



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joni Hakanpää

Modulaarisuuden ja suunnitteluympäristön kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

22.4.2019

Tekijä Otsikko	Joni Hakanpää Modulaarisuuden ja suunnitteluympäristön kehittäminen
Sivumäärä Aika	32 sivua + 1 liite 22.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	tekninen päällikkö Terho Kaikuranta lehtori Arja Ristola
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnittelu- ja dokumenttipohjat DC-UPS tuotteille, joille tehdään projektikohtaista konfiguraatiota sekä tutkia modulaarisuuden tuomia etuja tuotteen suunnittelussa ja valmistuksessa.</p> <p>Opinnäytetyössä hyödynnetään aiempaa omakohtaista kokemusta CADS Planner -ohjelmasta sekä aiempaa työkokemusta yrityksen tuotannon työntekijänä. Opinnäytetyössä laaditut dokumenttipohjat on laadittu käyttämällä CADS Planner sekä Microsoft Office -ohjelmistoja.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi kahdelle eri tuotteelle suunnittelu- ja dokumenttipohjat, joita on tarkoitus hyödyntää tulevaisuudessa. Nämä ovat monen muun asian ohella eräitä yrityksen kannattavan kasvun mahdollistavista tekijöistä.</p> <p>Työn tuloksena saatuja suunnittelu- ja dokumenttipohjia on sovellettu vasta yhdessä projektissa. Tämän hetkiset kokemukset osoittavat, että työn tuloksena syntyneet dokumenttipohjat ovat olleet hyödyllisiä ja säästävät selvästi työaika.</p>	
Avainsanat	modulaarisuus, CADS Planner, dokumentointi, tietokanta

Author Title	Joni Hakanpää Development of Modularity and Design Environment
Number of Pages Date	32 pages + 1 appendix 22 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Terho Kaikuranta, Technical Manager Arja Ristola, Senior Lecturer
<p>The main goal of this work was to create document templates for designers. These documents are used in DC-UPS products that are configured with project specific needs. Another goal was to do research about how a certain level of modularity affects a product, the manufacturing and the project specific design.</p> <p>My previous experience with the CADs Planner program as well as my previous experience as an employee in the manufacturing of the products of the commissioning company were used in the study. The document templates created during this work were done with CADs Planner and Microsoft Office programs.</p> <p>As the result of this work, document templates for two different products were created. The resulting templates will be of use for the company and will help it to grow its business.</p> <p>These document templates will be used in the future. Currently, the templates are used just in one project. The current experience shows that the document templates are useful and clearly save time.</p>	
Keywords	Modularity, CADs Planner, Documentation, Database

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Modulaarisuus	2
2.1	Modulaarisuuden hyödyt	2
2.2	Mihin modulaarisuutta sovelletaan	3
2.3	Modulaarisuuden mittareita	4
3	Modulaarinen dokumentointi	5
3.1	Modulaarisen dokumentoinnin tavoitteet	5
3.2	Tekninen dokumentointi	6
3.2.1	Dokumentoinnin periaatteet	6
3.2.2	Dokumentointisääntöjä informaation esittämiseen	8
3.3	Kontrolloidun kielen käyttäminen	10
4	Suunnitteluympäristön kehittäminen	11
4.1	CADS Planner	11
4.2	CADS Planner 17 ja CADS Planner 18	11
4.3	Nykytilanne	13
4.4	Tuotetietokannan luominen	13
4.5	Tuotetietojen tuonti, päivitys ja ylläpito	14
4.6	Raportointityökalut	16
4.7	Uuden projektipohjan luominen	18
4.8	Projektin mallipohjat	20
4.8.1	CAD-kuvat ja tietokanta	20
4.8.2	Excel-raporttipohjat	21
4.8.3	Kuvien luominen Excelillä	22
5	Tuotteen suunnittelu- ja tuotantoprosessin kehittäminen	23
5.1	Tuotteen valinta	23
5.2	Tuotteen rakenteen tunnistaminen	24

5.3	Tuotteen läpimenoajan kehittäminen	26
5.3.1	Nykytilanne	26
5.3.2	Tulevaisuus	26
5.4	Projektikohtainen tuotedokumentaatio	27
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Tuotteen komponenttien väliset riippuvuudet	

Lyhenteet

BOM	Bill Of Material. Materiaalitarveluettelo.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CADS	CADS Electric Pro -sovellus.
DB	Database. Tietokanta.
DC-UPS	Tasajännitettä tuottava katkeamaton tehon lähde.
DSM	Design Structure Matrix. Modulaarisuuden ja kytkentöjen analysointiin käytetty menetelmä.
EDC	Ellego Powertec Oy:n tuoteperhe tasasähköjärjestelmille.
ERP	Enterprise Resource Planning. Toiminnanohjausjärjestelmä.
EVV	Ellego Powertec Oy:n tuote. Vakiojännitevaraaja.

1 Johdanto

Tuotteiden valmistusmäärät kasvavat liikevaihdon kasvaessa, mikä lisää dokumentaatio- ja suunnittelutyön tarvetta. Projektikohtaisen dokumentaation tarve on jo ennestään suuri. Nykyään suurin osa dokumentaatiosta tehdään yksitellen, vailla minkäänlaista automatisointia. Tämä toimintamalli ei mahdollista kovin suurta määrää projekteja suunnittelijaa kohden.

Tässä projektissa kehitetään menetelmiä, joiden avulla suunnittelutunteja voidaan vähentää. Projekti on rajattu koskemaan vain kahden ison asiakkaan tuotteita. Nämä tuotteet sisältävät paljon dokumentaatiotyötä sekä jonkin verran projektikohtaista mekaniikka- ja sähkösuunnittelua.

Modulaarisuus ja moduulit mielletään usein fyysisenä esineenä. Tässä työssä käsitellään modulaarisuuteen liittyvää teoriaa, jota sovelletaan sekä tuotteen suunnitteluprosessin että tuotannollisuuden tehostamiseksi.

Lisäksi työssä käydään läpi perusasioita liittyen standardin SFS-EN 61082-1 -mukaisen dokumentaation laadintaan sekä teknisen informaation esittämiseen. Standardissa käsitellään teknisen dokumentoinnin yleisperiaatteita sekä dokumentaation esitysmuotoja.

Projektin tavoitteena on lyhentää tuotteiden valmistusaikaa. Valmistusajaksi lasketaan sekä tuotteen suunnittelu että valmistus. Tavoitteeseen päästään tekemällä suunnittelu- ja dokumenttipohjat tuotteelle, joka muokataan projektikohtaisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti.

Tuotteet kuuluvat EDC-tasasähköjärjestelmien tuoteperheeseen. Tuotteissa käytetään ohjelmoitavaa valvontayksikköä sekä analogista valvontayksikköä. Työn kohteena olevat tuotteet edustavat yrityksen tuoteportfolion uudempaa ja vanhempaa teknologiaa. Teknologiat poikkeavat toisistaan. Toinen tuote valmistetaan tyristoritekniikalla ja toinen hakkuritekniikalla.

Hakkuritekniikkaan perustuvalla tuotteella ei ole valmiita dokumenttipohjia, joten piirika-
viot, osaluettelot ja osasijoittelukuvat tehdään alusta alkaen CADS-tietokantaan. Tyris-
toritekniikkaan perustuvan tuotteen olemassa olevat dokumentit päivitetään tietokantaan
yhteensopiviksi, jolloin uusien projektien suunnitteluprosessia voidaan lyhentää. Työssä
käytetään suunnitteluun ja dokumentointiin tarkoitettuja työkaluja. Työkalut ovat CADS
Planner -ohjelman sovellukset sekä MS Office -paketin ohjelmat.

Opinnäytetyö on tehty Ellego Powertec Oy:lle, joka valmistaa ja suunnittelee erilaisia
tehoelektroniikkatuotteita. Yritys on perustettu vuonna 1979, ja se työllistää tämän pro-
jektin aikana noin 35 työntekijää. Yritys toimittaa tuotteitaan ympäri maailmaa, ja yksi
Suomen sähköasemillakin hyvin tunnettu tuote on EVV-vakiojännitevaraaja. Yrityksen
ydintoimintoja ovat myynti, valmistus sekä tuotekehitys. Yritys on suomalainen ja sen
kaikki toiminnot sijaitsevat Salossa. [14.]

2 Modulaarisuus

Modulaarisuus on konsepti, joka on todettu hyödylliseksi usealla osa-alueella, jossa kä-
sitellään monimuotoisia tuotekokonaisuuksia. Moduulit ovat suuremmissa tuotekoko-
naisuudessa olevia, rakenteellisesti itsenäisiä yksiköitä, jotka toimivat yhdessä. Täten
tuotekokonaisuuden rajapintojen tulee olla sellaisia, jotka sallivat rakenteen itsenäisyy-
den sekä toiminnallisuuksien yhdistämisen. [1, s. 64.]

2.1 Modulaarisuuden hyödyt

Modulaarisuudella on monia hyötyjä. Modulaarisuudella tavoitellaan kustannustehok-
kuutta ja joustavuutta. Modulaarisuuden avulla on usein mahdollista vähentää käytetty-
jen komponenttivaraintien määrää, mikä helpottaa hankintaa ja tukee tuoterakentei-
den massamuokkauksia. Keskeinen etu yritykselle on tuotteisiin tehtävien muutoskus-
tannusten alentaminen. Etu korostuu kasvavan tuotemäärän myötä. [1, s. 90.]

