



Taajuusmuuttajan tilaussuunnittelun hinnoittelutyökalun jatkokehittäminen

Pyry Korhonen

OPINNÄYTETYÖ
Helmi­kuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

KORHONEN, PYYRY:

Taajuusmuuttajan tilaussuunnittelun hinnoittelutyökalun jatkokehittäminen

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyö toteutettiin ABB Oy:n Order Based Engineering -osastolle. Osasto tekee ACS880-sukupolven kaappimallisten taajuusmuuttajien tilaussuunnittelua. Opinnäytetyössä kehitettiin osastolla toimivalle pre-engineering tiimille aiemmin tehtyä hinnoittelutyökalua. Työkalun tarkoituksena on toimia tietokantana, johon suunnittelija voi tallentaa hinnoitteluita ehdotetuista muutoksista. Työkalun avulla pyritään vähentämään eri suunnittelijoiden välisiä hinnoittelueroja samankaltaisten muutosten hinnoitteluisissa ja tarjoamaan heille käyttöalusta, josta he näkevät aiemmin tehtyjä hinnoitteluita ja johon he voivat myös tallentaa uusia hinnoitteluita.

Opinnäytetyön jatkokehityksessä hinnoittelutyökalun sisäistä prosessia muokattiin yksinkertaisemmaksi ja sen käytöstä saatiin tehtyä sulavampaa kuin alkuperäisessä hinnoittelutyökalussa. Myös uusia ominaisuuksia hinnoittelutyökaluun kehitettiin siten, että ne tukevat uudistetun prosessin toimivuutta. Muutoksilla haluttiin korjata ongelmakohtia alkuperäisestä hinnoittelutyökalusta, jonka takia se oli jäänyt julkaisun jälkeen käyttämättömäksi.

Jatkokehitys toteutettiin muokkaamalla alkuperäistä Excel-työkirjaa. Jatkokehityksen valmistuttua suunnittelijat testasivat työkalun toimintaa. Lopputuloksena hinnoittelutyökalusta saatiin toimiva kokonaisuus, jolla on potentiaalia jäädä tiimin aktiiviseen käyttöön. Jatkokehitys työkalulle ei lopu tähän opinnäytetyöhön vaan se jatkuu uusien ominaisuuksien kehittämisellä ja ohjeiden luomisella.

Asiasanat: jatkokehitys, taajuusmuuttaja, tietokanta, excel, tilaussuunnittelu

ABSTRACT

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

KORHONEN, PYRY:

Further Development of the Pricing Tool for Frequency Converter Order Planning

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 0 pages
May 2024

The thesis was commissioned by ABB Limited's Order Based Engineering department which specializes in application engineering for ACS880 generation cabined-installed frequency converters.

The purpose of the thesis was to further develop a pricing tool previously created for the Order Based Engineering department. The tool serves as a database where designers can store pricings for custom changes. The aim was to reduce pricing discrepancies between different designers for similar modifications and provide the designers with a platform to review past pricings.

In further development, the internal process of the pricing tool was desired to be made simpler, and its usage was desired to be made smoother. Additionally, some new features were designed for the tool, but the focus was on improving the old design. The changes aimed to address issues with the original pricing tool which led to its disuse after its initial release.

The development was carried out by modifying the original Excel workbook which can be programmed to support new features. After the development phase, pilot testing of the pricing tool was conducted where designers tested its functionality. As a result, a functionality of the pricing tool was confirmed. Based on pilot testing, a pricing tool has the potential to be actively used.

Key words: further development, frequency converter, database, excel, application engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TAAJUUSMUUTTAJAT	7
	2.1 Taajuusmuuttajan käyttötarkoitukset ja hyödyt	7
	2.2 Taajuusmuuttajan rakenne ja toiminta	8
3	TAAJUUSMUUTTAJAJIEN TILAUSSUUNNITTELU ABB:LLA.....	12
	3.1 Yksittäistä moottoria ohjaavat taajuusmuuttajat	12
	3.2 Tilaussuunnittelun osasto ja pre-engineering tiimi.....	15
4	HINNOITTELU TYÖKALU	17
	4.1 Jatkokehityksen syyt ja tavoitteet.....	17
	4.2 Hinnoittelutyökalun prosessiuudistukset	18
	4.3 Työkalun kehitysprosessi	23
	4.3.1 Ostoskori	23
	4.3.2 Komponenttien kustannusten tallentaminen työkaluun.....	25
	4.3.3 Kustannusarvioiden sisältämien osaratkaisuiden muokkaaminen.....	26
	4.3.4 Kustannusarvion tuloste	26
5	POHDINTA	28
	LÄHTEET.....	30

LYHENTEET JA TERMIT

ABB	monikansallinen teknologiayritys, joka tarjoaa tuotteita ja palveluita sähköverkon hallintaan, teollisuusautomaatioon, robotiikkaan, voimansiirtoon ja sähköisten komponenttien valmistukseen.
AC	Alternating current eli vaihtovirta
Article	Hinnoittelutyökalussa käytetty nimitys muutoksen osaratkaisusta
DC	Direct Current eli tasavirta
IGBT-transistori	Erytishilallinen bipolaaritransistori
Multi Drive	Useamman kuin yhden moottorin ohjaamiseen tarkoitettu taajuusmuuttajakaappi
OBE	Order Based Engineering. Tilaussuunnittelun yksikkö System Drives osastolla
Pricing	Hinnoittelutyökalussa käytetty nimitys kustannusarvioista
PWM	Pulse Width Modulation eli pulssin leveys modulaatio
RJ45-verkkokaapeli	Kaapeli, jota käytetään tietokoneiden, reitittimien, kytkimien ja muiden verkkolaitteiden välisen yhteyden luomiseen Ethernet-verkossa
VBA	Visual Basic for Applications. Microsoftin ohjelmointikieli
VFD	Variable Frequency Drive eli taajuusmuuttaja

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli jatkokehittää aiemmin luotua hinnoittelutyökalua taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnitteluun. Jatkokehityksen tavoitteena oli parantaa alkuperäisen hinnoittelutyökalun prosessia ja tehdä siitä sulavampi käyttää. Myös uusia ominaisuuksia haluttiin kehittää tämän uuden prosessin tueksi. Jatkokehityksen uudistusten jälkeen työkalun pitäisi olla luotettava ja yksinkertainen käyttää, jotta sen pystyy ottamaan aktiiviseen käyttöön. Hinnoittelutyökalun käyttöönotto rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy:n Order Based Engineering (OBE) osaston pre-engineering tiimille. OBE-osastolla toteutetaan asiakkaan toivomia erikoismuutoksia vakio mallisiin ACS880-sukupolven taajuusmuuttajakaappeihin. Muutokset koostuvat mekaniikkamuutoksista kaapin rakenteeseen ja sähkömuutoksista sen ohjaus- ja päävirtapiiriin. Pre-engineering tiimi on osastolla toimiva kokeneemista suunnittelijoista koostuva tiimi, joka auttaa myyntiosastoa tekemällä heille kustannusarvioita asiakkaiden toivomista erikoismuutoksista ja tutkimalla onko niiden toteuttaminen ylipäättään mahdollista.

Toivotut muutokset kaappeihin ovat usein sellaisia, että niitä on jo aikaisemmin tehty johonkin toiseen kaappiin. Hinnoittelutyökalun tarkoituksena on toimia pre-engineering tiimille tietopankkina näistä aiemmin tehdyistä muutoksista, jotta jokaisen tiimin jäsenen on helppo tehdä niistä kustannusarvioita uudestaan ja pitää samalla yhtenevä linja muutosten kustannusarvioista. Hinnoittelutyökalu on toteutettu Microsoft Excel työkalulla, joka on Microsoftin kehittämä taulukkolaskentaohjelma. Tämä mahdollistaa tietokannan ylläpitämisen sekä sen toiminnan muokkaamisen sille kehitetyn ohjelmointikielen ”Visual Basic for Applications” avulla.

