



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Krista Hovimeri

SUUNNITTELUPROSESSIN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

Voimalaitosten ohjausjärjestelmät

VEO Oy

Tekniikka

2022

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Krista Hovimeri
Opinnäytetyön nimi	Suunnitteluprosessin käytännön toteutus
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	21 + 2 liitettä
Ohjaaja	Jukka Hautala

Päiväkirjamaisen opinnäytetyön tavoite on oppia suunnittelun kokonaisprosessi projektin aloituspalaverista projektin toimitukseen ja loppudokumentaatioon asti. Tarkoituksena on kartoittaa ammattiosaamisen tasoa ja voimalaitosten ohjausjärjestelmien suunnitteluinsinöörin työtehtäviä seurantajakson aikana. Tavoitteena oli myös huomioida suunnittelussa tapahtuvia virheitä, ja miten niitä voisi korjata. Osana opinnäytetyötä tutkitaan myös VEO Oy:n valmista suunnittelun prosessi-kaaviota ja verrataan sen toteutumista työtehtävissä.

Opinnäytetyön toteutus tapahtui kirjoittamalla liitteenä olevaa päiväkirjaa päivittäisistä työtehtävistä suunnittelussa kolmen kuukauden ajalta. Jokaisen viikon lopussa on myös kirjoitettu viikkoanalyysi, missä tarkastellaan kuluneen viikon tärkeimpiä tapahtumia. Tämän 10 viikon jakson kirjoittaja työskentelee VEO Oy:llä diesel- ja kaasuvoimalaitosten ohjausjärjestelmien suunnittelussa.

Tärkein tutkimusmenetelmä oli päivittäisestä työstä kirjoitettava päiväkirja ja sen avulla oppiminen ja asioiden analysointi. Tietoa on etsitty VEO Oy:n omista dokumenteista ja internetistä. Myös henkilöstön työkokemusta ja tietoa on hyödynnetty kirjoittaessa päiväkirjaa.

ABSTRACT

Author	Krista Hovimeri
Title	Practical Implementation of the Design Process
Year	2022
Language	Finnish
Pages	21 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Hautala

The purpose of the diary-like thesis was to learn the overall process of control system planning from the project start meeting to the delivery of the project and final documentation. The aim was also to find out professional competence and the tasks of the design engineer during the follow-up period. In the thesis the problems were considered in the design and how they could be improved. As part of the thesis, VEO Oy's design process diagram was studied and its implementation was compared with the thesis.

The thesis was implemented by writing a learning diary of my daily work assignments in planning for a period of three months. At the end of each week, I also wrote a weekly analysis, where the most important events of the past week were contemplated. During this 10-week period, I worked at VEO Oy in the design of the control systems of diesel and gas power plants.

The most important method of research was the diary of daily work and learning and analyzing things with it. Information was searched from VEO Oy's own documents and the internet. VEO staff's work experience and knowledge were also utilised when writing the diary.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	9
2	SUUNNITTELUTYÖN KUVAUS.....	10
2.1	Työtehtävät.....	10
2.1.1	Työn vaatimukset	13
2.1.2	Oman osaamisen arviointi ja työssä kehittyminen	14
2.2	Suunnittelun prosessikaavio.....	14
2.2.1	Prosessikaavion toteutuminen.....	17
3	YHTEENVETO	19
	LÄHTEET	21
	LIITTEET	22

