakehään. Metaanikaasua syntyy myös paljon kaatopaikoilla ja biojäteasemilla, joihin on rakennettu biokaasun tuotantolaitoksia. Biokaasun metaanipitoisuus on noin 60 % ja maakaasun noin 92 %. Liikennekaasun metaani pitoisuus on noin 91–98 %. Biokaasua on väkevöitävä, jotta sille saadaan tarvittava metaanipitoisuus.

Maa- ja biokaasu varastoidaan paineistettuna noin 200 bar:n paineessa, jolloin se menee huomattavasti pienempään tilaan ja sitä on helpompi varastoida ja kuljettaa. Suuripaine vaatii kuitenkin kestävät paineastiat kaasun varastointiin, ja siitä syystä CNG-säiliöt ovat raskaita ja tilaa vieviä. Kuvassa 3 on nähtävissä kuorma-auton CNG-säiliö. Painekaasujoneuvojen toimintasäteet jäävät yleensä suhteellisen lyhyiksi, noin 200–600 km.

Painekaasusta käytetään lyhennettä CNG tai CBG, jotka tarkoittavat paineistettua maakaasua ja paineistettua biokaasua.



Kuva 4. Kuorma-auton CNG-säiliö (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Nesteytetty maa- ja biokaasu

Maa- ja biokaasua voidaan nesteyttää, jolloin kaasu menee noin 600 kertaa pienempään tilaan. Kaasu nesteytyy, kun se jäädytetään $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilaan. Nestekaasusta käytetään lyhenteitä LNG ja LBG. Lyhenteet tarkoittavat nestemäistä maakaasua ja nestemäistä biokaasua. LNG-kaasua voidaan varastoida termossäiliötyyppisissä säiliöissä, joissa kaasu pysyy kylmänä eristeen suuren määrän ja kylmän lämpötilan avulla. Lämmitessään LNG höyrystyy ja paine säiliössä kasvaa. LNG-säiliöissä on varoventtiilit liiallisen paineen varalta. Kun säiliön paine nousee liian suureksi, varoventtiili päästää kaasua ulos säiliöstä, ja tätä ilmiötä kutsutaan boil off -tilanteeksi. Boil off -tilanne syntyy noin viidessä päivässä, ellei auto ole jatkuvassa ajossa. Jatkuvassa ajossa ajoneuvo käyttää kaasuuntuneen kaasun polttoaineena. Boil off -ilmiön takia LNG:tä käytetään vain raskaanliikenteen polttoaineena. Täydellä säiliöllä LNG-kuorma-auton toimintasäde on noin 500–1 600 km riippuen ajoneuvoon asennettujen LNG-säiliöiden tilavuudesta. Kuvassa 4 on LNG-säiliö Volvon LNG-kuorma-auto puoliperävaunuyhdistelmässä.



Kuva 5. LNG-säiliö puoliperävaunuyhdistelmässä (Scania Suomi Oy)

Nestemäisenä metaanikaasu ei ole helposti syttyvä, joten ajoneuvonsäiliöstä lähtiessä kaasu lämmitetään painekaasuksi, jotta se toimii polttomotorin polttoaineena. Säiliöstä tulevan kaasun paine täytyy vielä säätää kaasunkäsittelymoduulissa sopivaksi moottorille.

LNG-tankkaus

Nestekaasun tankkaamisessa on hyvä käyttää suojaruustusta, koska erittäin kylmä LNG-polttoaine aiheuttaa paleltumavammoja välittömästi, jos kaasu tai höyryt koskettavat ihoa. Lisäksi myös LNG-tankkaussuutinten osat kylmenevät voimakkaasti tankkauksen aikana ja voivat aiheuttaa paleltumavammoja. LNG-suuttimia on kahden mallisia: JC Carter ja Parker Kodiak. Ne eroavat toisistaan liitäntämekanismeiltaan.

LNG-tankattaessa ajoneuvoon tulee kytkeä maadoitusjohto, jolla varmistetaan, ettei aseman ja auton välillä ole staattista sähköä, joka voisi aiheuttaa kipinän, jolla mahdollisesti kaasu voisi syttyä palaamaan. LNG:tä ei voi lisätä säiliöön ennen kuin säiliöstä poistetaan ylimääräinen paine. Paine poistetaan paineentasauksella, missä päästetään ylimääräinen paine säiliöstä tankkausasemaan paineenpoistoletkun tai tankkaussuuttimen kautta. Jos LNG-säiliö on päässyt lämpimäksi, joutuu paineen tasauksia tekemään tankkauksen välissäkin. Paineentasauksen jälkeen voi säiliöön lisätä polttoainetta. Lisäys tapahtuu LNG-suuttimen ollessa säiliössä menemällä maksupäätteelle ja painamalla tankkausnappia. Tankkaus päättyy automaattisesti, kun LNG-säiliön paine on oikea. Kuvasa 7 on LNG-tankkausasema Oulussa.



Kuva 6. Gasumin LNG-tankkausasema

Työssä esiteltujen vaihtoehtojen käyttövoimien valikoima on laaja. Tärkeintä onkin tiedostaa tämä valikoima ja osata valita kuhunkin käyttötarkoitukseen sopiva ratkaisu. Esimerkiksi lyhyen päivittäisen ajomatkan toimintaympäristöön soveltuu todennäköisesti erilainen ratkaisu kuin pitkän matkan raskaisiin yhdistelmäkuljetuksiin. Maanalaisen kaivoksen työkoneissa taas on täysin perusteltua siirtyä täyssähköiseen voimansiirtoon esimerkiksi kaivoksen ilmanvaihdon näkökulmasta. Toiminta- ja huoltovarmuus erilaisissa käyttöolosuhteissa asettaa omat haasteensa, kuten myös elinkaarikustannukset ja ajoneuvojen kierrätys tai loppukäyttö.

Ajoneuvo- ja työkoneteollisuuden tuotekehitys vie aktiivisesti eteenpäin kaikkia vaihtoehtoisia käyttövoimia, jotta elinkeinoelämän toimintaedellytykset saadaan turvattua ympäristönäkökulmia unohtamatta. Tämä viitekehitys asettaa myös koulutusorganisaatioille uudenlaisia haasteita vastata alan jatkuvaan murrokseen. eMobiili-hanke vastaa näihin haasteisiin.

Lähteet

Haataja, Mikko 2020. Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa sekä opetusmateriaalin laatiminen. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opin- näytetyö. Hakupäivä 15.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/353279>.

Scania 2016. Hybridi ja pistokehybridi. Hakupäivä 15.12.2020. <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet/hybridi.html>.

Scania Suomi Oy. Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.pdf. Esitemateriaali.

Volvo Trucks, Driving Progress 2018. Vaihtoehtoiset polttoaineet. Powerpoint-diasarit

Työturvallisuuden riskien arviointi ja kemikaaliluettelot

Artikkeli perustuu opinnäytetyöhön, jossa tunnistettiin ja arvioitiin työturvallisuuden haitta- ja vaaratekijöitä Oulun Infra-liikelaitoksella. Tavoitteena oli tunnistaa työtehtäväkohtaisesti merkittävimmät työturvallisuusriskit.

Työn tarve ja organisaation tunnusmerkit

Työssä päivitettiin koko Oulun Infra-liikelaitoksen työturvallisuuden riskien arviointi ja kemikaaliluettelot. Työn tarve syntyi Oulun Infra-liikelaitoksessa tapahtuneen organisaatiomuutoksen vuoksi. Suurin osa opinnäytetyöstä keskittyy työturvallisuuden riskien arviointiin. Työturvallisuuden riskien arvioinnissa tunnistettiin ergonomisia, fysikaalisia, henkisiä, kemiallisia ja tapaturman vaaroja. Kemikaaliluetteloiden osa opinnäytetyössä on pienempi.

Oulun Infra-liikelaitos tuottaa julkisen puolen palveluja ympäristön ja tieverkoston kunnossapitoon. Infra-liikelaitoksesta löytyy monenlaista osaamista maanmittaukseen, maarakennukseen, teiden kunnossapitoon, kaluston huoltoon, viheralueiden ylläpitoon ja rakentamiseen. Oulun Infran pääyksiköt ovat maarakennus-, ympäristö- ja kunnossapitopalvelut.

Tavoitteiden lähtökohdat ja suorituksen vaiheet

Työn tavoitteena oli luoda lainmukaiset työturvallisuuden riskien arvioinnit ja kemikaaliluettelot. Tavoitteena oli tehdä arvioinnit jokaisesta yksiköstä ja niiden sisällä olevista eri osastoista. Aikaisempiin arviointeihin verrattuna tavoitteena oli myöskin erottaa eri työtehtävät tarkemmin yksiköiden sisältä. Erottelun myötä tavoitteena oli pystyä katsomaan työturvallisuuden riskien arviointeja työtehtäväkohtaisesti ja myös suurempana kokonaispakettina. Tärkeimpinä tavoitteina oli parantaa työturvallisuutta ja työhyvinvointia saaduilla tuloksilla.