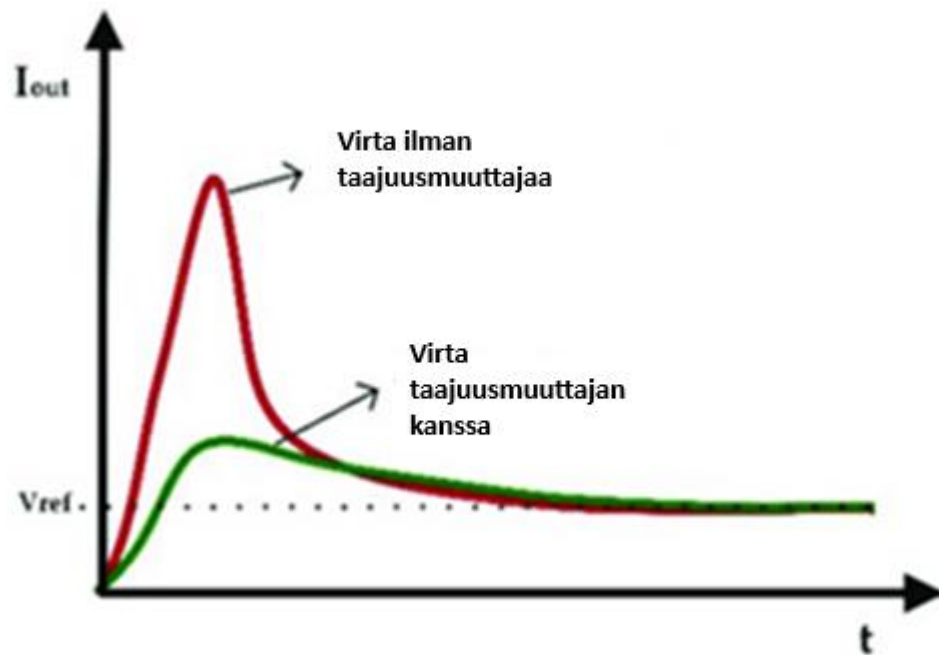
2 TAAJUUSMUUTTAJAT

2.1 Taajuusmuuttajan käyttötarkoitukset ja hyödyt

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka tyypillisesti kytketään sähköverkon ja sähkömoottorin väliin. Sen perustoiminto on ohjata energiaa ja muuttaa sähkön taajuutta 3-vaiheisille sähkömoottoreille. Taajuuden muuttaminen sähkömoottorille johtaa sen pyörimisnopeuden muuttumiseen. Tyypillisin syy taajuusmuuttajan hankinnalle on tarve mitoittaa sähkömoottorin pyörimisnopeus prosessin vaatimusten mukaiseksi. Tyypillisimpiä prosesseja, joissa taajuusmuuttajia sijoitetaan sähkömoottorin ja sähköverkon väliin ovat puhaltimet, pumput ja kompressorit. Näissä kolmessa käyttötarkoituksessa on noin 75% kaikista maailmassa käytävistä taajuusmuuttajista. Näiden käyttöjen lisäksi taajuusmuuttajaa voi käyttää melkein kaikissa sähkömoottoreissa, oli sen käyttötarkoitus mikä tahansa. Suurimpiin taajuusmuuttajien valmistajiin kuuluvat ABB, Siemens, Schneider Electric ja Danfoss. (Danfoss. Mikä on taajuusmuuttaja?)

Taajuusmuuttajan käyttö tarjoaa lukuisia etuja, joista ensimmäisenä voidaan mainita merkittävät energiasäästöt. Taajuusmuuttaja mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden tarkan ohjauksen. Tämä antaa sille etua verrattuna moottoriin, jossa ei ole taajuusmuuttajaa ja jonka nopeus on siten kiinteä. Tämä siksi, että taajuusmuuttaja voi säätää moottorin nopeutta tarpeen mukaan, vastaten tehokkaasti kuorman vaatimuksiin ja näin vähentäen tarpeetonta energiankulutusta. (Danfoss. Mikä on taajuusmuuttaja?)

Energiasäästöjen lisäksi taajuusmuuttaja auttaa myös pienentämään sähkömoottorin aiheuttamaa käynnistysvirtapiikkiä. Esimerkissä (kuvio 1) esitellään selvä ero käynnistysvirrassa taajuusmuuttajaa käytettäessä verrattuna tilanteeseen, jossa moottori käynnistyy ilman sitä. Käynnistysvirtapiikin pieneneminen vähentää sähkömoottoriin kohdistuvaa kuormitusta, mikä pidentää sen käyttöikää. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18, 17)

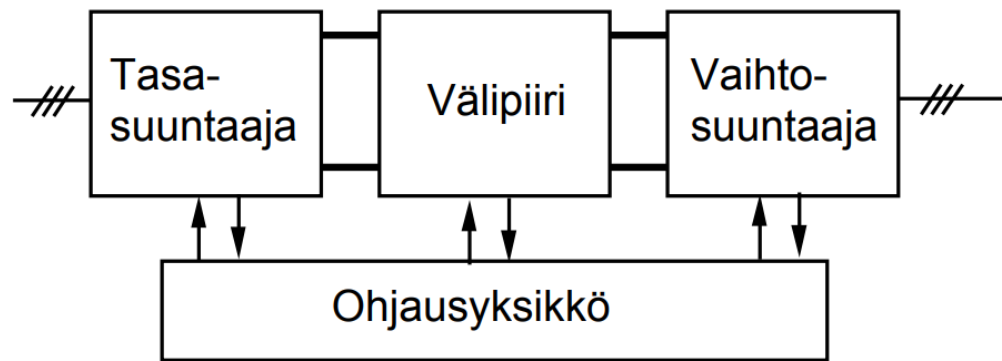


KUVIO 1. Käynnistysvirrat, kun moottori käynnistetään taajuusmuuttajalla ja ilman (Farnell)

Taajuusmuuttajat ovat myös integroitavissa erilaisiin automaatiojärjestelmiin, jolloin moottorin toimintaa voidaan tämän avulla mukauttaa helposti eri käyttötarkoituksiin sopivaksi. Taajuusmuuttajat voivat auttaa myös välttämään moottorin turhaa tyhjäkäyntiä. Tyhjäkäynnillä tarkoitetaan moottorin pyörimistä ilman kuormitusta, mikä aiheuttaa ylimääräistä energiankulutusta. Taajuusmuuttajat voivat automaattisesti vähentää moottorin nopeutta tai jopa sammuttaa sen tilanteissa, joissa moottorin päällä oleminen ei ole tarpeen. (Farnell)

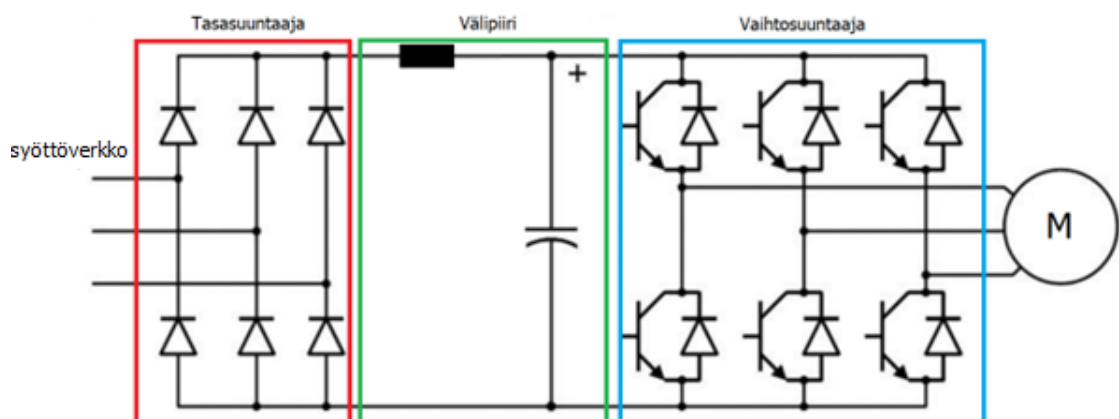
2.2 Taajuusmuuttajan rakenne ja toiminta

Perinteinen taajuusmuuttaja koostuu neljästä osakokonaisuudesta. Nämä osakokonaisuudet ovat tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja ja ohjausyksikkö. Esimerkki tällaisesta taajuusmuuttajasta (kuvio 2).



KUVIO 2. Taajuusmuuttajan lohkokaavio, (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18, 17)

Alla yksityiskohtaisempi esimerkki (kuvio 3) taajuusmuuttajan rakenteesta, jossa näkyy taajuusmuuttajan sisällä olevia sähkökomponentteja sijoiteltuina taajuusmuuttajan rakenneosiin.



KUVIO 3. Taajuusmuuttajan rakenne

Ensimmäisenä syöttöverkosta päin katsottuna taajuusmuuttajan rakenteessa on tasasuuntaaja. Taajuusmuuttajassa oleva tasasuuntaussilta muuntaa syöttöverkostapain tulevan vaihtojännitteen (AC) aaltoilevaksi tasajännitteeksi (DC). Tasasuuntaus voidaan toteuttaa tyristoreilla, diodeilla, tehotransistoreilla kuten IGBT-transistoreilla tai niitä yhdistelemällä. Näistä vaihtoehtoista yksinkertaisin on diodeilla toteutettu tasasuuntaaja mikä on myös esitetty esimerkissä (kuvio 3). Diodeilla toteutettua tasasuuntaajaa kutsutaan ohjaamattomaksi tasasuuntaa-

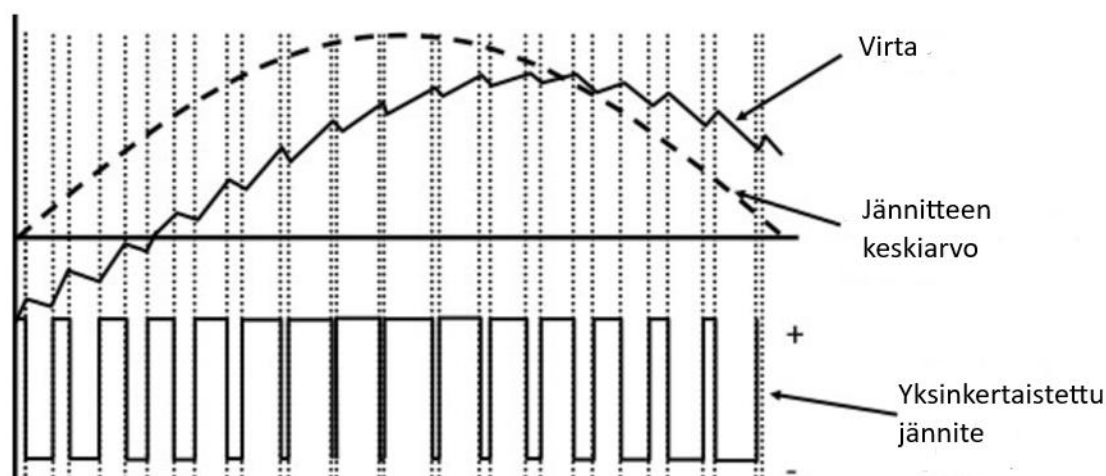
jaksi ja tyristoreilla tai tehotransistoreilla toteutettua täysin ohjatuksi tasasuuntaajaksi. Etuna diodeilla toteutetussa tasasuuntaajassa on se, ettei sille tarvitse erillistä ohjausta, koska diodi on passiivinen komponentti. Kaikki tasasuuntaajat aiheuttavat virtaan säröä, jonka vuoksi niiden tehokerroin ei ole 1 vaan vaihtelee tyypillisesti välillä 0,85-0,98. Diodeita käyttäessä moottorin jarrutus tilanteessa syntynyttä virtaa ei voi ohjata sähköverkkoon diodien yksisuuntaisuuden takia. (Niiranen, 2000, 40-44)