Muutuskustannuksien alentaminen on mahdollista suurellakin tuotevalikoimalla, mutta
se edellyttää, että tuotteet käyttävät pääsääntöisesti samoja moduuleja. On

edullisempaa tehdä muutoksia kymmenen tuotteen kahteen moduuliin kuin kahden tuotteen kymmeneen moduuliin. [1, s. 90.]

Tuotteeseen määritelty moduuli voi olla esimerkiksi yksittäinen fyysinen osa, puolivalmiste, ohjelma, dokumentti tai suunnitelma. Yhteisen tuotealustan käyttäminen on suositeltavaa aina, kun se on mahdollista. [1, s. 90.]

Modulaarisuus helpottaa tuotteen elinkaaren päässä tapahtuvia prosesseja, esimerkiksi kierrätystä. Joissain tapauksissa modulaarisuudella voidaan pidentää tuotteen elinkaarta. [2, s. 3.]

Modulaarisuuden tuoma joustavuus luo vaihtoehtoja tuotteelle tehtäviin kokoonpanomuutoksiin, joiden arvo puolestaan riippuu tapauksesta. Jos tuotteen moduulit ja optiot tuovat lisäarvoa asiakkaalle, ja niistä ollaan valmiita maksamaan, modulaarisuuden tuoma arvo on suuri. [1, s. 92.]

On kuitenkin pidettävä mielessä, että suuren optio- ja moduulimäärän ylläpito tuo kustannuksia. Tästä syystä on moduulien kulurakennetta seurataan riittävän tarkalla tasolla, ja tarpeen mukaan riittävää lisäarvoa tuottamattomat moduulit hylätään. [1, s. 92.]

2.2 Mihin modulaarisuutta sovelletaan

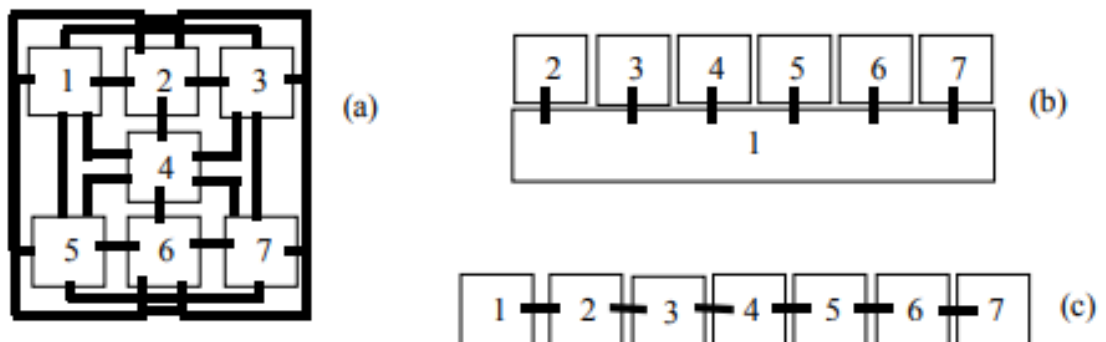
Modulaarisuutta sekä modulaarista ajattelumallia voidaan soveltaa useissa eri käyttötarkoituksissa. Seuraavassa on lueteltuna muutamia tyyppisiä sovellusalueita: Soveltaminen

- työhön, jonka tuloksella on uudelleenkäyttötarvetta
- tuotteisiin, joissa on stabiilit rajapinnat
- tuotteen kehitys- ja valmistuspanostuksen vähentämiseen
- tulosten uudelleenkäyttöasteen parantamiseen
- raaka-aineiden hankinnan helpottamiseen
- investoinnin tuottavuuden kasvattamiseen.

2.3 Modulaarisuuden mittareita

Design Structure Matrix (DSM) on tutkimusvaiheessa käytetty modulaarisuuden ja kytkentöjen analysointitapa. DSM:n avulla pyritään määrittelemään tuotteen modulaarisuustasetta sen sisäisten kytkentöjen rakenteen perusteella. Sisäisten kytkentöjen määrittämää rakennetta voidaan kuvata matriisilla, jossa matriisin lävistävät pisteet ovat merkitty nolllaksi ja muut pisteet ykkösellä siinä tapauksessa, kun kaksi tai useampi komponentti on kytköksissä. Kytkös voi olla sekä fyysinen liityntä että voiman tai informaation siirto komponentilta toiselle. [2, s. 5.]

Kuvassa 1 esitetään kolme ideaalista esimerkkiä tuoterakenteesta, jossa jokaisessa on seitsemän komponenttia. Esimerkissä (a) jokainen komponentti on kytköksissä kaikkiin muihin komponentteihin. Esimerkissä (b) yksi komponentti on muiden komponenttien liityntäpisteenä. Esimerkissä (c) komponentit liittyvät vain vieressä oleviin komponentteihin. [2, s. 5.]



Kuva 1. (a) Täysin integroitu järjestelmä, (b) kiskomodulaarinen järjestelmä, (c) täysmodulaarinen järjestelmä [2, s. 6.]

Edellä mainittujen järjestelmien binääriset matriisit ovat määritellyt seuraavasti [2, s. 6.]:

$$DSM_a = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, DSM_b = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, DSM_c = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Ulrichin määritelmän mukaan modulaarisessa järjestelmässä tulee olla yhtä kokonaista järjestelmää pienempi toiminnallisuus per komponentti suhde. Tällöin modulaarisuuden mittari on kaavan (1) mukaisesti seuravanlainen [2, s. 7.]:

$$\frac{N_c}{N_f} \quad (1)$$

N_c on komponenttien määrä

N_f on toimintojen määrä

3 Modulaarinen dokumentointi

3.1 Modulaarisen dokumentoinnin tavoitteet

Modulaarisella dokumentoinnilla tavoitellaan tuotetun tiedon uudelleen käytettävyyttä. Modulaarisen dokumenttituotannon yleisperiaatteena on, että tuotettu tieto tallennetaan tietokantaan. Tietokannasta haetaan vain tarvittava osa, ja se esitetään tietyssä kohdassa dokumentaatiota.

Modulaarista dokumentaatiota voidaan hyödyntää yrityksessä, jonka tuotteissa yhdistyy sekä vakioituja kokoonpanoja että muuttuvia kokoonpanoja. Näistä kokoonpanoista muodostuu asiakkaalle räätälöity tuote. Tuotteesta laaditaan vähintään seuraavat toimitusdokumentit:

- Rakennekuvat
- Piirikaaviot
- Osaluettelot
- Koestuspöytäkirjat
- Käyttö- ja huolto-ohjeet
- Tekniset tiedot -dokumentti
- Dokumentaation niputtava kansilehti ja sisällysluettelo.

3.2 Tekninen dokumentointi

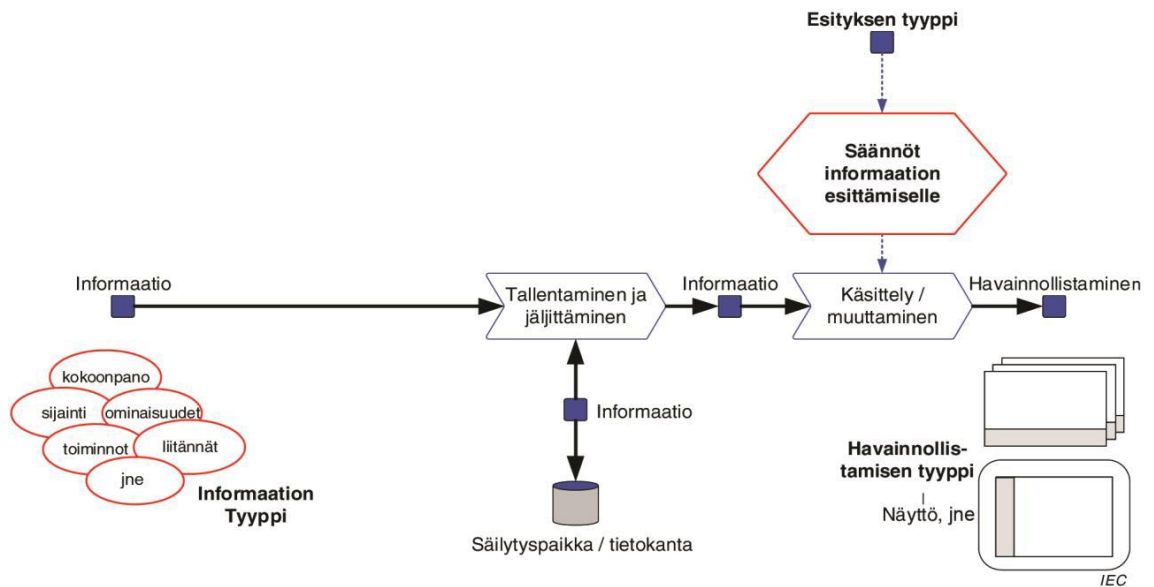
3.2.1 Dokumentoinnin periaatteet

Tekninen dokumentaatio on tärkeä osa järjestelmän hahmottelua, suunnittelua, valmistusta, asennusta, käyttöä, huoltamista sekä purkamista. Sen on tarkoitus antaa informaatiota tarkoituksenmukaisessa muodossa. Se on lisäksi keino todistaa, että tuotteen turvallisuus, ympäristö- ja laatuvaatimukset on täytetty. Tekninen dokumentaatio on merkittävä osa laitteen toimitussopimusta ja se muodostaa tärkeän osan myynnin jälkeisistä prosesseista. [3, s. 16.]