Työ suorituksessa aluksi perehdyttiin teoriaan ja lakeihin työsuojelusta sekä riskien arvioinnista. Perehtymisen jälkeen suunniteltiin riskien arvioinnin toteutus, josta esitettiin suunnitelmat yksiköiden päälliköille. Itse työturvallisuuden riskien arviointi alkoi katselmuskierroksilla työkohteisiin. Kierroksilla tunnistettiin mahdollisia haitta- ja vaaratekijöitä. Katselmuskierrosten jälkeen pidettiin riskien arviointipalaveri kyseisen osaston työnjohtajan,

työntekijän ja koordinoijan kesken. Palaverissa tunnistettiin haitta- ja vaaratekijöitä Oulun kaupungin riskien arviointilomakkeiden avulla. Tunnistettujen haitta- ja vaaratekijöiden riskien suuruudet määriteltiin palaverin yhteydessä sekä valittiin vaa-dittavat toimenpiteet. Arviointien jälkeen tehtiin yhteenveto yksiköistä ja esiteltiin haitta- ja vaarateki-jät sekä toimenpiteet yksiköiden päälliköille.

Kemikaaliluetteloiden toteutus tapahtui kiertelemällä työkohteita ja kemikaalien säilytyspaikkoja. Kohteista listattiin kemikaalit, jotka sen jälkeen siirrettiin KemiDigi-alustalle. Kierrosten aikana tarkkailtiin kemikaalien säilytystä ja niiden käyttöä. Tarvittaessa poistettiin turhia kemikaaleja käytöstä.

Riskien arvioinnin huomiot ja saavutetut hyödyt

Työssä suoritettiin työturvallisuuden riskien arvioinnit maarakennuspalveluihin. Maarakennuspalvelut sisältävät eri osastoja kuten Ruskon huollon ja varaston, mittaus- ja geotekniikan sekä viisi erilaista maarakennustyömaata. Maarakennuspalvelujen vaarallisin kohde oli Kirkkokadun maarakennustyömaa. Kirkkokadulla tunnistettiin noin 70 haitta- ja vaaratekijää eli noin 20 enemmän kuin muissa kohteissa. Tunnistetuista haitta- ja vaaratekijöistä saatiin tärkeitä tuloksia, joita hyödyntämällä pystytään varautumaan paremmin tulevaisuudessa tuleviin kohteisiin sekä ennaltaehkäisemään mahdollisia vaaratilanteita.

Ympäristöpalveluihin suoritettussa työturvallisuuden riskien arvioinnissa käytiin läpi kuusi eri osastoa, jotka olivat metsien hoito, viheralueiden rakentaminen, taimistopuutarha, ulkoliikuntapaikat, viheralueiden ylläpito ja pienkaluston huolto. Ympäristöpalveluissa eniten haitta- ja vaaratekijöitä ilmeni ulkoliikuntapaikoissa. Ulkoliikuntapaikkojen henkinen kuormittuminen nousi eniten esille arvioinneissa. Henkisen kuormittumisen haittatekijöiden juurisyytä alettiin selvittää niiden poistamiseksi. Työturvallisuuden riskien arvioinnin tuloksilla pystytään ennaltaehkäisemään mahdollisia

vaaratilanteita tulevaisuudessa ja tarttumaan esille tulleisiin ongelmakohtiin.

Kunnossapitopalveluihin kuuluvat pienvenesatamat, kaluston huolto ja liikennealueiden puhtaana ja kunnossapito. Suoritetussa työturvallisuuden riskien arvioinnissa ilmeni eniten haitta- ja vaaratekijöitä kaluston huollossa. Kaluston huolto poikkeaa muista osastoista melkoisesti jo käytettyjen työkalujen takia. Kaluston huollossa suurimpina vaaroina olivat leikkaavat ja puristavat työvälineet. Myös kemikaaleja kaluston huollossa käytettiin huomattavasti enemmän kuin muissa osastoissa. Riskien arvioinnista saatujen tulosten perusteella löydettiin ongelmakohtia työtehtävistä, välineistä ja työtiloista.

Kemikaaliluetteloiden tekemisen ansiosta saatiin koko Oulun Infra -liikelaitoksen kemikaalit yhdelle alustalle ja pystyttiin poistamaan turhia kemikaaleja. Ohjelman ylläpitoon saaduilla huomioilla ja kommentteilla saatiin parannettua KemiDigi-

alustan käytettävyyttä. Alustalta saatiin poistettua turhia työpisteitä ja kemikaaleja sekä lisättyä uudet osastot. Tehdyn työn ansiosta kemikaaliluetteloiden päivitys on jatkossa helpompaa, koska luettelot löytyvät yhdestä paikasta ja ohjelman muokattavuutta parannettiin kommenttien ansiosta.

Yhteenvedona Oulun Infra -liikelaitokselle tehty työturvallisuuden riskien arviointi helpottaa ennaltaehkäisemään vaaratilanteita uusien tunnistettujen riskien ansiosta. Tuloksia hyödyntämällä pystytään parantamaan työturvallisuutta ja työhyvinvointia. Näiden asioiden parantuessa sairaus- ja tapaturmapoissaolot vähenevät ja sitä kautta organisaation kannattavuus paranee.

Lähteet

Saarni, Juho 2020. Työturvallisuuden riskien arviointi Oulun Infra -liikelaitoksessa. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 16.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/347719>.

Vetokoesauvojen dimensiomittausaseman suunnittelu

Ari-Pekka Virsu on opiskellut työn ohessa insinööriksi konetekniikan monimuotoryhmässä KTO17SM9. A-P teki erinomaisen opinnäytetyönsä nykyiselle työnantajalleen SSAB:n Raahen terästehtaalte. Ohessa on tii-vistelmä tämän mallikelpoisen opinnäytetyön keskeisestä sisällöstä. Dimensiomittausaseman suunnittelun lisäksi Ari-Pekka on perehtynyt opinnäytetyössään koneturvallisuuteen ja mittausepävarmuuden teoriaan. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö on luettavissa Theseuksessa osoitteessa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020120426186>.

Taustaa

SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, joka valmistaa ja kehittää erikoislujuja terästuotteita. Opinnäytetyö tehtiin SSAB:n Raahen terästehtaan testauslaboratoriolle. Laboratoriossa suoritetuilla tutkimuksilla varmistetaan, että teräslevyjen mekaaniset ominaisuudet ja teräslaatu vastaavat asiakkaan tekemää tilausta. Teräslevyjen lujuus määritetään yleisimmin vetokoetestillä. Testauslaboratorio on Suomen suurin rikkovan aineenkoetuksen laboratorio, jossa testataan 75 000 yksittäistä vetokoetta vuodessa. Testaustyötä tehdään katkeamattomassa kolmivuorotyössä.



Kuva 1. SSAB Raahen tehtaan terästuotteita menossa maailmalle (SSAB)

Laboratorion lähitulevaisuuden suunnitelmissa on uudistaa nykyisin käytössä olevaa vetokokeiden testausjärjestelmää. Vetokokeessa teräslevystä irtotettua koesauvaa kuormitetaan tasaisesti kasvavalla voimalla, kunnes se katkeaa. Ennen vetokoetestiä koesauvan poikkipinta-ala määritetään mittaamalla koesauvan dimensiot.



Kuva 2. Tyypillisiä vetokoesauvoja

Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää käytössä olevaa vetokoesauvojen dimensiomittauslaitetta ja tutkia, voidaanko mittaukset suorittaa kosketuksettomilla mitta-antureilla. Tehtävää alettiin toteuttamaan perustamalla tuotekehitysprojekti. Se jaettiin neljään vaiheeseen, jotka olivat

- projektin suunnittelu
- esisuunnittelu
- yksityiskohtainen suunnittelu
- projektin päättäminen.

Projektin suunnitteluvaiheessa laadittiin yhdessä toimeksiantajan kanssa vaatimusmäärittely.

Esisuunnittelu

Suunnittelijan tehtävänä on vaatimusmäärittelyn avulla pohtia, millaiset ominaisuudet laitteella täytyy olla. Esisuunnittelussa laitteen kokonaistoiminto jaetaan osatoimintoihin, joihin etsitään erilaisia ratkaisuperiaatteita.

Mittausaseman osatoimintoja olivat koesauvan kiinnitys, mittausmekanismi ja mittauskohdan siirtäminen. Osatoimintojen ratkaisuista koostettiin erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja vaihtoehtoja vertailtiin muun muassa mittausarkkuuden ja käyttöympäristöön soveltuvuuden perusteilla.