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Pienjännite kulutuslista.....	48
Kuva 1. Tyypillinen CFC-paneeli.	11
Kuva 2. Tyypillinen CFE-paneeli.....	12
Kuva 3. Tyypillinen BJA-paneeli.....	13
Kuva 4. Generaattorin suojarahit P3G32 ja P3G30.	24
Kuva 5. CEMS-paneelin layout.	28
Kuva 6. Teholähde QUINT-PS/1AC/24DC/ 51.	29
Kuva 7. Paisuntasäiliön kontrollisignaali moottorin käyntitiedon kautta.	34
Kuva 8. CFC-layout.....	35
Kuva 9. Piirikaaviossa oleva kääntömoottorin SF1 sisältö.....	37
Kuva 10. P3G32 differentiaali suojarahille haluttuja asetteluarvoja.	41
Kuva 11. Tarkistuslistan mukainen piirikaavioiden läpikäynti.	42
Kuva 12. Tarkistuslistan mukainen johdotuksen läpikäynti.....	43
Kuva 13. Viikonloppuna kytkemäni ohjauspaneeli aloitus hetkellä.....	44
Kuva 14. Kytkemäni ohjauspaneeli viikonlopputyön jälkeen.	45
Kuva 15. BJA-paneelin selvitettäviä IO-signaaleja.....	47
Kuva 16. Moottorinsuojakytkin MS116-10 ABB.....	49
Kuva 17. Tarkastuksessa havaitut BJA-paneelin poikkeamat.	51
Kuva 18. BJA-paneelin pääkatkaisija tehtaalla.....	53
Kuva 19. Tarkastuslistan vaiheet tuotantokuvia varten.	54
Kuva 20. Suunnittelemani CFE-paneelin sisäpuolen layout tuotantoon.....	55
Kuva 21. CFE-paneelin ulkopuolinen layout tuotantoon.....	56
Kuva 22. Teholähteiden TA2 ja TA3 johdotus korjattuna piirikaavioon.....	57
Kuva 23. Paneelin aukotuksen suunnittelu tarkastuslistan mukaisesti.	58
Kuva 24. BJA-paneelin taka-asennuslevyn aukotuskuva.	59
Kuva 25. Pääkatkaisija QA1 Vertex suunnitteluohjelmassa.	62
Kuva 26. Generaattorin suojarahien asettelutiedoston lataus tarkastamossa.	63
Kuva 27. CFC-paneeli tehtaalla tarkastamossa.....	64
Kuva 28. Suunnittelemani CEMS-kotelo.	65

Kuva 29. Piirikaavioiden tarkistuslista.	66
Kuva 30. Paneelien välisiä automaatiokaapeleita.....	67
Kuva 31. BJA-paneelin pääkatkaisija.	68
Kuva 32. CFR912-kotelon layout sisäpuolelta.....	70
Kuva 33. CFR912-kotelo ulkopuolelta.	70
Kuva 34. Muutoskuva asiakkaalle.	72
Kuva 35. BJA-paneelin layout ulkoapäin.....	75
Kuva 36. Tuotantoon menevä BJA-paneeli sisäpuolelta.	75

SANASTO JA LYHENTEET

CFC	Generaattoriyksikön ohjauspaneeli.
CFE	Generaattoriyksikön ja moottorin paikallisohtauspaneeli.
BJA	Moottorin apulaitteidenohjauspaneeli.
CFA	Voimalaitoksen yhteinen ohjauspaneeli.
IO-lista	Tulo- ja lähtösignaalien lista.
PMU	Power Monitoring Unit. Tehonvalvontayksikkö.
AVR	Generaattorin automaattinen jännitteensäädin.
UNIC	Moottorin ohjausyksikkö.
FAT	Factory Acceptance test. Tehdastarkastus.
Redundanttinen	Rinnakkainen järjestelmä, missä yhden yksikön toiminta turvataan rinnakkaisella toiminnolla.
CEMS	Jatkuva päästöjen tarkkailujärjestelmä.
Tiedoston generointi	Suunnitteluohjelmiston tietojen tuottaminen excel tai PDF muotoon.
Vertex	Sähkösuunnittelu ohjelmisto.
Teholähde	Jännitteen muunnin.
Konfiguraatio	Asettelu, määrittelyjen muodostama kokonaisuus.
Poikkeama	Normaalista poikkeava tapahtuma tai arvo.
Layout	Komponenttien asettelu tai sijoittelukuva.

LIITELUETTELO

LIITE 1. Päiväkirja (ei julkinen)

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu päiväkirjamuotoisesti, ja pohjautuu 10 viikon työskentelyjaksoon VEO Oy:llä kaasu- ja dieselvoimalaitosten ohjausjärjestelmien suunnittelussa. VEO Oy on vuonna 2000 perustettu vaasalainen energia-alan yritys, joka tarjoaa automaatio- ja sähköistysratkaisuja energian tuotantoon, siirtoon ja jakeluun voimalaitoksissa, prosessiteollisuudessa ja laivateollisuudessa. VEO Oy:llä työskentelee noin 400 henkilöä Suomessa ja ulkomailla.¹