Dokumenteissa esiintyvän informaation on oltava yksikäsitteistä ja sen on sovelluttava käyttötarkoitukseensa. Tämä tarkoittaa sitä, että sama informaatio saattaa esiintyä monessa erityyppisessä dokumenttilajissa. Tällöin on varmistuttava siitä, että informaatio on yhteneväistä kaikissa sen esiintymispaikoissa. [3, s. 17.]

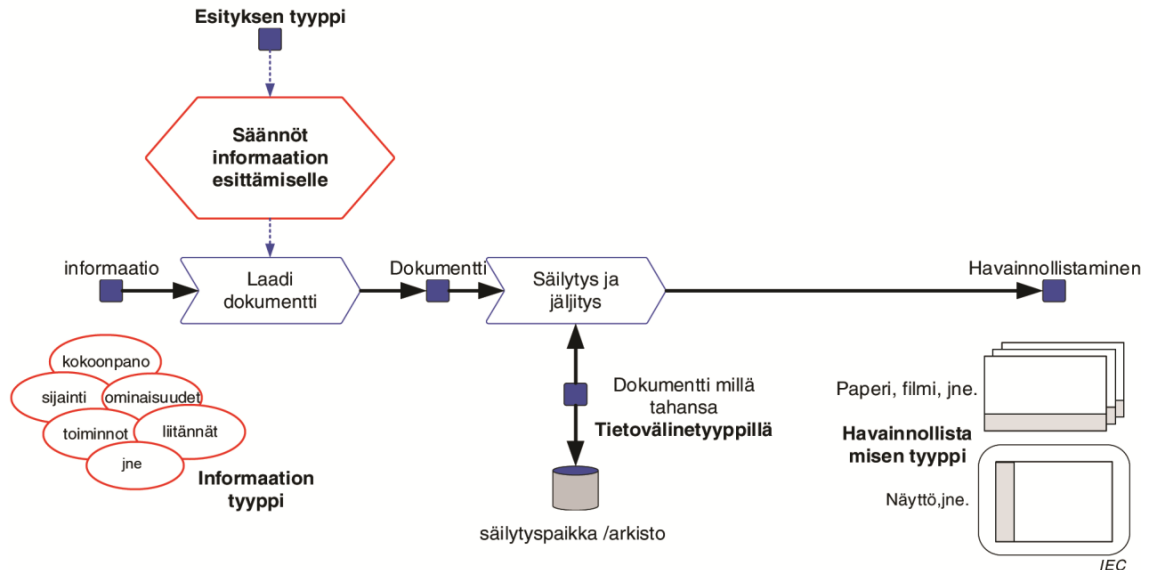
Käytännössä tämä voidaan toteuttaa tallentamalla informaatio tietokantaan, jolloin samaa informaatiota voidaan tarkastella eri osa-alueilta sillä hetkellä, kun informaatiota tarvitaan. Tällaista informaatiota käytetään erilaisten raporttien luomiseen. Raporttipohjiin määritellään tietokannasta tuotavat tiedot.

Kuvassa 2 on esittämismuodosta riippumaton toimintaperiaate standardin SFS-EN 61082-1 vaatimukset täyttävälle ohjelmistolle.



Kuva 2. Tietokantaan tallennetusta informaatiosta luodut dokumentit [3, s. 17].

Kuvassa 3 esitetään informaation tallennus tilanteessa, jossa sen esitysmuoto on jo etukäteen huomioitu. Tällaisia dokumentteja ovat esimerkiksi tuotteen valmistuspiirustukset.



Kuva 3. Tietokannassa laaditut ja säilytetyt dokumentit [3, s. 17].

Jokainen dokumentti on yksilöitävä vähintään yhdellä uniikilla tunnisteella, ja dokumentissa on oltava selitys dokumenttityypistä. Dokumentti saattaa koostua useammasta

sivusta, jolloin dokumentin tunnisteeseen lisäksi on käytettävä sivun tunnistetta. Yksittäisen sivun tunnistamiseen käytetään dokumentin ja sivun tunnisteiden yhdistelmää. Dokumentaation jäsentely- ja viitetunnusjärjestelmä määritellään standardissa SFS-EN 81346-1. [3, s.18; s.20.]

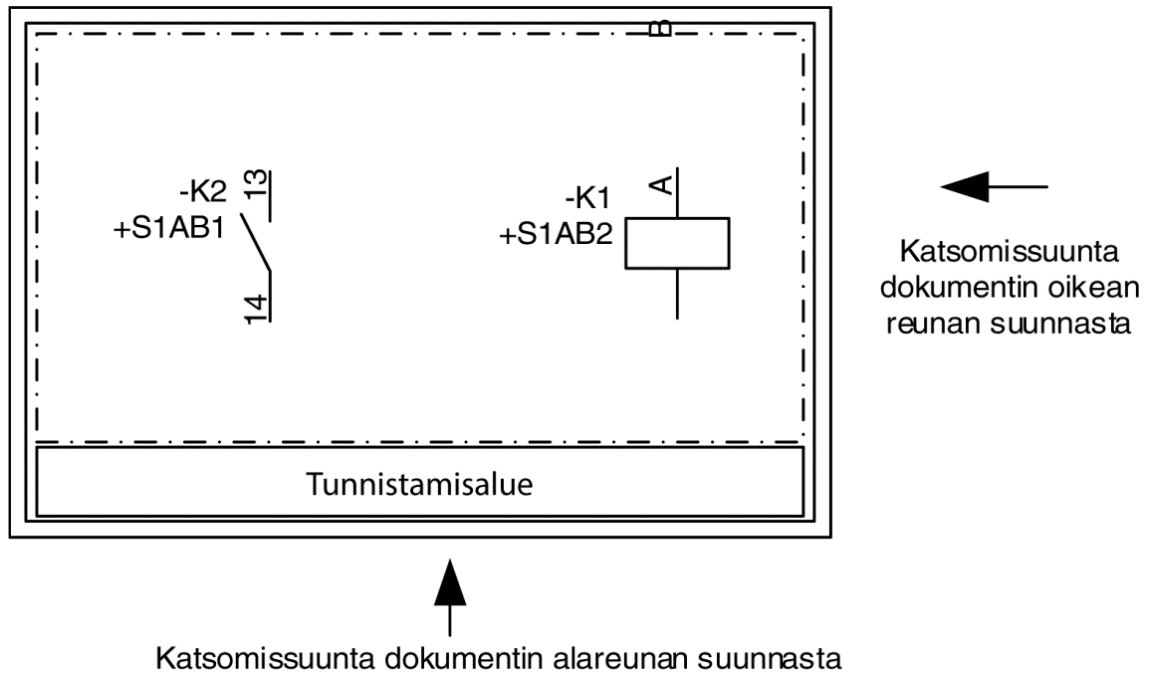
Käyttöohjeiden laadintaan liittyviä ohjeistuksia annetaan standardissa SFS-EN 82079-1. Standardi on tarkoitettu kuluttajatuotteille sekä ammattikäyttöön tarkoitetuille tuotteille. [4, s. 12.]

3.2.2 Dokumentointisääntöjä informaation esittämiseen

Informaation esittämiseen on kiinnitettävä huomiota ja dokumentin on oltava luettavissa sille tarkoitetuissa käyttöolosuhteissa. Dokumentin luettavuus riippuu monista tekijöistä, joita ovat esimerkiksi seuraavat [3, s. 18]:

- sivujen koko
- hyperlinkkien ja ristiviittauksien käyttö
- informaation esittämisen tietoväline, esim. paperi tai näyttö
- informaation ja kokonaisuuden jäsentely eri sivuille
- käytetyt piirrosmerkit
- muut lisätiedot.

Dokumentissa olevan tekstin suunnan tulee olla vaaka- tai pystysuorassa, ja sen on oltava luettavissa joko alareunan tai oikean reunan suunnasta kuvan 4 mukaisesti. [3, s. 19.]



Kuva 4. Dokumentin katsomissuunnat [3, s. 19].

Värejä voidaan käyttää täydentävänä informaationa, mutta värien havaitseminen ei saa olla ainoa keino dokumentin ymmärtämiseen. Paperilla esitettyjen dokumenttien tulisi olla luettavissa mustavalkotulosteena. Pääasiallisesti kuva- tai kaaviomuotoja esittelevän dokumentin paperitulosteeseen suositellaan A3 kokoista paperiarkkia. [3, s. 19.]

Värien käyttöihin liittyviä erikoistarkoituksia on kuvattu standardeissa ISO 3864-1, IEC 60204-1 ja IEC 60073. Käytettyjen värien merkitys on selitettävä dokumentissa. [3, s. 19.]

Käytettyjen piirrosmerkkien on oltava standardin IEC 60617 mukaisia. Jos tehdään standardin IEC 60617 soveltamisalan ulkopuolisia suunnitelmia, standardin ISO 14617 piirrosmerkit tulisi huomioida. [3, s. 34.]