Kun virta on kulkenut tasasuuntaajan läpi, menee se seuraavaksi välipiiriin. Välipiiri on tasavirtapiiri, joka toimii tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan välissä. Välipiiri tyypillisesti sisältää kondensaattoreita, jotka kykenevät varaamaan virtaa ja myöhemmin toimittamaan sitä vaihtosuuntaajaan. Koska tasasuuntaajasta tullut tasajännite on aaltoileva, saattaa välipiiri myös sisältää kuristimia, jotka tasoittavat tasasuuntaajasta tulleen jännitteen käyrämuotoa. Välipiiri saattaa myös sisältää jarrukatkoja. Ne purkavat tai kuluttavat moottorin jarrutus tilanteessa syntynyttä ylimääräistä energiaa estäen taajuusmuuttajan tai liitetyn verkon ylikuormittumista. (Carrier, 2005)

Viimeisenä taajuusmuuttajan päävirtapiirin osana ennen sähkömoottoria on vaihtosuuntaaja eli invertteri. Se koostuu usein pienitehoisissa taajuusmuuttajissa kuudesta IGBT-transistorista, jotka ohjaavat moottorille meneviä vaihejohtimia vuorotellen. IGBT-transistorit toimivat samalla tavalla kuin kytkimet, mutta niiden ohjaus tapahtuu tyypillisesti digitaalista ohjaussignaalia käyttäen, joka tulee taajuusmuuttajan ohjausyksiköstä. Katkaisu ominaisuuden avulla virtaa pystytään simuloimaan siniaallon muotoiseksi. IGBT-transistoreissa etuna on, että niillä on mahdollista ohjata taajuusmuuttajaa ilman suuria energiahäviöitä ja ne mahdollistavat myös tarkan ohjauksen. Näiden syiden takia IGBT sopii erinomaisesti taajuusmuuttajakäyttöön. (Tuusa, 1998, 5)

Esimerkin (kuvio 3) mukaisia taajuusmuuttajia, jonka välipiirissä on LC- alipäästösuodatin, kutsutaan tasajännitevälipiirillä varustetuiksi taajuusmuuttajiksi. Näissä taajuusmuuttajissa lähtöjännitteen amplitudiin vaikutetaan joko välipiirin jännitettä säätämällä tai muuttamalla lähtöjännitteen pulssikuviota. Tätä pulssikuviota muuttamista kutsutaan pulssileveysmoduloinniksi (PWM). Esimerkissä

(kuvio 4) näkyy tällainen pulssileveysmoduloitu jännite, tämän jännitteen keskiarvo ja lähes siniaallon muotoiseksi saatu virta. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18, 17)



KUVIO 4. Moduloitu jännite ja virta (Inverttek Drives. What is a Variable Frequency Drive?)

Ohjausyksikkö ohjaa taajuusmuuttajan aktiivisia komponentteja, kuten jarrukotkoja, IGBT-transistoreita ja tyristöreita. Tämä ohjaus tapahtuu digitaalisen ohjaussignaalin avulla. Ohjauksen rooli on keskeinen taajuusmuuttajan toiminnassa, sillä se säätelee moottorin nopeutta ja suuntaa, varmistaen optimaalisen suorituskyvyn eri käyttötilanteissa. Ohjausyksikkö käyttää edistyneitä säätöalgoritmeja, jotka mahdollistavat tarkan moottorihjauksen ja energiatehokkaan toiminnan. Passiiviset komponentit, kuten diodit, kondensaattorit ja kuristimet, ovat olennainen osa taajuusmuuttajan rakennetta. Ohjausyksikkö valvoo niiden toimintaa varmistaen, että ne tukevat moitteetonta energian siirtymistä ja suojaavat järjestelmää mahdollisilta häiriöiltä.

Lopuksi ohjausyksikkö voi osallistua ohjelmistopäivityksiin ja kommunikoida muun automaatiojärjestelmän kanssa, mikäli taajuusmuuttaja on osa laajempaa automaatiokokonaisuutta. Tämä integraatio mahdollistaa älykkään ja joustavan moottorihjauksen erilaisissa teollisuuden sovelluksissa.

3 TAAJUUSMUUTTAJAJIEN TILAUSSUUNNITTELU ABB:LLA

3.1 Yksittäistä moottoria ohjaavat taajuusmuuttajat

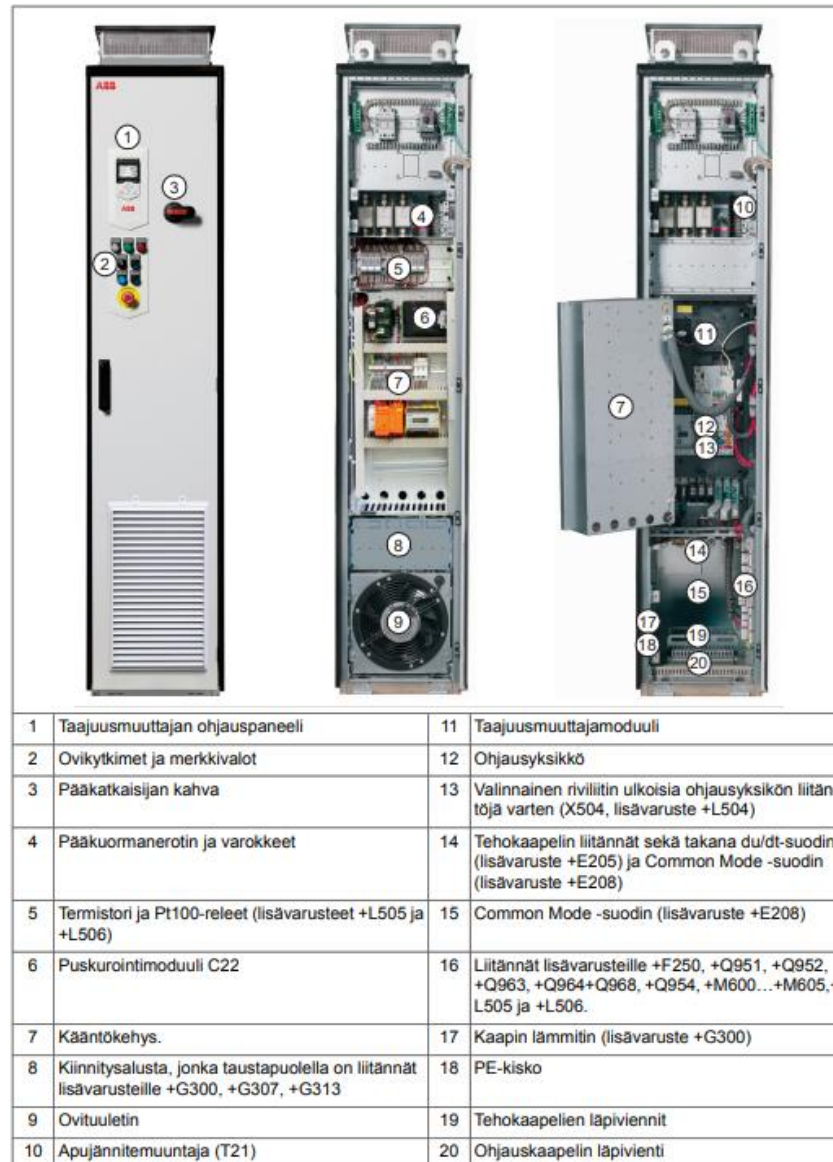
ABB:lla Helsingissä valmistettavia yksittäisiä moottoreita ohjaavia taajuusmuuttajia on kahdenlaisia. On moduulimallisia ja kaappimallisia. Moduulimalliset taajuusmuuttajat (kuva 1) ovat tiiviitä paketteja, joihin ei ole mahdollista saada yhtä laajaa kustomointia kuin kaappimalliseen versioon, eikä niiden sisälle pysty myöskään lisäämään ohjausta ja turvallisuutta edistäviä komponentteja yhtä laajasti kuin kaappimalliseen versioon. Moduulia pystyy ohjata sen kannessa olevan ohjauspaneelin avulla, mutta sitä pystyy myös ohjaamaan RJ45-verkkokaapelin avulla. Etuja moduulia käytettäessä verrattuna kaappimalliseen taajuusmuuttajaan on sen pieni koko ja hinta.



