



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Rintala

Mobiilin sammaleennostokoneen sähkölaiteiston suunnittelu ja automatisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikan yksikkö

Automaatioinsinöörin tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatio Insinööri

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Joni Rintala

Työn nimi: Mobiilin sammaleennostokoneen sähkötekniikan suunnittelu ja automatisointi

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi:2021

Sivumäärä:

Liitteiden lukumäärä:

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Kihniöllä toimivan konevalmistaja Ecomoss oy:n kuormatraktorin alustan päälle valmistetun sammaleentuotantolaitoksen sähköistys. Myös toimintojen automatisointi kuului työhön. Suunnittelun yhtenä lähtökohtana oli sarjavalmistuksen mahdollistaminen.

Koska sammal kerätään ojittamattomilta pehmeiltä soilta, täytyy laitteiston olla leveillä telastoilla varustettu. Tuotantoon soveltuva sammal kasvaa vain suon pintaosassa noin 20–30 cm:n vahvuisena kerroksena. Sammал irrotetaan kuormatraktorin kuormaajalla ja nostetaan kärryssä sijaitsevalle käsittelylaitteistolle. Tämä vaatii kuljettajalta tarkkaa keskittymistä, joten sammaleenkäsittelylaitteiston tuli toimia täysin automaattisesti. Tämän vuoksi työssä suunniteltiin laitteiston toimintojen ohjaus ohjelmoitavalla PLC-logiikalla. Myös helppokäyttöinen ja selkeä käyttöliittymä HMI-paneeli toteutuksena helpottaa kuljettajan työtehtäviä ja samalla jakamista. Laitteiston yksinkertainen ja kompakti rakenne mahdollistaa laitoksen sijoittamisen erilaisille metsäkonealustoille. Työhön kuuluivat sähkö-, automaatio suunnittelu ja HMI-käyttöliittymän suunnittelun lisäksi asennus ja laitteen turvallistaminen sähkö-, kone- ja laiteturvallisuusstandardien mukaisena.

Työn tuloksena saatiin toimiva laitteisto, jonka siirrettävyys alustakoneesta toiseen on pienellä työllä mahdollista. Lisäksi sarjavalmistus on mahdollista. Työn tilaaja oli laitteiston toteutukseen tyytyväinen ja tuotekehitys jatkuu yhteistyössä.

¹ Asiasanat: PLC-Logiikka, HMI, Standardi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Joni Rintala

Title of thesis: Electric- and automation planning for A Mobile moss Harvesting Machine.

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2021

Number of pages:

Number of appendices:

The objective of the thesis was to plan an electric- and automation system for a harvesting machine made by Ecomoss Oy. One of the aims was to enable serial production. Only the moss growing 20–30 centimeters from surface of the swamp is suitable for moss production. Because moss is harvested from undrained swamps, and the harvester is surrounded by water, electrical and work safety were remarkable priorities in the planning process. The controlling automation system was made with PLC-logic and the user interface with an HMI-panel. The interface was hoped to be clear and easy to use. The planning and installation process were guided by various electric- and machine standards.

As the result of the work there was a movable harvester that was ready for serial production. The customer was satisfied with the results and product development will continue in the future.

¹ Keywords: PLC-Logic, HMI panel, Standards

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Yritysesittely	9
1.4 Työn eteneminen	10
2 MOBIILILAITTEISIIN SIJOITETTAVAN GENERAATTORIN OMINAISUUDET JA SIIHEN LIITTYVÄT OHJAUS- JA SUOJALAITTEISTOT	12
2.1 Dieselgeneraattori	13
2.1.1 Generaattorin toiminta	14
2.2 Sähkömoottorikäytöt.....	15
2.2.1 Oikosulkumoottorit	16
2.3 Taajuusmuuttaja.....	18
2.4 Sähkölaitteiden kotelointiluokat luokat.....	18
2.5 PLC.....	22
2.6 HMI	23
2.7 Turvarele.....	23
3 LÄHTÖTILANNE JA VAATIMUKSET	26
3.1 Sähkö- ja automaatio suunnittelu	26
3.2 Keskuksen suunnittelu ja kokoonpano	27
3.3 Kone ja laiteturvallisuus.....	28
3.4 Turvapiirin rakentaminen.....	30
3.5 Ohjelmointi	31
3.6 Käyttöliittymän tekeminen	31

3.7 Laitteiston asennus	33
3.8 Laitteiston käyttöönotto ja testaus	36
4 TULOKSET	38
5 POHDINTAA JA YHTEENVETO	39
LÄHTEET	41
LIITTEET	43

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Yrityksen konttori ja kalustoa	10
Kuva 2. Sannalkoneen rakenne	12
Kuva 3. Sannaleenkeräyslaitteiston sähkömoottoreiden ohjauskaavio.....	13
Kuva 4. Laitteiston dieselgeneraattori.....	14
Kuva 5. Periaatekuva generaattorin toiminnasta (Peda.net, [viitattu 23.03.2021]).....	15
Kuva 6. Poikkileikkauskuva oikosulkumoottorin rakenteesta (Kinnunen 2014, 4 [viitattu 29.03.2020]).	16
Kuva 7. Kolmivaiheinduktiomoottorin staattori (Hughes 2005, 173, kuva Brook Crompton). ..	17
Kuva 8. Magneettikentän kierrosluvut napaluvun mukaan (Hughes 2005, 171).	17
Kuva 9. Taajuusmuuttajan sisäisen kytkennän lohkoakaavio (Danfoss.com, 17 [viitattu 10.04.2021]).....	18
Kuva 10. PLC:n yksinkertainen toimintakaavio (Bolton 2006, 3).....	22
Kuva 11. Siemens S7-1200 PLC-yksikkö (Siemens, [viitattu 10.04.2021]).....	22
Kuva 12. Siemensin HMI-kosketusnäyttö.	23
Kuva 13. Pilz-turvareleen kytkentä (PILZ, [viitattu 10.04.2021]).	24
Kuva 14. Schneiderin valmistama turvarele (se, [viitattu 10.04.2021]).	25
Kuva 15. Keskuskomponentit sijoitettuna pohjalevyille.....	27
Kuva 16. Periaatekuva liikkuvan laitteiston generaattorilla toteutetusta sähkönsyötöstä (SFS EN SFS 6000-7-717:2017 2017).	28
Kuva 17. Laitteiston ylikuormitussuojan ja vikavirtakytkimen yhdistelmä.....	29

Kuva 18. Kuvassa STO-kortin osasijoittelu (Danfoss, [viitattu 06.04.2021]).	30
Kuva 19. Vacon-taajuusmuuttajan ohjauslohko TIA Portaalin ohjelmointi-ikkunassa.	31
Kuva 20. HMI-paneelin sivu, jossa ovat näkyvissä taajuusmuuttajien kuormitukset.	33
Kuva 21. Ryhmäkeskus on paikoillaan.	34
Kuva 22. Rungon rakenne.	34
Kuva 23. Koneen kääntönivel ja kaapelien suojaputki.	35
Kuva 24. Ohjaamon alusta.....	35
Kuva 25. HMI-paneeli asennettuna kuljettajan näkökenttään.	36
Kuva 26. Laitteisto valmiina koekäyttöön.	36
Kuva 27. Testiajo käynnissä.	37
Taulukko 1. Esimerkkejä IP-koodin muodostamisesta, (SFS EN 60259+A1 2000 kohta 4.3.).....	19
Taulukko 2. IP koodin osat ja niiden merkitykset. (SFS EN 60259+A1 2000, kohta 4.2.).....	21

Käytetyt termit ja lyhenteet

HMI	Human Machine Interface on käyttöliittymä, joka sisältää visualisointilaitteen. Käyttöliittymä kertoo laitteen tilasta ja sen kautta pystyy ohjaamaan ja säätämään laitteen toimintaa.
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava mikroprosessoripohjainen ohjain.
Profinet	Profinet on Ethernet-standardi. Väylässä data kulkee eri automaatiolaitteiden välillä. Profinet-väylää voidaan käyttää laitteiden ohjaukseen sekä tiedon keruuseen.
Standardi	Julkaisu johon on kirjattu yhteisesti sovittuja ominaisuuksia, suosituksia tai vaatimuksia tuotteille palveluille tai järjestelmille, sekä niiden valmistukselle tai testaukselle.
STO	Safety Torque Off on taajuusmuuttajan sähkömoottorille kehittämän vääntömomentin katkaisuun tarkoitettu laitekohtainen lisäohjauskortilla toteutettu turvatoiminto.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Ecomoss oy yritys, joka kehittää laitteita sekä tuottaa ekologista kasvualustaa kasvihuoneille. Yritys kerää ojittamattomilta suoalueilta suon pinnasta sammalta ja kuivattaa sitä kasvihuoneiden kasvualustaksi. Kasvihuoneilla on tällaiselle tuotteelle kysyntää enenevässä määrässä kierrätyskelpoisuuden vuoksi. Tällä hetkellä alustana käytetään kivivillaa, joka on käytön jälkeensä ongelmajätettä.

Yritys on kehittänyt prototyypin sammaleennostokoneesta metsätöissä käytettävän kuormatraktorin kuormaustilaan. Laite on tehty pikakiinnitteisenä, koska ajatuksena on käyttää kyseisiä koneita pääasiallisen sesongin ulkopuolella. Laitteen mekaniikkaa on kehitetty yrityksen ja erehdyksen kautta. Prototyypilaitteistoa on nyt testattu. Testien aikana mekaniikan ajaminen on tehty kytkemällä laitteistoon ulkoinen sähkönsyöttö. Tämä tapahtui syöttämällä sähköenergiaa laitteistoon käyttämällä pistotulppakytkentäisiä kumikaapeleita ja käsin kytkettäviä moottorinsuojakytkimiä. Tällainen ratkaisu on nopea ja edullinen tapa selvittää laitteiston tehonsyöttövaatimuksia ja laitteiston toimintaa yleensä. Tämänkaltaisissa testeissä ei voida tehdä käytännön kentällä tapahtuvia säätötoimenpiteitä, mutta näin saadaan selvitettyä prototyypin energiansyöttöön ja prosessin tehontarpeeseen liittyviä laitevaatimuksia. Koska testeissä ei vielä ole automatiikka käytössä, ovat kaikki turvatoiminnot vielä poissa käytöstä.

Laitteen moottorien käyttövoimaksi mietittiin aluksi kuormatraktorissa olevaa hydraulikkaa, mutta se todettiin tuotoltaan riittämättömäksi. Parhaaksi ratkaisuksi osoittautui tehdasosion kylkeen asennettava dieselgeneraattori, joka mahdollistaa useamman laitteiston käytön erilaisilla alustakoneilla. Sähkömoottorikäyttöillä saadaan myös helpommin hallittua ja säädettyä tuotantoprosessia. Kun prototyyppi on saatu toimimaan, on tarkoituksena lisätä yrityksen tuotantokapasiteettia valmistamalla useampia laitteistoja. Lisäksi samalla mahdollistuu sarjatuotanto tälle metsäajokoneen alustalle sijoittavalle laitteistolle. Tarkoituksena on luoda lisäkäyttöä metsätöistä kesällä seisoville koneille ja saada näin tarvittava tuotantokapasiteetti vastaamaan markkinoilla vallitsevaan ekologisten kasvualustojen kysynnän tarpeisiin.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa mobiilirakenteisien sammaleenkeruulaitteistojen sähkönjakelu- ja automaatiojärjestelmä. Kokonaisuuden haluttiin olevan helposti eri alustakoneisiin asennettavissa, sekä soveltuvan ratkaisuiltaan pienimuotoiseen sarjatuotantoon. Automaatiojärjestelmän toivottiin myös säätävän syöttönopeutta kapasiteetin kasvattamiseksi. Säädöstä haluttiin tehdä automaattisesti toimiva, jolloin koneen kuljettaja voisi keskittyä sammaleen nostamiseen ilman syöttölaitteeseen meneviä epäpuhtauksia. Näitä epäpuhtauksia ovat esimerkiksi puuntaimet, kannot ja kivet. Säädön avulla prosessin lopputuote, eli sammal, pysyisi myös mahdollisimman tasalaatuisena. Käytön toivottiin olevan lisäksi mahdollisimman helppoa. Samoin laitteen luotettavuutta piti saada nostettua erilaisten automaattisten säätötoimintojen avulla, jotka minimoisivat tuotantokatkokset. Laitteisto piti myös saada työ- ja sähköturvallisuusmääräysten mukaiseksi.

1.3 Yritysesittely

Ecomoss oy on perustettu vuonna 2013 ja kotipaikka on Kihniö. Ecomoss oy työllistää kaksi henkilöä. Yrityksen toimialaan kuuluvat imeytys- ja kasvualustatuotteiden ja niiden valmistukseen sekä muuhun tuotannolliseen toimintaan tarkoitettujen koneiden ja laitteiden suunnittelu ja valmistus. (Kauppalehti, [viitattu 14.03.2021].) Ecomoss Oy on Biolan Group Oy:n tytäryhtiö. Biolan Groupilla on henkilöstöä 125 ja liikevaihtoa 39 M€ (Biolan [27.06.2017].) kuvassa 1 yrityksen konttori Kihniön Aitonevalla ja sammaltehtaan huoltotarvikkeiden kuljetuskalustoa.



Kuva 1. Yrityksen konttori ja kalustoa

1.4 Työn eteneminen

Sähkölaitteiston kokonaisteho saatiin laskemalla yhteen sähkömoottorien tyyppikilvistä saadut nimellistehot. Lisäksi laskettiin isoimman sähkömoottorin vaatima käynnistysvirta, joka myös määrittä vaaditun tehotarpeen. Koneen syöttölaitteen ja siirtoruuvien automatisointia varten suoritettiin koeajoja. Koeajoissa syöttölaitetta ja siirtoruuvia käytettiin tarkoitukseen rakennetulla telineellä. Syöttölaitteella käsiteltiin varastoaumassa ollutta sammalta. Koeajojen tarkoituksena oli mitata syöttölaitteeseen sekä siirtoruuviin kohdistuvaa vääntömomenttia. Vääntömomenttimittausten tuloksia käytettiin ohjelmoinnin pohjatietona.

Jotta kone saadaan turvalliseksi, tutkittiin sähkö- ja laiteturvallisuusstandardeja. Tutkitut standardit olivat SFS-EN 60204-1, SFS-EN ISO 13850-1 ja SFS 6000-7-717:2017. Nämä standardit määrittävät valmisteilla olevan koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät vaatimukset. Vaatimuksia tuli ohjelmarakenteeseen sekä valittaviin komponentteihin. Ohjelmarakenteelta vaadittiin mm. vikaantumisen huomioon ottamista ja tahattoman käynnistymisen estämistä. Käytettäviltä komponenteilta vaadittiin tiettyä suori-

tustasoa, tiettyä turvallisuuden eheystasoa, sekä sähkömagneettisen häiriön estämistä. Asennuksissa piti huomioida sähköiskun riskin minimoiminen. SFS-EN ISO 13850-1 -standardi määritteli hätäpysäytyspainikkeiden tyypit ja niiden sijoittelupaikat.

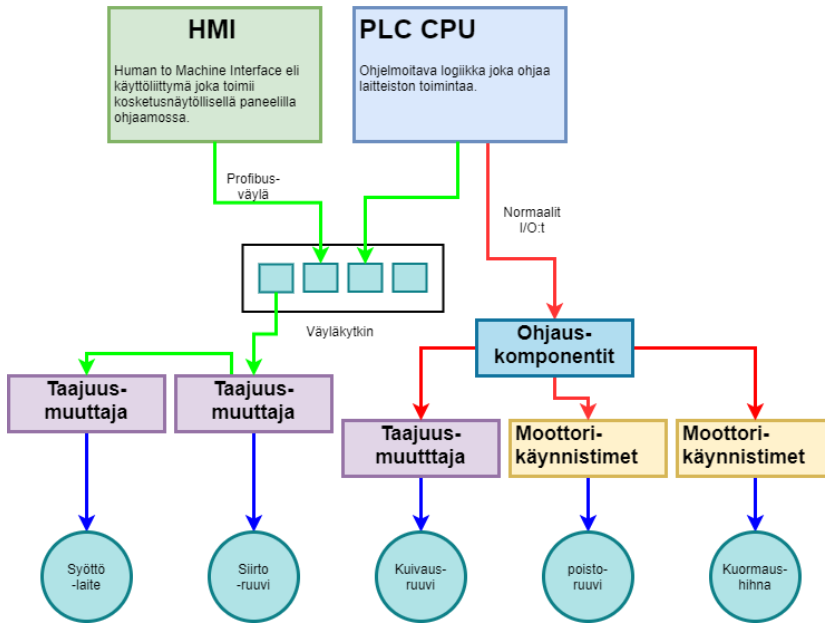
2 MOBIILILAITTEISIIN SIJOITETTAVAN GENERAATTORIN OMINAISUUDET JA SIIHEN LIITTYVÄT OHJAUS- JA SUOJALAITTEISTOT

Sammalkoneen mekaniikan voimanlähteeksi on valikoitunut dieselgeneraattorilla tuotettu sähkö. Sähköllä käytetään moottoreita, jotka pyörittävät mekaanisia laitteisto-osia. Kuvassa 2 on kyseisen laitteiston rakenne. Sammalkoneen mekaniikka koostuu syöttölaitteesta, joka murskaa kauhalla nostetun sammalmättään helpommin käsiteltävään muotoon. Syöttölaitteesta sammalmurska putoaa siirtoruuviin, joka siirtää sen varsinaiseen prosessiin. Prosessi koostuu paperiteollisuuden viirankuivausruuvipuristimesta, joka on modifioitu tähän tarkoitukseen sopivaksi. Ruuvipuristimen tehtävänä on puristaa sammaleeseen sitoutunut suovesi pois. Näin sammaleen kuljetus varastopaikalle ja säilytys varastoaumassa on mahdollista. Ruuvipuristimen päädyistä kuivattu sammal nostetaan ruuvikuljettimella lastaushihnakuuljettimeen. Tämä kuljetin on koneenkäyttäjän suunnattavissa ylös ja alas sekä vasemmalle ja oikealle. Suuntaamalla siirtolavan täyttöaste saadaan maksimoitua.



Kuva 2. Sammalkoneen rakenne

Kuvassa 3 esitetään laitteiston ohjausjärjestelmän rakenne. Laitteistossa on yhteensä viisi oikosulkumoottoria, joista kolmen pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajilla ja kahta ohjataan suoralla käynnistyksellä. Moottorien ohjauksia käsitellään Siemensin ohjelmoitavassa logiikassa. Logiikka ja HMI-paneeli sekä kaksi taajuusmuuttajaa keskustelevat Profinet-väylän välityksellä. Kahta moottoria ohjataan logiikan normaaleilla 1/0-lähtösignaaleilla ohjauskomponenttien välityksellä.