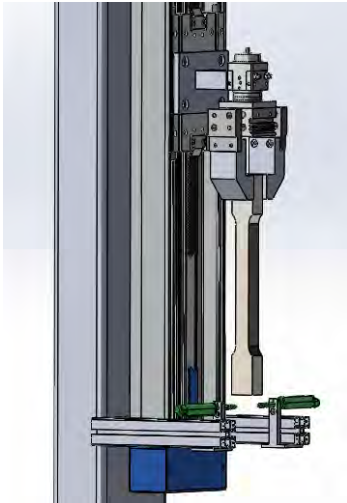
Morfologinen kaavio

Ratkaisuvaihtoehdot	1	2	3	4	5
A	Verkkosähköinen kartturi	Pneumoinen kartturi	Hydraulinen kartturi	Sähköinen kartturi	Sähkömekaaninen kartturi
B	Palkkuiden ja laajavälisen mittauksen	Kokoittava mittauslaite	Lasermittauslaite	Lasermittauslaite	Lasermittauslaite
C	Yksiosaisuuksien kiinnitys	Pneumoinen kiinnitys	Sähköinen kiinnitys	Sähkömekaaninen kiinnitys	Käsi操作inen kiinnitys
D	Mittauskohdan siirtäminen	Pneumoinen siirtäminen	Sähköinen siirtäminen	Sähkömekaaninen siirtäminen	Käsi操作inen siirtäminen
E	Mittauskohdan kiinnitys	Lähtökohdan kiinnitys	Lähtökohdan kiinnitys	Lähtökohdan kiinnitys	Lähtökohdan kiinnitys

Kuva 3. Osatoiminnot ja ratkaisuvaihtoehtoja

Yksityiskohtainen suunnittelu

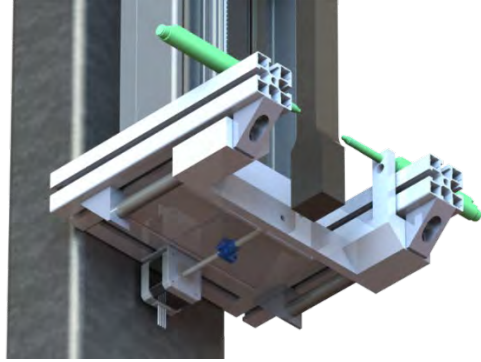
Laitteen rakenne suunnitellaan esisuunnittelussa parhaaksi valitun ratkaisuvaihtoehdon pohjalta. Tuotteen osatoiminnoille valittiin toimilaitteet ja mittauslaitteesta valmistettiin alustava CAD-malli.



Kuva 4. Suunniteltu dimensiomittauslaite

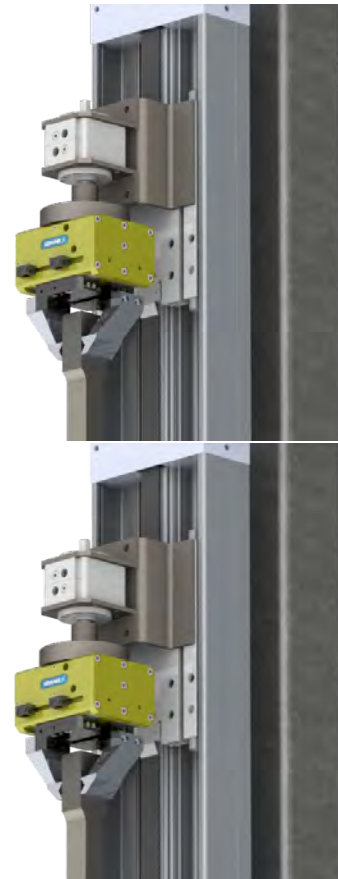
Mittauslaite on suunniteltu toimimaan automaattisesti ja sitä palvelee robotilla. Koesauvat tuodaan mittauslaitteen tarttujaan. Ensimmäin mitataan koesauvan paksuus samanaikaisesti, kun tarttuja liikkuu lineaarijohdetta pitkin ylöspäin. Tämän jälkeen tarttuja käännetään 90°. Sen jälkeen mitataan koesauvan leveys samaan aikaan, kun tarttuja palaa takaisin alas. Kun mittaukset on

suoritettu, robotti noutaa koesauvat seuraavaan työvaiheeseen.



Kuva 5. Mittausantureiden sijoittelu

Mittauslaitteen perustoiminta on automaattista, ja käyttäjiin kohdistuvat vaarat ja riskit aiheutuvat häiriönpurku- ja huoltotilanteissa. Koneturvallisuuden kannalta on tärkeää tunnistaa vaarat ja arvioida niistä aiheutuvat riskit jo suunnitteluvaiheessa. Lähtökohteisesti laite suunnitellaan siten, ettei riskejä synny missään laitteen käyttövaiheessa. Mikäli kaikkia riskejä ei pystytä suunnittelulla poistamaan, seuraava vaihtoehto on rakentaa laitteeseen suojuksia. Jos näidenkin toimenpiteiden jälkeen laitteeseen jää edelleen joitain riskejä, on niistä tiedotettava laitteen käyttäjää käyttöohjeilla ja määritettävä tarvittavat henkilösuojaimet ja koulutukset.



Kuva 6. Vetokoesauvan kääntösyylinteri

Mittausepävarmuus

Mitään mittausta ei voida suorittaa täysin virheettömästi, sillä olosuhteet eivät ole täydellisiä. Mittausvirheet voidaan jakaa kolmeen ryhmään, jotka ovat systemaattiset, satunnaiset ja karkeat virheet. Systemaattisilla virheillä on jokin tietty suuruus ja suunta. Sellaiset virheet voidaan poistaa korjaimilla. Satunnaisten virheiden suuruutta ja suuntaa ei tiedetä, mutta niiden suuruudesta saadaan tietoa tilastomatematiikan avulla. Karkeat virheet johtuvat mittajan huolimattomuudesta.

Mittausepävarmuus kuvaa mittausarvojen vaihtelua. Mikäli mittausepävarmuutta ei tunneta, ei mitaustuloksesta voi tehdä johtopäätöksiä. Epävarmuuden määrittäminen alkaakin tunnistamalla mittauksen virheiden lähteet.

Mittauslaitteen suunnittelussa mittausmenetelmälle laadittiin epävarmuusbudjetti. Epävarmuuksia arvioitiin kokemuksen ja aikaisemman tiedon perusteella. Mittauslaitteen käyttöönoton jälkeen arviot voidaan korvata mitaustuloksista laskettuihin arvoihin.

Yhteenveto

Työn tuloksena suunniteltiin mittauslaite, joka vastasi toimeksiantajan tavoitteita. Laite on myös aikaisempaa pienikokoisempi ja yksinkertaisempi. Työssä tutkittujen kosketuksettomien antureiden erottelukyky olisi ollut riittävän hyvä. Niistä kuitenkin luovuttiin, koska antureiden mittausalueen lineaarisuus ei täyttänyt tarkkuusvaatimusta.

Tämän työn jälkeen mittauslaitteelle pitää vielä suunnitella automaatio- ja ohjausjärjestelmä sekä laatia käyttäjiä varten huolto- ja käyttöohjeet.

Lähteet

SSAB. Valokuva. Hakupäivä 9.12.2020. http://imagebank.ssab.com/SSAB/pincollection.jsp?collectionName=%7b30388dc2-0bb4-49db-828d-b4009d9e59c3%7d#1607511833033_0.

Virsu, Ari-Pekka 2020. Vetokoesauvojen dimensiomittauslaitteen suunnittelu. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Hakupäivä 9.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/352471>.

Savukosken uudessa koulurakennuksessa panostettiin rakennusautomaatioon

Insinööriopiskelija (amk) Matias Kopakka suunnitteli opinnäytetyössään Savukosken kunnan uuden koulurakennuksen rakennusautomaation Fidelix-automaatiojärjestelmällä. Rakennusautomaatiojärjestelmällä ohjataan ja valvotaan muun muassa rakennuksen maalämpöpumppuja, lämmönjakelua, jäähdytystä, ilmanvaihtoa ja ilmamääräsäätimiä. Projektin toteuttaja oli pohjoissuomalainen Elvak Oy, jonka toimialoihin kuuluvat talotekniikkasuunnittelu ja rakennusautomaatiourakointi.

Oamkin Tekniikan ja luonnonvara-alan eli Telu- yksikön sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelmassa on tehty rakennusten sähköistyksen ja automaation parissa yritysysteistyötä jo pitkään. Tavallisimpia yhteistyön muotoja ovat erilaiset projekti- ja selvitystyöt, yrityksissä toteutettavat kesä- ja tuotantopainotteiset harjoittelujaksot sekä opinnäytetyöt. Automaatiotekniikkaa opiskelevista opiskelijoista noin 1/3 sijoittuu valmistumisen jälkeen rakennusautomaation suunnittelu- ja projektitehtäviin. Tässä artikkelissa esiteltävän opinnäytetyön on toteuttanut Elvak Oy, joka on useina edellisinä vuosina ollut merkittävin työllistäjä sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoille. Suunnittelutyö tehtiin kuvassa 1 olevaan Savukosken kunnan uuteen koulurakennukseen.