KUVA 1. ACS880-11 R6 seinälle laitettava moduuli (ABB. ACS880, SINGLE DRIVES, CATALOG)

Kaappimallisessa taajuusmuuttajassa on laajemmat kustomointimahdollisuudet kuin moduulimallisessa. Sinne saa esimerkiksi asennettua lähtöjä moottorinläm-

mittimille ja -puhaltimille. Asiakas pystyy myös sijoittamaan kaappiin omia laitteita kuten kenttäväylä kojeita, jotta taajuusmuuttajan on helpompi integroida heidän järjestelmiinsä. Kaappimallisissa taajuusmuuttajissa tehon siirto ja lähtötaajuuden muuttaminen tapahtuu sen sisälle sijoitelluilla moduuleilla (kuva 1), joita siellä voi olla yksi tai useampi rinnankytkettynä. Kaappimallisia taajuusmuuttajia käytetään yleensä suuremmissa järjestelmissä, kuten teollisuusympäristöissä, joissa on useita sähkömoottoreita tai sähkömoottoreiden tehon tarve on suuri. Tämän opinnäytetyön hinnoittelutyökalu on toteutettu juuri kaappimallisten taajuusmuuttajien tilaussuunnittelun tarpeisiin. Alla esimerkkikuva kaappimallisesta taajuusmuuttajasta (kuva 2), josta on poistettu ovi komponenttien edestä. Kuvassa 2 on esitelty myös komponentteja, joita saattaa löytyä kaappimallisen taajuusmuuttajan sisältä.



KUVA 2. ACS880-07 R8 taajuusmuuttajakaappi (ABB. Laite opas. 35)

Kaappimalliseen taajuusmuuttajaan tehtävää kustomointia ei aina tarvitse tehdä tilaus suunnittelun kautta, vaan voi myös käyttää valmiita lisävarustekoodoja, jotka löytyvät laitteen manuaalista. Kaappiin tehdyt vakio muutokset tulevat näkyville tilausvaiheessa kaapin tyyppikilven tyyppikoodiin. Tyyppikoodi sisältää tietoja taajuusmuuttajan teknisistä ominaisuuksista ja kokoonpanosta. Tyyppikoodin alun numerot ilmaisevat taajuusmuuttajan perustyyppin. Seuraavaksi koodi ilmaisee valitut lisävarusteet plusmerkein eroteltuina. Kaikki vaihtoehdot eivät ole saatavissa kaikille laitetyppeille. Alla esimerkki tyyppikoodista. (ABB. Hardware manual)

ACS880-07-0583A-5+B054+D150+G334+L505+M601+P902

Esimerkissä (taulukko 1) kerrotaan mitä esimerkki tyyppikoodin osat ja lisävarustekoodit tarkoittavat.

Koodi	Kuvaus
ACS880	Tuotesarja
07	Jos mitään lisävarusteita ei ole valittu: kaappiin asennettu taajuusmuuttaja, IP22 (UL-tyyppi 1), pääkuormanerotin (kytkinvaroke, jossa aR-sulakkeet), Assistant-ohjauspaneeli ACS-AP-W Bluetooth-liitännällä, ei EMC-suodinta, sisäänrakennettu tulon DC-kuristin (runkokoot R6...R9), sisäänrakennettu tulon AC-kuristin (runkokoot R10 ja R11), lakatut piirikortit, ACS880-perusohjausohjelma, Safe torque off -toiminto, kaapelointi alakautta, monikielinen laitetarra sekä USB-muistilaitte, joka sisältää piirikaaviot ja kaikki oppaat.
5	380...500 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3~400/480/500 V AC.
0583A	Laitteen virta
B054	IP42 (UL-tyyppi 1, suodatettu)
D150	Jarrukatkoja
G334	V-mittari, jossa valitsin
L505	Lämpösuojaus PTC-releillä (yksi tai kaksi relettä). Katso kohta <i>Lämpösuojaus PTC-releillä (lisävarusteet +L505, +2L505, +L513, +2L513, +L536, +L537) (sivu 55)</i> .
M601	Moottorin lisäpuhallimen käynnistin, laukaisuraja 1,6 ... 2,5 A
P902	Mukautettu

TAULUKKO 1. Tyyppikoodiesimerkin purkaminen (ABB. Laite opas. 60)

Tähän opinnäytetyöhön liittyen erityisnostona tyyppikoodiesimerkin koodinosa P902. Tämä koodinosa tarkoittaa, että asiakas on halunnut erikoismuutoksen taajuusmuuttajakaappiin, jota ei löydy vakio lisävarustekoodista. Tämän lisävarustekoodin ollessa tyyppikoodissa, taajuusmuuttajakaappi siirtyy OBE-osastolle suunniteltavaksi.

3.2 Tilaussuunnittelun osasto ja pre-engineering tiimi

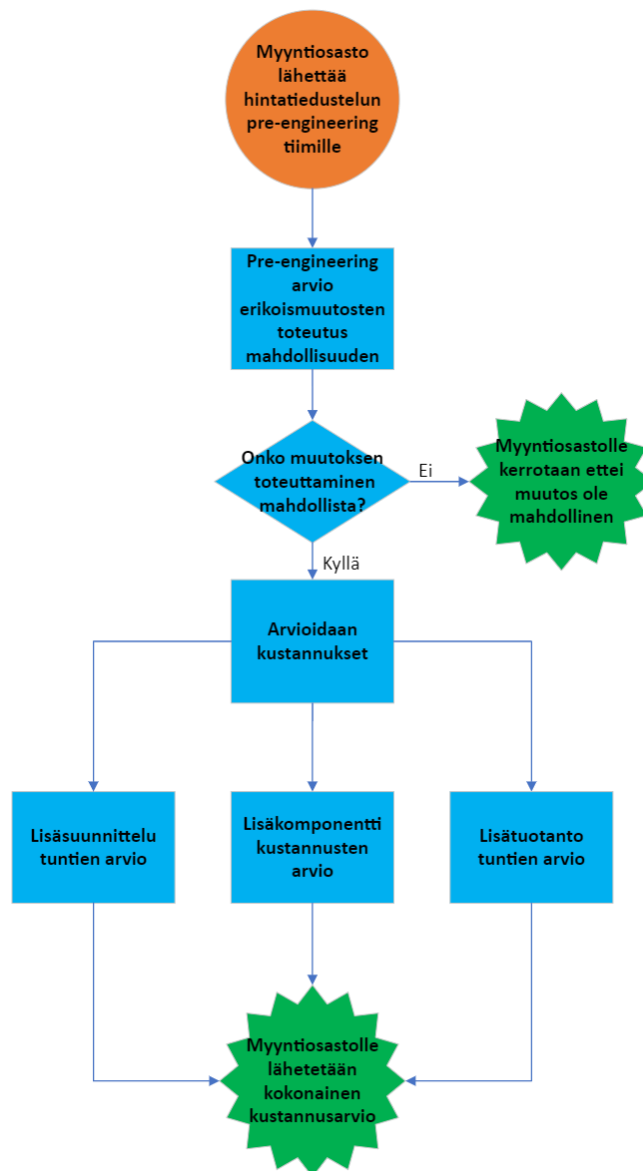
ABB:n tilaussuunnittelun osasto, tuttavallisemmin OBE-osasto, on osasto ABB:n System Drives -yksikössä. OBE-osasto suunnittelee asiakkaiden toivomia erikoismuutoksia vakioimuotoisiin taajuusmuuttajakaappeihin. Nämä muutokset vaihtelevat pienistä suuriin, ja niiden taustalla on lisävarustekoodien riittämättömyys asiakkaan tarpeisiin. Tilaussuunniteltuja kaappeja käytetään tyypillisesti esimerkiksi eri teollisuudenalojen tehtaissa, laivoissa tai pumppukäytöissä. Modifikaatiot voivat koskea sähköosia, mekaniikkaosia tai molempia. OBE-osasto toimii tiiviissä yhteistyössä tuotannon, myyntiosaston ja Research and Development -tiimin kanssa asiakkailta tulleiden erikoismuutosten valmistamiseksi. (Kotikangas, 2023, 13)

Pre-engineering tiimillä tarkoitetaan OBE-osaston sisällä toimivaa tiimiä, joka koostuu kokeneemmista suunnittelijoista. Tämän tiimin tehtävänä on selvittää mahdollisuuksia toteuttaa asiakkaan ehdottamia erikoismuutoksia taajuusmuuttajakaappiin. Mikäli ne on mahdollista toteuttaa, tekee pre-engineering tiimi muutoksista aiheutuneista lisäkustannuksista kustannusarvioita. Kustannusarviot toimitetaan myyntiosastolle, joka tekee lopulliset hinnoittelut lähetettäväksi asiakkaalle. Pre-engineering tiimin jäsenet työskentelevät vuoroviikoin yksitellen pre-engineering-vuorossa, jossa he ovat vastuussa näiden kustannusarvioiden laatimisesta.