Kuva 3. Sammaleenkeräyslaitteiston sähkömoottoreiden ohjauskaavio.

2.1 Dieselgeneraattori

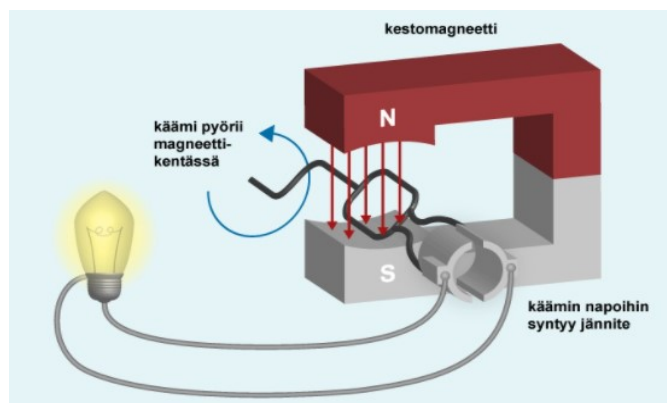
Sammaltehtaan toiminnan kannalta yksi tärkeimmistä komponenteista on dieselgeneraattori. Laitteisto saa tarvitsemansa sähkön generaattorin tuottamana. Itsetuotettu sähkö on tehtaassa välttämättömyys, sillä mobiililaitteistoa ei voida kytkeä normaaliin sähköverkkoon. Lisäksi laitteisto on yleensä paikoissa, missä sähköverkkoa ei ole. Dieselgeneraattori on laite joka muuttaa polttomoottorin pyörimisenergiaa vaihtosähköenergiaksi siihen liitetyn generaattorin avulla (Mikkolainen & Koivisto 2008, 29). Kuvassa 4 on laitteiston energiantuotantoon hankittu 160 kW:n nimellistehon tuottava generaattori.



Kuva 4. Laitteiston dieselgeneraattori.

2.1.1 Generaattorin toiminta

Generaattorin toiminta perustuu magneettikentässä liikkuvaan johtimeen. Johtimen liikkua magneettikentässä johtimeen indusoituu jännite. Indusoituvan jännitteen suuruus riippuu johtimen pituudesta, sen liikkumisnopeudesta sekä magneettikentän voimakkuudesta. Kun johdin on kytketty suljetuksi virtapiiriksi siihen syntyy sähkövirtaa (Huhtinen, Pimiä & Urpalainen. 2013, 299 [Viitattu 12.03.2021].) Sähkön syntymisen kannalta ei ole merkitystä liikkuko magneettikenttä vai johtimet. Vaihtovirtageneraattoreissa osat on järjestetty siten, että johtimet ovat rungossa kiinteästi vyyhditettynä ja magneettinavat ovat roottorissa. Roottoria pyörittää voimakone, tässä tapauksessa dieselmoottori. Kun roottori pyörii, staattorikämmitykset kokevat muuttuvan magneettikentän ja roottoriin indusoituu jännite. Automaation avulla moottorin pyörimisnopeus pidetään vakiona, jolloin myös taajuus 50 Hz pysyy saatavan jännitteen taajuutena. (Korppinen, 4 [viitattu 14.03.2021].) Kuvassa 5 on generaattorin periaatekuva.



Kuva 5. Periaatekuva generaattorin toiminnasta (Peda.net, [viitattu 23.03.2021]).

2.2 Sähkömoottorikäytöt

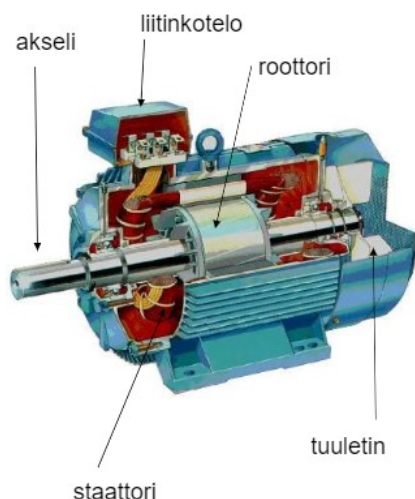
Sähkömoottorin tehtävä on muuttaa sähköenergiaa liike-energiaksi. Sähkömoottoreita on kolme eri päätyyppiä. Tässä luvussa tutustutaan tarkemmin työssä käytettyyn oikosulkumoottoriin.

Tasavirtamoottorit toimivat nimensä mukaisesti tasavirralla. Tasavirtakoneiden rakenne poikkeaa vaihtovirtamoottoreiden rakenteesta, sillä ne eivät tarvitse kiertävää magneettikenttää toimiakseen. Vaihtovirtamoottorit voidaan jakaa kahteen kategoriaan, synkronisiin tahtimoottoreihin sekä asynkronisiin epätahtimoottoreihin. Tahtikoneet ovat merkittävä ryhmä vaihtosähkökoneissa. Tahtikoneen nimitys johtuu sen ominaisuudesta pyöriä sisäisen magneettikenttensä ja siten myös syöttävän verkon kanssa tarkasti samalla nopeudella, eli tahdissa verkon kanssa. Tahtikoneen yleisin käyttösovellus on sähköenergian tuotannossa, ei niinkään pyörittämässä mitään laitetta. (Korppinen, 1 [viitattu 15.03.2021].)

Epätahtikoneiden toiminta perustuu koneen sisällä pyörivään magneettikenttään. Nimitys epätahtikone tulee siitä, että moottorin pyörimisnopeus poikkeaa sisällä pyörivän magneettikentän pyörimisnopeudesta. Epätahtikoneet jaetaan tyypillisesti kahteen kategoriaan, liukurengas- ja oikosulkumoottoreihin. (Korppinen, 7 [viitattu 14.03.2021].)

2.2.1 Oikosulkumoottorit

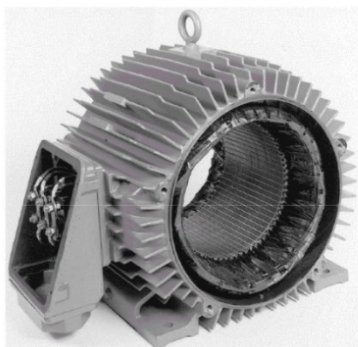
Oikosulkumoottorin yksinkertaisen ja luotettavan rakenteen johdosta sen voidaankin sanoa olevan yksi ihmiskunnan parhaista keksinnöistä. Oikosulkumottori on tärkein sähköenergian välittäjä, jopa kolmannes kaikesta sähköenergiasta muutetaan oikosulkumoottorien välityksellä liike-energiaksi. (Hughes 2005,167.) Kuvassa 6 esitetään oikosulkumoottorin rakenne.



Kuva 6. Poikkileikkauskuva oikosulkumoottorin rakenteesta (Kinnunen 2014, 4 [viitattu 29.03.2020]).

Oikosulkumoottorin suosiota lisää sen monikäyttöisyys ja helppo yhdistäminen eri sovelluksiin. Oikosulkumoottoriin voidaan yhdistää helposti sovelluksen mukaan erilaisia vaihteistoja ja hihnapyöriä. Sen nopeutta ja muita ominaisuuksia voidaan säätää kustannustehokkaasti taajuusmuuttajalla. Huolimatta oikosulkumoottorin suosiosta teollisuuden käytössä, jää se usein käyttäjiltä havaitsematta useissa käytöissä, kuten vesipumpuissa, ilmanvaihtokoneissa, kompressoreissa, kuljettimissa ja nostureissa (Hughes 2005,167). Oikosulkumoottorin toiminta perustuu magneettikentän pyörimiseen, joka muodostuu oikosulkumoottorin rungon sisällä olevan

staattorin ja roottorin välille. Kuvassa 7 on kolmivaiheinduktiomoottorin staattori käämilangoituksineen. Staattorin avulla saadaan aikaan pyörivä magneettikenttä. Roottori pyrkii seuraamaan tätä kenttää, saaden aikaan pyörivän liikkeen. (Hughes 2005,167.)



Kuva 7. Kolmivaiheinduktiomoottorin staattori (Hughes 2005,173, kuva Brook Crompton).

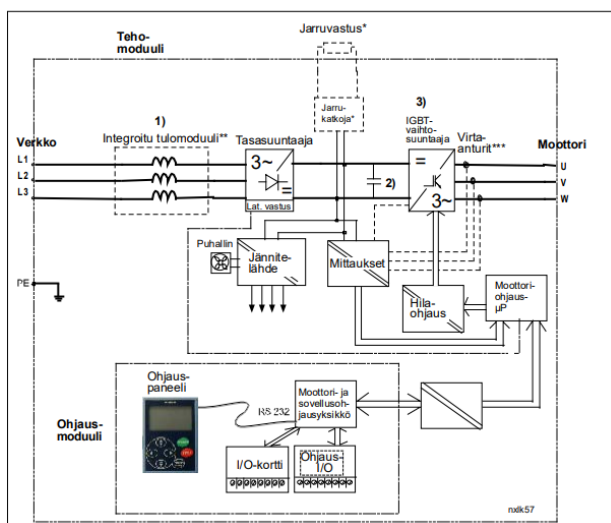
Staattorin ja roottorin välissä on ilmarako, joka sallii roottorin pyörimisen. Roottori lähtee seuraamaan staattoriin muodostuvaa magneettikenttää, joka kiertää staattorissa siihen syötettävän sähköverkon taajuuden mukaan. Magneettikentän nopeus on laskettavissa kaavalla $N_s = \frac{120f}{p}$. Jossa p on moottorin napaluku ja f on sähköverkon taajuus. Napaluvun on oltava aina parillinen. Roottori pyörii aina hieman magneettikenttää jäljessä, ja tätä ominaisuutta kutsutaan jättämäksi. Jättämä on yleensä pieni, korkeintaan 10 %. Kuvassa 8 on valmiiksi lasketut induktiomoottorien magneettikentän kierrosnopeudet 50 Hz:n ja 60 Hz:n sähköverkossa. Roottorin todellinen kierrosluku on jättämän verran magneettikentän nopeutta hitaampi. (Hughes 2005,170-178.)

Pole number	Synchronous speeds, in revs/min	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

Kuva 8. Magneettikentän kierrosluvut napaluvun mukaan (Hughes 2005, 171).

2.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkömoottorin ohjaukseen tarkoitettu laite, joka pystyy muuttamaan moottorille ohjatun tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Taajuusmuuttaja pystyy ohjaamaan moottorin käynnistymistä ja pysäyttämistä pehmeästi, parametreissa määriteltujen kiihdytys- ja pysäytysramppien mukaisesti. Taajuusmuuttajaa käytetään moottorin nopeuden säätämiseen. Nopeuden säätämällä saatavia etuja ovat mm. energiansäästö, mekaniikan käyttöiän pidentyminen, momentinseuranta ja -säätö, sekä prosessin helpompi hallinta. (Danfoss.com, [Viitattu 29.03.2021].) Taajuusmuuttajaa voidaan ohjata digitaalisilla lähdöillä tai väylän kautta. Väylätekniikan käyttö vähentää kaapelointia, sekä lisää logiikan ja taajuusmuuttajan välistä tiedonsiirtoa (Park, Mackay & Wright, 2003, 249 [Viitattu 29.3.2021].) Kuvassa 9 esitetään taajuusmuuttajan rakenne lohkokaavioesityksenä.



Kuva 9. Taajuusmuuttajan sisäisen kytkennän lohkokaavio (Danfoss.com, 17 [viitattu 10.04.2021]).

2.4 Sähkölaitteiden koteloitiluokat luokat

Standardi SFS-EN 60529 määrittelee sähkölaitteiden IP-koodia. IP-koodi on koodausjärjestelmä, jolla ilmaistaan koteloinnilla aikaansaatu suojausaste vaarallisten osien koskettamiselta, vieraiden esineiden ja pölyn tai veden pääsystä laitteen sisään. Lisäksi koodiin voidaan liittää

lisämerkintöjä, joilla annetaan suojauksesta täydentävää lisätietoa. (SFS EN 60529+A1 2000, kohta 3.4.) IP-koodi muodostuu sanoista Internal Protection. Jos ensimmäisiä tunnusnumeroita ei tarvitse ilmaista, ne voidaan korvata kirjaimella X. Jos täydentäviä kirjaimia tarvitaan useampia kuin yksi, on niitä käytettävä aakkosjärjestyksessä (SFS EN 60259+A1 2000, kohta 4.1). Oheisessa taulukko 1:ssä on esimerkkejä IP-koodin muodostamisesta.

Taulukko 1. Esimerkkejä IP-koodin muodostamisesta, (SFS EN 60259+A1 2000 kohta 4.3.)

IP 44	Ei lisä- eikä täydennyskirjaimia, ei vaihtoehtoja
IP X5	Ensimmäinen tunnusnumero on jätetty pois
IP 2X	Toinen tunnusnumero jätetty pois
IP 20C	Lisäkirjainta käytetty
IP XXC	Molemmat tunnusnumerot jätetty pois, käytetty lisäkirjaimia
IP X1C	Ensimmäinen tunnusnumero on jätetty pois, lisäkirjainta on käytetty
IP 3XD	Toinen tunnusnumero on jätetty pois, lisäkirjainta on käytetty
IP 23S	Täydentävää lisäkirjainta on käytetty
IP 21CM	Lisä- ja täydentävää kirjainta on käytetty
IPX5/IPX7	Annettu kaksi eri koteloituluokkaa muuttuviin käyttötarkoituksiin suojauksessa sekä vesisuihkulta että lyhytaikaisen upotuksen vaikutuksilta. (SFS EN 60529+A1 2000 kohta 4.3.)

IP-numerointi muodostuu kahdesta luvusta. Ensimmäinen numero vaihtelee 0–6 välillä ja kertoo, millainen vierasesine voi sähkölaitteeseen päästä. Nolla on suojaamaton ja kuusi on pölytiivis. Toinen numero kertoo veden sisäänpääsyn luokituksen. Tässä numero vaihtelee välillä

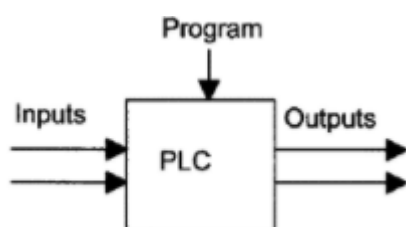
0–8. Numero nolla on täysin suojaamaton, ja numero 8 tarkoittaa, että laite voi olla upotettuna veteen (SFS EN 60529+A1 2000, kohta 3.4.) Taulukko 2. IP-luokituksen numeroiden osat ja niiden merkitykset. (SFS EN 60259+A1 2000, kohta 4.2.)

Taulukko 2. IP koodin osat ja niiden merkitykset. (SFS EN 60259+A1 2000, kohta 4.2.)

Kirjaimet	IP		
Ensimmäinen tunnusnumero		Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkärsyiltä	Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta
	0	Suojaamaton	Suojaamaton
	1	Kun halkaisija $\geq 50\text{mm}$	nyrkiltä
	2	Kun halkaisija $\geq 12,5\text{mm}$	sormelta
	3	Kun halkaisija $\geq 2,5\text{mm}$	työkalulta
	4	Kun halkaisija $\geq 1,0\text{mm}$	langalta
	5	Pölysuojatusti	langalta
	6	Pölytiivisti	langalta
Toinen tunnusnumero		Suojattu veden sisäänkärsyn haitalliselta vaikutukselta	
	0	Suojaamaton	
	1	Pystysuoraan tippuvalta vedeltä	
	2	Tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15°)	
	3	Satavalta vedeltä	
	4	Roiskuvalla vedeltä	
	5	Vesisuihkulta	
	6	Voimakkaalta vesisuihkulta	
	7	Lyhyt aikaiselta upotukselta	
	8	Jatkuvalta upotukselta	
Lisäkirjain vapaaehtoinen			Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta
	A		nyrkiltä
	B		sormelta
	C		työkalulta
	D		langalta
Täydentävä Kirjain (vaapaaehtoinen)		Täydentävän tiedon merkitys	
	H	Suurjännitelaitte	
	M	Vesisuojaus testattu laitteen ollessa käynnissä	
	S	Vesisuojaus testattu laitteen ollessa pysähdyksissä	
	W	Laitte on testattu erityisiin sääoloihin	

2.5 PLC

PLC (Programmable Logic Controller) eli ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen ohjain. Ohjain toteuttaa ohjelmoitavissa olevaa muistia ohjelman säilyttämiseen ja suorittamiseen. Muistiin voidaan ohjelmoida loogisia- tai matemaattisia toimintoja, ohjelmasekvenssejä, laskenta- ja ajastintoimintoja. Ohjain valvoo sen tuloihin kytkettyjä toimilaitteita ja suorittaa annetun ohjelman mukaisesti lähtöjään päälle. (Bolton. 2006, 3.) Kuvassa 10 on esitetty yksinkertaistettu PLC:n rakenne.



Kuva 10. PLC:n yksinkertainen toimintakaavio (Bolton 2006, 3).

Ohjelmoitavilla logiikoilla saavutetaan suuri etu, koska ohjelma on helposti muunneltavissa ja kopioitavissa toiseen samantyyppiseen laitteeseen. Toisaalta sama laite sopii moneen käyttöön. Logiikka voidaan ohjelmoida käyttötarpeen mukaan ja siihen voidaan yhdistää erilaisia antureita tai mittalaitteita. Sillä voidaan ohjata lähtöjen kautta erilaisia laitteita. (Bolton 2006, 3.) Kuvassa 11 on laitteistossa käytetty Siemens-logiikkayksikkö.