Kuva 1. Savukosken koulun suunnitelma (Lehto Group Oy)

Projektin toteutus

Työ aloitettiin suunnittelumateriaaleihin tutustumisella. Automaatiotekniikan kannalta erityisen tärkeitä dokumentteja olivat eri prosessien toiminta-kaaviot ja -selostukset. Niihin on sisällytetty esimerkiksi prosessien laitteiden vaatimat I/O-liittynät ja niiden ohjelmallisten toimintojen kuvaus. Suunnitteludokumentaation pohjalta luotiin Fidelixin FxEditorilla pisteet ja grafiikkakuvat. Lisäksi vaativimpien hallintasovellusten konfigurointi toteutettiin OpenPCS:llä tehdyillä IEC-ohjelmilla, jotka laadittiin ohjelman testausta varten testausasemalle. Testausasemalla ohjelman toimivuus voitiin

tarkastaa ilman fyysisiä I/O-moduuleita tai niille liitettäviä laitteita simuloimalla mittauksia ja ohjauksia järjestelmän käyttöpäätteellä. Projektin ohjelmoinnin aikana käytettiin laajalti hyödyksi aikaisempien Elvak Oy:n toteuttamien kohteiden IEC-ohjelmia ja grafiikkakuvia.

LVISA-järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa oli otettu huomioon sekä maantieteellinen pohjoinen sijainti että koulurakennuksena toimimisen erityisvaatimukset. Koulurakennuksissa erityisesti opetustilojen ilmanlaadun ja -määrän hallinta korostuu hyvän oppimisympäristön luomisen kannalta. Koulurakennusten yksi erityispiirre on myös niiden hyvin katkonainen käyttöaste. Rakennuksen opetustiloja käytetään intensiivisesti koulupäivän aikana, mutta suurimman osan päivästä rakennus on hyvin pienellä käytöllä. Hyvin suunnitelluilla ja toteutetuilla rakennusautomaatiojärjestelmillä voidaan säätää rakennuksen lämmitystä ja ilmanvaihtoa vastaamaan erilaisiin tilan kuormitustilanteisiin.

Koulurakennuksen tarvitsema lämmitysenergia tuotetaan maalämpöpumpuilla, jotka käyttävät lämmönlähteenään kiinteistön alueelle porattuja maalämpökaivoja. Tuotettua lämpöenergiaa säilötään lämminvesivaraajiin, joilla voidaan tarvittaessa tuottaa lisälämpöä kulutushuipputilanteissa. Maalämpökaivoja käytetään myös kohteen jäähdytykseen. Maakylmäpiirillä energialla voidaan laskea jäähdytyspiirin menovedenlämpötilaa, jolloin vastavuoroisesti maakylmäpiiriin lämpötila nousee. Siten voidaan kerätä lämpöenergiaa varastoon maalämpökaivoihin lämmityskautta varten.

Rakennusautomaatiossa on uudelleen otettu käyttöön erilaisia yksikkösäätimiin liittyviä ohjausratkaisuja. Yksikkösäätimillä toteutettavissa ratkaisuissa hankintakustannus on edullisempi verrattuna automaatiojärjestelmään perustuvaan ratkaisuun, asennus ja käyttöönotto nopeutuvat ja ovat teknisesti yksinkertaisimpia. Yksikkösäätimien

huonoina puolina on se, että prosessin laajennusmahdollisuudet ja etäohjattavuuden taso laskevat. Säädinvalmistaja määrittelee etäohjauksen kautta suoritettavissa olevat ohjaukset ja säädöt, jotka voivat olla perinteiseen malliin verrattuna vähäiset.

Kohteessa on kaksi Fidelixin valmistamaa Fx-Vent- tyyppistä ilmanvaihtokoneen säädintä, jotka liitettiin etäohjaukseen ja -valvontaan varsinaiseen automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmän avulla voidaan etäohjata yksikkösäätimiä muuttamalla esimerkiksi koneiden lämpötila- ja nopeusasetuksia tai tutkimalla hälytyksiä.

Rakennuksen tilakohtainen ilmamäärän säätö toteutettiin modbus-väylällä automaatioon liitetyillä Fläktwoods optivent ultra IMS -toimilaitteilla, jotka on asennettu säädettävän tilan tulo- ja poistoilmakanaviin. Tiloihin oli valittu modbus-väylää käyttävät lämpötila- ja hiilidioksidilähettimet. Modbus- tai muihin väylätyyppeihin liitettävillä mittaus- ja toimilaitteilla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä kaapelimäärän vähennyttä. Tällä vähennyksellä säästetään myös muissa kuluissa kuten I/O-korttien määrässä ja sen ansiosta fyysisen valvontalakeskuskaapin koossa. Modbus-väylään liitettävien laitteiden hinta on tosin huomattavasti korkeampi kuin perinteisten mallien, jolloin säästön syntymiseksi säästettyjen laitteiden ja kaapelinvetometrien täytyy olla riittävät. Kohteen IMS-toimilaitteet ja lämpötila- ja hiilidioksidilähettimet oli suunniteltu samaan väylään, jolloin samaan väyläkaapeliin voitiin saada kaksi eri laitekokonaisuutta eli yhteensä noin 40 laitetta ympäri rakennusta.

Projektista saatuja kokemuksia

Tässä tekstissä on kuvailtu Savukosken rakennusautomaatioprojektin toteutusta. Tehdyn projektin teossa tutustuttiin laaja-alaisesti erilaisiin rakennusautomaatiotekniikan ratkaisuihin. Rakennusautomaatioprojektin toteuttamisesta opittiin esimerkiksi ohjelmointitapojen ja laitevalintojen vaikutuksia projektin lopulliseen toimivuuteen ja kustannuksiin. Lisäksi rakentava kommunikaatio eri urakoitsijoiden välillä huomattiin tärkeäksi, kun haluttiin suunnitelmiiin muutoksia. Projektin kohteena olevan koulurakennuksen rakennustyöt ovat vielä kesken, joten järjestelmän lopullista toimivuutta ei ole voitu vielä todeta. Automaatiojärjestelmien toimivuus testattiin vastaavalla järjestelmällä.

Lähteet

Kopakka, Matias 2020. Savukosken koulun rakennusautomaatio. Oulun ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 8.12.2020.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/346348>

Lehto Group Oyj. Valokuva. Tiedotteessa Lehto Tilat Oy rakentaa Savukoskelle uuden monitoimikoulun. Hakupäivä 8.12.2020.

<https://lehto.fi/cision/lehto-tilat-oy-rakentaa-savukoskelle-uuden-monitoimikoulun/>

Lapin 110 kV:n verkon maasulkusuojauksen erityispiirteet

Jaakko Pääkkölä tutki opinnäytetyössään menetelmiä, joilla parannetaan Lapin 110 kV:n kantaverkon vikatilanteiden hallintaa. Maasulkuvikojen yhteydessä syntyvät vikavirrat aiheuttavat vaarallisia jännitteitä kosketeltavissa oleviin maadoitettuihin rakenteisiin. Vikavirtoja rajoitetaan päämuuntajien tähtipisteeseen liitettyjen sammutuskuristimien avulla. Tällöin useimmiten myös vian syntykohdassa esiintyvä valokaari sammuu ja vika poistuu. Vikavirtojen pienentyessä niiden aiheuttamat vaarajännitteet jäävät alhaisiksi. Opinnäytetyön yhteydessä kehitettiin työn toimeksiantajalle Fingrid Oyj:lle järjestelmää, jonka avulla sammutuskuristin saadaan säädettyä kantaverkon kulloistakin kyt-kentätilannetta vastaavaan arvoon.

Suomen 110 kV:n verkko on yleisesti tarkasteltuna osittain maadoitettua konventionaalista sähkönsiirtoverkkoa, jonka suojaus perustuu nopeaan selektiiviseen vian erottamiseen ja käytön palauttamiseen automaattisten jälleenkytkentöjen avulla. Suomen maaperän maadoitusolosuhteet ovat kuitenkin yleisesti ottaen haastavat erityisesti Lapin alueella. Tästä syystä verkkoratkaisuna Lapin 110 kV:n verkossa käytetään sammutettua verkkoa, jonka maasulkusuojaus poikkeaa merkittävästi muista saman jännitetaso verkkojen ratkaisusta.



Kuva 1. Lapin kantaverkko. Fingridin 110 kV:n verkko on piirretty punaisella, muiden mustalla. Kuvasta on poistettu 220 kv:n kantaverkon osuudet.