Taajuusmuuttajakaapin myynti alkaa siitä, kun asiakas tekee tiedustelun taajuusmuuttajakaapin ostamisesta ABB:n myyntiosastolle. Jos tähän kaappiin halutaan ominaisuuksia, jotka poikkeavat vakiomallisen kaapin lisävarusteiden mahdollistamista ominaisuuksista ja vaativat erikoissuunnittelua, ottaa myyntiosasto yhteyttä OBE-osaston pre-engineering tiimiin. (Wessman, 2021, 12-13)

Pre-engineering vuorossa oleva henkilö tarkastelee asiakkaalta saatua ehdotusta erikoismuutoksesta. Ensimmäisenä hän arvioi, onko kaappiin haluttujen erikoismuutosten toteuttaminen käytännössä mahdollista. Mikäli muutokset vaikuttavat siltä, että ne on mahdollista toteuttaa, alkaa hän laatia kustannusarvioita, minkälaisia lisäkustannuksia ehdotetut muutokset tulevat aiheuttamaan kaapin

suunnittelu- ja valmistusvaiheessa. Kustannusarvioon sisältyvät uusien komponenttien aiheuttamat lisäkustannukset, muutosten suunnittelua varten tarvittavat lisätunnit sekä tuotantovaiheessa kaapin kokoamiseen vaadittavat ylimääräiset tunnit. Kustannusarviot erikoismuutoksista aiheutuvista lisäkustannuksista toimitetaan myyntiosastolle, jonka perusteella he voivat laatia asiakkaalle koko kaapin hinnan kattavan tarjouksen. Esimerkissä (kuvio 5) prosessikaavio pre-engineering henkilön toiminnasta, kun hänelle esitetään hintatiedustelu asiakkaan haluamista muutoksista. (Wessman, 2021, 12-13)



KUVIO 5. Pre-engineering vuorossa olevan henkilön osuus myyntiprosessista

4 HINNOITTELUTYÖKALU

Alkuperäinen työkalu tehtiin ammattikorkeakoulun opinnäytetyönä pre-engineering tiimin käyttöön vuonna 2021. Työn tarkoituksena oli tuottaa tietokanta, johon suunnittelijat voivat kirjata tehtyjä kustannusarvioita taajuusmuuttaja kaappeihin tehdyistä erikoismuutoksista. Tulevaisuudessa näitä kustannusarvioita voidaan käyttää uudelleen tämän työkalun avulla, mikäli asiakkaalta on tullut toive samalle muutokselle. Uudelleenkäyttö mahdollistettiin tekemällä työkalusta modulaarinen kokonaisuus, jossa pienempiä ratkaisuita pystyy yhdistelemään suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Samojen ratkaisuiden käyttö auttaa hinnoitteluprosessin nopeuttamisen lisäksi myös vähentämään hintavariaatiota eri suunnittelijoiden tekemien kustannusarvioiden välillä samoista erikoismuutoksista. Työkalu tehtiin Excel-työkirjaan, johon tehtiin käyttöliittymä uusien kustannusarvioiden luomiseen ja vanhojen kustannusarvioiden osien hakemiseen uusiokäyttöä varten. Vaikutteita työkalun luomiseen otettiin muista osastolla käytössä olevista Excel-työkaluista. Työkalun ohjelmointi tehtiin Microsoftin makrokieltä Visual Basic for Applications (VBA) käyttäen. (Wessman, 2021, 15)

4.1 Jatkokehityksen syyt ja tavoitteet

Työkalu jäi sen alkuperäisen julkaisun jälkeen käyttämättömäksi. Tähän vaikutti muutama tekijä. Käyttöliittymän monimutkaisuus ja siitä aiheutuneet virhetilat sitä käyttäessä johtivat siihen, että hinnoittelutyökalun käyttö ei enää nopeuttanut kustannusarvioiden tekemistä vaan hidasti sitä. Syy tähän oli se, että käyttöliittymää lähdettiin alun perin tekemään sekä monimoottorikäyttöjen puolelle että yksittäiskäyttöjen puolelle. Kummallakin niillä on omat pre-engineering-vuorossa toimivat henkilöt. Tämän takia hinnoittelutyökalu suunniteltiin siten, että kaksi käyttäjää pystyy käyttämään sitä samanaikaisesti. Tällainen järjestely on hyvin hankala toteuttaa onnistuneesti ja tässä tapauksessa se johti siihen, että työkalusta tuli vaikeakäyttöinen ja altis virhetiloille. Alttiutta virhetiloille lisäsi myös se, että työkalun käyttöä ei pilotoitu ennen sen virallista käyttöönottoa. Testauksen puute johti siihen, että kaikkia virheitä ei saatu karsittua pois ennen sen käyttöö-

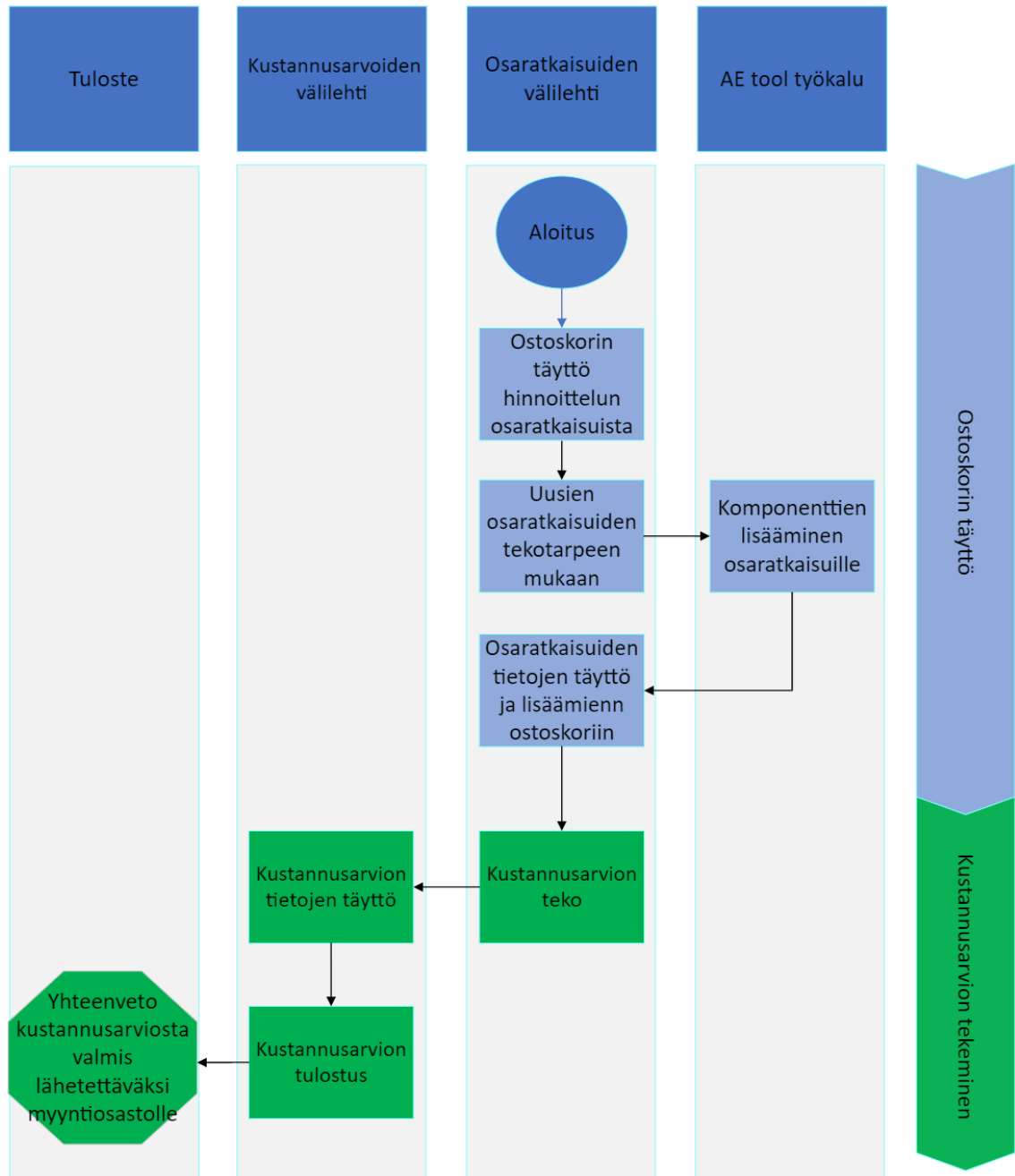
ottoa. Sekä monimoottorikäyttöjen puolella, että yksittäiskäyttöjen puolella on erilaiset vaatimukset hinnoitteluprosessille, mikä johti siihen, että työkaluun tuli molemmille puolille turhia ominaisuuksia. Lopuksi hinnoittelutyökalun käyttämättömäksi jäämiseen vaikutti se, ettei sille löytynyt ylläpitäjää. Olisi ollut välttämätöntä, että hinnoittelutyökalulle olisi saatu ylläpitäjä. Työkalussa valmiiksi esiintyneet virheet olisi tällöin saatu korjattua, jolloin sen käytöstä olisi tullut käyttäjäystävällisempää. Työkalu ei pysty toimimaan täysin itsenäisesti ilman muita ABB:lla käytössä olevia sovelluksia. Ylläpitäjä auttaisi pitämään työkalun yhteensopivana muiden käytössä olevien ABB:lla olevien sovellusten kanssa, jos niihin tulee päivityksiä, jotka muuttavat niiden toimintaa jollain tavalla.

Edellisessä kappaleessa mainittuja ongelmia pyrittiin ratkaisemaan siten, että työkalusta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen ja intuitiivinen käyttää. Tällöin se saavuttaa alkuperäisen tavoitteensa kustannusarvioiden tekemisen nopeutumisesta ja niiden hintavariaatioiden vähentämisestä. Työkalun käyttö rajattiin jatkokehityksessä toimimaan pelkästään yksittäiskäyttöjen kustannusarvioiden tekemisessä. Tämä auttoi merkittävästi hinnoittelutyökalun yksinkertaistamisessa, sillä siitä pystyttiin poistamaan ominaisuudet, jotka mahdollistivat kahden samanaikaisen käyttäjän työkalussa ja ne ominaisuudet, jota käytetään monimoottorikäytöissä. Alkuperäisessä työkalussa hinnoittelutyökalun prosessi jakaantui useampaan eri Excel-työkirjaan. Nyt jatkokehityksen tavoitteena on vähentää käytettävien Excel-työkirjojen määrää siten, että koko prosessi hoidettaisiin suoraviivaisesti vain yhtä Excel-työkirjaa käyttäen. Tarkoituksena on, että käyttäjä pystyy etenemään prosessissa oman intuitionsa avulla ilman että hänen tarvitsee jatkuvasti katsoa ohjeita siitä, miten työkalua käytetään. Työkalulle olisi myös tarkoitus saada ylläpitäjä, joka jatkaa sen ajan tasalla pitämistä ja uudistamista myös tämän jatkokehityksen jälkeen.