Liitteenä olevan päiväkirjan kirjoitus on aloitettu 20.12.2021 ja tällöin kirjoittaja oli työskennellyt VEO Oy:llä suunnittelussa harjoittelijana reilun puolen vuoden ajan. Päiväkirjan dokumentointi alkaa keskeneräisistä projekteista, mutta sen aikana aloitettiin myös uusia projekteja. Päiväkirjaa on kirjoitettu 10 viikon ajan eli 28.2.2022 asti. Päiväkirja on kirjoitettu jokaiselta työpäivältä, ja jokaisen viikon lopussa on pohdittu viikolla opittuja työtehtäviä ja niistä opittuja asioita. Päiväkirjamainen opinnäytetyö tehdään oman työn ohessa ja se mahdollistaa oman osaamisen jatkuvan seurannan. Opinnäytetyö kehittää kirjoittajan kykyä tarkastella omaa työtään eri näkökulmista ja oppimaan mahdollisten ongelmatilanteiden ratkaisua työelämässä. Päiväkirja ei liikesalaisuuksien vuoksi ole julkinen.

¹ VEO Oy

2 SUUNNITTELUTYÖN KUVAUS

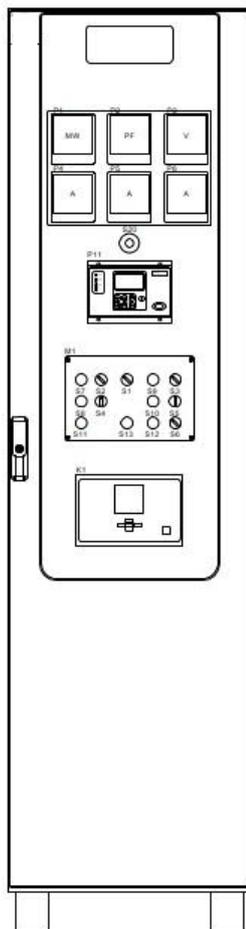
2.1 Työtehtävät

Voimalaitosten ohjausjärjestelmien suunnittelu sisältää laaja-alaisen kirjon työtehtäviä. Työtehtäviä ovat mm. asiakkaan antamiin lähtötietoihin perehtyminen, sähkökomponenttien valinta ja tilaukseen laittaminen, piirikaavioiden suunnittelu, sekä ohjauskaappien ovien ja seinien aukotusten suunnittelu komponentteja varten. Suunnitteluohjelmiston hallinta kuuluu oleellisesti työtehtäviin. Työpäikällä käytössä on Vertex ED -sähkösuunnitteluohjelmisto, jolla saadaan tuotettua kaavioista dokumentit, kuten layoutit, dokumenttien viittaukset ja luettelot². Osana työtä ovat myös projektitiimin ja asiakkaan kanssa käytävät palaverit.

Päiväkirjan kirjoitusjaksolla on suunniteltu pääasiassa kolmea erilaista ohjauskaappityyppiä. CFC, generaattoriyksikön ohjauspaneeli, CFE generaattoriyksikön ja moottorin paikallisohtauspaneeli ja BJA moottorin apulaitteidenohjauspaneeli.

CFC-paneeli (Kuva 1.) sisältää mm. virta- ja jännitemittaristot, generaattorin suojarahleet, tehonhallintayksikön (PMU) ja ohjelmoitavan logiikan. Tehonhallintayksiköllä mitataan jännitteitä, virtoja ja taajuutta. Generaattorin suojarahleessa on erilaisia toimintoja, kuten ylijännitesuoja, laukaisut ja hälytykset. Suojarahleiden asettelutiedostojen teko ja asetteluarvojen lataaminen releille kuuluu myös suunnittelijan työnkuvaan.

² Vertex ED



- P1 Generator active power meter
- P2 Generator power factor meter
- P3 Generator voltage meter
- P4-P6 Generator current meter
- P11 Power monitoring unit
- S20 Emergency stop
- K1 Generator protection with differential protection