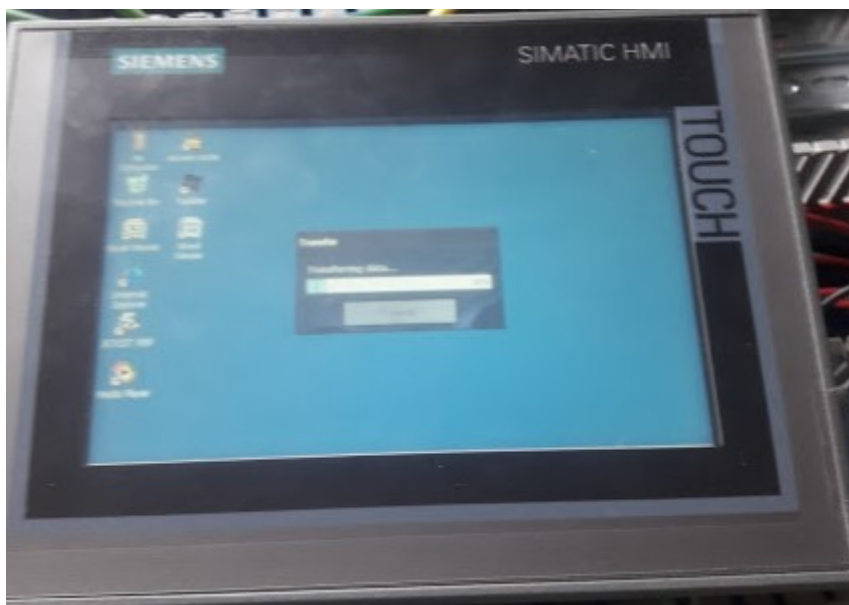
Kuva 11. Siemens S7-1200 PLC-yksikkö (Siemens, [viitattu 10.04.2021]).

2.6 HMI

HMI (Human Machine Interface) on ihmisen ja koneen väliseen keskusteluun tarvittava käyttöliittymä. Nykyaikaisten HMI-kosketusnäyttöpaneelien avulla saadaan tehtyä luotettava ja monipuolinen käyttöliittymä, joka tarvitaan koneen ja käyttäjän väliseen kommunikointiin.

Näin koneen tai prosessin ohjaus ja tilojen seuranta on helppoa ja selkeää. (Kippo 2008, 46.)

Suuremmissa laitteistoissa käyttöliittymä voidaan toteuttaa myös PC-pohjaisesti. Isommissa järjestelmissä voidaan erilaista historiatietoa kerätä laajemmassa mittakaavassa. Pienemmillä mobiilisovelluksiin tarkoitetuilla kosketusnäytöllä voidaan kuvata laitteiston toimintaan liittyviä suureita. Näytön kautta voidaan esittää yksityiskohtaisesti prosessin mittauksia tai digitaalisten tulojen tilaa. Näytölle voidaan myös lisätä objekteja, jotka kuvaavat eri väreillä ja symboleilla hälytyksiä tai muita kriittisiä tapahtumia. Näin käyttäjä pystyy reagoimaan vika- tai vaaratilanteessa nopeasti. (Kippo 2008, 46.) Kuvassa 12 on laitteistossa käytetty Siemens-kosketusnäyttö.

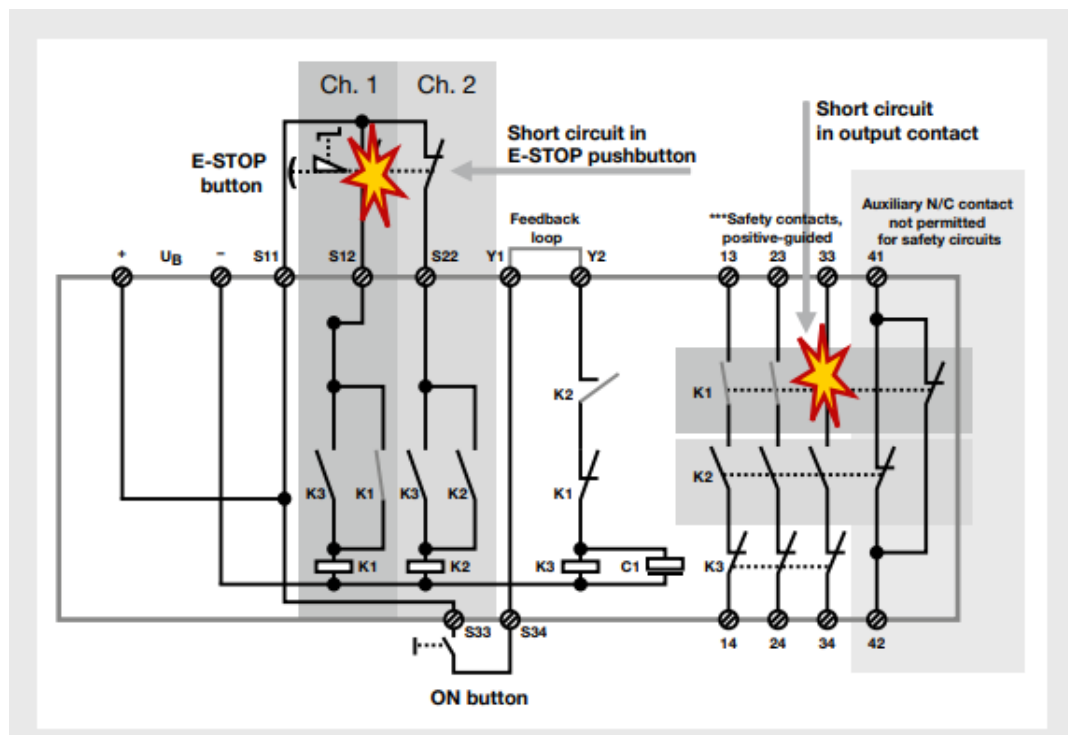


Kuva 12. Siemensin HMI-kosketusnäyttö.

2.7 Turvarele

Turvarele on monipuolinen laite, joka on kehitetty pelkästään turvatoimintojen ohjaukseen. Turvarelettä voidaan käyttää mm. laitteiston hätäpysäytykseen, kontaktorien toiminnan valvomiin ja pyörimisen valvontaan. Turvareleeseen voidaan kytkeä hätäseis-painikkeita, valoverhoja tai muita luokiteltuja turvalaitteita. Turvareleillä voidaan toteuttaa sähköisissä laitteistoissa

muun muassa liikkeiden hallittu ja turvallinen pysäytys ja avattavien suojiin valvonta. Turvareleen reagointi vikatilanteeseen tai turvatoiminnon laukaisemaan havaintoon on nopeaa ja luotettavaa. Tämä auttaa pienentämään käyttäjään kohdistuvaa riskiä. (PILZ, [viitattu 10.04.2021].) Kuvassa 13 on turvareleen periaatekytkentä oikosulkusuojuksella.



Kuva 13. Pilz-turvareleen kytkentä (PILZ, [viitattu 10.04.2021]).

Turvareleellä on selkeä ja yksinkertainen rakenne. Turvareleiden käyttö on yleistynyt sen kompaktin koon, korkean luotettavuuden ja kaikkien sille asetettujen standardien täyttämisen ansiosta. Turvareleen onnistunut käyttö vaatii perehtyneisyyttä sähkötekniikkaan sekä vallitseviin koeturvallisuusmääräyksiin. (Pilz, [viitattu 10.04.2021].) Kuvassa 14 on Schneiderin valmistama turvarele.



Kuva 14. Schneiderin valmistama turvarele (se, [viitattu 10.04.2021]).

3 LÄHTÖTILANNE JA VAATIMUKSET

Työ aloitettiin vaatimusten kartoituksella. Tilaajalla oli tietyt vaatimukset laitteen toiminnalle, huollon helppoudelle sekä komponenttien kestävyydelle. Tilaajan itse suunnittelemat ja valitsemat komponentit, kuten moottorit, määrittivät laitteen sähkötehon tarpeen. Erityisen vaatimuksen sähkölaitteistolle asetti koneen rakenteesta johtuva ahtaus. Koska sammaleenkeruulaitteisto on rakennettu kuormatraktorin kuormatilan paikalle asennettavaksi, tilaa ei ole kovin paljon. Rungolle sijoitettavien mekaanisten komponenttien viemä tila rajoitti keskuksen kokoa.

Lisäksi vaatimuksena keskuksen rakenteelle oli hyvä sään- ja kosteudenkesto, koska kyseessä on ulkona ja kosteissa olosuhteissa toimiva laitteisto. Ohjaus- ja moottorinkäynnistyskomponenteille vaatimuksena olivat laadukkaat, kestävät ja helposti vaihdettavat ja yleisesti käytössä olevat komponentit. Tavoitteena oli myös saada minimoitua alustakoneen ohjaamon ja keskuksen välinen kaapelointi. Huollon ja korjauksien helpottamiseksi keskuksen sisäisiin johtimiin vaadittiin selkeät merkinnät. Näin rikkoutuneen komponentin vaihto on helpompaa. Laitteiston vaatima sähköteho osoittautui 140 kW:n suuruiseksi ja tämä teho tuotetaan 160 kW:n tehoisella dieselgeneraattorilla.

3.1 Sähkö- ja automaatio suunnittelu

Keskukseen tulevien komponenttien valinta oli helppoa, koska vaadittavien komponenttien tehonkesto oli tiedossa. Koska lopulliseen laitteistoon tuli prototyypistä eroavia osia, varauduttiin suunnitelmissa mahdollisuuteen kasvattaa tarvittavien sähkökäyttöjen tehonkestoja. Myös aikaisemmat kokemukset komponenttien kestävydestä antoivat selkeän käsityksen valittavista komponenteista. Moottoreiden pääohjaukseen tarvittiin kolme taajuusmuuttajaa ja kahteen moottoriin pääkontaktorit. Moottorien ylikuormitus- ja oikosulkusuojiksi tarvittiin kompaktikytkin, moottorinsuojakytkimiä, johdonsuojakatkaisijoita sekä kahvasulakealustoja. Lisäksi laitteiston ohjaukseen tarvittiin ohjelmoitava logiikka, HMI-kosketusnäyttö, ohjausjännitemuuntaja, väyläkytkin sekä ohjausreleitä. Ulkoisten kaapeleiden kytkemiseksi keskukseen tarvittiin riviliittimiä. Taajuusmuuttajiksi valittiin Danfossin Vacon-tuotemerkkiperheen raskaaseen teollisuuskäyttöön tarkoitetut Vacon 100 Industrial -taajuusmuuttajat. Kyseiset taajuusmuuttajat valittiin, koska niistä on kestävyys lisäksi monipuoliset ohjaus- ja lisätoiminto-ominaisuudet.

Taajuusmuuttajakäyttöjä ohjelmoidessa tarvitaan usein myös valmistajan asiantuntija-apua. Kyseisellä valmistajalla se on huippuluokkaa. Kontaktorit sekä moottorinsuojakatkaisijat valittiin tunnetun Schneider Electricin valikoimista varaosien saatavuuden varmistamiseksi. Riviliittimiksi valittiin Wagon TOPJOB-sarjan jousikuormitteiset riviliittimet, koska koneen värinät voisivat löyhdyttää tavallisia ruuviliitoksia. Keskuskoteloiksi valikoitui saatavilla olevien kokojen ja riittävän IP-luokituksen myötä (IP55) Rittalin CM-sarjan teräksiset järjestelmäkaapit.

3.2 Keskuksen suunnittelu ja kokoonpano

Keskuksen kokoonpano aloitettiin keskuslayoutin suunnittelulla. Keskuksen koolle asetettujen vaatimusten vuoksi layoutin toiminta ja tilan riittävyys varmistettiin asettelemalla komponentit suoraan valitun keskuksen pohjalevyille. Tämän vaiheen testaamisessa ei käytetty CadsPlanner -ohjelmaa. Sijoittelun tuloksena huomattiin, ettei tämän kokoinen keskus, jossa sijaitisi myös kaikkien komponenttien syöttövirtojen rajoittimet ja suojat, sopisi suunnitellulle paikalle. Tämän johdosta päädyttiin suunnittelemaan toinen pienempi erillinen ryhmäkeskus. Tähän keskukseen sijoitettiin komponenttien maksimivirtojen määrittelemät virranrajoitukset sulakesuojauksilla. Esimerkiksi johdonsuojakatkaisijoiden ja moottorinsuojakytkimien ryhmien maksimisyöttövirta täytyy rajoittaa 63 ampeeriin, koska generaattori tuottaa noin 320 ampeerin sähkövirran. Kuvassa 15 esitetään keskuskomponenttien sijoittelu pohjalevyille.

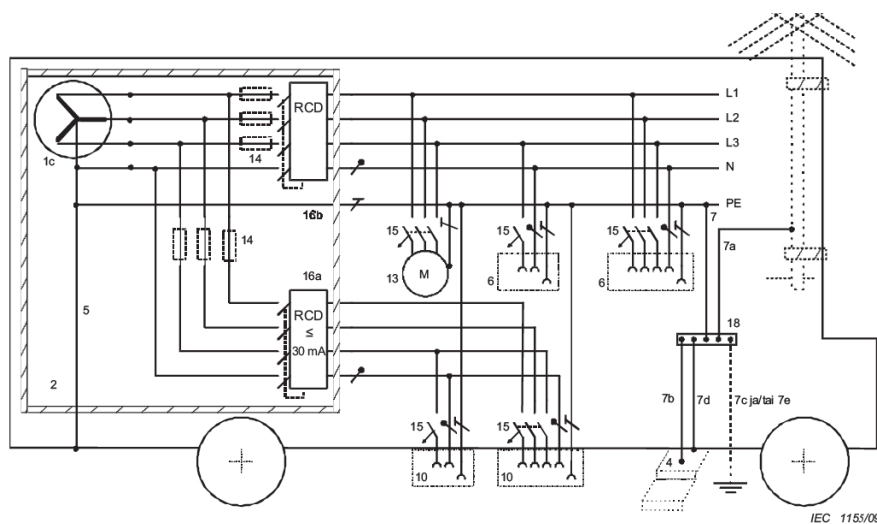


Kuva 15. Keskuskomponentit sijoitettuna pohjalevyille.

Keskusen ahtaus, sekä vaatimus ohjaamon ja keskuksen välisen kaapeloinnin minimoimisesta johti Profinet-väylän käyttöön. Väyläteknikkaa käyttämällä saatiin taajuusmuuttajien, ohjelmoitavan logiikan ja käyttöliittymään valitun HMI-paneelin välinen kaapelointi minimoitua. Väylällä kytketyt laitteet tarvitsevat vain käyttöjännitteen sekä väyläkaapelin. Väylä yhdistettiin logiikkaan Siemensin ScalanceX Profinet -kytkimellä. Keskuslayoutin valmistumisen jälkeen komponentit kiinnitettiin paikoilleen. Sähkölaitteistosta piirrettiin CadsPlanner-ohjelmistolla pää- ja ohjausvirtapiirikaaviot. Nämä kaaviot ovat työn liitteissä 1–5 ja 6–17. Keskuksen sisäiset johdinkytkenät toteutettiin kytkentäkaavioiden mukaisesti. Johdinkytkenöiden valmistumisen jälkeen suoritettiin keskusvalmistukselle vaadittavat käyttöönottomittaukset.

3.3 Kone ja laiteturvallisuus

Laitteiston työturvallisuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Liikkuvana laitteistona työhön sovellettiin sähkönsyötön automaattisen katkaisun osalta ylikuormitussuojauksen lisäksi vikavirtasuojauksia. Generaattorisyöttöisenä syötön automaattinen poiskytkentä pitää toteuttaa vikavirtasuojilla (SFS 6000-7-717:2017 2017, kohta 717.411b). Kuvassa 16 on liikkuvan laitteiston periaatteellinen syötön rakenne.



Kuva 16. Periaatekuva liikkuvan laitteiston generaattorilla toteutetusta sähkönsyötöstä (SFS EN SFS 6000-7-717:2017 2017).

Vikavirtasuojakytkimen tehtävänä on suojata käyttäjiä vaaralliselta sähköiskulta rajoittamalla vikavirta 30 milliampeeriin. Laitteistoon toimitetussa generaattorissa oli yhdistetty elektroninen ylikuormitussuoja sekä vikavirtasuojakytkin. Laitteiston ulkopuolisille pistorasioille asennettiin keskukseen oma vikavirtasuojakytkin. Kuvassa 17 on generaattorin mukana toimitettu ylikuormitussuojan ja vikavirtakytkimen yhdistelmä.

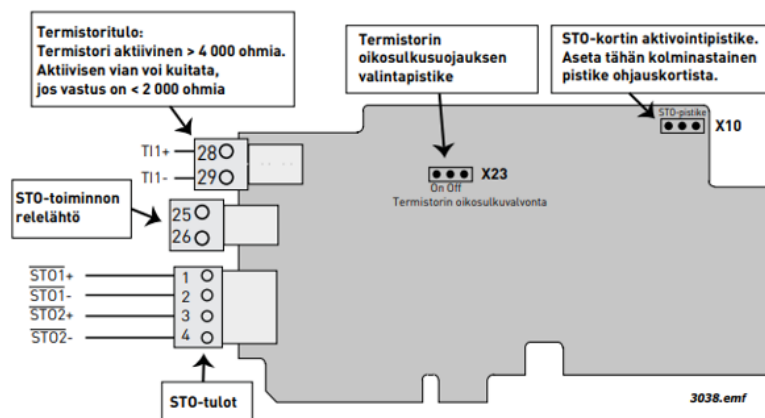


Kuva 17. Laitteiston ylikuormitussuojan ja vikavirtakytkimen yhdistelmä.

Lisäksi tämän työn osalta keskukseen asennettiin kolmikanavainen turvarele, sekä käytössä oleviin taajuusmuuttajiin asennettiin STO-lisäkortti. STO eli Safe Torque Off -lisäkortti on laitepohjainen turvatoiminto, joka estää taajuusmuuttajaa kehittämästä liian suurta vääntömomenttia käyttämänsä moottorin akselille (Danfoss, [viitattu 06.04.2021, 10]). STO-kortti saa turvareleen koskettimien kautta tiedon turvapiirin toiminnasta. Turvareleen ohjaamiseksi siihen kytkettiin omat hätäseis-piirin tarkoitetut painikkeet. Painikkeiden tulee olla punaiset keltaisella pohjalla sekä lukkiutuvat. Painikkeeseen on liitetty kaksi avautuvaa kosketinta, joiden avautuminen johtaa turvareleen sulkeutuvien koskettimien avautumiseen. Toiminto katkaisee suoraikäyttöisten moottorien käyttöjännitteet. Taajuusmuuttajien STO-korttien toiminta kiertää saman turvareleen eri koskettimien kautta. Turvareleen koskettimien avautuessa, taajuusmuuttaja suorittaa turvallisen pysähtymisen.

Riskienarvioinnin jälkeen laitteiston hätäpysäytysluokaksi määräytyi hätäpysäytysluokka 0. Vaatimuksena on vääntömomentin tai voiman tuottamiseen sähkömoottorille tarvittavan tehon poisto, käyttämällä standardin IEC 61800-5-2 mukaista voimansiirtojärjestelmän turvallista vääntömomentin katkaisutoimintoa (Safe Torque Off, STO) (SFS-EN ISO 13850 2015, kohta

4.1.3). Kuvassa 18 esitetään kyseisen STO-kortin liittimet ja toimintoja määrittävien valintapistikkeiden sijainnit.