4.2 Hinnoittelutyökalun prosessiuudistukset

Jotta prosessi saataisiin edellisessä kappaleessa mainittuun yksinkertaiseen ja suoraviivaiseen muotoon, jouduttiin siihen tehdä merkittäviä muutoksia. Jatkokehityksen alussa kävi selväksi, että uudistetun työkalun prosessi (kuvio 6) oli jaettava selviin osioihin, jotta sen yksinkertaistaminen ja suoraviivaistaminen olisi

mahdollista. Prosessi päädyttiin jakamaan kahteen osaan. Ostoskorin eli "Shopping cart" täyttämiseen ja kustannusarvion eli "Pricing" tekemiseen.



KUVIO 6. Hinnoittelutyökalun uudistetun prosessin prosessikaavio

Uudistettu prosessi (kuvi 6) alkaa ostoskorin täyttämällä eri osaratkaisuista. Ostoskori toimii välitallennuspaikkana osaratkaisuille, joista kustannusarvio tulee rakentumaan. Osaratkaisut ovat pienempiä kokonaisuuksia, joita yhdistelemällä pystyy kokoamaan kokonaisen kustannusarvion. Työkalussa näitä osaratkaisuita kutsutaan nimellä "Article". Jos haluttua muutosta vastaavaa osaratkaisua ei

löydy tietokannasta, joudutaan tälle luomaan erikseen uusi osaratkaisu ja lisäämään se tietokantaan. Osaratkaisun luontiin kuuluu työtuntien ja komponenttihintojen määrittäminen. Lisäksi osaratkaisulle on luotava kuvaus sen sisältämästä muutoksesta, jotta sen etsiminen olisi tulevaisuudessa helpompaa. Kuvauksen määrittäminen tapahtuu osaratkaisuiden käyttöliittymässä (kuvio 7).

KUVIO 7. Osaratkaisuiden käyttöliittymä

Kun myyntiosaston välittämää asiakastoivetta vastaavat osaratkaisut on valittu ja siirretty ostoskoriin voidaan prosessissa siirtyä seuraavaan vaiheeseen, eli kustannusarvion tekemiseen. Tässä vaiheessa tekeminen siirtyy kustannusarvion käyttöliittymään (kuvio 8). Sinne täytetään kustannusarvioon liittyviä tietoja, joita halutaan lopputulosteeseen näkyville. Kun tiedot kustannusarviosta on täytetty käyttöliittymään, voidaan prosessia jatkaa viimeiseen vaiheeseen, eli lopputulosten tekemiseen. Tämä tapahtuu käyttöliittymän funktiopainiketta "Print pricing pdf" painamalla. Lopputulosteeseen kuuluu kaksi osaa. Ensimmäinen on PDF-kopio, johon tulee kustannusarvion käyttöliittymään lisätyt tiedot. Toinen on tietokoneen leikepöydälle tallentuva kopio, joka on muodoltaan vastaava kuin PDF-kopio, mutta tämän voi lisätä myyntiosastolle lähetettävään sähköpostiin siten, että siellä nähdään suoraan muutokseen vaaditut lisätunnit ja hinnat ilman, että myyntiosaston tarvitsee avata mitään tiedostoja.

Pricing information ×

General

ID:

Created on:

Created by:

Revision:

Last updated on:

Last updated by:

Sales support contact:

Customer:

Country:

Email subject in pre-eng inbox:

Pricing information

Description:

Tags:

Comments:

Type code:

Cost Information

Number of units in this pricing:

Electrical engineering hours:

Production hours per unit:

Mechanical engineering hours:

PPC price:

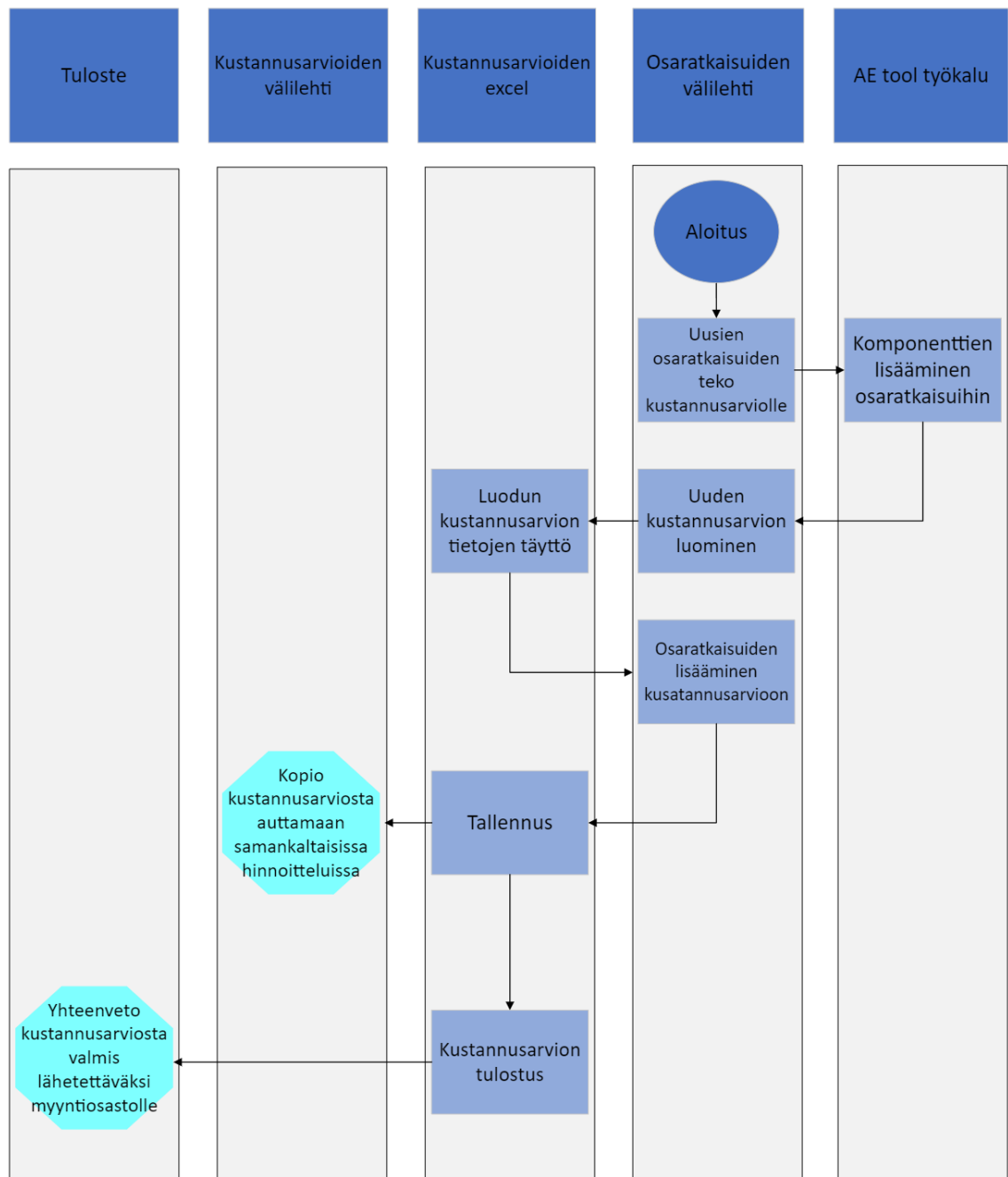
Articles in this pricing:

ID:	Description:	Electrical eng hours:	Production hours:	Mechanical eng hours:	PPC price:	PPC price update date:
ART-00044	-	-	-	-	-	-
ART-00045	-	-	-	-	-	-

Displayed line:

KUVIO 8. Kustannusarvioiden käyttöliittymä

Suurimpia eroja uudistetun prosessin (kuvio 6) ja alkuperäisen prosessin (kuvio 9) välillä liittyvät toimenpiteiden järjestykseen, tekemisympäristöihin sekä prosessin lopputulosteeseen. Uudistettu prosessi alkaa osaratkaisuiden kokoamisesta ja jatkuu kustannusarvion tietojen täyttämällä. Alkuperäisessä prosessissa toimittiin päinvastaisessa järjestyksessä. Aiemmin aluksi täytettiin kustannusarvion tiedot ja sitten vasta valittiin osaratkaisut. Aikaisemmin käyttöliittymä toimi pääasiassa erillisessä Excel-työkirjassa, mutta uudistetussa prosessissa käytetään pääasiassa samaa Excel-työkirjaa, jossa tietokannat osaratkaisuihin ja kustannusarvioista sijaitsevat.



KUVIO 9. Alkuperäisen hinnoittelutyökalun prosessikaavio

Alkuperäisessä prosessissa tuotettiin kaksi tulostetta. Ensimmäinen oli kopio kustannusarvion tiedoista Excel-työkirjaan, ja toinen oli PDF-kopio kokonaisesta kustannusarviosta. Uudistetussa prosessissa kustannusarvion tiedot kirjataan suoraan tietokantojen Excel-työkirjaan samaan sijaintiin mihin aikaisemmin tallennettiin kopio kustannusarvion tiedoista. Uudistetussa prosessissa tulosteena tulevan PDF-kopion lisäksi tallentuu myös leikepöydälle kopio kustannusarviosta, jonka voi suoraan liittää sähköpostiin lähetettäväksi myyntiasastolle.