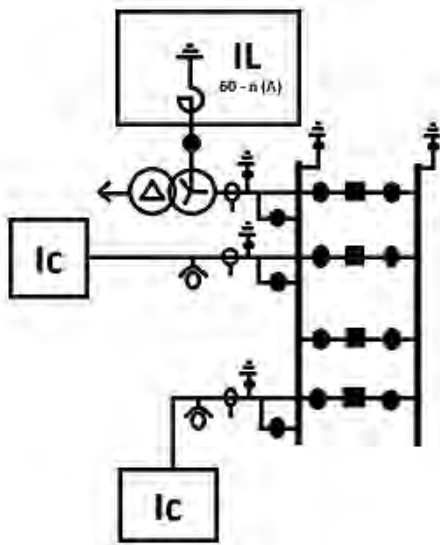
Automatisoidussa suojauksessa verkon suojaus perustuu pääosin suojareleisiin ja tiettyihin passiivisiin suojalaitteisiin kuten ylijännitesuojiiin. Sammutetun verkon maasulkusuojaus ja muu relesuojaus rakennetaan tukemaan tehomuuntajan

tähtipisteessä sijaitsevan sammutuskuristimen toimintaa. Sammutuskuristimen tarkoitus on pienentää yksivaiheisen maasulun aikaiset vikavirrat ja maavirrat jäännösvirran tasolle, kun kelan induktiivinen virta kumoaa maapasitanssien vaikutuksesta syntyvää kapasitiivista maasulkuvirtaa. Jäljelle jäävä jäännösvirta hiipuu verkon häviöihin, ja näin maasulku saadaan sammumaan ilman ylimääräisiä siirron keskeytyksiä. Edellä mainittu toiminta maasulun aikana ja kuristimen rinnakkaisresonanssi maapasitanssien kanssa aiheuttavat mielenkiintoisia erityispiirteitä verkon suojaukselle.

Siirtoverkon vioista selvästi suurin osa on yksivaiheisia maasulkuja, joihin kuristimen käyttö perustuu. Kuristin viritetään lähelle verkon resonanssipistettä, jolloin maasulkuvirrat pysyvät pieninä noin 10 - 80 A:n tasossa. Pienet maavirrat eivät aiheuta vaarallisia induktiovaarajännitteitä maasulun aikana. Tämä mahdollistaa sen, että maasululle voidaan antaa mahdollisuus sammua itsestään. Muu verkon maasulkusuojaus voidaan siis asettaa toimimaan viiveellisesti. Toisaalta, mikäli kuristin on viritettynä vahvasti alikompensoiduksi esimerkiksi verkon jakorajan muutoksen seurauksena, pidentyy maasulun kesto sekuntien mittaiseksi ennen suunnatun maasulkusuojauksen tai nollajännitesuojauksen toimintaa. Epäsuotuisissa tilanteissa tämä pidentyneen vikatilanteen aiheuttama jännitekuoppa voi aiheuttaa epäselektiivisiä laukaisuja eri verkon osissa. Voidaankin todeta, että verkko tulee olla aina viritetty oikeaan ennalta määritettyyn tasoon. Verkon käyttötoiminta ja suojaus vaikuttavat näin ollen suoraan toisiinsa muodostaen erityispiirteitä eri asiantuntijaryhmien päivittäiseen toimintaan.

Kuristimen säädössä ja verkon resonanssipistettä lähestyttäessä voi kuitenkin muodostua

nollajännitteen kanssa ongelmia. Tähtipisteen nol-
lajännite on suurimmillaan kuristimen ja maakapa-
sitaanssien rinnakkaisresonanssissa. Epäonnistu-
nut vuorottelu, erilaiset kytkentätilanteet, sää, kas-
villisuus ja yli 110 kV jännitetason suurjännitejoh-
dot voivat aiheuttaa kapasitaanssien epäsymmet-
rian, jonka seurauksena nollajännitesuojauksen
asettelurajat ylittyvät. Jokaista kytkentätilannetta ja
niiden muodostamaa nollajännitettä ei tunneta. Tä-
män lisäksi resonanssipisteessä maasulkujen vi-
kavirrat voivat jäädä niin pieniksi, ettei suojaus ha-
vaitse näitä selektiivisesti. Kyseisiin ongelma-
kohtiin on varauduttava ja ratkaisuna säätöä on pidet-
tävä tasolla, jolla se ei aiheuta ongelmia yllättävis-
säkään poikkeustilanteissa.



Kuva 2. Kaaviokuva sammutuskuristimen kytkennästä sähköaseman 110/20 kV päämuuntajan tähtipisteeseen. Kuristin viritetään siten, että sen induktiivinen virta (IL) kumoaa muun verkon aiheuttamat kapasitiiviset virrat (Ic).

Suunnattu maasulkusuojaus ja nollajännitesuo-
jaus toimivat viiveellisesti, mikäli maasulku on tyy-
piltään pysyvä vika. Nollajännitesuojauksella ei
saada täysin selektiivisiä laukaisuja toteutettua,
vaikka porrastettu aika-asettelu laukaisuille on
aina mahdollista. Suunnattu maasulkusuojaus
vaatii taas riittävän reaaliarvoisen virran, jotta kul-
maeroa vikatilanteen ja terveen käyttötilanteen ai-
kana saadaan $\cos\phi$ -suojaukseen perustuvassa
toiminnossa kasvatettua riittävästi. Säädon aiheut-
tamaan ongelmakohtaan voidaan esittää ratkai-
suna automaattisäätäjän käyttöä nollajänniterajan
kanssa aseteltuna. Nollajännitteen muutosten
avulla säätäjä virittää kuristinta jatkuvasti haluttuun
asentoon, jolloin käytön riski poistetaan ja suojaus
saadaan toimimaan halutusti myös jokaisessa ris-
kitilanteessa. Lisäksi on varmistettava pätövirran
suuruus maasulkujen aikana esimerkiksi suurjän-
nitevastuksilla. Suunnatun maasulkusuojauksen

on toimittava, mikäli säteittäisissä käytöissä halu-
taan maasuluista selektiivisiä laukaisuja.

On muistettava, että sammutettu verkko on raken-
nettu perustuen periaatteeseen, että kuristin on vi-
ritetty oikeaan arvoonsa. Asemien ja verkon maa-
doitukset on mitoitettu sammutetulle verkolle tyy-
pillisten pienten maasulkuvirtojen perusteella, ja
suurempien maavirtojen salliminen edellyttäisi
suuria maadoituselvytyksiä ja lisäinvestointeja uk-
kosköysille. Tämän vuoksi käytön ja suojauksen
näkökulmasta on syytä tehdä pitkäjänteistä kehi-
tystyötä ja löytää ratkaisuja, joissa verkon erityis-
piirteet otetaan huomioon. Tällöin verkon käyttöä
voidaan jatkaa nykyisellä toteutuksella ja aluera-
joilla mahdollisimman turvattu.

Lähteet

ABB Oy. 2009. REF615 manual. Hakupäivä 1.7.2020. https://lib-rary.e.abb.com/pub-lic/0bf06cb26c50628cc1257b130056c974/RE_615_tech_756_887_ENb.pdf

Druml, Gernot, Kugi, Andreas & Parr, Bodo 2001. Control of Petersen Coils. IEEE members: International symposium of electrical engineering.

Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot 1. Helsinki: Otatieto. Helsinki University press.

Fingrid Oyj 2020. Sisäiset lähteet.

Pääkkölä, Jaakko 2020. Lapin 110 kV:n sammutettu verkko. Oulun ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö. Hakupäivä 15.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/348067>.

Siemens SIP Edition No. 6. SIPROTEC 7SN60. Transient Earth-Fault Protection Relay. 10 Relays for Various Protection Applications / 7SN60. Käyttöohje. Hakupäivä 15.12.2020. http://www.automation-berlin.com/downloads/siemens/energy_ptd/7SN600_Catalog_SIP_E6.pdf.

Sumner, J.H. 1946. The theory and operation of Petersen coils. IEEE Library.

Miksi tuotannon tehokkuutta mitataan

Tärkeimpiä tuotannon tehokkuuden mittaamisen tavoitteita ovat tuotannon parantaminen ja ongelmakohtien löytäminen tuotantoprosesseista. Ongelmakohtia voi olla missä vain osa-alueilla tuotannonprosessien välillä. Mittaamisen tavoite on pääsääntöisesti saada parannettua tuotannon tehokkuutta. Ongelmakohtia voi olla missä tahansa tuotantoprosessien osa-alueilla. Tuottavuuden parannuskohteet vaihtelevat tuotantolaitoksittain, eikä osalla tuotantolaitoksista ole selkeää näkemystä parannuskohteistaan. Lähtökohta tuottavuuden parantamiselle on nykytilanteen kartoittaminen eli mittaaminen.