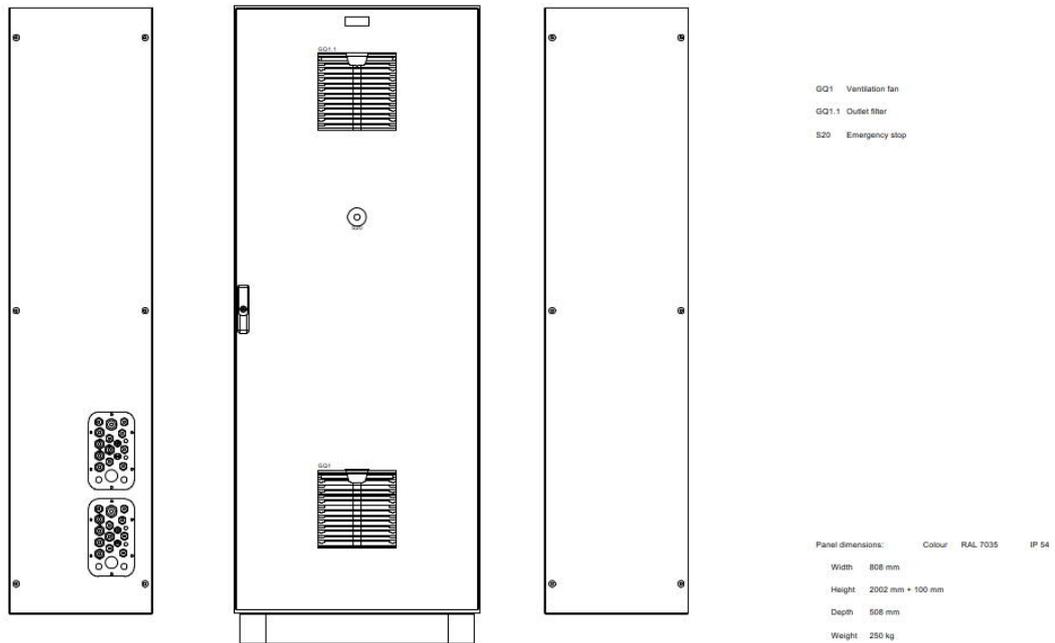
- M1 Manual control interface
- S1 Generating set control mode
- S2 Engine control mode
- S3 Generator control mode
- S4 Fuel decrease/increase
- S5 Excitation decrease/increase
- S6 Synchronizing select
- S7 Engine start
- S8 Engine stop
- S9 Generator breaker close
- S10 Generator breaker open
- S11 Engine shut down reset
- S12 Breaker trip reset
- S13 Lamp test

Panel dimensions	Colour	RAL 7035	IP 30
Width	559 mm		
Height	2202 + 100 mm		
Depth	608 mm		
Weight	250 kg		

Kuva 1. Tyypillinen CFC-paneeli.³

³ VEO Oy

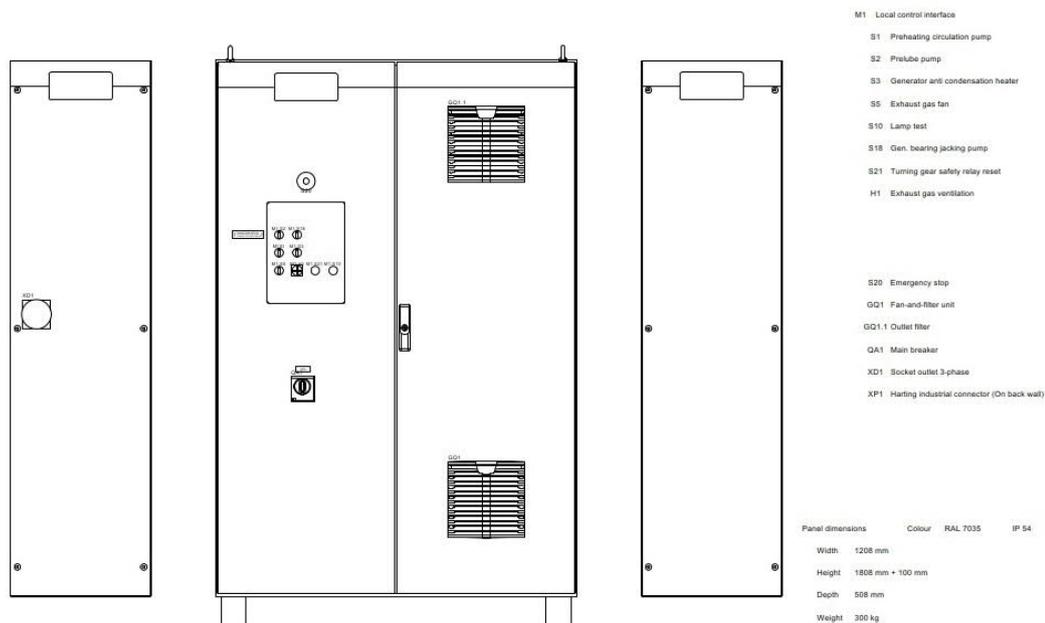
CFE-paneeleissa (Kuva 2.) on mm. automaattinen jännitteen säädin (AVR), etätulo- ja lähtöyksikkö ohjelmoitavalle logiikalle ja hätäseispainike generaattorille.