4.3 Työkalun kehitysprosessi

Jatkokehityksen alussa pre-engineering tiimissä toimivilta suunnittelijoita kysyttiin mikä heidän mielestään olisi tärkeää jatkokehityksessä. Jotta hinnoittelutyökalu voidaan ottaa käyttöön, siltä vaaditaan sujuvaa toimintaa ja yksinkertaisia toimintaperiaatteita. Tämä tarkoitti jatkokehityksen kannalta sitä, ettei pääpaino kehityksessä ollut uusien ominaisuuksien luonnilla, vaan olemassa olevien ominaisuuksien ja prosessin muokkaamisella sellaiseksi, että työkalun käyttäminen ei vaatisi lisäponnisteluja. Sen käyttö tulisi olla jatkokehityksen jälkeen sulava osa kustannusarvion tekemistä. Hinnoittelutyökalu pitäisi olla jatkokehityksen jälkeen vakaa pohja, johon voi tulevaisuudessa tehdä vaivattomasti uusia ominaisuuksia sen käytössä ilmenneiden tarpeiden perusteella.

Lisäksi pre-engineering-tiimille suunnattujen kysymysten ohella hinnoittelutyökalun jatkokehityksen painopisteitä hahmoteltiin toteutusvaiheessa työkalun kehityksen tukemiseen muodostetun tiimin viikoittaisissa kokouksissa. Näissä tapauksissa arvioitiin edellisellä viikolla toteutettuja ominaisuuksia sekä keskusteltiin seuraavalla viikolla toteutettavista ominaisuuksista. Tämä säännöllinen palaverikäytäntö edisti uusien näkökulmien esiintuomista työkalun kehittämiseen, sillä se tarjosi säännöllistä palautetta muutoksista ja varmisti niiden korkean laadun. Samalla pystyttiin tunnistamaan ja hylkäämään tarpeettomiksi osoittautuneet ominaisuudet ennen niiden toteuttamista, mikä säästi aikaa ja resursseja. Jatkokehityksessä tehtiin vähintään pieniä muutoksia lähes kaikkiin olemassa oleviin osiin työkalua, mutta merkittävimmät muutoskohteet voidaan rajata neljään osaan. Ostoskori menetelmän luonti, komponenttien kustannusten liittäminen osaratkaisuihin, osaratkaisuiden lisääminen, poistaminen ja muokkaaminen kustannusarvion käyttöliittymässä (kuvio 8) ja kustannusarvioista myyjälle lähetettävän tulosteen uudistaminen.

4.3.1 Ostoskori

Ostoskorilla tarkoitetaan hinnoittelutyökalun osaratkaisuita sisältävällä välilehdellä sijaitsevaa toimintoa, jossa käyttäjä voi kerätä työkalun tietokannasta löyty-

viä osaratkaisuita ja muodostaa näistä kustannusarvioita. Ostoskorin sisällön hallinnointi tapahtuu Excel-työkirjan pikatyökalurivillä olevilla painikkeilla. Näillä painikkeilla voi lisätä tai poistaa valittuja osaratkaisuita ostoskorista muutoksissa esiintyvien tarpeiden mukaan. Esimerkissä (kuvio 10) näkyy ostoskori, johon on lisätty kaksi osaratkaisua. Siinä näkyy myös painikkeet, joilla käyttäjä pystyy lisätä tai poistaa osaratkaisuita ostoskorista.

	A	B	C
2	Shopping cart		
3	ID	Description	
4	ART-00019	400mm OPU	
5	ART-00015	Socket outlet	
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

KUVIO 10. Hinnoittelutyökalun ostoskori

Inspiraationa ostoskori toiminnolle toimi yleisesti verkkokaupoissa esiintyvä samanniminen ominaisuus, jossa käyttäjä pystyy lisäämään ostettavia tuotteita ostoskoriin samalla, kun jatkaa ostosten tekemistä verkkokaupassa. Ostoskori toiminnolla haluttiin myös mahdollistaa käyttäjälle jatkuva näkymä siitä mitä osaratkaisuita ostoskoriin on jo lisätty.

Toiminto saatiin tavoitteiden valossa toteutettua kohtuullisen hyvin. Osaratkaisuiden lisääminen ja poistaminen toimii hinnoittelutyökalussa erittäin hyvin ja näkyvyys osaratkaisuiden tietopankkiin on normaalikäytössä hyvä. Excel-sovelluksen käyttöliittymästä johtuvien rajoitteiden vuoksi näkyvyys ei kaikissa tilanteissa ole paras mahdollinen. Esimerkiksi tietokannan filteri ominaisuuksia käyttäessä ei näkyvyyttä ostoskoriin ole. Kuitenkin tehty ostoskori toiminto todettiin riittäväksi, mutta sen käyttö vaatii näissä tilanteissa suunnittelijoilta erityistä tarkkaavaisuutta.

4.3.2 Komponenttien kustannusten tallentaminen työkaluun

Muutosten kustannusarvion tekemiseen kuuluu olennaisesti, että muutosten taakia kaappiin lisätyt komponentit hinnoitellaan. Komponenttien hinnoittelu tapahtuu osastolla valmiiksi käytössä olevalla Excel-työkirjalla, jonka nimi on AETool. Tähän työkaluun syötetään haluttujen komponenttien tuotekoodit ja se hakee niille hinnat ABB:n tietokannasta. Jatkokehitysvaiheessa haluttiin hinnoittelutyökaluun tehdä ominaisuus, joka ottaa talteen osaratkaisuihin lisättyjen komponenttien tuotekoodit ja hinnat.

Ominaisuus päätettiin toteuttaa siten, että hinnoittelutyökalun osaratkaisuiden (kuvio 7) ja kustannusarvioiden (kuvio 8) käyttöliittymiin tulee funktiopainikkeita, joilla pystyy ohjaamaan tiedon virtaa AETool työkirjasta hinnoittelutyökaluun ja toisin päin. Komponenttien kustannuksia tuodessa osaratkaisuille käyttäjä täyttää ensin tarvittavat komponentit AETool työkirjaan, joka etsii niille hinnat. Tämän jälkeen nämä tiedot voi tuoda yksittäiselle osaratkaisulle. Tiedot komponenteista ja niiden kustannuksista tallentuvat hinnoittelutyökalussa piilotetulle välilehdelle ja osaratkaisun käyttöliittymään tulee näkyviin komponenttien kustannusten summa. Käyttäjä pystyy myös jälkeinpäin muokkaamaan valittuja komponentteja ja tarvittaessa päivittämään tallennettujen komponenttien kustannuksia. Hintojen päivittämisen mahdollisuus on erittäin tarpeellinen ominaisuus, sillä komponenttien kustannukset saattavat vaihdella aika ajoin.

Tämä komponenttien kustannusten tallentaminen oli koodauksen kannalta jatkokehityksen haastavin kehityskohde. Tästä huolimatta ominaisuus saatiin toteutettua kiitettävästi. Parannettavaa ominaisuuden tekemisessä olisi ollut se, että tietojen käsittely olisi tapahtunut täysin hinnoittelutyökalusta käsin, jolloin AETool-työkirjaa ei olisi tarvinnut käyttää. Tämä olisi kuitenkin tehnyt koodauksesta äärimmäisen monimutkaista ja kasvattanut työtaakkaa niin paljon ettei se olisi mahduntunut tähän opinnäytetyöhön mukaan.

4.3.3 Kustannusarvioiden sisältämien osaratkaisuiden muokkaaminen

Alkuperäisessä hinnoittelutyökalussa kustannusarvioiden hallinta tapahtui erillisessä Excel-työkirjassa. Hallinta siirrettiin jatkokehityksessä kustannusarvioiden käyttöliittymään (kuvio 8). Tämä siirto vaati sitä, että käyttöliittymään oli tehtävä toimintoja, jotka mahdollistavat kustannusarvioon valittujen osaratkaisuiden lisäämisen, poistamisen ja muokkaamisen.

Kustannusarvioiden käyttöliittymään (kuvio 8) päätettiin tehdä funktio, jolla kustannusarvioille valittuja osaratkaisuita pystyy lisätä ja poistaa. Funktion nimeksi tuli "Article edit mode", joka siirtää käyttäjän kustannusarvioiden käyttöliittymästä osaratkaisuiden tietokannan sivulle, jossa käyttäjä voi lisätä, poistaa tai luoda uusia osaratkaisuita.

Lisäksi kustannusarvioiden käyttöliittymään tehtiin mahdollisuus manuaalisesti tehdä muutoksia yksittäisten osaratkaisujen työtunneille ja komponenttien kustannuksille. Nämä muutokset eivät vaikuta muissa kustannusarvioissa käytettyjen samojen osaratkaisuiden tietoihin.

Kustannusarvioiden osaratkaisuiden muokkaus ominaisuudet tehtiin jatkokehityksen loppuvaiheessa suunnittelijoilta tulleen palautteen perusteella. Ne vaativat muutoksia hinnoittelutyökalun rakenteeseen, mutta ne saatiin lopulta toteutettua erinomaisesti ja osoittautuivat työkalun testauksessa hyödyllisiksi ominaisuuksiksi.

4.3.4 Kustannusarvion tuloste

Jatkokehityksessä hinnoittelutyökalusta syntyvää tulostetta, eli myyntiosastolle lähetettävää yhteenvetoa kustannusarviosta, haluttiin muuttaa. Tulosteen haluttiin koostuvan kahdesta osasta. PDF-kopiosta (kuvio 11) ja sähköposti viestiin tulevasta osasta, josta myyjä pystyy nähdä suoraan tarvittavat työtunnit ja komponenttien kustannukset ilman, että hänen täytyy erikseen avata erillisiä tiedostoja.