Tuotannon mittaamiseen on kehitetty monta eri mittaria. Jokainen mittaustapa on erilainen ja sopii eri tilanteissa oleville tehtaille eri tavalla. Yksi hyvin yleinen mittari on OEE-mittaus (Overall Equipment Effectiveness), suomen kielellä lyhennettynä KNL-mittaus. Lyhenne KNL tulee sanoista käytettävyys, nopeus ja laatu. Tällä mittarilla pystytään parantamaan kolmen osa-alueen tuloksia ja paikantamaan ongelmakohtia. Se tuo hyvin esiin tuotantoprosessin todelliset pullonkaulat. Tuotannon tehokkuuden mittaaminen on yksinkertaista ja hyödyt ovat helposti nähtävissä.

KNL-mittaus

KNL-mittaus on tehokas tapa mitata tuotannon tehokkuutta. Mittaustulokset näyttävät myös yrityksen johdolle, että koneita ja laitteita käytetään niiden kapasiteetin mukaan. Mittauksista pystytään näkemään myös linjastojen alimitoitukset, eli jos tietty linjasto ei pääse tavoitteisiin, voidaan helposti mittaauksista nähdä, mikä mitattava osa-alue on huomattavan heikko.

Nimi KNL tulee lyhenteistä, käytettävyys, nopeus ja laatu. Mittaus perustuu nimensä mukaiseen kaavaan $K*N*L$ =tuotannon tehokkuus. Kun kyseessä on tuotannon tehokkuutta mittaava kaava, täytyy mittauskertoimien parantelussa muistaa, ettei yhden osa-alueen parantaminen tee vielä merkittävää muutosta kokonaistuloksessa. Kun laskennan kertoimet muutetaan prosentuaalisiksi kertoimiksi, on kerroin tällöin mittaustuloksen laskennassa esimerkiksi 0,55 eli 55 %. Kun ajatellaan lukua vaikka pelkästään käytettävyyden kertoimena, ei 2 %:n parannus kertoimessa tee juurikaan muutosta lopputuloksessa. Vaikka pyritään,

että mittaustulokset olisivat tarkkoja, eivät pienet epätarkkuudet haittaa mittauksen kertomien laskennassa, koska se ei muuta lopputulosta merkittävästi.

Tarkasteltaessa mittauskertoimia yhtenäisenä tulona, kun parannetaan kaikkia mittauskertoimia prosenttiyksikön verran, nähdään lopputuloksissa parannuksia. Mittaustuloksien parantamiseksi täytyy mittaustulosta tarkastella säännöllisesti sekä miettiä mittaustulosten aikana tapahtuneet mahdolliset virheet. Jo yhden prosenttiyksikön parannus tuotannon tehokkuuden osa-alueella voi isolla tuotantomäärällä tuoda viikkotasolla jo satojentuhansien eurojen säästöt. Toisaalta jos tarkastellaan asiaa eri näkökulmasta, voi mittaaminen tuoda yhtiön ylemmälle johdolle suuren päänsäivän, niin kuin sanonta kuuluu ”tieto lisää tuskaa”.

Käytettävissä olevaa teoreettista tuotantoa ja mittavia hävikin lajeja voidaan kuvata seuraavasti.



Mittausten avulla parannetaan tuottavuutta

KNL-luvun mittauskertoimien parannukset vaikuttavat usein tuotantoprosessissa laajemmin kuin pelkästään tuotannon tehokkuuteen. Käytettävyyshäviöiden parantaminen vaatii laitteen käyttäjältä ensisijaisesti koneen tehokkaan käytettävyyden. Tärkeimpänä vaikuttavana tekijänä laitteen tehokkuuteen käyttöön on laitteen toimivuus. Toimivuus taas vaatii laitteen ylläpitäjältä säännöllistä huoltoa ja ylläpitoa.

Nopeuden parantaminen perustuu tuotteen läpimenoajan parantamiseen. Nopeuden määrittelyssä käytetään tuotannonkapasiteettia sekä teoreettista tuotannonkapasiteettia. Tuotteen läpimenoaika taas vaikuttaa olennaisesti tuotantokapasiteettiin.

Laadun parantaminen vaatii tuotteen valmistajalta tarkkaavaisuutta. Laadun kerroin voi perustua esimerkiksi valmistettavan tuote-erän alku- ja loppupainoon, eli laadunkertoimen parantelussa voidaan todeta, että mitä pienempi hävikki, sen parempi.

Mittaamisen hyödyt ja sudenkuopat

Tuotannon mittaamista tehdään hyvin usein sen vuoksi, että halutaan parantaa prosessin aikana tapahtuvia asioita. Tämän takana on tietysti raha. Kun parannetaan tuotannon tehokkuutta, voidaan myydä enemmän. Vaikka myyntiä ei kasvatettaisikaan tuotannon tehokkuuden ollessa huipussaan, on tuotteen tekeminen maksanut myös mahdollisimman vähän ja tuotteesta jää parhaiten katetta.

Vaikka myyntiä ei kasvatettaisikaan, saadaan tuotannosta parempaa katetta alentuneiden raaka-ainekustannusten ansiosta. Tämä vaikuttaa myös suoraan tehtaan resurssitarpeisiin, ja se taas vaikuttaa kasvihuonepäästöihin ja energian kulutukseen. Toisin sanoen, kun mittaustulosten avulla parannetaan tuotannon tehokkuus huippuunsa, voidaan valmistaa sama määrä tuotetta kuin aikaisemmin vähemmällä resursseilla.

Kuten kaikissa mittareissa myös tässä on puutteensa: mittari toimii hyvin tuotevariaation ja resurssien pysyessä samankaltaisena. Tärkeää onkin asettaa mittarille uudet tavoitteet sen mukaan, mitä tuotetta ollaan tekemässä. Esimerkiksi arvokaimmilla ja hitaasti valmistuvilla tuotteilla laatukertoimen tulee olla jo lähtökohtaisesti korkea, kun taas massatuotannossa suurin paino on nopeudessa.

Lähteet

Nissinen, Tomi 2020. Kunnossapidon raportit ja mittarit. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 8.12.2020.
<https://www.theseus.fi/handle/10024/352290>.

Tuulivoiman laitteistojen kunnossapito

Sähkötekniikan opiskelija Aatu Hämeenaho suunnitteli ja toteutti opinnäytetyössään tuulivoimaloiden huoltohissien ja -nosturien kunnossapito- ja huolto-opiaan. Työ tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun sähkö-, automaatio- ja kone-tekniikan koulutusosastolla.

Hissien ja nosturien kunnossapito on vain osa tuulivoimaloissa tehtäviä huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä. Opinnäytetyö on toteutettu Wico Safety Oy:lle ja tulee yrityksen omaan käyttöön, minkä vuoksi artikkelissa ei voida perehtyä itse huoltotoimenpiteisiin sen tarkemmin. Tuulivoima-ala on lähivuosina kasvamassa merkittävästi, ja ala tulee tulevina vuosina työllistämään entistä enemmän opiskelijoita ja eri alojen ammattilaisia.



Kuva 1. Tuulivoimapuisto (1)

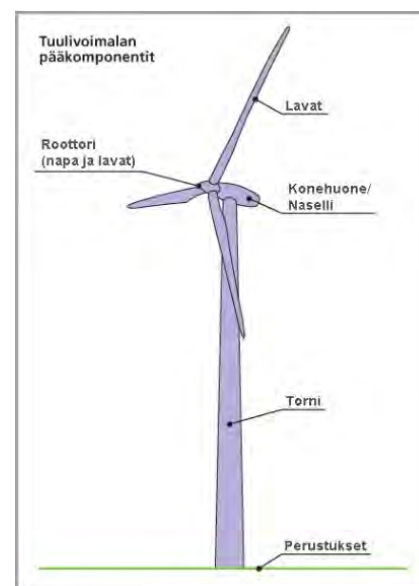
Tuulivoimalat Suomessa

Vuonna 2019 Suomessa oli toiminnassa noin 750 tuulivoimalaa. Vuoteen 2022 mennessä arvion mukaan Suomessa olisi noin 1 150 toiminnassa olevaa tuulivoimalaa. Suomen suurin tuulivoimapuisto sijaitsee Kristiinankaupungin Metsälässä, ja siihen kuuluu kaiken kaikkiaan 34 voimalaa.

Vuoden 2021 aikana valmistuu Pyhännälle 41 tuulivoimalaa kattava tuulipuisto, jonka 32 voimalaa sijaitsee Pyhännän kunnan ja 9 Kajaanin kaupungin alueella. Yhden voimalan nimellisteho on noin 5 MW ja koko tuulivoimapuiston nimellisteho 211 MW. Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsee vähän yli kolmannes Suomen tuulivoimaloista, ja kumulatiivisesti Kalajoki on Suomen suurin tuulivoimakunta 64 tuulivoimalallaan. (2, s. 9.)