Monilla yrityksen asiakkailta on myös vaatimuksia ja ohjeistuksia dokumentaation laatimiseen, jotka poikkeavat standardista SFS-EN 61082-1. Dokumentointivaatimukset ovat yleensä tiukempia kuin standardin vaatimukset.

3.3 Kontrolloidun kielen käyttäminen

Kontrolloidun kielen käytöllä on tarkoitus poistaa tekstin epätarkkuuksia, joita liittyy luonnolliseen kielen monitulkintaisuuteen. Sanastoa määriteltäessä pyritään siihen, että yhdellä sanalla on vain yksi merkitys. Kontrolloidulle kielelle on olemassa oma standardinsa, ASD-STE 100. Standardissa käsitellään teknisen dokumentaation laadintaa englannin kielellä. Kontrolloidun kielen käytöllä pyritään [4]:

- parantamaan ohjeiden ymmärrettävyyttä sekä luottavuutta ja sitä kautta yleistä käyttöturvallisuutta
- tuottamaan yhtenäisempää sekä tasalaatuisempaa tekstiä
- parantamaan tekstin uudelleen käytettävyyttä
- helpottamaan ja nopeuttamaan kielenkäännöksiä.

Standardin ASD-STE 100 juuret juontavat ilmailualan turvallisuuskriittisiin huoltotöihin. Standardi on tarkoitettu teknisille kirjoittajille, jotka laativat dokumentteja huoltohenkilöille, joiden äidinkieli on jokin muu kuin se, jolla käyttö- tai huolto-ohjeet ovat laadittu. [10.]

On suositeltavaa kehittää myös omia yrityksen sisäisiä sanastoja, jotka käännetään kaikille tarvittaville kielille. Sanastojen käyttö vähentää käännösvirheiden riskiä ja vauhdittaa kääntämistä. [5.]

Sähkötekniistä sanastoa laadittaessa tulee kuitenkin noudattaa kansainvälistä standardia IEC 60050, jotta terminologia pysyy mahdollisimman ammattimaisena ja standardimuotoisena. [6.]

4 Suunnitteluympäristön kehittäminen

4.1 CADS Planner

CADS Planner on suomalaisen vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n kehittämä suunnitteluohjelmisto. Ohjelmakokonaisuus käsittää sähkö-, LVI- sekä arkkitehtisuunnittelun. [8.]

Tässä työssä käsitellään sähkösuunnitteluun tarkoitettua CADS Electric -ohjelmistoa. Ohjelmasta on saatavilla tuotepaketit lite-, standard- ja pro-versioille. Tuotepakettien sisältö on kuvattu taulukossa 1. [9.]

Taulukko 1. Tuotepaketit CADS Electric -ohjelmistolle.

Lite	Standard	Pro
Piirikaaviot	Piirikaaviot	Piirikaaviot
Keskuskaaviot	Keskuskaaviot	Keskuskaaviot
Tasopiirustukset	Tasopiirustukset	Tasopiirustukset
		Keskuslayout
		DB-tietokantajärjestelmä

Yrityksen käyttöön valittu tuotepaketti on CADS Electric Pro. Se on ainoa tuotepaketti, joka sisältää projektinhallinnan kannalta tarpeelliset tietokantatoiminnot. Käytössä oleva ohjelma versio on CADS Planner 17. Uusin ohjelmaversio on CADS Planner 18.

4.2 CADS Planner 17 ja CADS Planner 18

CADS Planner 17:n ja CADS Planner 18:n välillä tehtiin ominaisuusvertailua. Havaittiin, että näiden kahden version välillä on seuraavanlaisia eroavaisuuksia CADS Planner 18:n eduksi:

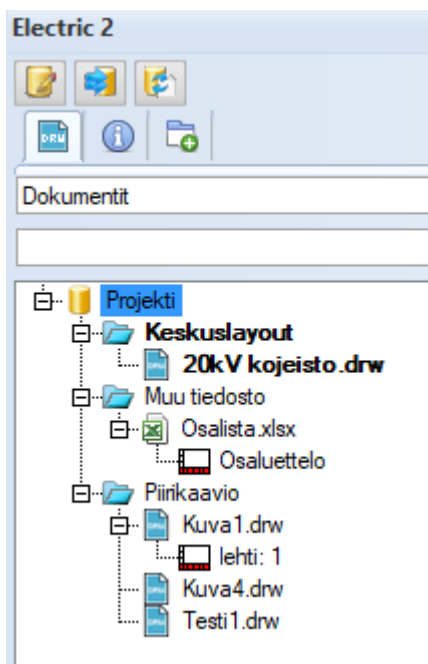
- Tietokannan hakutoiminnot toimivat nopeammin.
- Komponenteille on lisätty pikavalikot, jossa voidaan määritellä komponentin tuotetiedot.
- Ohjelmalla voidaan hallita myös Excel-dokumentteja ilman CADS Document Manager -lisäosaa.

Kuvassa 5 esitetään kuvakaappaus CADS 18:n raportointityökalusta. Kuvasta voidaan havaita, että raportointityökalulla luotava dokumentti voidaan lisätä projektin dokumentiksi. CADS 17 -ohjelmassa tätä mahdollisuutta ei ole.

- Lisää projektin dokumentiksi
- Vie CADS DM:ään
- Luo erilliset luettelot ryhmittelyn perusteella
- Luo luettelot työkirjan lehdiksi ryhmittelyn perusteella

Kuva 5. CADS 18 näkymä raportointityökalusta.

Kuvassa 6 esitetään CADS 18 -ohjelman projektipuu, jossa näkyväksi on asetettu projektin dokumentit. Kuvasta nähdään, että raportointityökalulla luotu Excel-muotoinen osalista on tallennettu projektille.



Kuva 6. CADS 18 projektipuu ja sen dokumentit -välilehti.

Päivittäisessä ja useamman suunnittelijan käytössä edellä mainittujen asioiden muodostama kokonaisuus on suuri. Pelkästään tietokantojen hakutoiminnot kestävät

vanhemmalla CADs 17 -ohjelmalla useita sekunteja jokaista hakua kohti. Hakuja tehdään päivittäin useita kymmeniä. Yrityksen on syytä päivittää ohjelma uudempaan versioon.

4.3 Nykytilanne

CADs on hankittu nopeuttamaan yrityksen sähkösuunnittelua. CADs:ia käytetään nykyään vain piirikaavioiden tekemiseen. Osalistat ja tuoterakenteet tehdään erikseen. Tämä on hidas ja virhealtis tapa toimia.

Sähkösuunnittelun nopeuttaminen vaatii, että suunnittelussa hyödynnetään CADs:n tietokantatoimintoja. CADs:ssa on vakiotietokanta, joka ei palvele yritystä. Tietokantatoimintojen hyödyntämiseen tarvitaan yrityksen oma komponenttikirjasto, josta suunnittelija voi valita sähkösuunnitelmassa tarvittavat komponentit.

4.4 Tuotetietokannan luominen

Tuotetietokanta ja sen hyödyntäminen suunnittelijan sekä teknisen dokumentoijan työssä on yksi tärkeimmistä työkaluista, joita nykyaikainen CAD-suunnitteluohjelmisto tarjoaa. CAD tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua.

Tuotetietokanta luodaan yrityksen ERP-tietokannan pohjalta. ERP on toiminnanohjausjärjestelmä. Toiminnanohjausjärjestelmällä hallinnoidaan yrityksen tuotantoa, varastoa sekä taloutta.

Tuotetietokannan luominen aloitetaan komponenttikirjaston ryhmittelyn sekä komponenttitietojen määrittelyllä. Määrittely perustuu yrityksen tarpeeseen saada luotua raportteja eri käyttötarkoituksiin tietokannassa olevista tiedoista. ERP-koodia käytetään toiminnanohjausjärjestelmän ja CADs:in välisenä linkkinä. ERP-koodi on uniikki ja sen avulla nämä kaksi ohjelmaa tunnistavat kyseisen komponentin. Komponentin kuvaukset, tyyppi sekä valmistaja tarvitaan osaluetteloiden luomiseen. Kuvaus määritellään suomen- ja englannin kielellä, jotta osaluettelo voidaan luoda ohjelmassa määrittelyn

suunnittelukielen mukaisesti. Komponenttiryhmä määritellään hakutoimintoja varten. Tuotetietokantaan määritelty komponenttikirjasto ja ryhmittely on esitetty taulukossa 2.


Taulukko 2. CADS tuotetietokantaan määritelty komponenttikirjasto.

Ryhmä	ERP-Koodi	Kuvaus, Suomi	Kuvaus, Englanti	Tyyppi	Valmistaja	Sähköinen tieto
Akut	X	X	X	X	X	X
Tehopuolijohteet	X	X	X	X	X	
Merkinantovälineet	X	X	X	X	X	
Kontaktorit	X	X	X	X	X	
Johdonsuojakatkaisijat	X	X	X	X	X	X
Kompaktikatkaisijat	X	X	X	X	X	X
Tasasuuntaajat	X	X	X	X	X	
Vaihtosuuntaajat	X	X	X	X	X	
Kahvasulakkeet	X	X	X	X	X	X
Elektroniikka	X	X	X	X	X	
Kuormankytkimet	X	X	X	X	X	X
Muuntajat	X	X	X	X	X	
Kuristimet	X	X	X	X	X	
Jäähdyttimet	X	X	X	X	X	
Lämmittimet	X	X	X	X	X	
Kaapelisarjat	X	X	X	X	X	

Taulukossa 2 esiintyvä sähköinen tieto on määritelty vain sellaisille komponenteille, jonka tietty arvo halutaan saada automaattisesti piirikaavioihin komponentin yhteyteen. Esimerkiksi johdonsuojakatkaisijan piirustusmerkin yhteyteen saadaan automaattisesti sen laukaisukäyrän tyyppi sekä nimellisvirta, kun komponentti on määritelty projektin tuotetietokannassa.