Kuva 18. Kuvassa STO-kortin osasijoittelu (Danfoss, [viitattu 06.04.2021]).

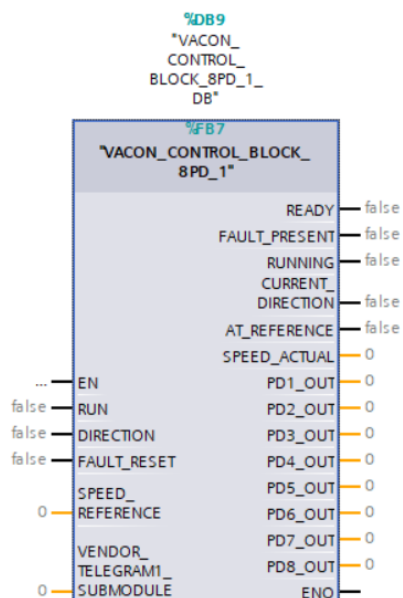
3.4 Turvapiirin rakentaminen

Hätäseis-painikkeita oli useita ja ongelmia tuotti erillisten laitteiden turvapiirien yhteensovittaminen. Alustakoneena käytetyssä kuormatraktorin ohjaamossa oli jo valmiina hätäseis-painike, joka oli tarkoitettu pysäyttämään alustakoneen toiminnat. Dieselgeneraattorin keskuksessa oli myös hätäseis-painike generaattorin toiminnan pysäyttämiseksi. Ohjauskeskuksen oveen sekä laitteiston päälle, keskeiselle paikalle, asennettiin omansa. Syöttölaitteelle menoa varten varauduttiin turvaportin asennukseen sopivalla turvaovi-kytkimellä. Näin saavutettiin standardien mukainen turvallisuuskategoria. Eurooppalaisen standardin SFS-EN ISO 13850 (2015, kohta 4.3.2.) mukaan hätäpysäytyslaitteet on sijoitettava siten, että ne ovat suoraan saavutettavissa ja että käyttäjät tai muut, joilla voisi olla tarve vaikuttaa niihin, voivat vaikuttaa niihin ilman vaaraa. Koska laitteisto koostuu useammasta eri osakokonaisuudesta ja turvareleessä oli käytettävissä useampi erillinen sulkeutuva kosketinkanava, päätettiin hätäseispainikkeiden kytkennät yhdistää. Näin saatiin kokonaisuus, jossa minkä tahansa hätäseispainikkeen painallus sammuttaa moottoreiden käyttöjännitteet. Lisäksi toiminto pysäyttää laitteiston muun toiminnan, sekä sammuttaa alustakoneena käytetyn kuormatraktorin hydraulipaineen tuoton. Turvapiirin kuittaus onnistuu ainoastaan ohjaamossa sijaitsevasta HMI-paneelille ohjelmoidusta painikkeesta. Standardin SFS-EN ISO 13850 (2015, kohta 4.1.4.) mukaan kun hätäpysäytyslaitteeseen on vaikutettu, vaikutuksen on oltava voimassa, kunnes hätäpysäytys on

palautettu toimintavalmiiksi. Tämä toimintavalmiiksi palauttaminen saa olla mahdollista ainoastaan ihmisen suorittamalla tarkoituksellisella toimenpiteellä. Toimintavalmiiksi palauttaminen ei saa käynnistää uudelleen konetta.

3.5 Ohjelmointi

Ohjelmoitavan logiikan tyypiksi valikoitui vanhojen kokemusten ja riittävien ominaisuuksien pohjalta Siemensin S7-1200-sarjan logiikka. Ohjelmointi suoritettiin Siemens TIA Portal v15.1 -ohjelmistolla. Ohjelmointikieleksi valittiin FunctionBlock-kieli (FBD). Tähän ohjelmointikieleen löytyi, moottorikäytöissä olevien Vacon-taajuusmuuttajien valmiita ohjauslohkoja, jotka helpottivat ohjelman tekemistä. Kuvassa 19 on Vacon-taajuusmuuttajan FBD-kielen ohjauslohko.



Kuva 19. Vacon-taajuusmuuttajan ohjauslohko TIA Portaalin ohjelmointi-ikkunassa.

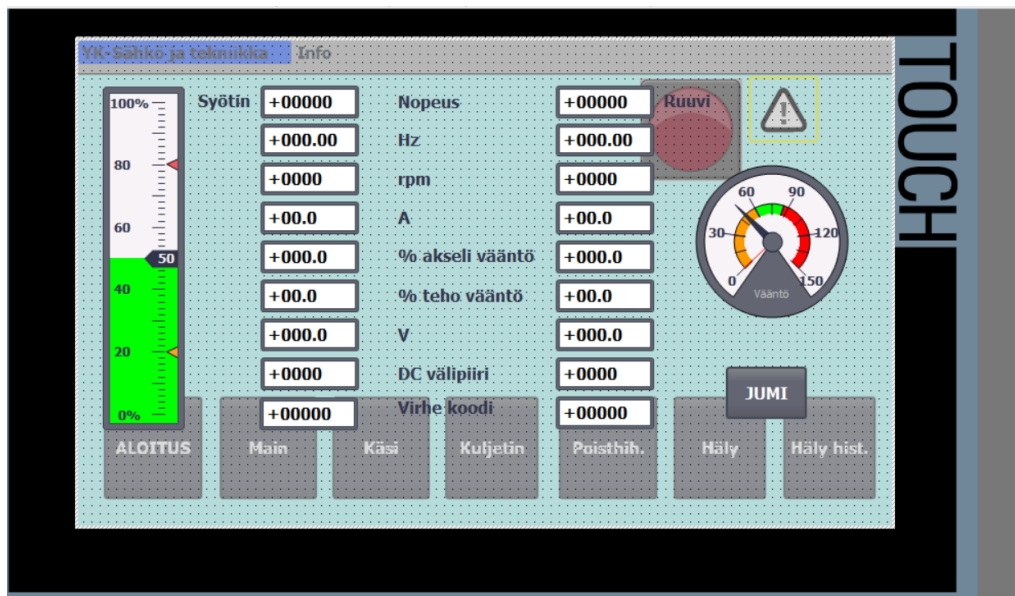
3.6 Käyttöliittymän tekeminen

Ohjelmoinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota käyttöliittymän selkeyteen ja yksinkertaisuuteen. Käyttöliittymästä pyrittiin tekemään käyttäjää avustava ja lisäksi sen haluttiin mahdollistavan prosessin syöttölaitteiden toiminnan monitorointi. Alussa koneen automaattikäynnistys tehtiin logiikkaan ilman ohjelmallisia lukituksia. Tämä ohjelmarakenne osoittautui yksinkertaisuudestaan huolimatta ongelmalliseksi vikatilanteiden osalta. Samalla se mahdollisti käyttövirheiden

syntymisen. Käyttöliittymän ohjelmointia muutettiin tämän jälkeen enemmän sekvenssiohjaus-tyyppiseksi.

Käyttöliittymän aloitus sivulle ohjelmoitiin kaksi painiketta; Hätäpysäytys kuittaus sekä generaattorin käynnistys. Hätäpysäytys on kuitattava ensin, vasta tämän jälkeen on generaattorin käynnistys sallittu. Generaattorin käynnistymisen jälkeen käyttöliittymä avasi uuden näkymän, jossa oli mahdollista valita käsi tai automaattinen laitteiston käyttö. Käsikäytöllä oli jokainen kuljetin käynnistettävä painiketta painamalla, myös moottorien pyörimissuunta oli valittavissa, tukkeuman purkamiseksi. Automaattisen käytön aktivoinnilla laitteisto käynnistyi itsestään asetellussa järjestyksessä ja monitorointi näyttö avautui, kun laitteisto oli valmis tuotantoon. Seis-toiminnolla laitteisto pysäytti itsensä moottorikäyttö kerrallaan, ajaen itsensä tyhjäksi seuraavaa käynnistä varten. Näin käyttöliittymästä saatiin opastava, sekä sen avulla pystyttiin vähentämään mahdollisia käyttäjävirheitä.

Käyttöliittymään ohjelmoidut virtuaalikytkimet muuttavat väriä, kun ne ovat aktivoitavissa. Aktiivisena olemisen ilmoittaa oma värinsä. Syöttölaitteiden moottorit ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä. Vacon-taajuusmuuttajien ohjauslohkot mahdollistavat Profinet-väylän kautta ohjauksen sekä tiedonsiirron. Väylää pitkin kerätty tieto voidaan esittää käyttöliittymän HMI-paneelille ohjelmoidulle sivulle, sivulla tieto näkyy reaaliaikaisena. Syöttölaitteesta kerätty kuormitustieto auttaa koneen käyttäjää säätämään prosessia optimaaliseksi. Kuvassa 20 on käyttöliittymän sivu, josta taajuusmuuttajien kuormitus on luettavissa.



Kuva 20. HMI-paneelin sivu, jossa ovat näkyvissä taajuusmuuttajien kuormitukset.

Käyttöliittymään koottiin omalle sivulle myös toimintahäiriöistä kertovat hälytykset, taajuusmuuttajahäiriöt, moottorisuojien laukeamiset sekä generaattorin häiriöt: öljynpaine ja lämpötila. Lisäksi mahdollisia häiriötilanteita sekä huoltotöitä helpottamaan tehtiin oma käsikäyttö sivu.

3.7 Laitteiston asennus

Laitteiston asennus aloitettiin, kun mekaaniset komponentit olivat paikoillaan ja suurin osa hit-saustöistä oli suoritettu. Tästä huolimatta kaapelivaurioita pääsi kipinöistä johtuen syntymään. Keskukset asennettiin paikoilleen ensimmäisenä. Näin varmistuttiin tilan riittävydestä ja mitoitusien onnistumisesta. Kuvassa 21 on ryhmäkeskus paikallaan.



Kuva 21. Ryhmäkeskus on paikoillaan.

Alustan rakenteesta johtuen myös kaapelointi osoittautui ajateltua hankalammaksi. Johtoreitien teko oli todella haastavaa ja huomioitavia asioita oli useita. Koska laitetta pitää huoltaa (koneen moottori, telat), oli reitit ja sijoittelu saatava sellaiseksi, että nämä onnistuivat kaapelointia vioittamatta. Kuvassa 22 on näkyvissä rungon rakennetta.



Kuva 22. Rungon rakenne.

Lisäksi kaapelit oli suojattava suosta telojen mukana nousevan materiaalin aiheuttamilta iskuilta. Koneen rakenteesta johtuvan taittuvan nivelkohdan liike rasittaa kaapelointia, joten sen suojaus oli myös toteutettava huolellisesti. Kuvassa 23 on nivelkohta ja Rohrflex-suojaputki.



Kuva 23. Koneen kääntönivel ja kaapelien suojausputki.

Rohrflex-suojausputkesta huolimatta nivelkohdan kaapeleiksi valittiinkin ns. robottikaapeli. Kaapelien vienti ohjaamoon oli vaativa. Läpivienti alustakoneeseen oli jo tehtaalla suunniteltu valmiiksi, joten kallistuvan ohjaamon alla oli melko ahdasta. Kuvassa 24 näkyy johdotus yhdessä hytin alla olevien hydraulikomponenttien kanssa.



Kuva 24. Ohjaamon alusta.

Ohjaamoon suunniteltu HMI-paneelin sijoitus aiheutti myös selvitystyötä, koska parhaalle paikalle oli jo asennettu alustakoneen oma näyttö. Suunnittelun jälkeen paikka paneelille suoja-koteloineen kuitenkin löytyi. Kuvassa 25 on HMI-näyttöpaneeli sijoitettuna ohjaamoon.



Kuva 25. HMI-paneeli asennettuna kuljettajan näkökenttään.

3.8 Laitteiston käyttöönotto ja testaus

Laitteiston käyttöönotto aloitettiin aistinvaraisella tarkastuksella. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tarkistettiin muun muassa läpiviennit, kaapeleiden vedonpoistimet, koko asennuksen yleisilmeen siisteys sekä laitteistoon kuuluvat merkinnät. Laitteistoon asennettujen kaapelien eristysvastukset mitattiin Fluke-asennustestausmittarilla. Myös suojajohtimien jatkuvuus varmistettiin asennustesterillä. Kuvassa 26 on laitteisto koekäyttökunnossa.



Kuva 26. Laitteisto valmiina koekäyttöön.

Hätäpysäytyslaitteiden toiminta testattiin aluksi syöttämällä pelkkää ohjausjännitettä laitteistoon. HMI-käyttöliittymän toiminta testattiin ensiksi myös pelkällä ohjausjännitteen käytöllä. Vasta näiden tarkastusten jälkeen käynnistettiin generaattori käyttöjännitteiden kytkemiseksi. Kuitenkin ennen varsinaisen käyttöjännitteen kytkemistä, varmistuttiin vielä turvapiirin toiminnasta generaattorin sähkönsyötön osalta. Moottoreiden pyörimissuunnat tarkastettiin käyttämällä jokaista moottoria yksitellen hetkellisesti käsikäytöllä, samalla myös varmistuttiin käsikäyttöjen suunnanvaihdon toimivuudesta. Moottorin pyöriessä väärään suuntaan muutettiin pyörimissuunta muuttamalla kytkentää moottorin kytkentäalustassa. Myös HMI-paneelille käyttöliittymään lisättyjen kuormauskuljettimen hydrauliventtiilien ohjauksien toimivuus varmistettiin. Automaattiajon toimivuuden testaus aloitettiin syöttämällä laitteeseen hitaalla tahdilla jo kertaalleen prosessoitua sammalta. Kuvassa 27 on testiajo käynnissä.



Kuva 27. Testiajo käynnissä.

Testiajossa seurattiin syöttölaitteen ja siirtoruuvien kuormittumista. Siirtoruuvien kuormittumisesta johtuva akselin vääntömomentin muutos ohjasi automatiikkaa pitämään vääntömomentin vakiona. Eli siirtoruuvien siirtämä massan määrä kuivatusruuville pysyi vakiona. Massavirran pitäminen tasaisena lisää läpimenevän massan määrää, parantaa laatua ja helpottaa kuljettajan toimintaa vähentämällä seurattavien kohteiden määrää.

4 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin sovitettua yrityksen suunnitteleman sammaleenkäsittelylaitteiston yhteyteen sopiva sähköjärjestelmä keskuksineen. Toimintoja saatiin automatisoitua, vaikka alkuperäinen suunnitelma ei tältä osin täysin toteutunutkaan. Automatisoinnin jälkeen kuljettajalla jää aikaa keskittyä vaativissa olosuhteissa tehtävään ajo- ja tuotantosuoritukseen. Väylätekniikan ansiosta keskuksien ja alustakoneen ohjaamon välinen ohjauskaapelointi saatiin pidettyä vähäisenä, myös käyttöliittymästä saatiin monipuolinen ja käyttäjää avustava. Käyttöliittymä saatiin myös ohjelmoitua siten, että siitä nähdään koneen tärkeimmät kuormituksesta kertovat tiedot ja mahdolliset häiriöt. Käyttöliittymän kautta pystytään myös muuttamaan kätevästi prosessiin vaikuttavia ohjearvoja. Sähköisten komponenttien ja keskusvalmistuksen osalta työ saatiin pidettyä CE-merkinnän edellyttävällä tasolla mahdollisen sarjavalmistuksen alkaessa. Standardien edellyttämä sähköturvallisuus saavutettiin valitsemalla laitteiston keskuksiin käyttöolosuhteiden vaatimat kotelointiluokat, sekä varustamalla generaattorisyöttöinen sähköjärjestelmä määräysten edellyttämällä vikavirtasuojauksella. Kone- ja laiteturvallisuus saavutettiin turvareleen ja STO-korttien, käytöllä ja turvapainikkeiden sijoittelulla.

5 POHDINTAA JA YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa sarjatuotantoon sopiva sammaleentuotantotehdas. Työn mielenkiintoa henkilökohtaisella tasolla lisäsi laitteen ainutlaatuisuus ja aikaisempi työura koneiden ja turpeentuotannon parissa. Lisäksi työn monipuolisuus ja vaativuus lisäsi intoa tehdä kyseinen työ. Työ oli todella opettavainen monella eri tasolla. Työn edetessä tulivat tutuksi niin sähköalan, kuin kone- ja laiteturvallisuuden standardit.

Työ eteni melko hyvin suunnitellun aikataulun mukaan, luonnollisesti pieniä viivytyksiä tuli alihankkijoiden osatoimituksissa, mutta ne eivät aikataulua sekoittaneet. Työ aloitettiin turvallisuusstandardeihin tutustumalla sekä kytkentäkaavioiden piirtämisellä. Komponenttien valinta ja keskussuunnittelu eteni lähes ongelmitta, ainoastaan johdonsuojakatkaisijoiden ja pienempien moottorinsuojakytkinten maksimisyöttövirran rajoittamisen tarve tuli yllätyksenä. Tämä ongelma ratkaistiin erillisellä pääkytkimellä varustetulla jakokeskuksella, jossa sijaitsevat vaaditut etusulakkeet.

Rungon valmistumista odotellessa suoritetuissa syöttölaitteen koekäytöissä ilmeni ongelma-kohta. Syöttölaitteen moottorivaihepaketin voima ei riittänyt, vaikka taajuusmuuttajaa virittämällä tätä yritettiin parantaa. Lopputuloksena moottorin käämi vain paloi. Työ eteni uuden moottorivaihteistopakettin odottelusta huolimatta, keskusten asennus- ja kaapelointityössä. Kaapeloinnin osalta hankaluuksia tuotti poisto- ja kuormauskuljettimien kohdalla telojen liikevarojen aiheuttama riski. Vaarana oli, että telat iskevät kaapelit rikki. Lisäksi huomiota vaativat erityisesti ohjaamoon tulleet kaapelit. Vaikka HMI-paneelin ja logiikan välillä käytettiin Profinet-väylätekniikkaa, paneeli tarvitsi käyttöjännitteen. Lisäksi turvapiirikytkentä vaati jokainen oman kaapelinsa. Näiden kaapelien reitti kulki rungon nivelen ja ohjaamon alta yhdessä hydraulikkakomponenttien kanssa. Kaapeleiden suojauksen käteväksi ratkaisuksi osoittautui Rohrflex-suojaputki, kaikki kolme kaapelia saatiin suojattua ja sidottua yhteen samalla kertaa. Lisäksi kaapelit olivat suojassa mahdollisilta öljy- ja voiteluaineroiskeilta. Rohrflex-suojaputkiin on olemassa myös omat vedonpoistin- ja kiinnitysosat. Näiden avulla suojaputki saadaan päistään luotettavasti kiinni.