Kuva 2. Tyypillinen CFE-paneeli.⁴

⁴ VEO Oy

BJA-paneeleissa (Kuva 3.) sijaitsevat katkaisijat ja ohjaukset sähköisille moottoreille ja lämmittimille, kuten esimerkiksi esivoiteluöljypumppu (Prelube pump), polttoaineen tehostimen pumppu (Fuel Booster pump), kääntömoottori (Turning gear) ja esilämmityksen kiertopumppu (Preheating circulation pump).



Kuva 3. Tyypillinen BJA-paneeli.⁵

2.1.1 Työn vaatimukset

Suunnittelutyössä on eduksi kyky loogiseen päättelyyn, tiedonhakutaidot ja halu oppia jatkuvasti uutta. Sähköpiirustusten lukutaitoa pitää olla, ja suunnitteluohjelmien, kuten Vertexin tai AutoCADin käyttö on joka päiväistä. Tietotekniikan perusohjelmistot, kuten Office-ohjelmat täytyy hallita. Työn oppiminen vaatii aikaa ja kärsivällisyyttä. Aloittavana suunnittelijana on välttämätöntä kommunikoida työ-

⁵ VEO Oy

kavereiden kanssa ja kysyä neuvoja aina tarvittaessa. Kyky löytää tietoa luotettavasta lähteestä ja sisäistää annettuja ohjeita on erittäin tärkeää. Projektitoiminnan tuntemisesta on hyötyä, sillä työt tehdään tiimeissä projektiluontoisesti. Englanninkielen kirjallinen hallinta ja ymmärrys korostuu suunnittelutyössä, sillä kaikki asiakkaan antamat lähtötiedot ja yleensä myös kommunikointi sähköpostilla tapahtuu englanniksi.

2.1.2 Oman osaamisen arviointi ja työssä kehittyminen

Kirjoittajalla on entuudestaan tuntemusta ohjauspaneeleista, sillä työkokemusta on kertynyt kojeistoasentajana VEO Oy:llä ennen insinöörikoulutusta useita vuosia. Aikaisempiin työtehtäviin on kuulunut tuotannossa samojen ohjausjärjestelmäpaneelien asennus, joita päiväkirjan kirjoitusaikana on suunniteltu. Tästä on ollut hyötyä komponenttien tuntemisessa ja piirikaaviot ovat kirjoittajalle entuudestaan tuttuja. Aiempi käytännön kokemus helpottaa layoutin hahmottamista suunnitteluohjelmistossa. Tuotannon toimintatavat ja työmenetelmät ovat aiemman työkokemuksen ansiosta hyvin tiedossa.

Päiväkirjan kirjoittamisen alussa on työskennelty suunnittelussa noin puoli vuotta. Tässä vaiheessa on jo muodostunut hyvä käsitys työn sisällöstä, mutta todella paljon opittavaa on löytynyt lähes päivittäin. Suunnittelutyö on opettanut ymmärtämään komponenttien toimintaa ja niiden vaikutusta voimalaitoksen järjestelmiin.

2.2 Suunnittelun prosessikaavio

Päiväkirjan kirjoittamisen ohella on tutkittu myös VEO Oy:n suunnitteluprosessin toteutumista. Suunnitteluprosessista oli aiemmin tehty kaavio, missä oli kuvailtu suunnittelun kulkua. Prosessikaavio on hyvä apu projektin aikatauluttamisessa. Kaikille vaiheille voidaan laskea niihin kuluva aika ja kaaviosta nähdään myös päällekkäiset työvaiheet.