Tuulivoimala

Tuulivoimalan perusrakenne voidaan jakaa seuraavanlaisesti: torni, konehuone ja roottori. Tornin osat voidaan jakaa vielä viiteen eri osaan: kellari, alataso, välitasot, ylätaso ja yaw-taso. Tuulivoimaloita on erimittaisia ja -kokoisia. On olemassa pysty- sekä vaaka-akselisia ja 1-, 2- ja 3-lapaisia tuulivoimaloita. Yleisin teollisuuden tuulivoimala on kuitenkin vaaka-akselinen ja 3-lapainen. Tuulivoimalat voidaan myös jakaa vaihdelaatikollisiin ja suoravetoisiin turbiineihin. Vaihdelaatikollinen on Suomessa yleisempi malli. Tuulivoimalat voidaan jakaa myös sijainnin mukaan onshore- ja offshore-voimaloihin riippuen siitä, sijaitsevatko ne maalla vai merellä. Näissä rakennusympäristö ja voimalan koko ovat erilaiset. Suomessa offshore-voimaloita on vielä vähän, mutta niitäkin on suunnitteilla. (2, s. 10.)

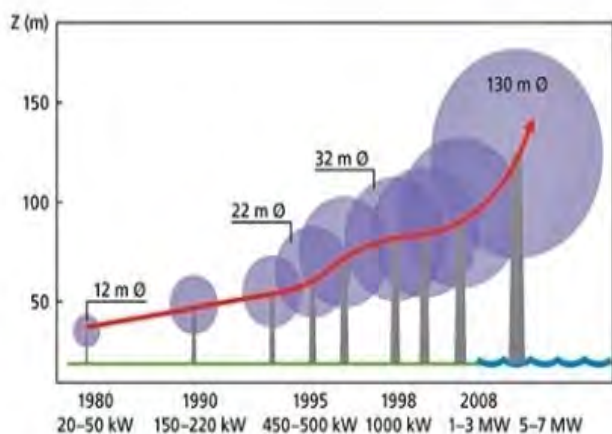


Kuva 2. Tuuliturbiinin pääkomponentit (3)

Tuulivoimaloiden kehitys

Tuulivoimalan tuotto on verrannollinen napakorkeuteen, tuulen nopeuteen ja roottorin

pyyhkäisyypinta-alaan. 40 vuodessa roottorin halkaisija on kasvanut 15 metristä aina 150 metriin, samalla kun teho on kasvanut 55 kilowatista 5 000 - 6 000 kilowattiin. Myös voimaloiden korkeus on kasvanut 22 metristä aina 175 - 180 metriin. Vertahtaessa vanhimpia ja uusimpia tuulivoimaloita nähdään, että tuulivoimaloiden vuosituotto on yli 100-kertaistunut, mikä on edellä mainittujen seikkojen sekä tekniikan ja aerodynamiikan kehittymisen ansiota. (2, s. 9.)



Kuva 3. Tuulivoimaloiden kehitys (3)

Tuulivoimalan huoltohissi

Tuulivoimalassa sijaitseva huoltohissi on laite, jolla voidaan nostaa henkilö tai henkilöitä huoltoa tai kunnossapitoa varten tuulivoimalan välitasoille, yaw-tasolle tai nasellissa tapahtuvia huoltotoimenpiteitä varten. Valtioneuvoston asetuksessa 1095/2019 § 37 sanotaan: ”Tuulivoimalan huoltohissillä tarkoitetaan kiinteästi tuulivoimalaan asennettua nostolaitetta, jolla nostetaan henkilöitä tasolta toiselle” (4, § 4).

Huoltohissi on tarkoitettu helpottamaan tuulivoimalan kunnossapitoa eikä se vaikuta tuulivoimalan toimintaan. Huoltohissi helpottaa nasellissa ja ylemmillä tasoilla tapahtuvia korjaus- ja huoltotoimenpiteitä, työkalujen ja varaosien kuljettamista sekä säästää huoltohenkilökunnan voimavaroja. Vikaantunut huoltohissi vaikeuttaa nasellissa tehtäviä huoltotoimenpiteitä ja voi aiheuttaa suuriakin taloudellisia menetyksiä tuulivoimalan omistajalle. Huoltohissiä saavat käyttää vain pätevät ja koulutetut henkilöt.

Tuulivoimalan huoltonosturi

Tuulivoimalassa sijaitseva huoltonosturi on laite, jolla voidaan nostaa työkaluja ja varaosia huoltoa tai kunnossapitoa varten tuulivoimalan naselliin. Valtioneuvoston päätöksen 1403/1993 pykälän 6 mukaan: ”Nosturilla tarkoitetaan tässä luvussa konekäyttöistä nostolaitetta, jota käytetään kuorman nostamiseen, laskemiseen ja siirtämiseen ja jossa kuorma liikkuu ainoastaan nostoköyden, -ketjun tai vastaavan rakenteen ohjaamana. Nosturina pidetään myös sellaista edellä tarkoitettua nostolaitetta, jossa kuorman heiluntaa rajoitetaan nosturin mukana siirtyvillä laitteilla.” (4, § 6.)

Nosturin käyttäjän on noudatettava annettuja ohjeita ja oltava erittäin huolellinen ja varovainen. Tuulivoimalaolosuhteissa on otettava huomioon erityisesti tuulen nopeus ketjua laskettaessa. Ennen jokaista käyttökertaa olisi nosturille hyvä tehdä valmistajan ohjeistamat turva- ja hallintalaitteiden kokeilut. Nosturia ei tule käyttää, jos havaitaan turvallisuutta vaarantavia seikkoja tai vikoja, ja niistä on ilmoitettava välittömästi työnantajalle.

Lähteet

1. Suomen Tuulivoimayhdistys. Tuuli ja tuulivoima. Hakupäivä 9.11.2020. <https://tuulivoimayhdistys.fi/aineisto-pankki>.
2. Hämeenaho, Aatu 2020. Tuulivoimaloiden hissien ja nosturien kunnossapito. Oulun ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikka. Opinnäytetyö. Hakupäivä 17.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/349602>.
3. Motiva 2020. Tuulivoimateknologia. Hakupäivä 9.11.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoima_suomessa/tuulivoimateknologia.
4. Hissiturvallisuuslaki 1134/2016. Hakupäivä 8.10.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931403>.

Onnistuneen suunnitteluprojektin toteuttaminen

Tässä artikkelissa käydään läpi suunnitteluprojektin vaiheet ja nostetaan kunkin vaiheen tärkeät asiat esiin. Projektin onnistuneisuutta voidaan kuvata monella eri tavalla, mutta yksinkertaisimmillaan projekti voidaan kokea onnistuneeksi, jos asetettuihin tavoitteisiin on päästy ja tuloksiin ollaan tyytyväisiä. Onnistuneille projekteille ominaisia piirteitä ovat asiakaslähtöisyys, huolellisuus, järjestelmällisyys ja tehokas kommunikaatio projektin sidosryhmien välillä.

Suunnitteluprojektit jaetaan yleensä vaiheisiin, sillä se edesauttaa projektin läpiviennin tehokkuutta ja järjestelmällisyyttä. Projektien läpivientiin on olemassa useita malleja, mutta lähes jokainen projektimalli sisältää ainakin asiakastarpeen selvittämisen, esisuunnitteluvaiheen ja yksityiskohtaisen suunnittelun.



Kuva 1. Projektin aikana tulee kiinnittää huomiota useisiin asioihin, mutta projektimallin noudattaminen yksinkertaistaa sen läpivientiä.

Lähtökohdat

Suunnitteluprojektin aloitus on tehtävä huolellisesti, koska muutosten tekeminen projektin aikana muuttuu koko ajan vaikeammaksi ja kalliimmaksi. Lisäksi suunniteluun vaikuttavat yllättävän monet eri tekijät ja ne on tiedostettava heti alussa. Ennen projektin aloittamista on hyvä tehdä esiselvitys myös projektin kannattavuudesta. Jos projekti todetaan kannattavaksi, laaditaan projektisuunnitelma. Projektisuunnitelmasta selviää lähes kaikki projektin läpivientiin tarvittava tieto, kuten tehtävät, projektin rajaus, aikataulu, organisaatio ja budjetti.

Projektia aloitettaessa on pidettävä mielessä, kenelle tuotetta tehdään.

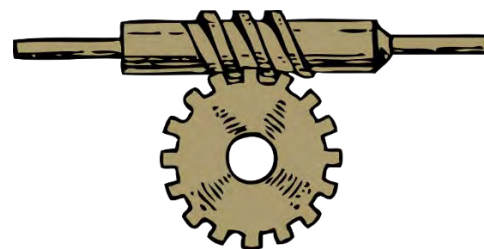
Suunnitteluprojektin ensimmäisessä konkreettisesti vaiheessa määritellään vaatimukset, jotka tuotteen tulee täyttää. Tätä vaihetta kutsutaan asiakastarpeen selvittämiseksi. Työn tilaajalla, tuotteen suunnittelijalla ja tuotteen lopullisella

käyttäjällä voi olla eri vaatimuksia ja toiveita tuotteelle. Siksi on tärkeää, että asiakastarpeen selvittäminen ja vaatimusmäärittely tehdään huolellisesti. Työn tilaajalla voi olla lisävaatimuksia, joilla hän pyrkii tuomaan tuotteelle kilpailullisia etuja.