Laitteiston ollessa koekäyttövaiheessa alkoi logiikkaohjelmoinnin hienosäätö syöttölaitteen ja siirtoruuvien osalta. Koeajojen päästessä vauhtiin alkuperäinen säätö momentin muutosten suhteen osoittautui mahdottomaksi toteuttaa, koska momentinmuutokset olivat liian rajuja ja no-

peita. Lopputuloksena oli 55 kW:n sähkömoottorin käyttämän kuivauspuristimen tukkeutuminen. Tästä kokemuksesta viisastuneena päätettiin tinkiä 100 %:n kuormituksesta ja ajaa konetta pienemmillä tehoilla. Toimiva ratkaisu saatiin aikaan lisäämällä siirtoruuvien nopeusasetus käyttöliittymään ja muuttamalla syöttölaitteen liike aikaan perustuvaksi.

Käyttöliittymän kanssa ilmeni myös ongelmia tai lähinnä HMI-paneelin ominaisuuksissa. Kosketusnäyttö ei jostain syystä reagoinut aina käyttäjän kosketukseen ja käynnisti välillä itsestään generaattorin. Näiden häiriöiden aiheuttajasta ei päästy missään vaiheessa selvyyteen, mutta epäily on että alustakoneen sisäinen ohjausväylä aiheutti häiriöitä laitteistossa käytettyyn Profinet-väylään.

Työn lopputuloksena saatiin aikaan alustakoneesta helposti irrotettava ja siirrettävä sammaleen tuotantolaitos. Laitoksen hallinta on helppoa selkeän käyttöliittymän kautta tehtävien ohjaus- ja säätömahdollisuuksien myötä. Lisäksi laitteisto saatiin tehtyä turvalliseksi käyttää ja huoltaa. Työhön toimeksiantaja oli tyytyväinen, vaikkei aivan täydelliseksi laitteistoa työn tässä osuudessa saatukaan.

Työhön lisättiin myöhemmin HMI-paneelin lisäksi HMI-näppäinpaneeli, johon ohjelmoitiin moottorien käynnistys- ja sammutustoiminnot. Näppäinpaneeliin saatiin myös ohjelmoitua jokaiselle moottorikäytölle sen tilaa indikoiva merkkivalo. Myös laitteen mekaniikkaa muutettiin jonkin verran. Toisena kesänä laitteistoa käytettiinkin jo menestyksekkäästi sammaleen tuotannossa. Laitteiston ainutlaatuisuudesta johtuen tuotekehitys on toistaiseksi jatkuvaa ja mahdollisesti seuraavaan kehitysversioon asennetaankin pistokeliitännämahdollisuus ohjaamon ja ohjauskeskuksen välisen kaapeloinnin irti- ja uudelleenkytkemisen helpottamiseksi.

LÄHTEET

- Biolan. 27.6.2017. Biolan Groupin Novarbo Oy sai EU-rahoituksen kasvualustojen tuotannonkehittämiseen.[Verkkosivu]. Biolan:[Viitattu 15.03.2021]. Saatavana: <https://www.biolan.fi/artikkelit/lehdistotiedotteet/biolan-groupin-novarbo-oy-sai-eu-rahoituksen-kasvualustojen-tuotannonkehittamiseen.html>
- Bolton, W. 2005. Programmable Logic Controllers. [Verkkokirja]. Oxford: Elsevier Induction Motors (1.1.2), 3-175. [Viitattu 07.04.2021]. Saatavana Knovel -tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Danfoss. Ei päiväystä. Mikä on taajuusmuuttaja? [Verkkosivu].Danfoss Oy. [Viitattu 21.03.2021]. Saatavana:<https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>
- Danfoss.Ei päiväystä. Vacon-NXL Taajuusmuuttajat käyttöopas [Verkkajulkaisu]. Danfoss Oy. [Viitattu 10.04.2021]. Saatavana: <https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-NXL-User's-Manual-DPD01452A-FI.pdf>
- Danfoss.Ei päiväystä. Vacon 100 taajuusmuuttajat OPTBJ sto- ja atex lisäkortti käyttö- ja turvaopas. [Verkkajulkaisu]. Danfoss Oy [Viitattu 06.04.2021] Saatavana: <https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-100-OPTBJ-STO-Board-User-Manual-DPD01057C1-FI.pdf>
- Danfoss.Ei päiväystä. Vacon 100 Industrial sovelluskäsikirja. [Verkkajulkaisu]. Danfoss Oy.[Viitattu 29.03.2021].Saatavana: <https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-100-Industrial-Application-Manual-DPD01035I-FI.pdf>
- Huhtinen, M. Korhonen, R. & Pimiä, T.& Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2.painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Hughes, A. 2005. Electric Motors and Drives -Fundamentals, Types and Applications. [Verkkokirja]. Oxford: Elsevier. [Viitattu 06.04.2021]. Saatavana Knovel -tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Kauppalehti.Ei päiväystä. yritys- ja taloustiedot [Verkkosivu] Alma media. [Viitattu 14.03.2021] Saatavana:<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/ecomoss+oy/25536397>
- Kinnunen J.2014. Kotimaan myynti, ABB:n pienjännitemoottorit. [Verkkajulkaisu]. ABB Oy. [viitattu 29.03.2021]. Saatavana: <https://docplayer.fi/19154823-Jarno-kinnunen-abb-oy-kotimaan-myynti-2014-abb-n-pienjannitemoottorit.html>
- Kippo, A Tikka,A.2008 Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

- Korppinen, L. Ei päiväystä. Sähkövoimatekniikkaopus sähkökoneet osa 1. [Verkkajulkaisu]. Leena Korppinen. [Viitattu 14.03.2021] Saatavana: http://leenakorppinen.com/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf
- Korppinen, L. Ei päiväystä. Sähkövoimatekniikkaopus sähkökoneet osa 2. [Verkkajulkaisu]. Leena Korppinen [Viitattu 15.03.2021] Saatavana: http://leenakorppinen.com/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf
- Mikkolainen, P. & Koivisto, J-P. 2008. Auto- ja kuljetusalan perusoppi: 7. Sähkölaitteiden perusteet. Helsinki: Otava
- Park, J., Mackay, S. Wright, E. 2003. Practical Data Communications for Instrumentation and Control. [Verkkokirja]. Oxford: Elsevier. [Viitattu 29.03.2021]. Saatavana Knovel -tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- peda.net. 7.11.2014. 35. Generaattori [Kuva]. Kannus. [Viitattu 23.03.2021]. Saatavana: <https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/35-generaattori>
- Pilz. Ei päiväystä. safety compendium en 2017 12 low.pdf [Verkkajulkaisu] [viitattu 10.04.2021] saatavana: https://www.pilz.com/mam/pilz/content/editors_mm/safety_compendium_en_2017_12_low.pdf#page=137
- SFS-EN ISO 13850-1 2015. Koneturvallisuus Häätöpysäytys suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN 60529+A1. 2000. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto .
- SFS 6000-7-717:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-717 Erikoistilojen- ja asennusten vaatimukset. Liikkuvat tai Siirrettävät laitteistot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto .
- se.2021. XPSAC51521/turvarele [Verkkajulkaisu] [viitattu 10.04.2021] Schneider electric Oy. Saatavana: <https://www.se.com/fi/fi/product/XPSAC5121/turvarele-3no%2B1-trans%2C-24vac-dc/>
- Siemens. ei päiväystä. The SIMATIC S7-1200 modules at glance. [Verkkajulkaisu]. Siemens Suomi [viitattu 10.04.2021] saatavana: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

LIITTEET

Liite 1. Virtapiirikaavio sivu 1. Jännitesyöttö generaattorilta ohjauskeskus 1:lle

Liite 2. Virtapiirikaavio sivu 2. M1 YD-käynnistys, peruutus tähti-kytkennässä.

Liite 3. Virtapiirikaavio sivu 3. Syöttölaitteen ja siirtoruuvien pääkaavio.

Liite 4. Virtapiirikaavio sivu 4. Poistoruuvien ja poistokuljettimen pääkaavio.

Liite 5. Virtapiirikaavio sivu 5. Ohjausjännite, valaistusvaraus kompressori/korjaussähkö pääkaavio.

Liite 6. Virtapiirikaavio sivu 6. Häätäpysäytys ja kuittaus ohjauspiirikaavio.

Liite 7. Virtapiirikaavio sivu 7. Turvarele jännitteiden jako piirikaavio.

Liite 8. Virtapiirikaavio sivu 8. Logiikan jännitesyöttö piirikaavio.

Liite 9. Virtapiirikaavio sivu 9. Logiikan CPU1 A1 tulokortin tulojen 0.0-0.7 kytkentä piirikaavio.

Liite 10. Virtapiirikaavio sivu 10. Logiikan CPU1 A2 tulokortin tulojen 1.0-1.7 kytkentä piirikaavio.

Liite 11. Virtapiirikaavio sivu 11. Logiikan CPU1 A1 Lähtökortin lähtöjen 0.0-0.5 kytkentä piirikaavio.

Liite 12. Virtapiirikaavio sivu 12. Logiikan CPU1 A3 lähtökortin lähtöjen 1.0-1.7 kytkentä piirikaavio.

Liite 13. Virtapiirikaavio sivu 13. Logiikan CPU1 A3 lähtökortin lähtöjen 2.0-2.7 kytkentä piirikaavio.

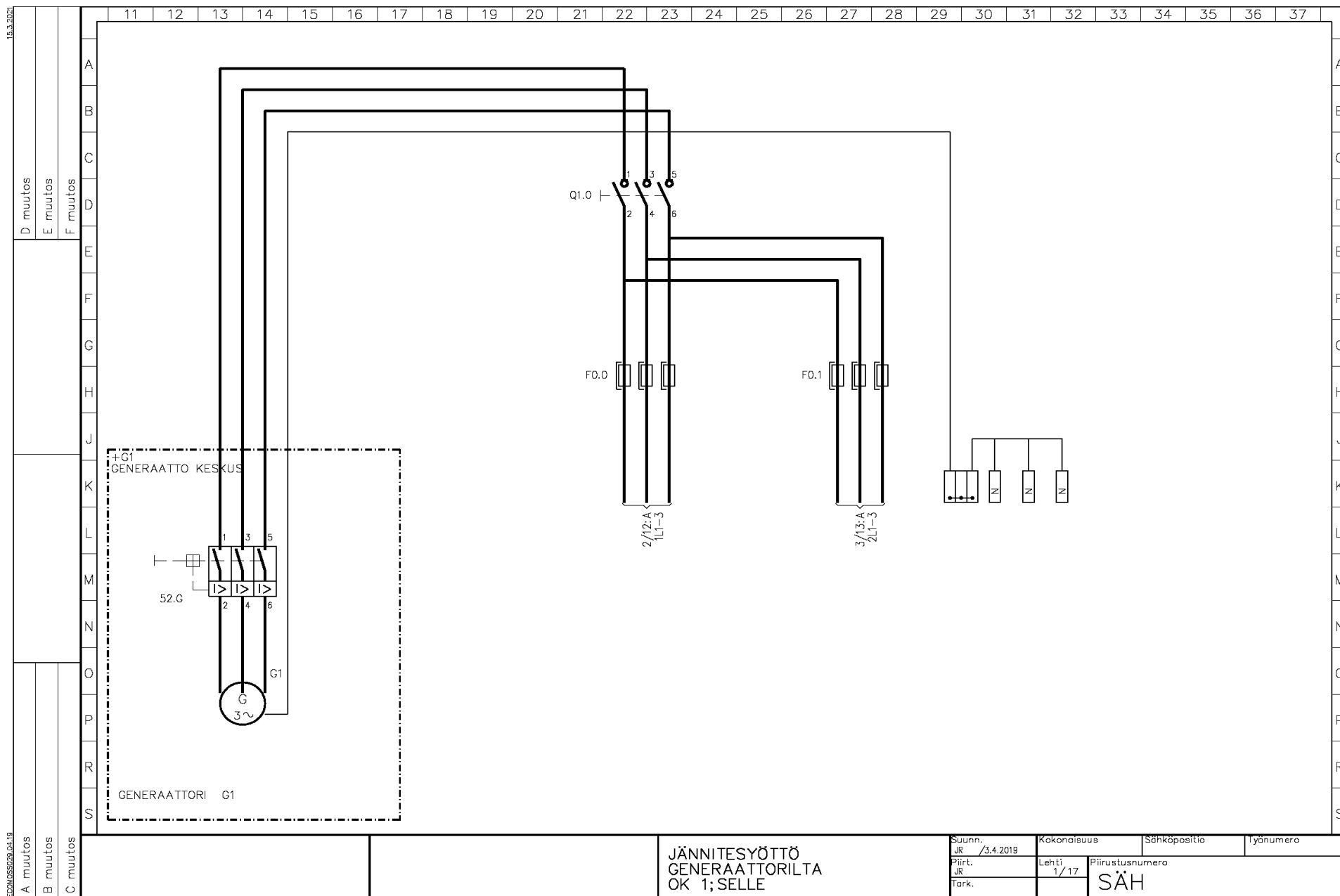
Liite 14. Virtapiirikaavio sivu 14. Profinet kaapeloinnin johdotuskaavio.

Liite 15. Virtapiirikaavio sivu 15. Generaattorin hätäpysäyts kaapelointi ja kytkentä kaavio.

Liite 16. Virtapiirikaavio sivu 16. Generaattorin käynnistys kaapelointi ja keskukseen kytkentä kaavio.

Liite 17. Virtapiirikaavio sivu 17. Jännitesyöttö alustakoneen akustolta ohjauskeskukseen kaapelointi ja kytkentä kaavio.

Liite 1. Virtapiirikaavio sivu 1.



15.3.2019

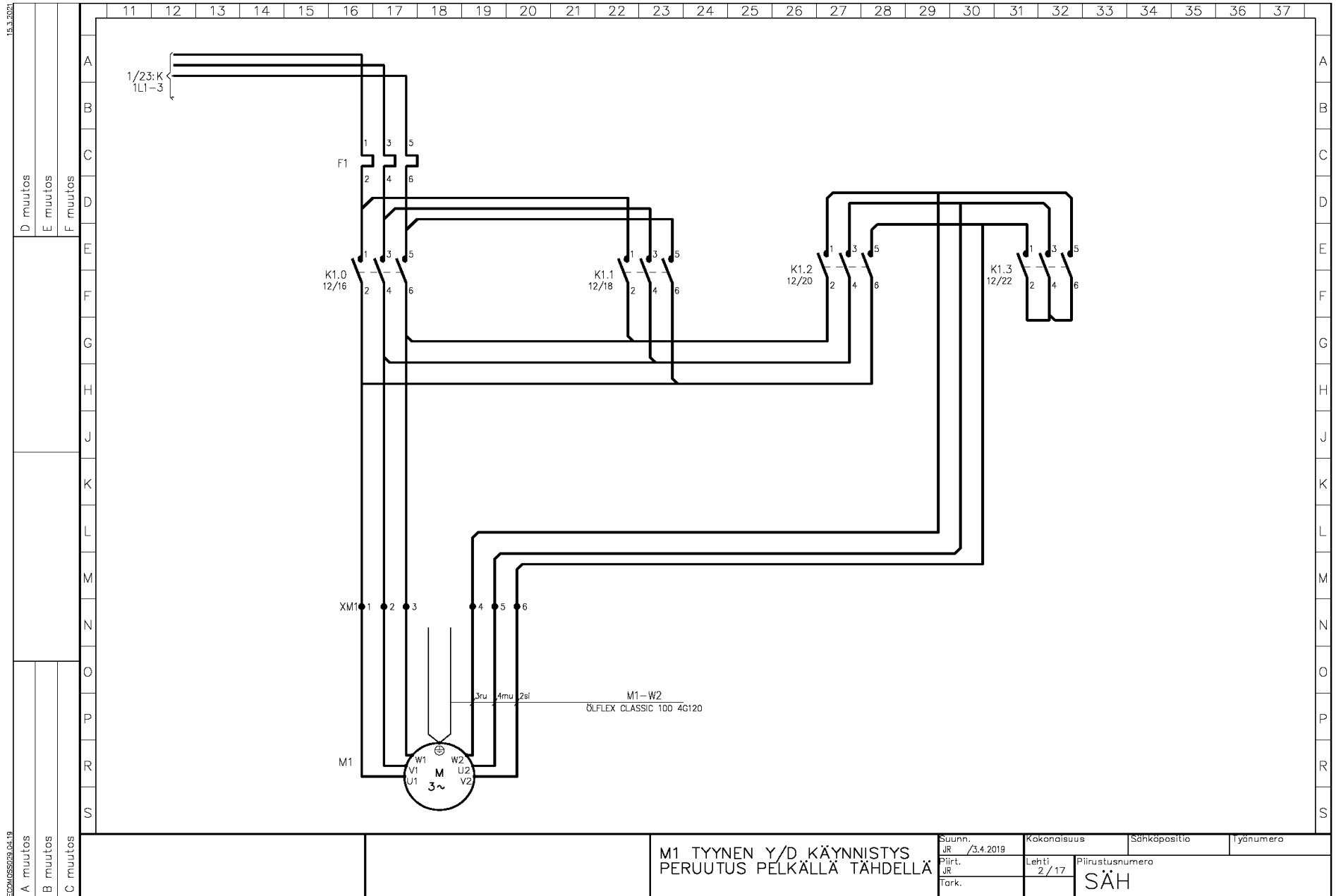
D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