4.5 Tuotetietojen tuonti, päivitys ja ylläpito

Tuotetietotietojen tuonti aloitetaan tuomalla ERP:in tuotetietokanta Excelliin, jolloin se on helpommin muokattavissa. Excelissä tehdään ensin sarakemäärittely, jonka jälkeen CADS:n tuontiasetuksissa määritellään Excelin ja CADS:n tietokannan sarakkeiden väliset vastaavuudet kuvan 7 mukaisesti.

←  Tuontiasetusten määrittäminen

Linkitys

Lähde


A , (Ryhmä)
B , (ERP-koodi)
C , (Kuvaus, suomi)
D , (Kuvaus, englanti)
E , (Tyyppi)
F , (Valmistaja)
G , (Sähköinen tieto)

Linkitys (keltaiset pakollisia)

Kohdesarake	Lähdesarake
Sähkö 1	G
Valmistaja	F
Tyyppi	E
Nimi 1, englanti	D
Nimi 1, suomi	C
Nimike	B
Tuoteryhmä	A

Kuva 7. Excel ja CADs -sarakkeiden väliset vastaavuudet.

Kun määrittely on kerran tehty, tietokantaa on helppo päivittää tallennettujen määrittelyjen pohjalta. Kuvassa 8 esitetään näkymä tietojen tuonnille.

 Tietojen tuonti

Tuontimäärittelykset

Käyttäjän Jaettu Määrittele uusi

Nimi	Kuvaus
Ellego nimikkeiden tuonti	Tyhjentää ja korvaa koko tietokannan
Ellego nimikkeiden päivitys	Päivittää tietokannan

Määrä: 2

Muokkaa
Poista
Tuo
Tallenna nimellä...
Lataa...

Kuva 8. Tietojen tuonnin määrittelyt listattuna.

Määrittelyjä voi olla useampia, jolloin eri tuontimäärittelyt listautuvat automaattisesti kuvassa 8 esitetyn mukaisesti. Jos määrittelyitä on enemmän kuin yksi, on tarpeen, että määrittelyn kuvaus on riittävän tarkka.

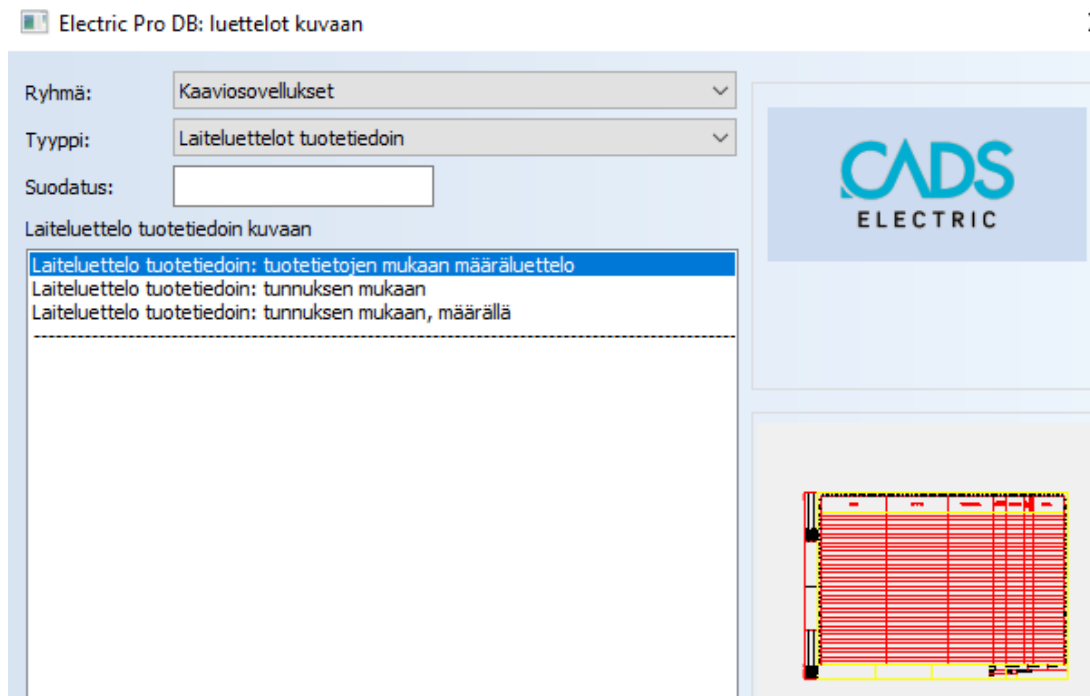
Kuvassa 8 esiintyy kaksi erilaista määrittelyä. Ylempi määrittely tyhjentää koko tietokannan ja vasta tyhjennyksen jälkeen uudet tiedot siirtyvät tietokantaan. Alempi määrittely päivittää olemassa olevia tietoja. Ohjelmalla on mahdollista tehdä myös määrittelyitä, jotka päivittävät vain osan nimiketiedoista tai lisäävät vain uusia nimikkeitä päivittämättä vanhoja.

4.6 Raportointityökalut

CADS-ohjelman raportointityökaluilla voidaan luoda erilaisia luetteloita sekä CAD- että Excel-pohjille. Luettelot luodaan tietokannassa olevien komponenttitietojen pohjalta. Jos komponenttitietoja ei ole määritetty, luetteloita ei voi luoda.

Tyypillisiä dokumentteja ovat esimerkiksi johdinten, johdinsarjojen, kaapeleiden ja kiskojen johdotusluettelot, osaluettelot ja riviliitinten kytkentäluettelot. Raporttien kielisyys on helposti valittavissa, jolloin esimerkiksi tuotantoon voidaan luoda suomenkieliset dokumentit, vaikka asiakasdokumentaatio olisikin jollain muulla kielellä. Automaattiset kielenkäännöstoiminnot kuitenkin edellyttävät, että tietokannan kielikäännökset on määritettyinä. [7.]

Kuvassa 9 esitetään näkymä CAD-pohjaisen luettelon luomisesta. Kuvan 9 valinta luo komponenttien määräluettelon tietokannan tietojen perusteella. Luettelo luodaan luomisohjelmalla aktiivisena olevan piirustuksen sivuksi. Jos luettelo ei mahdu yhdelle sivulle, ohjelma luo automaattisesti seuraavan sivun.



Kuva 9. CAD-pohjaisen luettelon luominen.

Kuvassa 10 esitetään näkymä Excel-pohjaisen luettelon luomisesta. Kuvassa määritellään luettelon tyyppi sekä Excel-pohja, johon luettelon tiedot tuodaan. Kuvan määrittely luo Excel-tiedoston, jossa esiintyy tietokannassa määritellyt komponentit niiden kuvauksella, määrällä sekä komponenttitunnuksella.

Kuvan 10 alaosassa nähdään kaksi tuoteriviä. Ensimmäisen rivin tuotetietoja ei ole määriteltä ja se on siksi tyhjä. Luettelo voidaan viedä myös suoraan PDF-tiedostoon, jos se nähdään tarpeelliseksi.

Luetteloasetukset

Aiemmin tallennetut asetukset: (Common) (uusi)

Luettelon tyyppi: Osaluettelo tunnuksittain

Pohja: (Common) Osaluettelo määrillä ja kuvauksella.xl

Kielisyys: Suomi

21:17:00 Valmis.
21:17:06 Suoritetaan kysely "Osaluettelo"
21:17:06 Valmis.

Vedä tähän sen sarakkeen otsikko, jonka sisällön mukaan haluat ryhmittää.

Tuoteryhmä, suomi	Kokotunnus	Tunnus	Nimi 1, suomi	Nimikkeet.Nimike	Valmistaja
>	+TAS2-G1-Gx	G1-Gx			
Moottorinsuojakatkaisija	+TAS3-F11	F11	Moottorinsuojakatkaisija, 11 - 16 A (208 A), S2	3RV1031-4AA10	Siemens

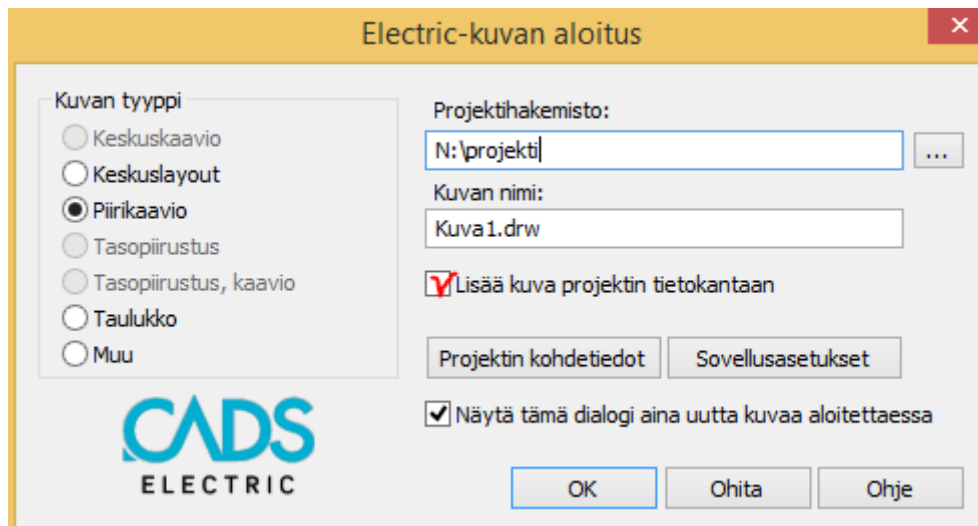
Kuva 10. Osaluettelon luominen Exceliin CADS-raportointityökalulla.