Projektin aloitus ja esisuunnittelu

1. Asiakkaalle tehdään tarjous ja hyväksymisen jälkeen alkaa projektin suunnittelu.
2. Myynti saa tarvittavat lähtötiedot asiakkaalta.
3. Resurssien suunnittelu. Projektipäällikkö informoi johtavaa insinööriä projektista. Valitaan suunnittelijat projektille.
4. Projektipäällikkö pitää suunnittelutiimin kanssa aloituspalaverin.
5. Lähtötietojen tarkempi kysely asiakkaalta.
6. Suunnittelupohjan valitseminen.
7. Luodaan tarkastuslista projektille.
8. Esisuunnittelu. Asiakkaalle lähetetään alustavat paneelien layout-kuvat.
9. Komponenttien tilaus (pitkän toimitusajan komponentit).

Projektin yksityiskohtainen suunnittelu

10. Yksityiskohtainen suunnittelu alkaa asiakkaan hyväksynnän jälkeen.
11. Suunnittelu resurssien valinta.
12. Projektin seurantakokoukset.
13. Muutosten hallinta ja yksityiskohtaisen suunnittelun arviointi.
14. Yksityiskohtainen suunnittelu.
15. Jatkuva dokumentointi.
16. Suunnittelun hyväksyttäminen asiakkaalla.

17. Komponenttien hankinta.

Tuotteen suunnittelu

18. Tuotesuunnittelun aloitus.

19. Resurssien suunnittelu.

20. Suunnittelujärjestelmän ja standardi pohjien todennus.

21. Alustavien tietojen tarkistus.

22. Muutosten tarkastelu.

23. Projektin seurantalaverit.

24. Tuotteen suunnittelu ja asiakkaalla hyväksyttäminen.

25. Jatkuva dokumentointi.

26. Komponenttien tilaus.

Tuotesuunnittelu hankinnat

27. Sähköisten ja mekaanisten komponenttien hankinta.

28. Muutosten jälkeisten komponenttien hankinta.

Järjestelmätarkastus (Factory acceptance test)

29. Tehdas tarkastus.

30. Tehdastarkastuksen seuranta.

31. Muutokset.

32. Järjestelmien testaus.

33. Testauksen arvostelu.

34. Asiakkaan hyväksyntä.

35. Loppudokumentaatio.

36. Projektin toimitus.

2.2.1 Prosessikaavion toteutuminen

Projektin aloitus- ja esisuunnittelu toteutui hyvin prosessikaavion mukaisesti. Välillä projektin aloituspalaveri pidettiin hieman myöhässä, mutta tällöin lähtötietoja oli hyvin saatavilla. Pitkän toimitusajan komponentit pyrittiin tilaamaan heti kun mahdollista, koska useat komponentit ovat saatavilla vasta kuukausien päästä. Projektin tarkastuslistan luominen heti alkuun on tärkeää, jotta projektin kulkua on helpompi seurata. Välillä suunnittelija voi tehdä myös toisia projekteja, ja tarkastuslistasta on helppo seurata mihin vaiheeseen aiempi projekti jäi.

Yksityiskohtaisen suunnittelun alkaessa suunnittelijat valitaan uudelleen. Suunnittelua helpottaa pysyminen samassa projektissa, mihin on tilannut myös komponentit. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista muuttuneiden resurssien vuoksi. Asiakkaan kanssa kommunikointi on erityisen tärkeää suunnittelu vaiheessa. Mahdolliset muutokset on hyvä tehdä ennen paneelien siirtymistä tuotantoon. Päiväkirjan seurantajaksolla on huomattu juuri tuotannon aikaisten muutosten vievän yllättävän paljon työaikaa.

Tuotesuunnitteluvaiheessa on erittäin tärkeää valita paneeleille Vertex-suunnittelupohja oikean konetyypin mukaisesti. Oikean pohjan avulla säästetään hyvin suunnitteluajassa ja virheiden mahdollisuus pienenee merkittävästi. Jatkuva dokumentointi suunnittelutyöstä on välttämätöntä, projektissa mukana olevat automaatio-suunnittelijat tarvitsevat paneelien piirustukset myös käyttöönsä.

Tehdastarkastukseen (FAT) on hyvä valmistautua dokumentoimalla lopulliset suunnittelupiirustukset ajoissa. Loppudokumentaatio tehdään asiakkaan hyväksymisen jälkeen, mutta kaaviosta poiketen usein se aloitetaan vasta projektin toimituksen jälkeen.