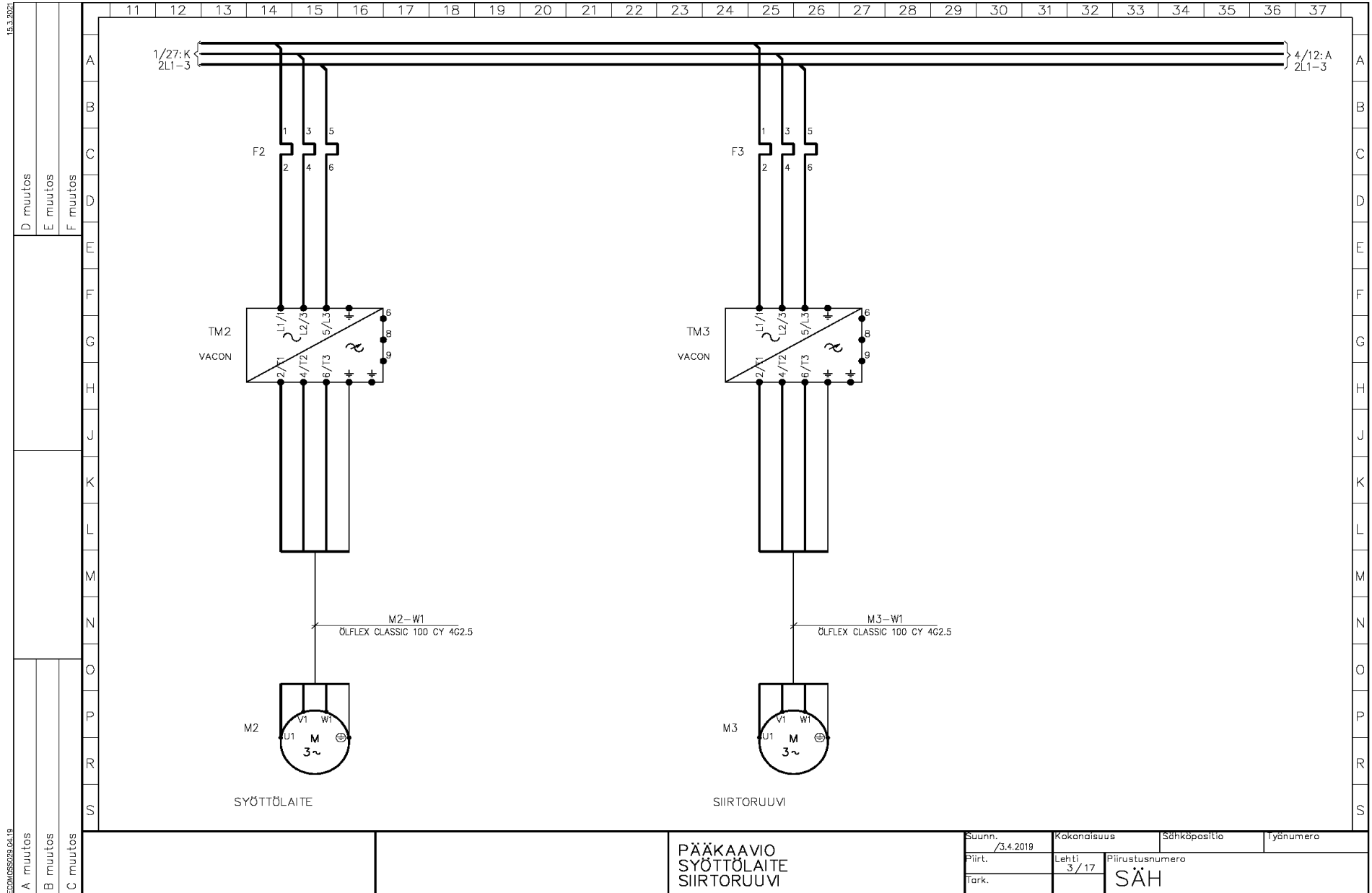
JÄNNITESYÖTÖ
GENERAATTORILTA
OK 1;SELLE

Suunn. JR /3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	1yönumero
Piirt. JR	Lehti 1/17	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH	

Liite 2. Virtapiirikaavio sivu 2.



Liite 3. Virtapiirikaavio sivu 3.

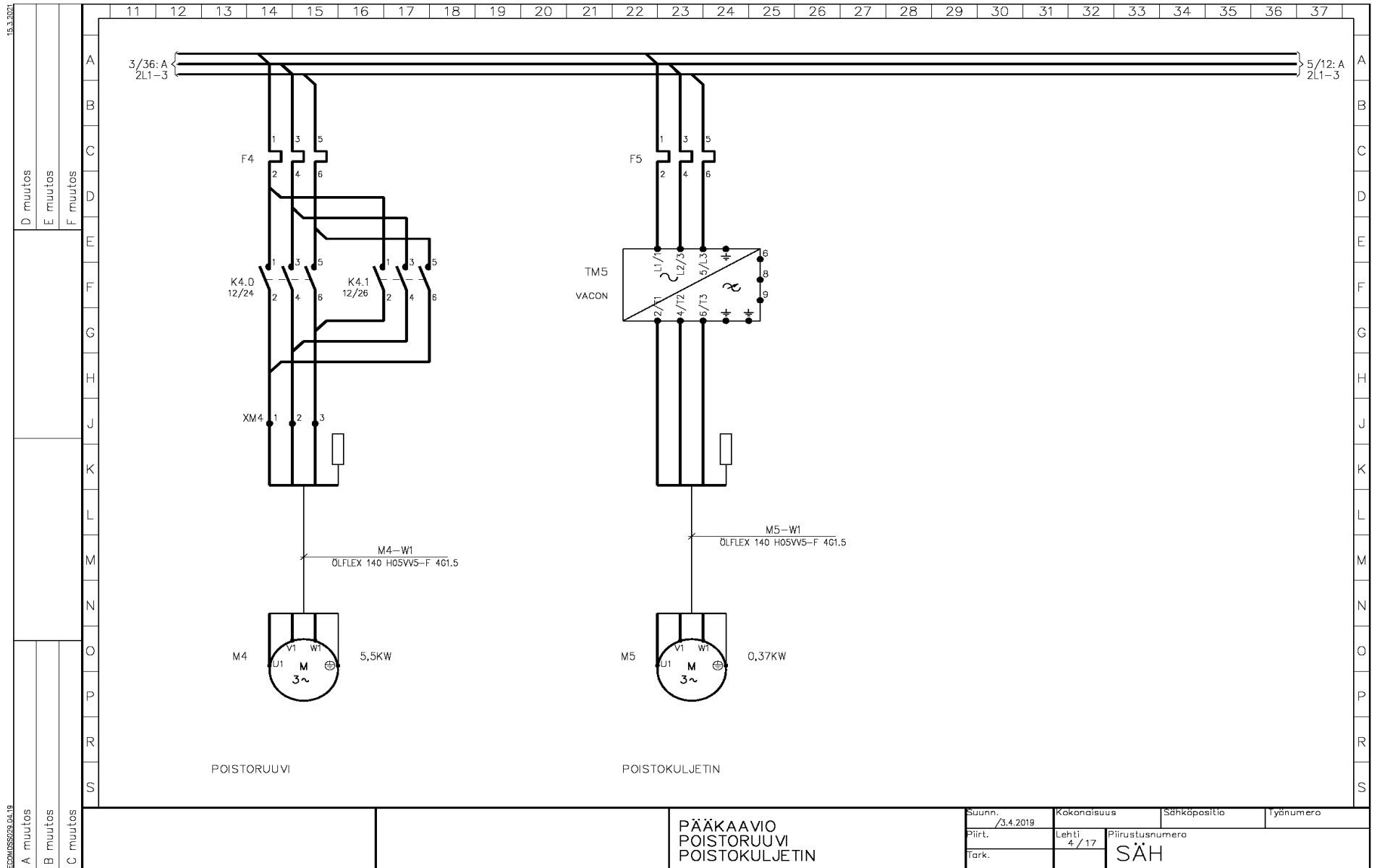


15.3.2019
 A muutos
 B muutos
 C muutos
 D muutos
 E muutos
 F muutos

PÄÄKAAVIO
 SYÖTTÖLAITE
 SIIRTORUUVI

Suunn.	/3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		3/17	SÄH	

Liite 4. Virtapiirikaavio sivu 4.

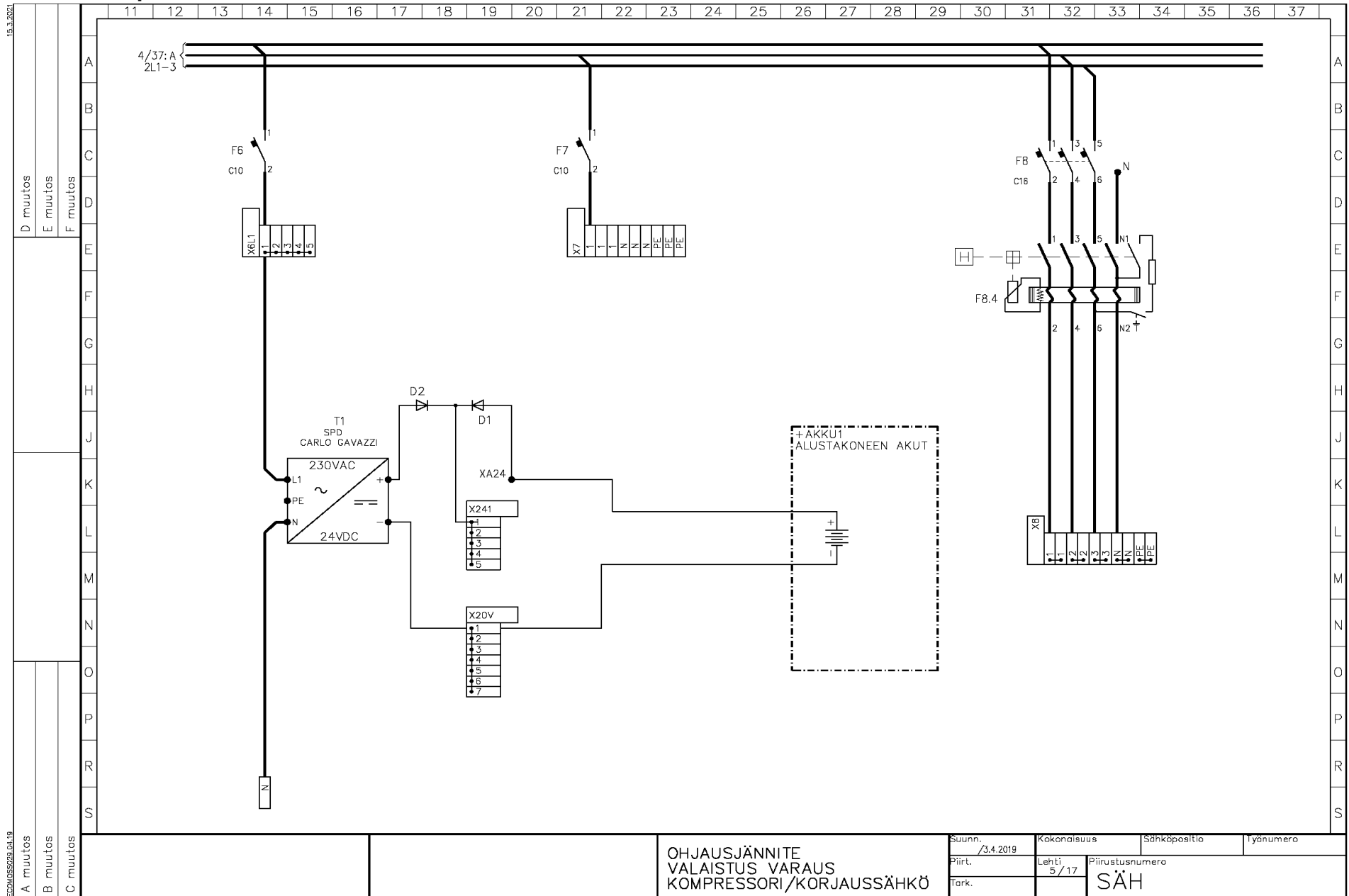


15.3.2019
 D muutos
 E muutos
 F muutos
 A muutos
 B muutos
 C muutos

PÄÄKAAVIO
 POISTORUUVI
 POISTOKULJETIN

Suunn.	/3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		4/17	SÄH	

Liite 5. Virtapiirikaavio sivu 5.



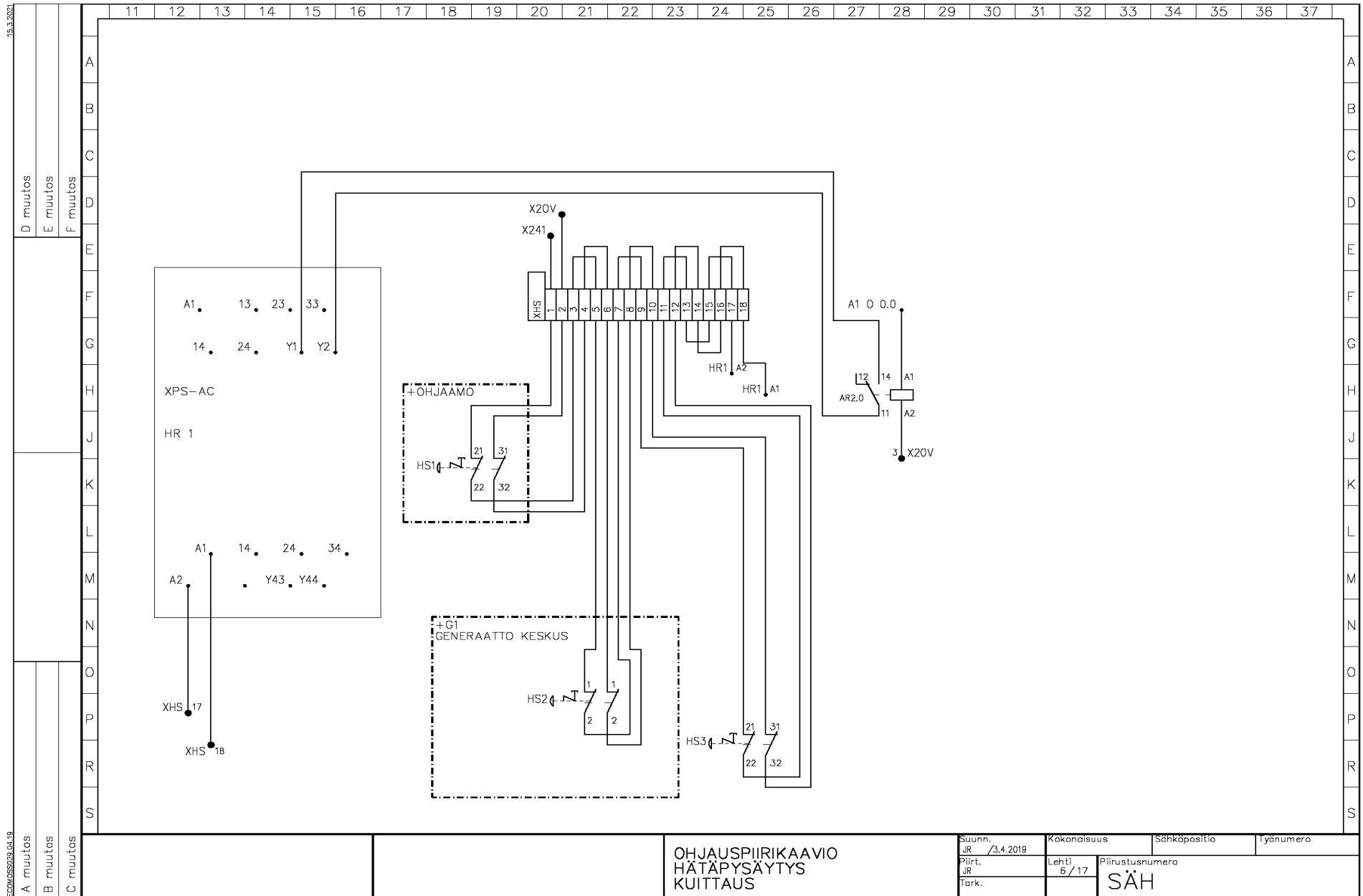
15.3.2019
 A muutos
 B muutos
 C muutos

D muutos
 E muutos
 F muutos

OHJAUSJÄNNITE
 VALAISTUS VARAUS
 KOMPRESSORI/KORJAUSSÄHKÖ

Suunn.	/3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		3/17	SÄH	

Liite 6. Virtapiirikaavio sivu 6



15.3.2017

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

OHJAUSPIIRIKAAVIO
HÄTÄPYSÄYTYKUITTAUS

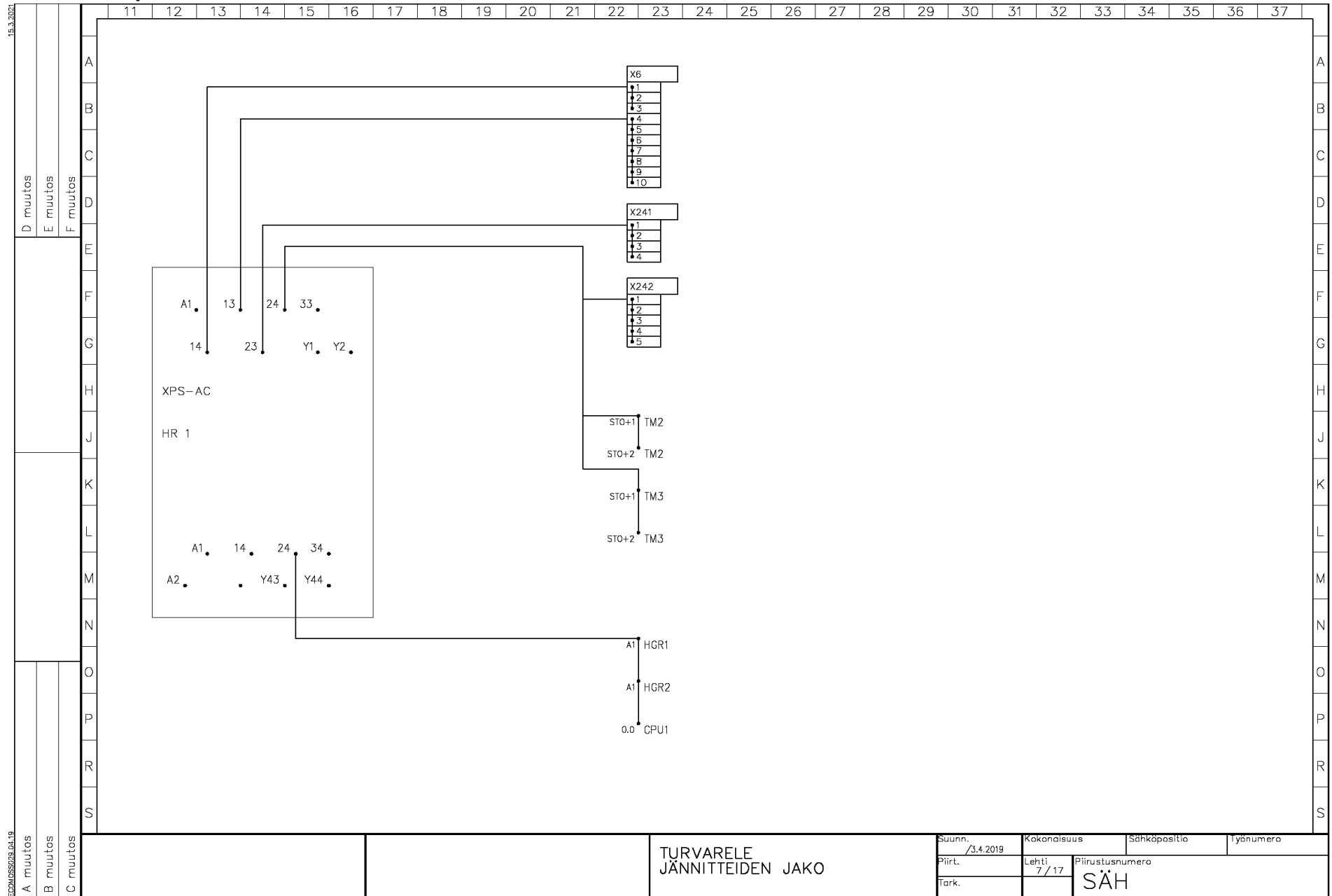
Suunn.
JR /3.4.2019
Piirt.
JR
Tark.