Dokumenteille tulee luoda vakioidut raporttipohjat. Kun käytetään vakioituja raporttipohjia, tietokannan tiedoista laadittujen dokumenttien ulkoasu pysyy yrityksessä määritellyn yleisen linjan mukaisena, vaikka projektin eri osa-alueilla olisikin eri suunnittelijat.

Raportointityökaluilla luotua Excel-pohjaista osalistaa hyödynnetään myös projektikohtaisen ERP-rakenteen luomisessa. Näin ERP-rakenteeseen saadaan vietyä piirikaaviossa määritellyt komponentit. Tällöin jää yksi käsin tehtävä työvaihe kokonaan pois ja virhemahdollisuus vähenee. ERP-rakenne on yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä määritelty tuoterakenne, jota käytetään komponenttien hankinnassa sekä varaston ylläpidossa.

4.7 Uuden projektipohjan luominen

Projektipohjan tekeminen aloitetaan luomalla uusi kuva, jossa määritellään vähintään kuvan tyyppi, jotta sovelluksen tarpeelliset työkalut saadaan näkyville. Kuva voidaan lisätä projektin tietokantaan jo tässä vaiheessa. Kuvassa 11 on esitetty uuden kuvan aloituskäyttö näkymä.



Kuva 11. CADs Electric Pro -projektin aloitusnäkyä.

Seuraavaksi kuvaan lisätään uusi lehti, jolle piirustus pohja sijoitetaan. Lehti tarkoittaa yhtä tasoa, jossa tietty asia esitetään. Piirustus pohjalla tarkoitetaan raameja, joihin piirustuksen sisältö tehdään. CADs-kuva koostuu useasta lehdestä, jokaisella lehdellä on yksi piirustus pohja.

Piirustus pohjana käytetään vain tietokannasta löytyviä piirustus pohjia. Tällöin projektin kohdetiedot siirtyvät automaattisesti jokaiselle dokumenttipohjalle vähentäen työmäärää.

Sähköpiirustusta työstäessä tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin [7]:

- Kaikille piirustuksen laitteille annetaan yksilöity tunnus. Yksi laite voi koostua useasta piirrosmerkistä, jolloin näille piirrosmerkeille on annettava sama tunnus.
- Sähköpositio tai kokonaisuus on määritettävä piirustus pohjalle, jotta projektin komponentit siirtyvät tietokantaan.
- Mitään ei jätetä kytkemättä. Johtimet sekä kaapelit päätetään aina laiteliittimille tai ristiviittauksille.

Tietokanta- ja raportointitoiminnot eivät toimi oikein, jos edellä mainittuja asioita ei noudateta. [7.]

4.8 Projektin mallipohjat

4.8.1 CAD-kuvat ja tietokanta

CAD-kuvat käsittävät seuraavat projektiin kuuluvat dokumentit:

- Kaappikuvat
- Osasijoittelukuvat
- Piirikaaviot.

Kaappikuvien sekä osasijoittelukuvien runko on tehty 3D-suunnitteluna Siemens Solid Edge -ohjelmalla, josta ne on käännetty CADS-yhteensopiviksi. Näin kaappikuvat ja osasijoittelukuvat voidaan lisätä projektin tietokantaan ja tehdä tarpeelliset projektikohtaiset muutokset.

Piirikaavio on edellä mainituista dokumenteista se tärkein, kun tarkastellaan CADSin tietokantatoimintoja. Piirikaavio luo kaikki tarpeelliset elementit tietokantaan. Näitä elementtejä ovat:

- johtimet, kaapelit, kaapelisarjat
- komponentit
- komponenttien sekä johdotusten väliset kytkentätiedot
- laiterajaukset
- prosessirajaukset
- sijaintitiedot.

Ensimmäinen vaatimus tietojen tietokantaan tallentumiseen on se, että piirikaavion dokumenttipohjana käytetään älykästä dokumenttipohjaa. Toinen vaatimus on se, että käytetään Electric-sovelluksen johdotus- sekä komponenttitoimintoja. Vanhoilla AutoCAD-kuvilla tämä ei luonnollisesti onnistu, koska komponentit sekä johdotukset ovat vain viivapiirroksia. Uudet piirikaaviot tulee tehdä Electric-sovelluksen työkaluja hyödyntämällä siten, että ne muodostavat tietokannan. Luotu kuva ja siihen liittyvä tietokanta on sitten jälkikäteen käytettävissä, vaikka kyseisessä projektissa tietokantatoimintoja ei hyödynnettäisikään.

4.8.2 Excel-raporttipohjat

Excel-raporttipohjat käsittävät seuraavat dokumentit:

- Sulakelista
- Osalista
- Sähköosien BOM
- Dokumenttilista.

Kuvassa 12 on esitetty sähköosien BOM-asetukset. Kuvan asetuksilla saadaan luotua materiaalitarvelista, jota käytetään ERP-rakenteen luomiseen.

Kuva 12. Raportointityökalunäkymä, jossa on valittu asetukset sähköosien summalistalle.

Dokumenttilista, osalista sekä sulakelista liittyvät projektikohtaiseen tuotedokumentaatioon. Näiden dokumenttien perustiedot ovat samat, eli seuraavien tietojen on esiinnyttävä kyseisissä dokumenteissa:

- yrityksen logo
- asiakkaan projektinimi tai numero
- dokumenttinumero
- tuotetyyppi
- työnumero.

Dokumentin eri elementtien tiedot haetaan käyttämällä linkkejä, jotka määritellään dollarimerkkien väliin kuvan 13 mukaisesti.

Drawing number	Sheet	Name 1	Name 2	Drawer	Date	Filename
	\$Lehti\$ /\$Lehti					
\$Piirustusnumero\$	a\$	\$Nimitys1\$	\$Nimitys2\$	\$Piirtaja\$	\$Pvm\$	\$Tiedostonimi\$

Kuva 13. Excel-raportin ja CADS-tietokannan elementtien väliset linkit.

CADS:n ja Excelin välillä linkitettäviä elementtejä on paljon. Elementtien linkit ovat helpposti kopioitavissa CADS:n raportointityökalusta.

4.8.3 Kuvien luominen Excelillä

CADS mahdollistaa kuvien ja kuvapakettien luomisen käyttämällä pohjakuvia sekä Excel-taulukkoa. Tämän työkalun käyttäminen vaatii, että jostain olemassa olevasta projektista luodaan pohjakuva. Pohjakuvassa olevat muuttuvat kentät linkitetään Excel-taulukon kanssa yhteen. [13.]

Myös tässä tapauksessa linkitys tapahtuu käyttämällä kahden dollarimerkin väliin määriteltyjä linkkejä, jotka ovat esitetty kuvassa 14.

\$Kuvaus 1\$	Suunn.	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
\$Kuvaus 2\$	/17.3.2019	= \$Kokonaisuus\$	+ \$Sähköpositio\$	
\$Kuvaus 3\$	Piirt.	Lehti	Piirustusnumero	
	Tark.	1 / 4		
			\$Piirustusnumero\$	

Kuva 14. Nimiötietojen linkit.

Taulukossa 3 esitetään pohjakuviin määriteltäviä tietoja. Kokonaisuus ja sähköpositio ovat järjestelmätunnuksia. Järjestelmätunnus voi koostua esimerkiksi tehtaan prosessitunnuksesta sekä laitetunnuksesta, jolloin kokotunnus on taulukon ensimmäisen rivin mukaisesti =ABC+1. Piirustusnumero on dokumentille annettu yksilöllinen tunnus. Kuvaukset ovat tuotetta, piirin osaa ja dokumenttityyppiä kuvaavia kenttiä. Pohjakuva on se piirustus, jonka perusteella nämä uudet dokumentit luodaan.

Taulukko 3. Excelissä määriteltävät tiedot

Kokonaisuus	Sähköpositio	Piirustusnumero	Kuvaus 1	Kuvaus 2	Kuvaus 3	Pohjakuva
=ABC	+1	S1001	EDC 110V	Pääpiiri	Piirikaavio	kuva1.drw
=ABC	+2	S1001	EDC 110V	Ohjaus 1	Piirikaavio	kuva2.drw
=ABC	+3	S1001	EDC 110V	Jakelupiiri	Piirikaavio	kuva3.drw
=ABC	+4	S1001	EDC 110V	Hälytyspiiri	Piirikaavio	kuva4.drw

Pohjakuva on ainoa pakollinen tieto taulukossa 3 esitetyistä kentistä. Sen perusteella luodaan piirikaaviot sekä uuden projektin tietokanta. Pohjakuvista luotu tietokanta sisältää kaikki johdotus- ja komponenttiedot sekä niille määritellyt tuotetiedot.