Suunnittelu

Kun tuotteen alustavat vaatimukset ovat selvillä, alkaa esisuunnitteluvaihe. Esisuunnitteluvaiheessa luodaan tuotteesta ensimmäiset luonnokset ja etsitään ratkaisuja, joilla tuotteelle asetetut vaatimukset voidaan täyttää. Esisuunnittelua kutsutaan myös konseptisuunnitteluksi ja luonnosteluvaiheeksi, sillä tässä vaiheessa pyritään määrittelemään tuotteen toiminnot ja arkkitehtuuri.

Esisuunnitteluvaiheen alussa tulisi luopua kaikista ennakkoluuloista, jotta ne eivät rajoita tuotteen suunnittelua. Suunnittelun tukena käytetään luovan työn menetelmiä, kuten abstrahointia ja tuotteen kokonaistoiminnon jakamista osatoimintoihin. Luovan työn menetelmillä tuote nähdään laajemmin ja saadaan innovatiivisempia ratkaisuja ongelmiin. Kun osatoiminnoille on löydetty useita ratkaisuja, niitä yhdistelemällä kootaan kokonaisratkaisuvaihtoehtoja. Jäsentelykaavio on hyödyllinen väline kokonaisratkaisujen laatimiseen.



Kuva 2. Suunnittelu aloitetaan etsimällä erilaisia ratkaisuja toimintojen saavuttamiseksi.

Esisuunnittelun loppuvaiheessa valitaan ratkaisuvaihtoehto, joka siirretään yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Vaihtoehtoja tulisi muodostaa

useita ja niitä tulisi vertailla keskenään sekä analysoida tarkasti, jotta valitaan oikea vaihtoehto yksityiskohtaisen suunnittelun pohjaksi.

Jäsentelykaaviolla luotu vaihtoehtoja tutkimalla voidaan löytää myös aiemmin huomaamattomia yhdistelmiä.

Parhaaksi koettu vaihtoehto siirretään yksityiskohtaiseen suunnitteluun, jossa luonnokset muutetaan piirustuksiksi, 3D-malleiksi ja laskelmiksi. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa tuotteen osat saavat muodon ja niille valitaan materiaalit sekä huomioidaan muun muassa tuotteen valmistettavuus, kokoonpantavuus sekä korroosionkesto. Vaihtoehtoiset valmistusmenetelmät ja uudet materiaalit voivat tehdä suunnittelusta entistä joustavampaa, koska tarjolla on uusia tapoja päästä samaan tai jopa toimivampaan lopputulokseen. Yksityiskohtaista suunnittelua voidaan myös lähestyä järjestelmällisemmin joko jakamalla tuotetta moduuleihin tai keskittymällä yhteen suunnittelun osa-alueeseen kerrallaan.



Kuva 3. Tuotteen valmistettavuus on tärkeää ottaa huomioon.

Tulokset

Onnistuneen suunnitteluprojektin tuloksina syntyvät tuotteen valmistukseen tarvittavat dokumentit, kuten valmistus- ja kokoonpanopiirustukset.

Lopputuloksena syntyneet dokumentit ovat ainoat tositteet projektin aikana tehdystä työstä.

Dokumentit tulee tehdä huolella, jotta projektin tuloksia ja dokumentteja pystytään käyttämään hyödyksi myös tulevissa projekteissa. Laadukkaasti tehty dokumentaatio tarjoaa riittävästi tietoja, jotta hankinnat, valmistus, tarkastukset ja merkinnät pystytään tekemään tilaajan edellyttämällä tavalla.

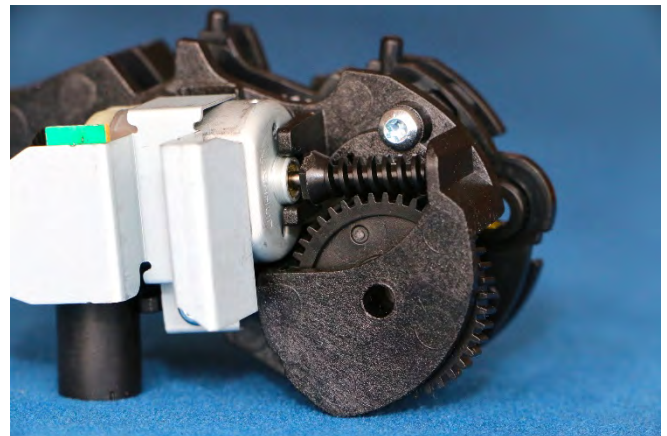
Vasta sitten projekti on onnistunut, kun asiakas maksaa siitä sovitun hinnan.



Kuva 4. Piirustukset ovat tärkeitä kommunikaatiovälineitä projektin aikana ja sen jälkeen.

Yhteenveto

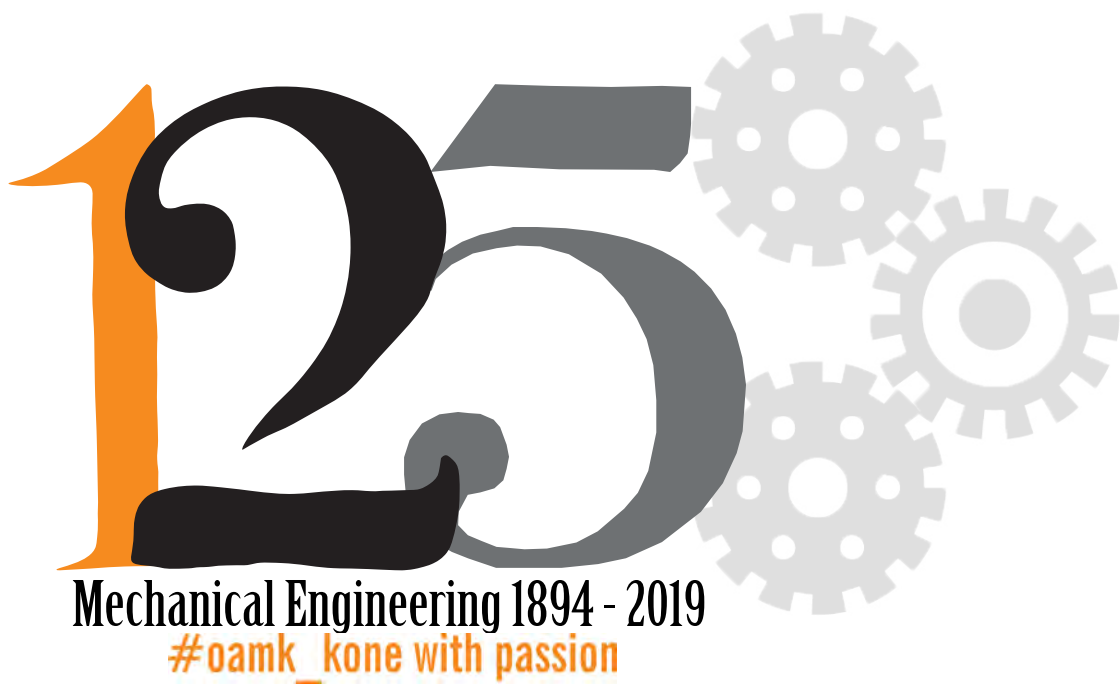
Yhteenvetona voidaan todeta, että onnistuneen projektin edellytyksenä on projektin alkuvaiheiden huolellinen tekeminen, eikä seuraavaan vaiheeseen tule siirtyä ennen kuin ollaan varmoja, että edellinen vaihe on valmis. Mitä aiemmassa vaiheessa esiin tulleet ongelmat korjataan, sitä helpompaa ja helpompaa niiden korjaaminen on. Jo ennen projektin aloittamista tulee olla varma, että projekti on kannattava ja sen toteuttamiseen on tarpeeksi resursseja. Projektin onnistumisen mittarina voidaan käyttää asiakastyytyväisyyttä.



Kuva 5. Usein piirustusten pohjalta valmistetaan prototyyppi, jolla varmistetaan suunnitelmien onnistumisesta ennen tuotannon aloittamista.

Lähteet

Teppo, Joni 2020. EWast-älyroskakorin mekaniikkasuunnittelu ja tuotekehitys. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 18.12.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/354456>.



ISSN 2490-2012 (painettu)
ISSN 2490-2020 (verkkajulkaisu)

**Voit seurata Oamkin konetekniikan
koulutusohjelmaa myös somessa**



@Oamk_Kone



@OamkKone



@Oamk_Kone