PRICING DETAILS:		Description:
Pricing ID:	PRI-00083	
Created on:	06.02.2024	
Created by:	Pyry Korhonen	
Revision:	A	
Last updated on:	06.02.2024	
Last updated by:	Pyry Korhonen	
Sales support contact:		Comments:
Customer:		
Country:		
Email subject in pre-eng inbox:		
Type code:		

SUMMARY:

Number of units:	Eng. hours:	Prod. Hours per unit:	Prod. Hours total:	Mech. eng. hours:	Parts PPC price per unit:	Parts PPC price total:
1,00	0,0	0,0	0	0,0	0,00	0

ARTICLES BY ID:

Article ID:	Description:	Electrical Eng. hours:	Production hours/unit:	Mech. Eng. Hours:	Parts PPC price/unit:	PPC price last update date:
ART-00044	-	-	-	-	-	-
ART-00045	-	-	-	-	-	-

KUVIO 11. Myyntiosastolle lähetettävän PDF-tulosteen pohja

Tuloste päätettiin tuottaa erillisessä Excel-työkirjassa, joka sisältää pohjan tulosteeseen. Hinnoittelutyökalu täyttää funktionappia painettaessa tiedot kustannusarvioiden käyttöliittymästä (kuvio 8) tähän pohjaan ja luo kustannusarvion ID-tunnukselle kansion ja tallentaa PDF-kopion (kuvio 11) täytetystä pohjasta sinne. Samalla tietokoneen leikepöydälle tallentuu kopio Excel-työkirjan sivusta, jonka voi liittää sähköposti viestiin. Tämä kopio on muodoltaan samannäköinen kuin PDF-tuloste.

Tulosteen ulkoasua suunniteltiin siten, että sähköpostiviesti myyntiosastolle sisältää lyhyen yhteenvedon tehdystä kustannusarviosta ja liitetiedoston, jotta kustannusarvio on helposti saatavilla eikä jää vain sähköpostiviestin osaksi, vaan sen voi tarvittaessa tallentaa myöhempää käyttöä varten. Tulosteen molempien osien ulkoasut ja sisällöt tulevat varmasti tulevaisuudessa muovautumaan käyttökokemusten perusteella lopulliseen muotoonsa.

5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli jatkokehittää olemassa olevaa tilaussuunnittelun hinnoittelutyökalua ja luoda uusia toimintatapoja sille, jotta kustannusarvioiden tekeminen saataisiin niin sulavaksi, että hinnoittelutyökalu voitaisiin ottaa aktiiviseen käyttöön. Tämä tarkoitti olemassa olevan prosessin uusimista ja uusien prosessia tukevien ominaisuuksien kehittämistä työkalulle. Työkalulla teetettiin pilotti- ja esittelykäyttöjä, mutta varsinainen käyttöönotto rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

Lopputuloksena tulleesta hinnoittelutyökalusta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen käyttää ja sen prosessia muokattiin sellaiseksi, että se ohjaa käyttäjää intuitiivisesti aina seuraavaan vaiheeseen. Myös työkalun stabiiliuteen pyrittiin panostamaan erityisesti, jotta sen käytössä ei esiintyisi jatkuvasti vikatioloja, jotka olivat osasyynä alkuperäisen työkalun jäämisestä käyttämättömäksi. Pilottikäytöt osoittivat, että työn tavoitteisiin on päästy. Prosessi uudistus keräsi kiitosta suunnittelijoilta ja tulleen palautteen perusteella prosessi uudistus sekä uudistetut toiminnot olivat toivottu lisä hinnoittelutyökalun toimintaan.

Työkalulle tehdyt pilottikäytöt osoittivat myös, että kehityskohteita on vielä enemmän kuin tämän opinnäytetyön puitteissa pystyttiin toteuttamaan ja ne rajattiin siksi sen ulkopuolelle. Esimerkiksi toiveita on esitetty ominaisuudesta, jossa useammasta kustannusarviosta pystyttäisiin tehdä yhdistelmätuloste lähetettäväksi myyntiosastolle. Myös työkalun käyttöliittymiin (kuviot 7 ja 8) haluttiin integroida ominaisuus, jossa käyttöliittymien painonappien ja tekstikenttien yläpuolelle tulisi kuvaus niiden toiminnasta hiiren kursorin ollessa niiden päällä.

Työkalun ominaisuuksia suunnitellessa ja muokatessa oli tarpeen harkita tarkkaan, miten ne toimivat, kun työkaluun on laitettu suuria määriä osaratkaisuita ja kustannusarvioita. Esimerkiksi käyttöliittymiin (kuviot 7 ja 8) oli syytä miettiä kuinka paljon ja minkälaisia tunnisteita osaratkaisuille ja kustannusarvioille on tehtävä, jotta halutut ratkaisut löytyisivät suurien massojen joukosta. Vaikka työkalun suunnitteluvaiheessa pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman monia

näkökulmia, tiedostetaan, että kaikkia tilanteita ei voitu ennakoida, ja uusia asioita saattaa nousta esiin käyttöönoton yhteydessä. Siksi työkalulle tarvitaan ylläpitäjä varmistamaan näiden asioiden käsittely ja mahdollisten lisäominaisuuksien toteuttaminen jatkossa.

Tavoitteiseen uuden yksinkertaisen ja sulavasti etenevän prosessin luomisesta päästiin. Toki todellinen onnistuminen mitataan vasta pitkässä juoksussa sillä, kuinka hyvin työkalu jalkautuu osastolle, mutta sen käyttöaste jo tässä vaiheessa niin suuri, että se lupaa hyvää tulevaisuuden kannalta. Haasteena pysyvään jalkautumiseen voi olla alkuvaiheessa tietokantojen täyttämiseen vaaditun työn kokeminen liian työlääksi ja mahdollisten vikatilojen ilmeneminen työkalun elinkaaren alkuvaiheessa. Mahdollisuudet onnistumiseen tässäkin on kuitenkin pedattu tuomalla työkalu tutuksi pre-engineering tiimille ennen varsinaista käyttöönottoa esittelyiden ja pilottikokeiluiden avulla.

Asioita, joita näin jälkeenpäin ajateltuna olisi voinut tehdä toisin eivät niinkään liity valmistuneisiin ratkaisuihin vaan siihen, miten näihin ratkaisuihin on päästy. Lähestymistapa kehityksessä oli niin sanottu "Trial and Error", jossa kehityskohde valittiin ja sitä lähdettiin toteuttamaan ilman hyvää taustatutkimusta virheiden kautta oppimalla. Taustatutkimusta olisi voinut tehdä enemmän onko samanlaisia ominaisuuksia joskus aikaisemmin tehty ja minkälaista palautetta ne ovat saaneet niiden käyttäjiltä. Käytetty menetelmä toimi kuitenkin hyvin suurimmassa osassa tehtyjä ominaisuuksia, mutta jotkut ominaisuudet jouduttiin tehdä pari kertaa uudestaan, jotta oikea lähestymistapa niiden tekemiselle löytyi.

Kokonaisuudessaan hinnoittelutyökalun jatkokehitystä voidaan kehittäjän näkökulmasta pitää erittäin onnistuneena. Suurempia "jälkikäteen olisin tehnyt toisin"-hetkiä ei ole tullut, ja jatkokehityksen tuloksena syntyneet ominaisuudet ovat pilottitestien perusteella osoittautuneet erittäin tarpeellisiksi. Tulevaisuus näyttää miten hinnoittelutyökalulle käy, mutta uskon sen mahdollisuuksiin jäädä pysyväksi osaksi pre-engineeringin tiimin kustannusarvioiden tekoprosessia, sillä uudistusten jälkeen se parantaa merkittävästi niiden laatua ja samalla nopeuttaa niiden tekemistä.

LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Luku 18: Sähkömoottorikäytöt

ABB. ACS880, SINGLE DRIVES, CATALOG. haettu 15.1.2024.

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000098111&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>

ACS880-07-taajuusmuuttajat. 2020. Laite opas (45–710 kW, 50–700 hp).

ABB. What is variable speed drive? haettu 26.12.2023.

<https://new.abb.com/drives/what-is-a-variable-speed-drive>

Carrier. 2005. OPERATION AND APPLICATION OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE (VFD) TECHNOLOGY. haettu 4.1.2024.

https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0B/WP_VARFREQDRIVE.pdf

Danfoss. Mikä on taajuusmuuttaja? haettu 27.12.2024.

<https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>

Farnell. How to save energy & costs with a Variable Frequency Drive (VFDs)? haettu 2.1.2024.

<https://fi.farnell.com/en-FI/how-to-save-energy-and-costs-with-a-variable-frequency-drive-trc-ar>

Kotikangas, M. 2023. Utilization of digital twin for customer tailored variable speed drive. Aalto yliopisto.

Niiranen, J. 2000. SÄHKÖMOOTTORIKÄYTÖN DIGITAALINEN OHJAUS.

Invertek Drives. What is a Variable Frequency Drive? haettu 14.4.2024.

<https://www.invertekdrives.com/es/support/iknow/vfd-fundamentals/what-is-a-variable-frequency-drive>

Tuusa, H. 1998. Sähkötekniikka opus. 11. Sähkömoottorikäytöt.

Wessman, J. 2021. Pre-engineeringin hinnoittelutyökalu, Tampereen ammattikorkeakoulu.