Kuvassa 15 on esitetty taulukkoon 3 määritellyt tiedot, ja kuinka ne näkyvät CADS:n nimiötiedoissa.

EDC 110V Pääpiiri Piirikaavio	Suunn.	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
	/17.3.2019	=ABC	+1	
	Piirt.	Lehti	Piirustusnumero	
		1/4	S1001	
Tark.				

Kuva 15. Excel-taulukolla luodut nimiötiedot.

5 Tuotteen suunnittelu- ja tuotantoprosessin kehittäminen

5.1 Tuotteen valinta

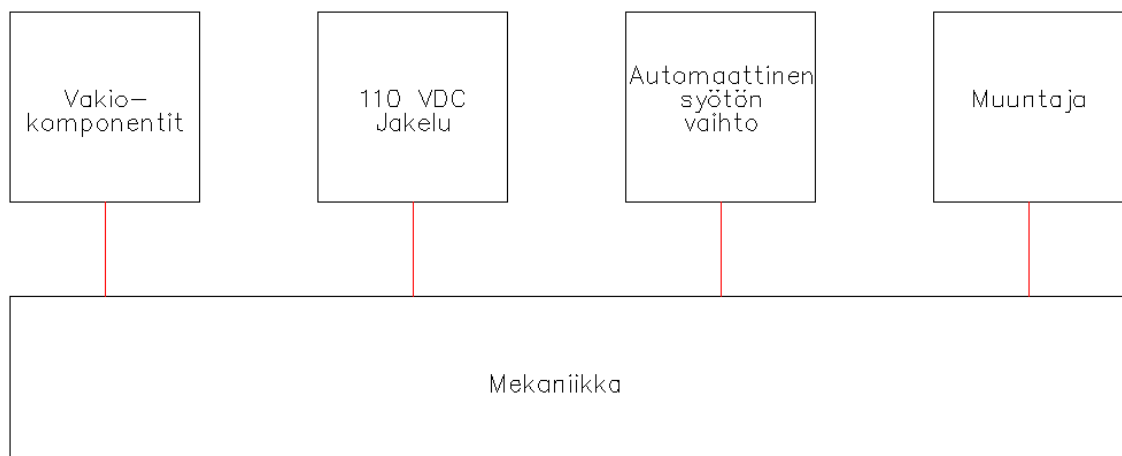
Ensimmäinen askel tuotteisiin ja prosesseihin liittyviin kehittämishankkeisiin on kehitettävän tuotteen tai prosessin valinta. Tuotteeksi valittiin EDC 110V/18A/26Ah, joka on erälle asiakkaalle räätälöity ja vakioitunut DC-UPS -malli. Tuotetta käytetään laivasovelluksissa. Vaikka tuote on kokoonpanoltaan pitkälti vakioitunut, siinä on potentiaalia mm. tilaus-toimitus-prosessin huomattavaan lyhentämiseen. Jotta tähän tavoitteeseen päästään on ensin tutkittava tuotteen rakennetta ja tuotteeseen liittyvää prosessia.

5.2 Tuotteen rakenteen tunnistaminen

Valmis tuote on yksi kokonaisuus, joka koostuu useammasta yksittäisestä komponentista ja niiden välisistä johdotuksista ja toiminnallisuuksista. Tuotteesta on tunnistettu seuraavat fyysiset moduulit:

- mekaniikka
- 110 VDC jakelu
- automaattinen syötönvaihto
- muuntaja
- vakiokomponentit.

Osa edellä mainituista moduuleista on sekä muuttuvia että muuttumattomia. Muuttumattomat osat ovat listauksessa määritellyjä vakiokomponentteja, muut ovat muuttuvia osia. Modulaarisuuden mittareilla tätä tuotetta voidaan kuvata DSM:n avulla kuvan 16 mukaiseksi kiskomodulaariseksi järjestelmäksi, sillä kaikilla komponenteilla on yhteinen fyysinen rajapinta, mekaniikka.



Kuva 16. EDC-V 110V/18A/26Ah:n kiskomodulaarinen kuvaus.

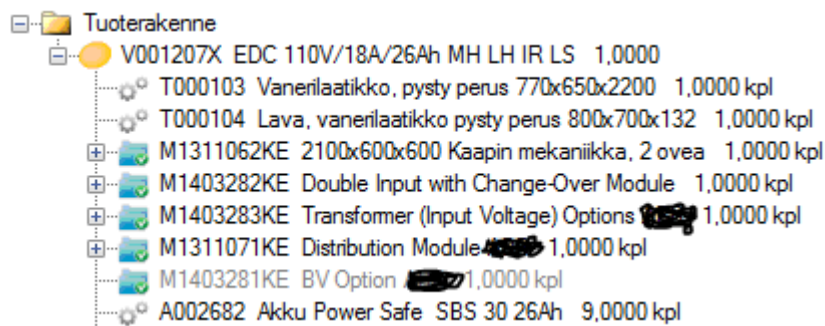
Tämän viisimoduulisen järjestelmän binäärinen DSM-matriisi voidaan määritellä kuvan 17 mukaisesti.

$$DSM = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Kuva 17. Tuotteen binäärinen DSM-matriisi.

Tuotteeseen liittyy myös erilaisia dokumentteja, joista osa on vakioituja tuotteeseen liittyviä käyttöohjeita. Loput dokumenteista ovat projektikohtaisia dokumentteja, kuten piirikaavioita, osaluetteloita tai koestuspöytäkirjoja. Näitä dokumentteja päivitetään erikseen projektikohtaisilla tiedoilla.

Pieni osa tuoterakenteesta ERP-järjestelmässä on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Osa tuoterakennetta ERP-järjestelmässä

Tuotteessa olevien fyysisten rajapintojen määrittely ei ole kuitenkaan aivan niin yksinkertaista, kuin kuva 16 antaa ymmärtää. Liitteessä 1 on tarkemmin hahmoteltu eri komponenttien välistä riippuvuutta toisiinsa nähden. Kuvasta 16 havaitaan, että jos tuotteen mekaanista rakennetta muutetaan, sen vaikutukset kaikkiin muihin osiin pitää aina todentaa.

5.3 Tuotteen läpimenoajan kehittäminen

5.3.1 Nykytilanne

Nykytilanteen moduulijako esiteltiin kuvassa 16. Tuoterakenteen hallinnan näkökulmasta moduulijako on riittävän hyvä, eikä siihen ole syytä tehdä muutoksia.

Koska rakennepuoli on kunnossa, yksi tuotteen läpimenoajan mahdollisista kehityskohdeista löytyy tuotantoprosessista. Parannusehdotukset liittyvät tuotannon kuormituspiikkien tasaamiseen. Kun tuotannossa on pieni kuormitus, sen kapasiteettia jää käyttämättä. Tämä käyttämättä jätetty kapasiteetti jää nykyään hyödyntämättä. Tuotantoprosessin uudelleenjärjestelyllä käyttämättä jäänyt kapasiteetti voidaan hyödyntää.

Taulukossa 4 on arvioitu työaikojen suhteellista jakautumista eri tehtävien välillä. Arviossa voi olla jonkin verran virhettä, koska työaikoja ei ole mitattu.

Taulukko 4. Arvio työaikojen suhteellisesta jakautumisesta.

Tehtävä	Työaika (%)
Kaapin esikokoonpano	8
Akkujen asennus ja kytkentä	4
Asennuspellin komponenttien johdotus ja merkintä	70
Kokoonpanon viimeistely	4
Koestaminen	12
Pakkaus	2
Yhteensä	100

Taulukosta 4 voidaan havaita, että asennuspellin komponenttien johdotukseen ja merkintään kohdistuva suhteellinen työaika on huomattavan suuri. Näin ollen voidaan olettaa, että siinä on myös suurin mahdollisuus läpimenoajan kehittämiseen. Myös liitteessä 1 olevasta matriisista voidaan havaita, että lähes kaikki osat liittyvät tavalla tai toisella asennuspeltiin.

5.3.2 Tulevaisuus

Tuotteen nykytilannekatsauksessa todettiin, että asennuspellin komponenttien johdotukseen ja merkintään käytettävä työaika on pitkä. Kokoonpanoon käytettävää

kokonaistyöaikaa on vaikea lyhentää, mutta valmiin tuotteen läpimenoaikaa on kuitenkin pystyttävä parantamaan. Tuotteen läpimenoaikaa voidaan lyhentää, kun asennuspellin komponenttien johdotukseen ja merkintään käytetään vähemmän työaikaa varsinaisen tuotteen valmistuksen yhteydessä. Asennuspelti voidaan kalustaa puolivalmiiksi, joka viimeistellään asiakkaan tilauksen mukaisesti. Tätä ajatusmallia soveltaen tuotteen työaikojen suhteellinen jakautuminen on taulukossa 5 esitetyn arvion mukainen.