Kokonaisuus
Lehti
6 / 17

Sähköpositio
Piiustusnumero
SÄH

Työnumero

Liite 7. Virtapiirikaavio sivu 7



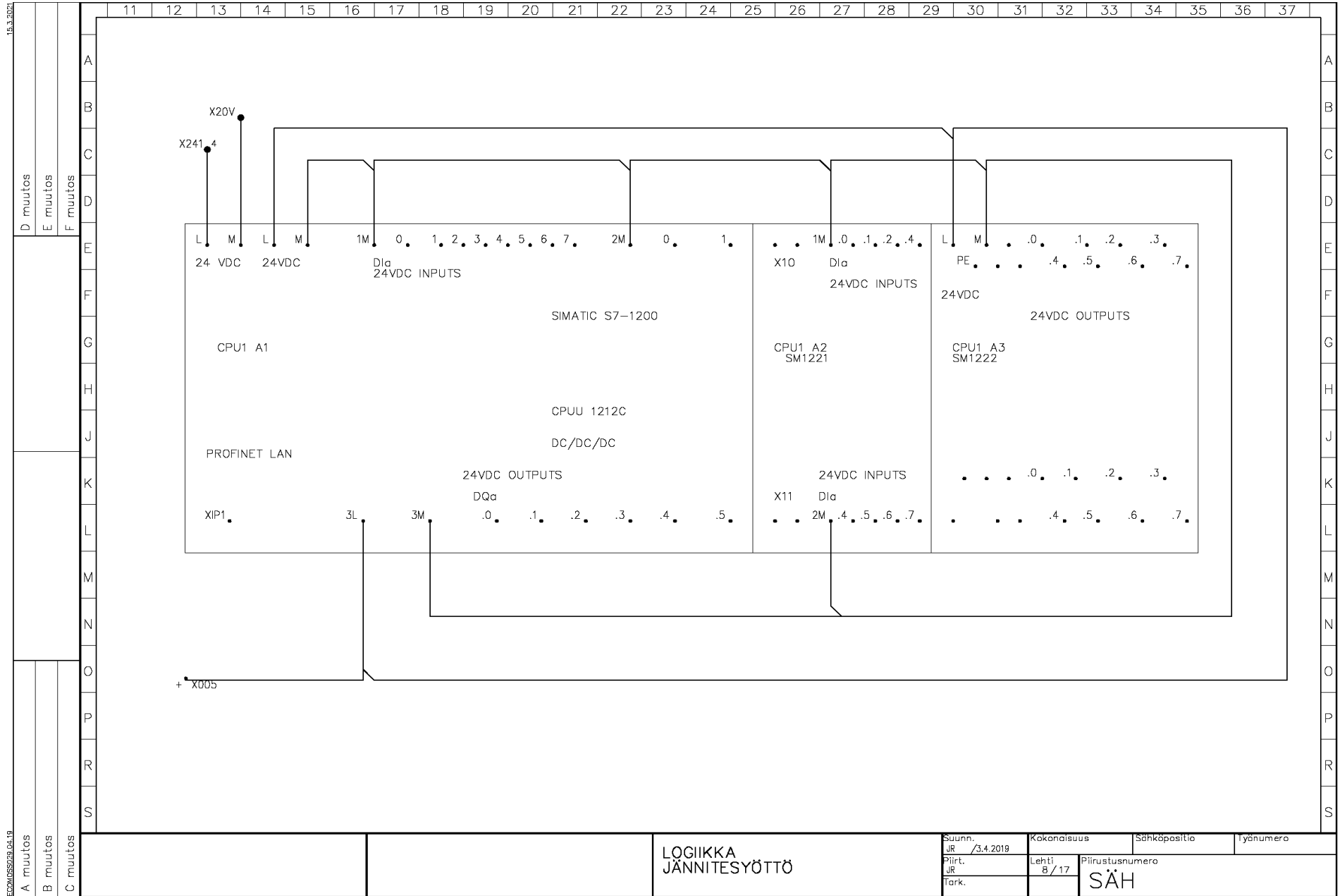
15.3.2019
D muutos
E muutos
F muutos
A muutos
B muutos
C muutos

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A																											A
B																											B
C																											C
D																											D
E																											E
F																											F
G																											G
H																											H
J																											J
K																											K
L																											L
M																											M
N																											N
O																											O
P																											P
R																											R
S																											S

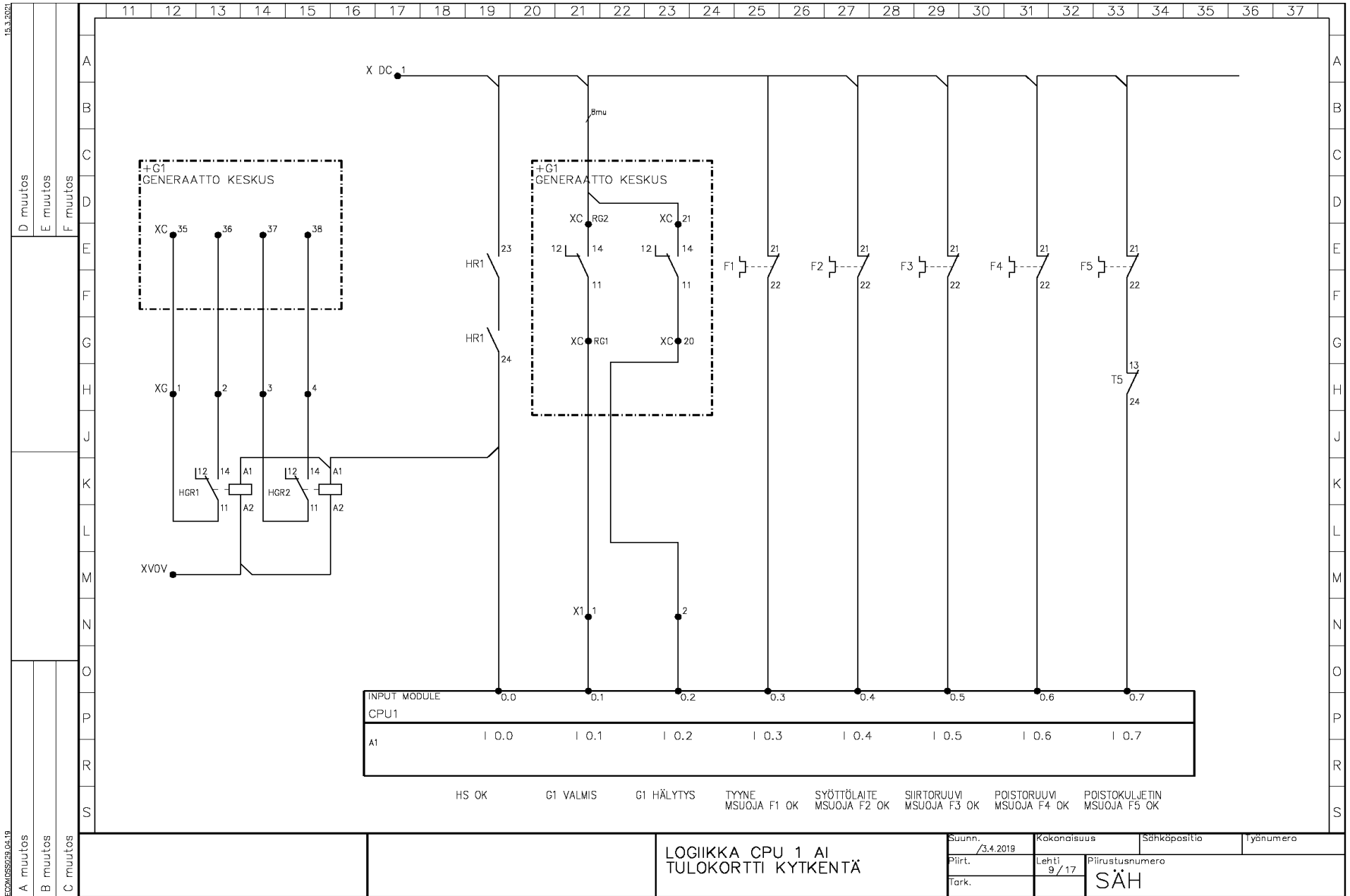
TURVARELE
JÄNNITTEIDEN JAKO

Suunn.	/3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		7/17	SÄH	

Liite 8. Virtapiirikaavio sivu 8



Liite 9. Virtapiirikaavio sivu 9

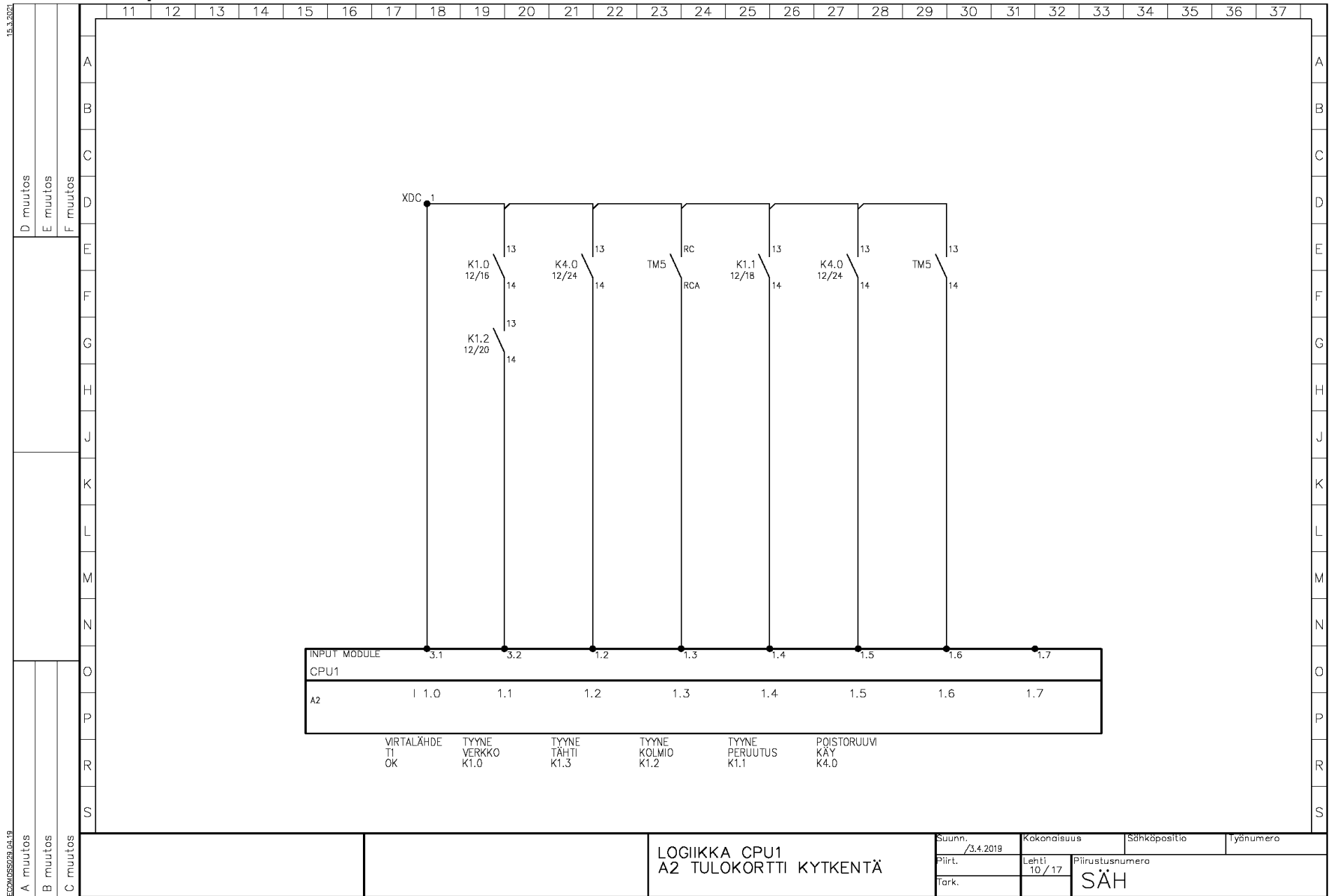


ECM055029.G4.19
A muutos
B muutos
C muutos

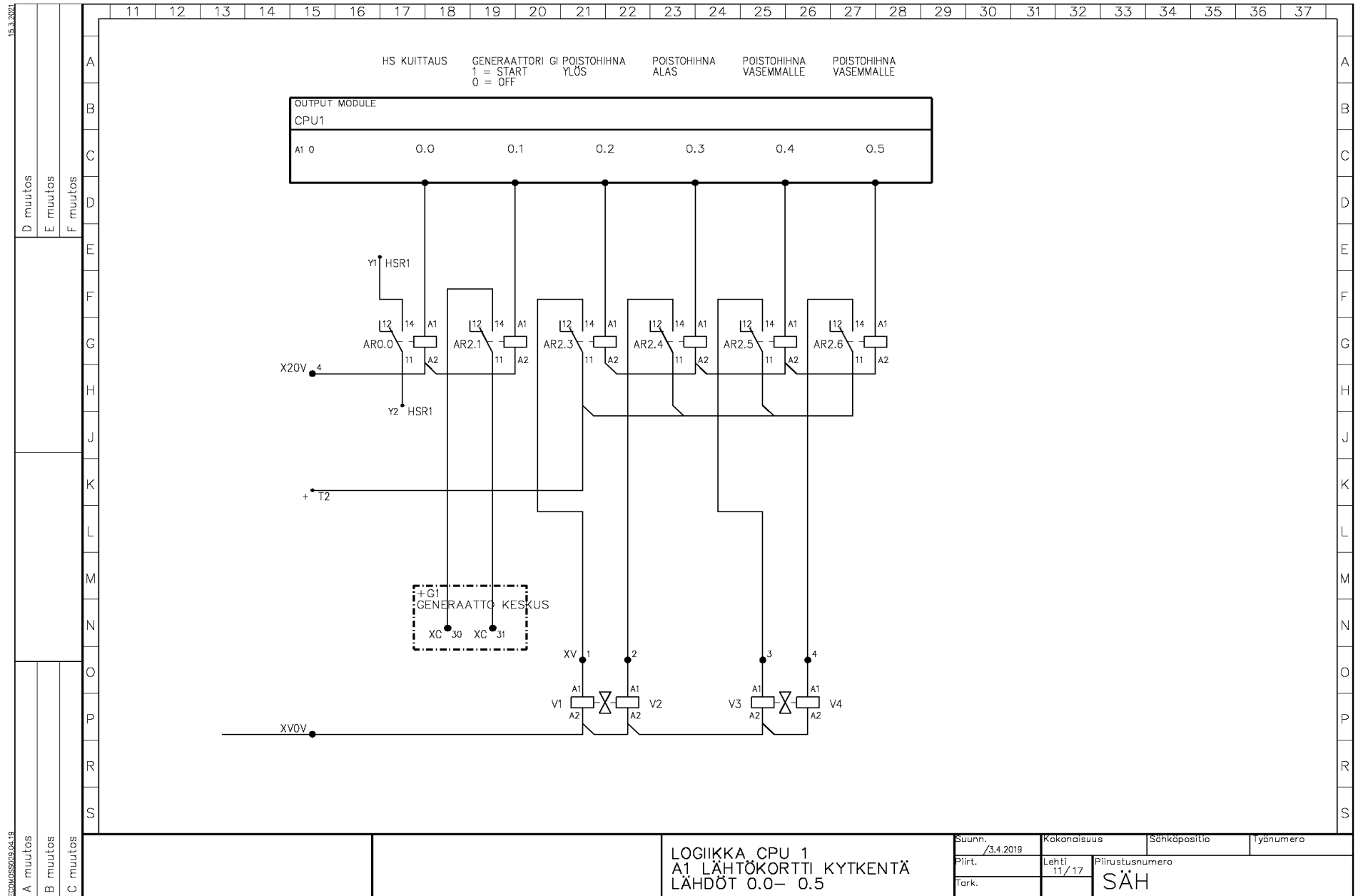
LOGIikka CPU 1 AI
TULOKORTTI KYTKENTÄ

Suunn. /3.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	työnumero
Piirt.	Lehti 9/17	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