3 YHTEENVETO

Kuluneen päiväkirjan seurantajakson aikana joulukuusta helmikuun loppuun suunnittelutyöstä on opittu paljon. Osa projekteista ehdittiin toteuttaa alusta loppudokumentaatioon, joten on päiväkirjaan saatu hyvin kirjoitettua projektien kuluista. Useat projektit toteutuivat yhtä aikaa, joten päivät vaihtelivat monipuolisesti. Usein palattiin aiempiin projekteihin, kun on saatu poikkeamailmoitus tuotannosta tai tarkastamosta. Myös asiakkaan muutokset työllistivät.

Suunnittelutyössä on opittu käyttämään Vertex-suunnitteluohjelmiston toimintoja ja huomattu kuinka voidaan välttää toistuvia virheitä suunnittelussa. Suunnittelupohjien ajan tasalla pitäminen on erittäin tärkeää virheiden ehkäisyssä. Tärkeänä on koettu myös jatkuva kommunikointi tuotannon asentajien kanssa. Työpaikalla oleva poikkeamajärjestelmä antaa suunnittelijalle hyvin ja välittömästi tiedon mahdollisista virheistä suunnittelussa tai komponenttipuutteista.

Suunnittelutyössä on opittu valitsemaan paneeliin oikeanlaisia komponentteja, kuten moottorinsuojakatkaisijat virran ja tehon perusteella, sekä laskemaan logiikalle tarvittavien korttien määrän signaalien perusteella. On opittu laskemaan myös paneeleille tuuletuksen tarvetta, missä otetaan huomioon paneelin sijainnin ulko- ja sisälämpötilat.

Työyhteisöstä on löytynyt hyvin tukea. Kokeneemmat suunnittelijat ovat auttaneet suunnittelutyössä alkuun ja neuvoneet aina tarvittaessa. Myös esimieheltä on saatu tarvittaessa apua. Suunnittelutyössä on erittäin tärkeää uskaltaa pyytää neuvoja muilta, sekä tarvittaessa kysyä suoraan asiakkaalta asioista. Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää apuna perehdytettäessä uusia suunnittelijoita osastomme työtehtäviin.

Päiväkirjan kirjoituksen aikana kirjoittaja on oppinut ymmärtämään paremmin järjestelmien ja komponenttien toimintaa käytännössä. Ala on todella laaja, joten pa-

rempaan osaamiseen pääsee vasta vuosien kokemuksen kautta. Päiväkirjan kirjoitushetkellä on vielä paljon opittavaa ohjausjärjestelmien suunnittelutyöstä, mutta lähes joka päivä on omaksuttu uutta tietoa. Kirjoittaja on oppinut paremmin hakemaan tietoa ja selvittämään epäselviä asioita suunnittelutyössä. Näkemys suunnittelijan työstä on vahvistunut kokemuksen myötä.

LÄHTEET

ABB. Power generator protection and control. Internetsivut. Viitattu 2.2.2022. <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/protection-relays/power-generator-protection-and-control?msclkid=1e1619e8b5d611ecbef5958789e36754>

ABB. Product-details. Internetsivut. Viitattu 27.2.2022. <https://new.abb.com/products/1SAM250000R1010/ms116-10?msclkid=802a6c95b58f11ecad38e4d1e5eccb01>

APC. What is AVR. Internetsivut. Viitattu 29.2.2022. <https://www.apc.com/us/en/faqs/FA158913/?msclkid=0f47b6cfb5ce11ecb52660782c29392e>

DieselNet. Charge air cooling. DieselNet internetsivut. Viitattu 20.1.2022. https://dieselnet.com/tech/air_cool.php?msclkid=a41c01aab58c11ecad47a5b45e6f6819

Phoenix Contact. Products. Internet sivut. Viitattu 30.12.2021. <https://www.phoenixcontact.com/en-us/products/power-supply-quint-ps1ac24dc-5-2866750>

VEO Oy sisäinen tietokanta.

Vertex ED. Vertex ED - Sähkö- ja automaatio suunnitteluohjelmisto. Internetsivut. Viitattu 30.1.2022. <https://vertex.fi/ed/?msclkid=73f5bc2daf8911ec9996c57672d1c3e7>

Wärtsilä. Turning gear. Internetsivut. Viitattu 25.2.2022. <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/turning-gear>