Taulukko 5. Arvio työaikojen suhteellisesta jakautumisesta tulevaisuudessa.

Tehtävä	Työaika (%)
Kaapin esikokoonpano	16
Akkujen asennus ja kytkentä	8
Asennuspellin komponenttien johdotus ja merkintä	40
Kokoonpanon viimeistely	8
Koestaminen	24
Pakkaus	4
Yhteensä	100

Taulukkoa 4 ja taulukkoa 5 vertailemalla voidaan nähdä, että asennuspellin komponenttien johdotuksen ja merkinnän suhteellinen osuus on pienentynyt. Mallin toimivuus on kuitenkin todettava käytännössä. On myös muistettava, että puolivalmiiksi kalustettuja asennuspeltejä on oltava varastossa, jotta taulukossa 5 esitetyn arvion mukainen malli voi toimia.

5.4 Projektikohtainen tuotedokumentaatio

Projektikohtaisen tuotedokumentaation tekemiseen tarvitaan suurin osa suunnittelu-työajasta tämän valitun tuotteen kohdalla. Projektidokumentaatio sisältää kappaleen 3.1 luettelussa esitetyt dokumentit. Näiden dokumenttien projektikohtaiset tiedot muutetaan aina, vaikka tuotekonfiguraatio olisi täysin identtinen jonkin aiemmin toimitetun tuotekonfiguraation kanssa.

Koska tuotteen rakenne on luotu siten, että se on helposti muokattavissa, piirustuksien kokonaan uudelleen tekeminen ei ole tarpeellista. Suurin osa projektikohtaisesti määriteltävästä tiedosta on kuitenkin automatisoitavissa ainakin CAD-pohjaisiin dokumentteihin. Automatisointi vaatii sen, että jokaisen CAD-dokumentin piirustus pohja vaihdetaan

CADS-ohjelman tietokannan kanssa yhteensopivaksi. Tietokannan kanssa yhteensopivan piirustusohjelman käytön etu on se, että projektikohtaiset tiedot voidaan määrittellä vain tietokannassa, josta tieto siirtyy kuvan 19 mukaisesti eri dokumenttien nimiökenttiin.



Kuva 19. Projektitietojen ja eri dokumenttilajien suhde.

Edellä mainittua tapaa voidaan soveltaa kaikkiin dokumentteihin, joita ei kustannussyistä kannata tehdä uudelleen tietokantapohjaiseksi. Jos jokin dokumentti päätetään tehdä uudelleen, sen uudelleen käytettävyyttä tulee miettiä jo ennen työn aloitusta.

6 Yhteenveto

Dokumentaation ja versioiden hallinta on yhä suuremmassa roolissa, kun valmistetaan muokattavia tuotteita. Tyypillinen projekti etenee usein dokumentaation osalta seuraavasti:

- Tarjousdokumentaatio
- Dokumentaatio asiakkaan hyväksymistä varten
- Tuotantodokumentaatio
- Käyttöönottodokumentaatio
- Loppudokumentaatio.

Jokainen edellä mainittu vaihe vaatii yleensä dokumentaation osittaisen muokkaamisen, jolloin vähintään dokumentti ja dokumenttilista päivitetään. Tällä hetkellä käytössä olevalla CADS 17 -ohjelmalla voi hallita vain CAD-ohjelman luomia piirustuksia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että dokumenttilistaa ja siinä listattujen dokumenttien versioita ja muita tietoja on ylläpidettävä käsin.

Suunnittelutyökalujen käyttöä tulee tehostaa edelleen, jotta modulaarisen tuotealustan käyttäminen tulee mahdolliseksi. Projektin aikana todettiin, että monissa asioissa on tietty järjestys, jossa ne kannattaa tehdä. Tästä yhtenä esimerkkinä on projektipohjan luominen, joka ei ollut mahdollista ennen CADS-tuotetietokannan luomista. Nimiketietojen luominen oli aikaa vievää, mutta tähän käytetty aika palvelee yritystä tulevaisuudessa. Nimikkeille määriteltiin tarpeelliset tuotetiedot. Tuotetietoja on helppo muokata myös tulevaisuudessa. Tuotetietojen ylläpitoon tulee nimetä vähintään yksi henkilö, joka vastaa tietojen oikeellisuudesta. Tällöin tuotetietokanta pysyy ajan tasalla ja sovitun nimeämiskäytännön mukaisena.

Työn aikana opittiin uusia asioita CADS-ohjelmasta, vaikka ohjelmaa on käytetty jo useamman vuoden. Tärkein asia oli se, että ohjelmaa ja sen toimintoja käytettiin tarkoituksenmukaisella tavalla. Ohjelman oikeanlaiseen käyttämiseen tulee kiinnittää huomioita, koska pidemmällä aikavälillä se palvelee yrityksen toimintaa. Muutamia raportointitoimintoja tai niiden puutteellisuutta lukuunottamatta CADS vaikuttaa olevan riittävän hyvä ohjelma yrityksen käyttöön.

Projektin tavoitteena oli suunnittelupohjien luominen, jossa onnistuttiin. Projektin tuloksena luodut dokumenttipohjat ovat nyt käytettävissä ja seuraava askel on muiden suunnittelijoiden kouluttaminen näiden oikeanlaiseen käyttöön.

Lähteet

- 1 Baldwin, Carliss Y. & Clark, Kim B.. 2000. Design Rules: Volume.1. The Power of Modularity. E-kirja. The MIT Press.
- 2 Hölttä, Katja, Suk Suh, Eun, de Weck, Olivier. 2005. Tradeoff Between Modularity and Performance for Engineered Systems and Products. Verkkoaineisto. <<https://www.designsociety.org/publication/23113/TRADEOFF+BETWEEN+MODULARITY+AND+PERFORMANCE+FOR+ENGINEERED+SYSTEMS+AND+PRODUCTS>>. Massachusetts Institute of Technology. Luettu 10.2.2019.
- 3 SFS-EN 61082-1, Sähkötekniikassa Käytettävien Dokumenttien Laatiminen, Osa 1: Säännöt. 2015. Suomen Standardisoimisliitto.
- 4 SFS-EN 82079-1, Käyttöohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet ja yksityiskohtaiset vaatimukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto.
- 5 Kansainvälistä Viestintää Käännöstoimiston Silmin. 2014. Verkkoaineisto. Translatum Oy. <<https://blogi.translatum.fi/bid/332600/Hyvin-organisoitu-dokumentointi-tuottaa-kustannuss-st-j>>. Luettu 19.2.2019.
- 6 Electropedia. Verkkoaineisto. International Electrotechnical Commission. <<http://www.electropedia.org/>>. Luettu 5.3.2019.
- 7 Hirvonen, Toni. 2014. CADS Planner Electric Pro -koulutusmateriaali, Teollisuus-sähkösuunnittelun perusteet, 7.5.2014.
- 8 Kyndata Oy yritystiedot. 2019. Verkkoaineisto. Kyndata Oy. <<http://www.cads.fi/yritys>>. Luettu 9.2.2019.
- 9 Kyndata Oy tuotetiedot. 2019. Verkkoaineisto. Kyndata Oy. <<http://www.cads.fi/ohjelmistot/cads-electric>>. Luettu 9.2.2019.
- 10 Kaikuranta, Terho. 2017. ASD Simplified Technical English. Powerpoint-esitys. 20.3.2019.
- 11 CADS Electric 18 -esite. 2019. Verkkoaineisto. Kyndata Oy. <<http://www.cads.fi/cads-electric-18>>. Luettu 21.3.2019.
- 12 Kyndata Oy:n tuotetuki. Sähköpostiviesti. 5.3.2019.

- 13 Kymdata Oy. 2013. Demo 2/3: Excel-generointi CADS Electricin Piirikaaviot -sovelluksessa. Verkkoaineisto. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=rtamdRzP-_U>. Katsottu 24.3.2019.
- 14 Arvonen, Rami. 2019. Ellego Powertec Oy -yritysesittely. Powerpoint-esitys. 14.4.2019.

Tuotteen komponenttien väliset riippuvuudet

	Syöttöjännite	Syöttöliittimet	ATS	Verkkosuodin	Pääkontaktori	Apumuuntajat	Päämuuntaja	Tyristorisilta	Kuristin	Kondensaattori	Ohjainkortti	Relekortti	Hälytysliittimet	Akusto	Akkusulake	Jakelusulake	Varaajan shuntti	Akuston shuntti	Varaajan sulake	Ensiösulake	A-mittari	V-mittari	Kaappi	Asennuspelti	Akkuhylly	AC-johdotus	DC-johdotus	Hälytyspiirit	Hälytysreleet	Jänniterele	Työvirtakela
Syöttöjännite	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Syöttöliittimet	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ATS	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Verkkosuodin	X	X	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pääkontaktori	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apumuuntajat	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Päämuuntaja	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tyristorisilta	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kuristin	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kondensaattori	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ohjainkortti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Relekortti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hälytysliittimet	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Akusto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Akkusulake	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jakelusulake	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Varaajan shuntti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Akuston shuntti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Varaajan sulake	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ensiösulake	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A-mittari	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V-mittari	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kaappi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X
Asennuspelti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Akkuhylly	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AC-johdotus	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DC-johdotus	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hälytyspiirit	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hälytysreleet	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jänniterele	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Työvirtakela	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X