Liite 10. Virtapiirikaavio sivu 10



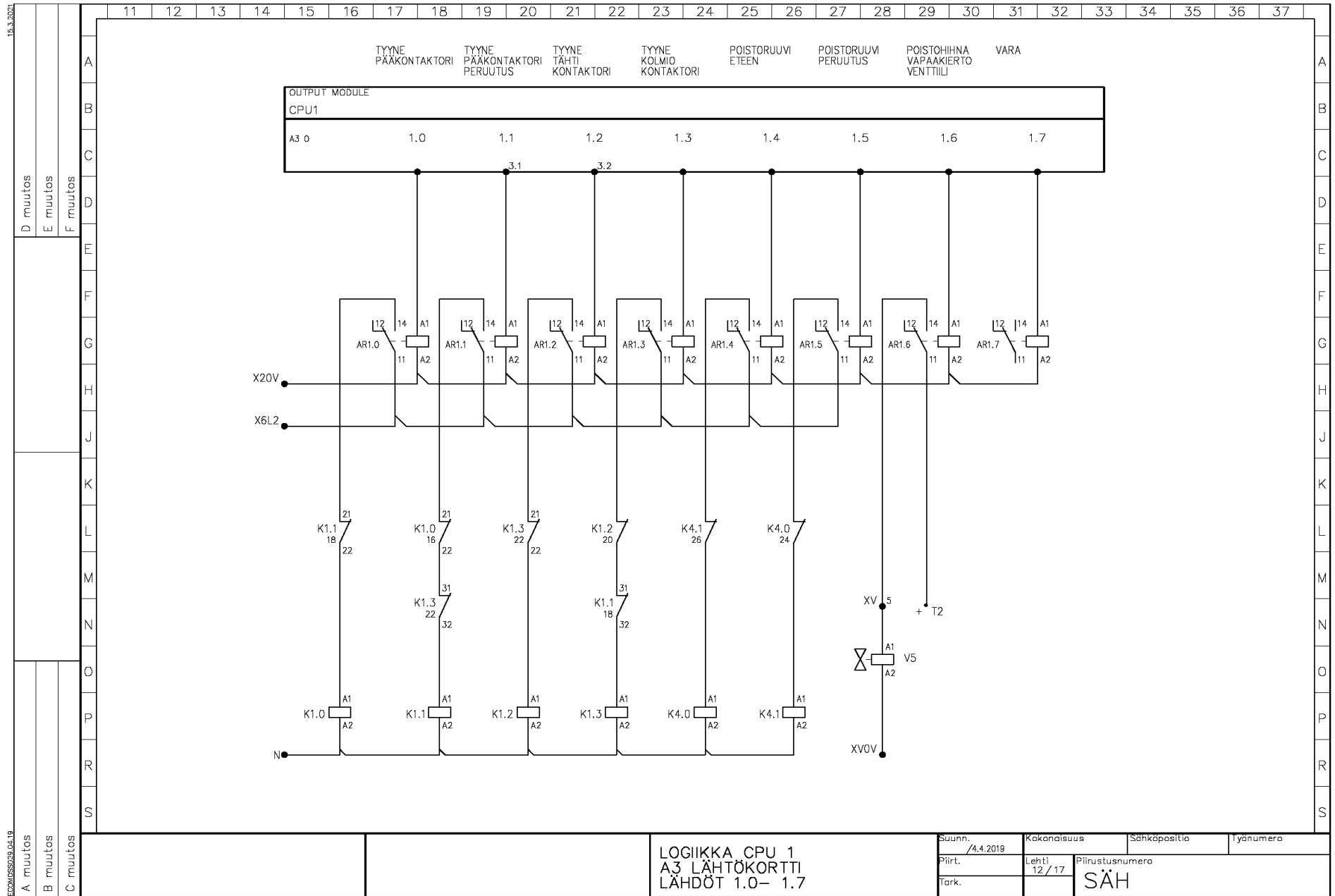
Liite 11. Virtapiirikaavio sivu 11



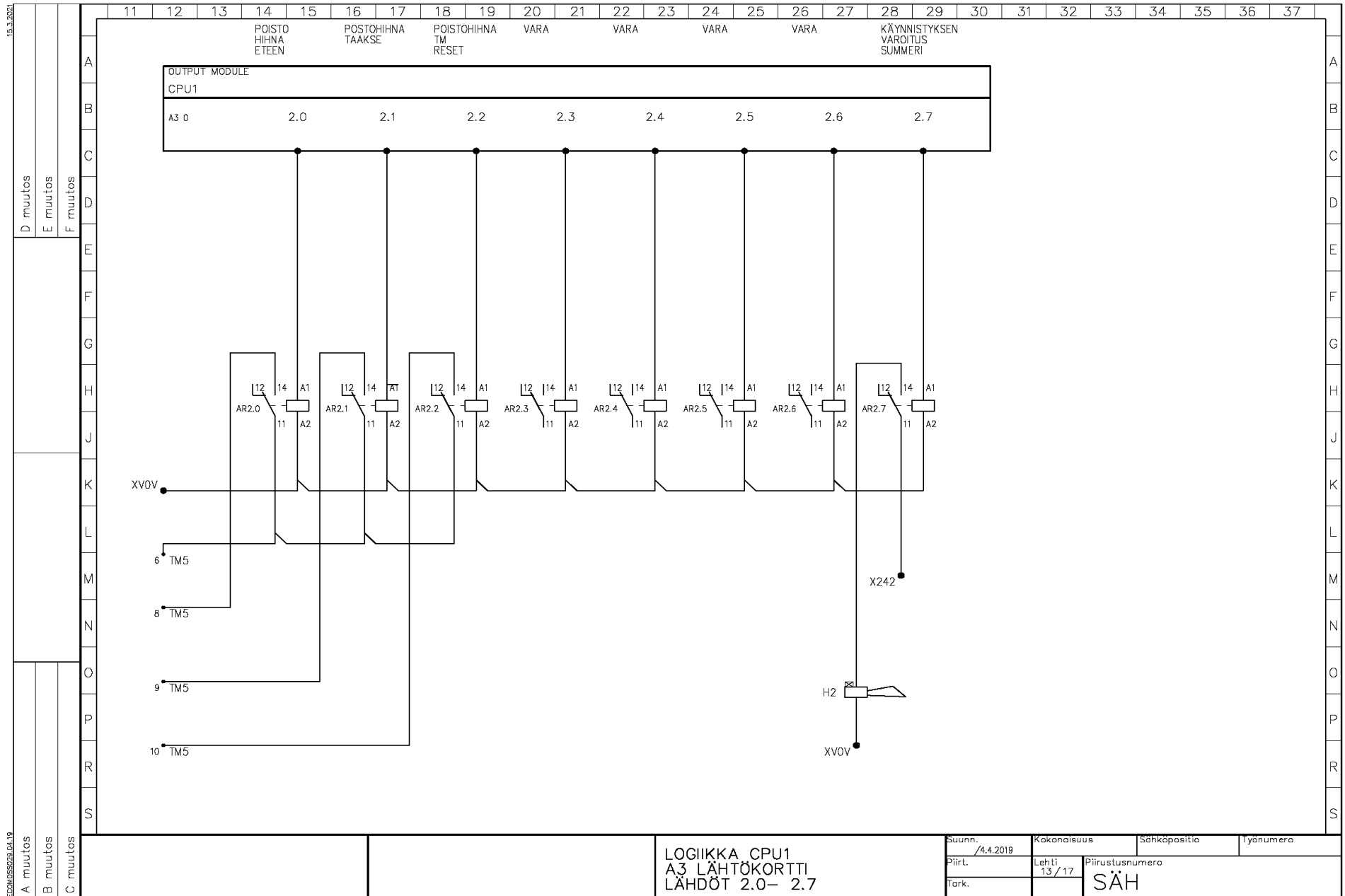
ECON/055029_04.19

A muutos
B muutos
C muutos

Liite 12. Virtapiirikaavio sivu 12



Liite 13. Virtapiirikaavio sivu 13



15.3.2017

D muutos
E muutos
F muutos

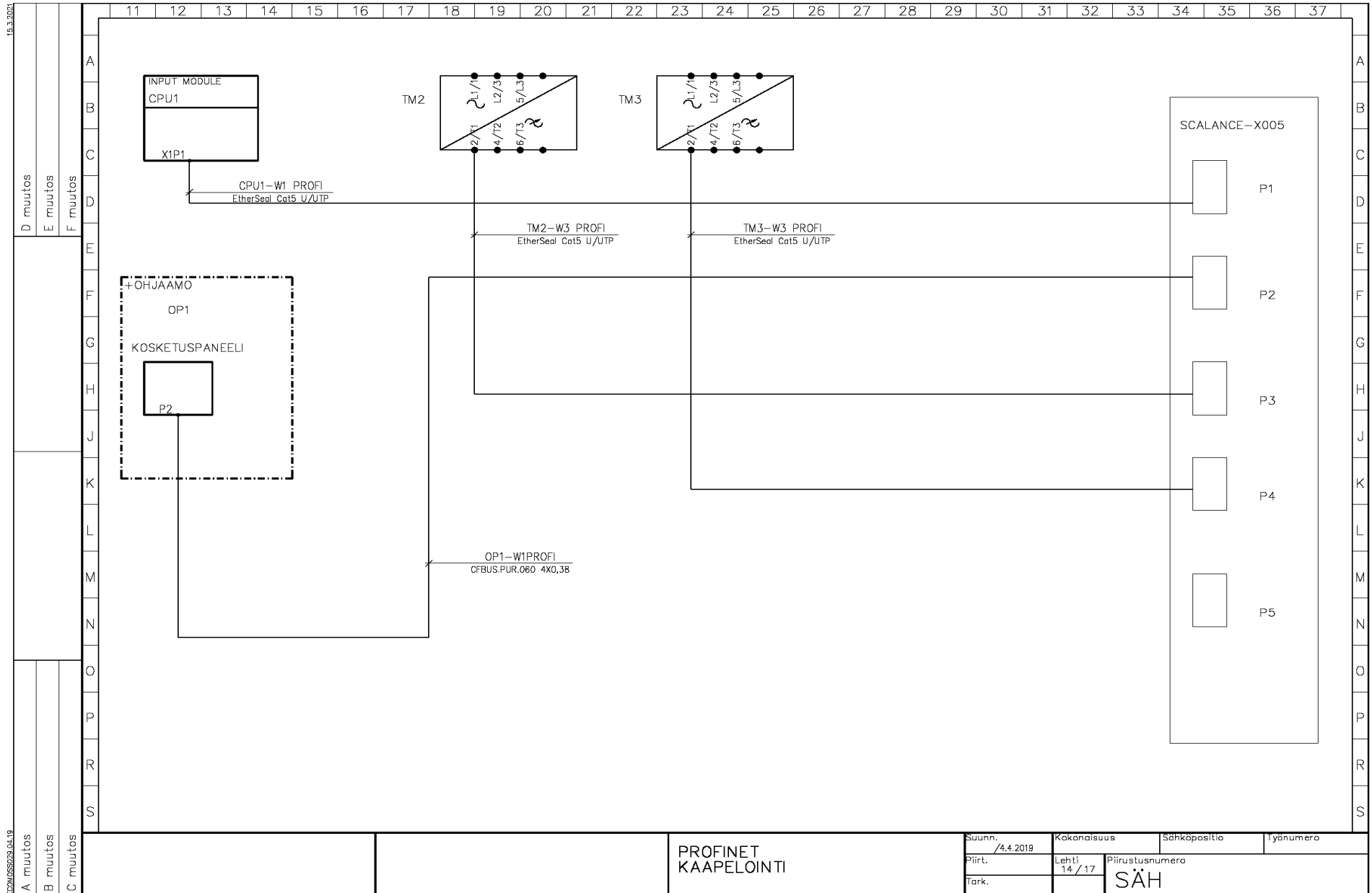
A muutos
B muutos
C muutos

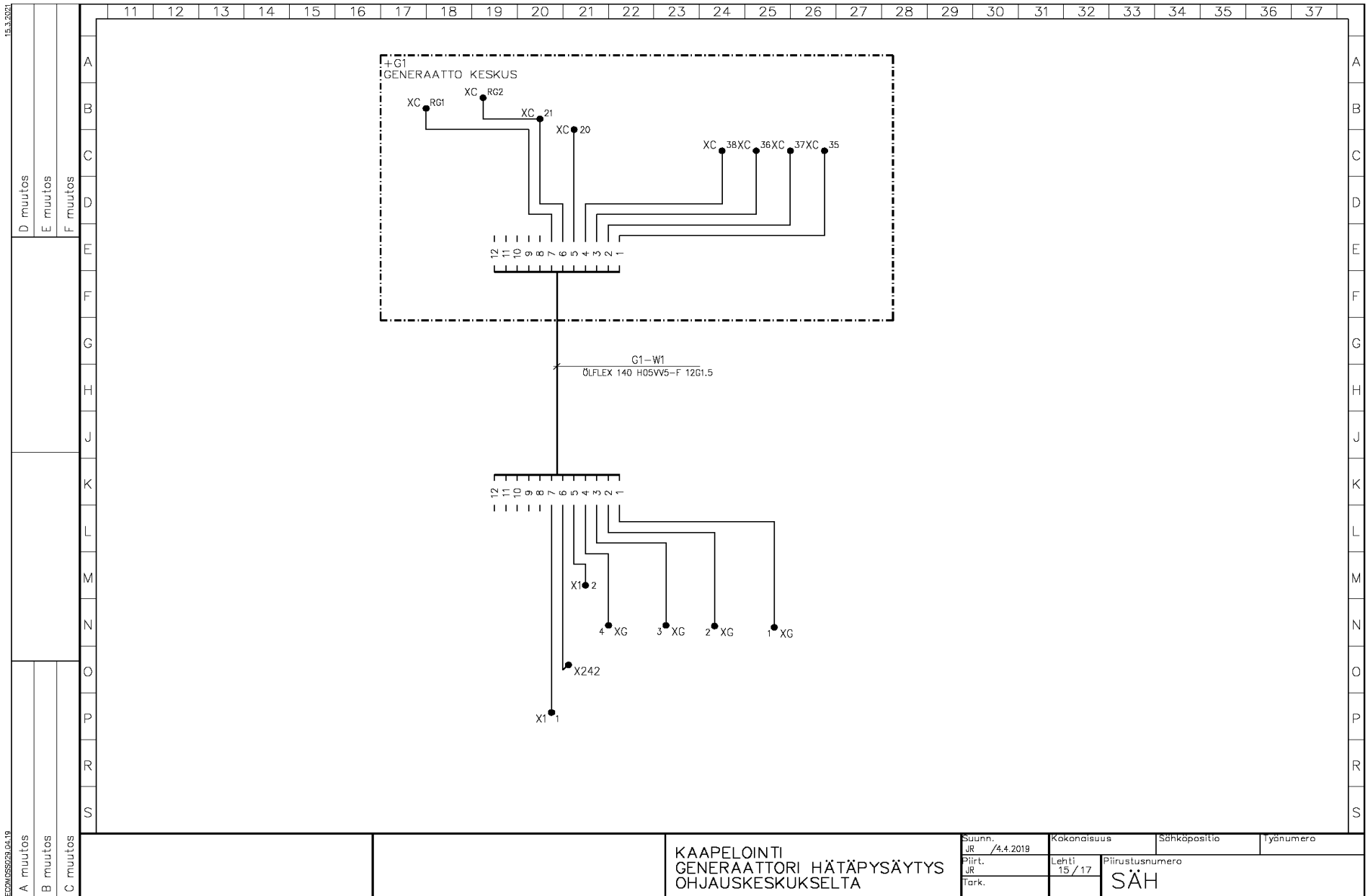
ED0206552/23.04.19

LOGIikka CPU1
A3 LÄHTÖKORTTI
LÄHDÖT 2.0- 2.7

Suunn.	/4.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		13 / 17	SÄH	

Liite 14. Virtapiirikaavio sivu 14





15.3.2019

ECOMSS203.04.19

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

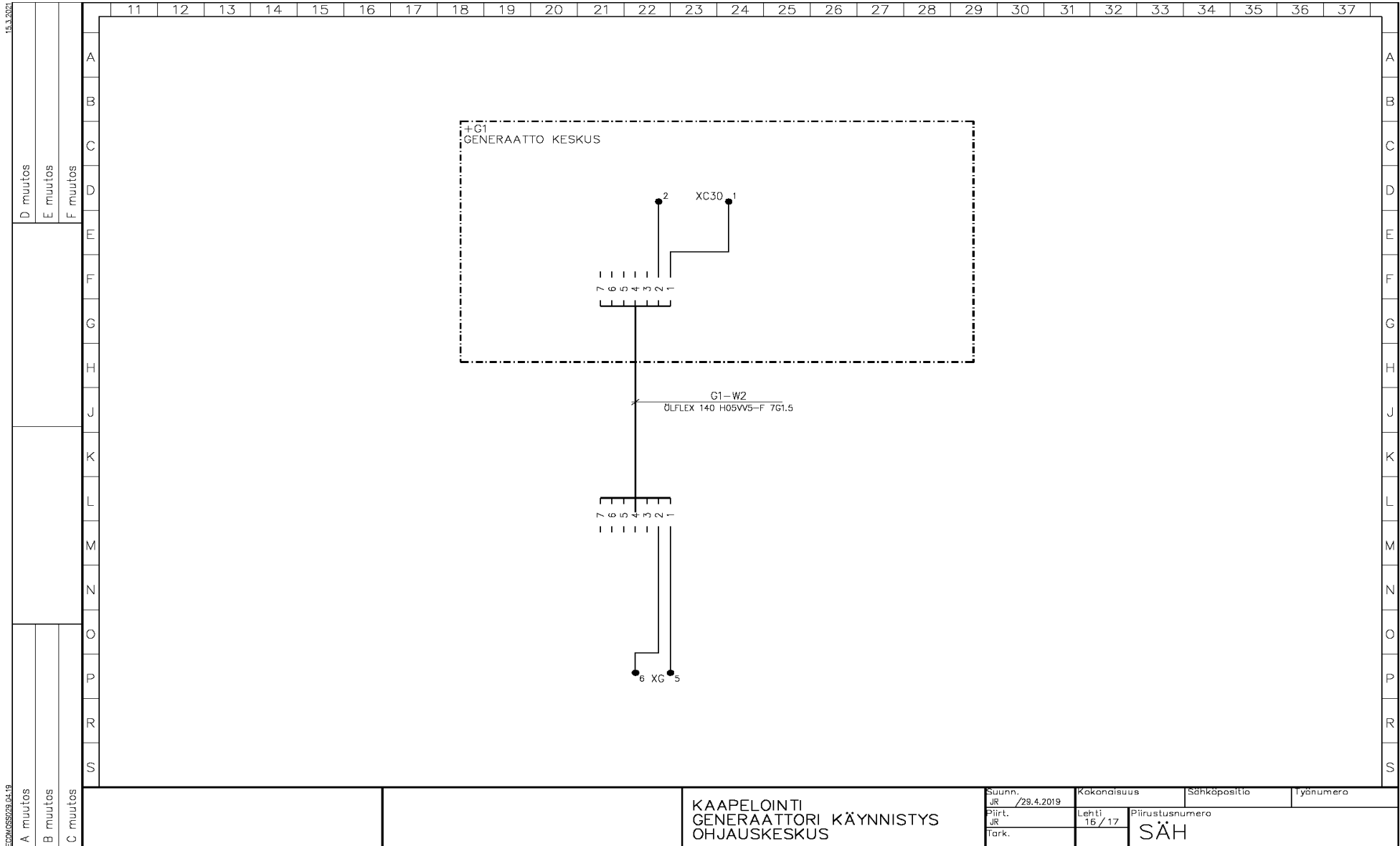
KAPELOINTI
GENERAATTORI HÄTÄPYSÄYTYS
OHJAUSKESKUKSELTA

Suunn.
JR /4.4.2019
Prt.
JR
Tark.

Kokonaisuus
Lehti
19/17

Sähköpositio
Piiustusnumero
SÄH
Työnumero

Liite 16. Päävirtapiirikaavio sivu16



15.3.2019

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

KAPELOINTI
GENERAATTORI KÄYNNISTYS
OHJAUSKESKUS

Suunn. JR /28.4.2019	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. JR	Lehti 16 / 17	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH	

